ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 54918— 2012 (ISO/TR 10400:2007)

ТРУБЫ ОБСАДНЫЕ, НАСОСНО-КОМПРЕССОРНЫЕ, БУРИЛЬНЫЕ И ТРУБЫ ДЛЯ ТРУБОПРОВОДОВ НЕФТЯНОЙ И ГАЗОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Формулы и расчет свойств

ISO/TR 10400:2007
Petroleum and natural gas industries — Equation and calculation for the properties of casing, tubing, drill pipe and line pipe used as casing or tubing
(MOD)

Издание официальное

Москва
Стандартинформ
2014

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 ПОДГОТОВЛЕН Подкомитетом ПК 7 «Трубы нарезные нефтяного сортамента» Технического комитета по стандартизации ТК 357 «Стальные и чугунные трубы и баллоны» на основе аутентичного перевода на русский язык указанного в пункте 4 международного стандарта, который выполнен ООО «Специализированная переводческая фирма «Интерсервис»

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

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 27 июня 2012 г. № 123-ст

4 Настоящий стандарт является модифицированным по отношению к международному стандарту ИСО/ТО 10400:2007 «Промышленность нефтяная и газовая. Формулы и расчеты по определению характеристик обсадных, насосно-компрессорных, бурильных труб и трубопроводов, используемых в качестве обсадных или насосно-компрессорных труб» (ISO/TR 10400:2007 «Petroleum and natural gas industries — Equation and calculation for the properties of casing, tubing, drill pipe and line pipe used as casing or tubing») путем:

- изменения отдельных слов (фраз, значений показателей, ссылок), выделенных в тексте настоящего стандарта курсивом;
- изменения отдельных структурных элементов (пунктов, подпунктов, абзацев, терминологических статей, таблиц и рисунков), выделенных в тексте настоящего стандарта курсивом и полужирной вертикальной линией, расположенной на полях этого текста;
- внесения дополнительных слов (фраз, значений показателей, ссылок), выделенных в тексте настоящего стандарта полужирным курсивом;
- внесения дополнительных структурных элементов (подразделов, пунктов, подпунктов, абзацев, терминологических статей, таблиц и рисунков), выделенных в тексте настоящего стандарта полужирной вертикальной линией, расположенной на полях этого текста;
- изменения его структуры для приведения в соответствие с правилами, установленными в ГОСТ Р 1.5 (подразделы 4.2 и 4.3). Сравнение структуры настоящего стандарта со структурой указанного международного стандарта приведено в дополнительном приложении ДА.

Наименование настоящего стандарта изменено относительно наименования указанного международного стандарта для приведения в соответствие с ГОСТ Р 1.5 (подраздел 3.5).

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

5 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

Правила применения настоящего стандарта установлены в ГОСТ Р 1.0—2012 (раздел 8). Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодном (по состоянию на 1 января текущего года) информационном указателе «Национальные стандарты», а официальный текст изменений и поправок — в ежемесячном информационном указателе «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ближайшем выпуске ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет (gost.ru)

© Стандартинформ, 2014

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

ОКС 75.180.10

Изменение № 1 ГОСТ Р 54918—2012 (ISO/TR 10400:2007) Трубы обсадные, насосно-компрессорные, бурильные и трубы для трубопроводов нефтяной и газовой промышленности. Формулы и расчет свойств

Утверждено и введено в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 29.09.2020 № 691-ст

Дата введения — 2021—04—01

Введение. Пятый абзац. Исключить слова: «бурильных труб и», «для трубопроводов»;

шестой абзац. Первое перечисление изложить в новой редакции:

«- дополнены формулы и рекомендации для обсадных и насосно-компрессорных труб, изготовляемых по ГОСТ 31446»;

второе перечисление. Заменить сокращение: НКТ на НКТН;

седьмой абзац изложить в новой редакции:

«Формулы и рекомендации настоящего стандарта могут быть применены для расчетов характеристик и свойств подобных обсадных и насосно-компрессорных труб и труб для трубопроводов, применяемых в качестве обсадных и насосно-компрессорных труб, в том числе с подобными резьбовыми соединениями, изготовляемых по различной нормативной документации».

Раздел 1. Второй абзац. Заменить слова. «*крутящий момент* при свинчивании» на «момент свинчивания», «критические размеры» на «критические параметры» (3 раза);

четвертый, шестой и восьмой абзацы. Заменить ссылку: ГОСТ Р 53366 на ГОСТ 31446 (3 раза); исключить ссылку: ГОСТ Р 54383 (3 раза);

пятый абзац. Заменить слова: «С теми же условиями настоящий стандарт может быть использован для расчета свойств бурильных труб» на «*Настоящий стандарт может быть использован для расчета массы тела бурильных труб по ГОСТ 32696 после высадки, а также расчета удлинения под нагрузкой, при которой достигается предел текучести этих труб*».

Раздел 2 изложить в новой редакции:

«2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 31446 (ISO 11960:2014) Трубы стальные обсадные и насосно-компрессорные для нефтяной и газовой промышленности. Общие технические условия

ГОСТ 32696 (ISO 11961:2008) Трубы стальные бурильные для нефтяной и газовой промышленности. Технические условия

ГОСТ 33758 Трубы обсадные и насосно-компрессорные и муфты к ним. Основные параметры и контроль резьбовых соединений. Общие технические требования

ГОСТ 34057 Соединения резьбовые обсадных, насосно-компрессорных труб, труб для трубопроводов и резьбовые калибры для них. Общие технические требования

ГОСТ 34380 (ISO 10405:2000) Трубы обсадные и насосно-компрессорные для нефтяной и газовой промышленности. Рекомендации по эксплуатации и обслуживанию

ГОСТ ISO 3183 Трубы стальные для трубопроводов нефтяной и газовой промышленности. Общие технические условия

Примечание — При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет или по ежегодному информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по выпускам ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты» за текущий год. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана недатированная ссылка, то рекомендуется использовать действующую версию этого стандарта с учетом всех внесенных в данную версию изменений. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, то рекомендуется использовать версию этого стандарта с указанным выше годом утверждения (принятия). Если после утверждения настоящего стандарта в ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, внесено изменение, затрагивающее положение, на которое дана ссылка, то это положение рекомендуется применять без учета данного изменения. Если ссылочный стандарт отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, рекомендуется применять в части, не затрагивающей эту ссылку»;

сноску * к разделу 2 исключить;

по всему тексту стандарта заменить ссылки:

«ГОСТ Р 51906» на «ГОСТ 34057»;

«ГОСТ Р 53365» на «ГОСТ 33758»;

«ГОСТ Р 53366» на «ГОСТ 31446»;

«ГОСТ Р 54383» на «ГОСТ 32696».

Раздел 3 дополнить терминами 3.22, 3.23:

«3.22 **опасное сечение** (dangerous section): Поперечное сечение трубы или муфты, в котором напряжения, вызываемые под действием внешних усилий, максимальны.

3.23 **срыв витков резьбы** (pull-out of the thread): Пластическая деформация витков треугольной резьбы при растяжении, приводящая к выходу резьбы из зацепления».

Раздел 4. Исключить слова: «A_{crit} — площадь критического поперечного сечения более слабого компонента соединения»;

заменить обозначение: «d_1 — диаметр впадины резьбы муфты в плоскости торца трубы при механическом свинчивании» на «d_{jc} — диаметр впадины резьбы муфты в *опасном сечении*»;

пояснения обозначений A_{jc}, A_{jp}, E_c изложить в новой редакции:

«A_{jc} — площадь *опасного* сечения муфты;

A_{jp} — площадь *опасного* сечения трубы;

E_c — средний диаметр резьбы посередине муфты»;

дополнить обозначениями (в соответствии с латинским алфавитом):

«$d_{вн}$ — внутренний диаметр резьбы в основной плоскости;

E_s — средний диаметр резьбы в плоскости уплотнения;

J_n — расстояние от торца трубы до середины муфты при ручном свинчивании;

l_0 — расстояние от торца трубы до основной плоскости;

l_2 — расстояние от торца муфты до упорного уступа».

Раздел 5, по всему тексту стандарта заменить сокращение: *НКТ* на *НКТН*.

Подраздел 9.1 изложить в новой редакции:

«Прочность резьбовых соединений является показателем цельности, а не показателем герметичности соединения. Для обсадных труб предельная нагрузка может рассчитываться по пределу текучести или по разрушению/срыву резьбы соединяемых элементов. Для насосно-компрессорных труб, когда колонна труб может многократно подниматься и опускаться в скважину, предельная нагрузка обычно определяется по пределу текучести соединяемых элементов».

Подпункт 9.2.2.1 изложить в новой редакции:

«Прочность соединений обсадных труб с треугольной резьбой ***LC и SC*** определяют по минимальной стойкости к разрушению трубы ***в опасном сечении*** (по впадине последнего витка резьбы с полным профилем), стойкости к срыву витков резьбы трубы или стойкости к разрушению муфты. При определенных размерах муфты ее прочность может быть меньше прочности трубы. Прочность муфты определяют ***в опасном сечении*** (по впадине резьбы муфты в плоскости торца трубы при механическом свинчивании)».

Подпункт 9.2.2.3. Заменить обозначение: «L_4» на «L_1»;

первый абзац изложить в новой редакции (кроме перечислений):

«Для расчета прочности соединений обсадных труб ***и муфт*** с треугольной резьбой необходимы следующие исходные данные:»;

второй абзац исключить (кроме перечислений);

дополнить обозначениями:

«A_{jc} — площадь *опасного* сечения муфты, мм^2;

A_{jp} — площадь *опасного* сечения трубы;

d — внутренний диаметр трубы, ***равный (D – 2t),*** мм;

d_{jc} — диаметр впадины резьбы муфты *в опасном сечении*, мм;

h_s — высота профиля треугольной резьбы, мм;

L_t — общая длина резьбы трубы, мм;

M — расстояние от торца муфты до плоскости ручного свинчивания, мм».

Подпункт 9.2.2.4. Первый абзац изложить в новой редакции:

«Расчет прочности соединений обсадных труб с треугольной резьбой проводят по *прочности трубы*, прочности витков резьбы трубы на срыв или прочности муфты»;

второй абзац изложить в новой редакции:

«Расчет на прочность трубы проводят по следующей формуле»;

формулу (55) изложить в новой редакции:

$$«P_j = 0{,}95A_{jp}L_{et}\left[\frac{4{,}9898D^{-0{,}59}\sigma_{umnp}}{0{,}5L_{et}+0{,}14D}+\frac{\sigma_{ymnp}}{L_{et}+0{,}14D}\right]; \qquad (55)»;$$

формула (58). Заменить обозначение: «d_j^2» на «d_{jc}^2»;

формула (59). Пояснения обозначений A_{jc} и A_{jp} изложить в новой редакции:

«A_{jc} — площадь *опасного* сечения муфты;

A_{jp} — площадь *опасного* сечения трубы»;

заменить обозначения: «L_4» на «L_t»;

«d_1 — диаметр впадины резьбы муфты в плоскости торца трубы при механическом свинчивании» на «d_{jc} — диаметр впадины резьбы муфты в *опасном сечении*, мм»;

дополнить обозначениями:

«L_t — общая длина резьбы трубы, мм;

M — расстояние от торца муфты до плоскости ручного свинчивания, мм»;

дополнить абзацами:

«Коэффициент 0,95 в формулах (54) и (55) учитывает статистическую погрешность формулы множественной регрессии и позволяет использовать минимальные показатели прочности вместо средних значений.

Подробности разработки формул (54) и (55) — см. стандарт [3]».

Подпункт 9.2.3.1 изложить в новой редакции:

«Прочность соединений обсадных труб с *трапецеидальной резьбой* ***ВС, ОТТМ и ОТТГ*** определяют по минимальной прочности трубы ***в опасном сечении (плоскости выхода резьбы — для ВС, плоскости конца сбега резьбы — для ОТТМ и ОТТГ)*** или прочности муфты ***в опасном сечении*** (по впадине резьбы муфты в плоскости торца трубы при механическом свинчивании — ***для соединений ВС и ОТТМ, по впадине резьбы муфты в плоскости начала резьбы трубы при механическом свинчивании — для соединения ОТТГ***)».

Подпункт 9.2.3.3. Пояснение обозначения A_B изложить в новой редакции:

«A_B — расстояние от торца муфты до основания треугольного клейма при ручном свинчивании, ***равное (J_n – J)***, мм»;

дополнить обозначениями:

«A_{jc} — площадь *опасного* сечения муфты, равная $\frac{\pi}{4}(D_м^2 - d_{jc}^2)$, мм^2;

A_{jp} — площадь *опасного* сечения трубы, равная $\frac{\pi}{4}(D^2 - d^2)$, мм^2;

d_{jc} — диаметр впадины резьбы муфты в *опасном сечении*, мм».

Подпункт 9.2.3.4. Заголовок изложить в новой редакции: «Формулы проектной прочности»;

первый абзац изложить в новой редакции:

«Расчет на прочность соединений обсадных труб с *трапецеидальной* резьбой проводят по прочности трубы и прочности муфты»;

второй абзац изложить в новой редакции:

«Расчет на прочность трубы проводят по следующей формуле

$$P_j = 0{,}95A_{jp}\sigma_{umnp}\left[1{,}008 - 0{,}00156\left(1{,}083 - \frac{\sigma_{ymnp}}{\sigma_{umnp}}\right)D\right]. \qquad (60)»;$$

третий абзац изложить в новой редакции:

«Расчет на прочность муфты проводят по следующей формуле»;

формула (61). Заменить обозначение: «A_p — площадь поперечного сечения трубы, равная $\frac{\pi}{4}(D^2 - d^2)$, мм^2» на «A_{jp} — площадь *опасного* сечения трубы, равная $\frac{\pi}{4}(D^2 - d^2)$, мм^2»; «d_1 — диаметр впадины резьбы муфты в плоскости торца трубы при механическом свинчивании, мм» на «d_{jc} — диаметр впадины резьбы муфты в *опасном сечении*»;

пояснение обозначения A_{jc} изложить в новой редакции:

«A_{jc} — площадь *опасного* сечения муфты, равная $\frac{\pi}{4}(D_м^2 - d_{jc}^2)$, мм²»;

формула (62). Заменить обозначение: «d_1» на «d_{jc}»;

дополнить абзацами:

«Коэффициент 0,95 в формулах (60) и (61) учитывает статистическую погрешность формулы множественной регрессии и позволяет использовать минимальные показатели прочности вместо средних значений.

Подробности разработки формул (60) и (61) — см. стандарт [3]».

Подпункт 9.3.2.1 изложить в новой редакции:

«Прочность соединений насосно-компрессорных труб с невысаженными концами NU, ***НКТН*** *определяют по минимальной стойкости к разрушению трубы* ***в опасном сечении*** (*по впадине* последнего витка резьбы с полным профилем — ***для NU и НКТН, плоскости конца сбега резьбы — для НКМ***). *Прочность муфт не учитывают, т.к.* площадь *опасного* сечения обычных и специальных муфт всегда больше, чем площадь *опасного* сечения свинчиваемых с ними труб».

Подпункт 9.3.2.3. Заменить обозначение: «σ_{ymn}» на «σ_{ymnp}»;

дополнить обозначениями:

«T_d — конусность, мм/мм;

h_a — высота профиля трапецеидальной резьбы, мм».

Подпункт 9.3.2.4. Заменить обозначение: «σ_{ymn}» на «σ_{ymnp}» (2 раза);

первый абзац изложить в новой редакции:

«Расчет прочности при растяжении для соединений насосно-компрессорных труб с невысаженными концами ***и треугольной резьбой NU и НКТН*** проводят ***по прочности трубы*** по следующей формуле»;

второй абзац. Заменить слова: «по формулам (60) и (61)» на «по формуле (60)».

Подпункт 9.3.3.1 изложить в новой редакции:

«Прочность соединений насосно-компрессорных труб с высаженными концами ***и треугольной резьбой EU и НКТВ*** *определяют по минимальной стойкости к разрушению трубы в опасном сечении* ***(по поперечному сечению невысаженной части трубы)***. Прочность поперечного сечения высаженных концов труб по впадине после последнего витка резьбы с полным профилем не учитывают, т.к. площадь этого сечения всегда больше, чем площадь поперечного сечения *невысаженной части* трубы. *Прочность муфты не учитывают*, т.к. площадь *опасного сечения* обычных и специальных муфт всегда больше, чем площадь *опасного сечения* свинчиваемых с ними труб».

Подпункт 9.3.3.3. Заменить обозначение: «σ_{ymn}» на «σ_{ymnp}»;

дополнить обозначением: «*d* — внутренний диаметр трубы, равный ($D - 2t$), мм».

Подпункт 9.3.3.4. Заменить обозначение: «σ_{ymn}» на «σ_{ymnp}» (2 раза);

первый абзац изложить в новой редакции:

«Расчет прочности при растяжении для соединений насосно-компрессорных труб с высаженными концами проводят ***по прочности невысаженной части трубы*** по следующей формуле».

Подраздел 10.1. Первый абзац. Заменить слова: «Трубы с резьбой и муфтами выдерживают внутреннее давление, равное или меньшее, чем трубы без резьбы и муфты» на «Трубы с резьбой и муфтами выдерживают такое же внутреннее давление, как и трубы без резьбы и муфты, кроме случаев, когда способность выдерживать меньшее внутреннее давление обусловлена текучестью муфты или недостаточной стойкостью соединения к утечкам под действием внутреннего давления в плоскости *уплотнения*, основанной на том допущении, что плоскость уплотнения соединений с треугольной резьбой находится в *плоскости ручного свинчивания*, *соединений с трапецеидальной резьбой — в основной плоскости*»;

второй абзац исключить.

Подраздел 10.2. Формулы (65), (66), (67). Заменить обозначение: «d_1» на «d_{jc}»;

экспликации к формулам (65), (66), (67). Заменить обозначение: «d_1 — диаметр впадины резьбы муфты в плоскости торца трубы при механическом свинчивании» на «d_{jc} — диаметр впадины резьбы муфты в *опасном сечении*»;

четвертый абзац. Заменить обозначение: «d_1» на «d_{jc}».

Подраздел 10.3. Первый абзац. Заменить слова: «Стойкость к утечкам под действием внутреннего давления в плоскости E_1 или E_7 рассчитывают по формуле (68), основанной на том допущении,

что уплотнение находится в плоскости E_1 треугольной резьбы и E_7 *трапецеидальной* резьбы» на «Стойкость к утечкам под действием внутреннего давления в *плоскости уплотнения* рассчитывают по формуле (68)»;

формулу (69) изложить в новой редакции:

$$«P_{tp} = \frac{ET_d A(D_M^2 - E_s^2)(E_s^2 - d^2)}{2E_s^3(D_M^2 - d^2)}. \qquad (69)»;$$

пятый абзац. Заменить слова: «При подстановке соответствующих значений P_{tp} и P_{itp} в формулу (71) и упрощении получают формулу (68)» на «Поскольку наружный диаметр муфты всегда больше *среднего диаметра резьбы*, который в свою очередь всегда больше внутреннего диаметра трубы, то P_{itp} всегда меньше P_{tp}».

Пункт 11.5.1. Пояснение обозначения *J* изложить в новой редакции:

«*J* — расстояние от торца трубы до середины муфты при механическом свинчивании, ***для соединений НКТН, НКТВ и ОТТМ, равное*** $(L_m/2 - L_t)$***, для соединений НКМ и ОТТГ, равное*** $(L_m/2 - l_2)$, мм»;

дополнить обозначениями:

«L_t — общая длина резьбы трубы, мм;

l_2 — расстояние от торца муфты до упорного уступа, мм».

Пункт 11.5.2. Пояснение обозначения *J* изложить в новой редакции:

«*J* — расстояние от торца трубы до середины муфты при механическом свинчивании, ***для соединений НКТН, НКТВ и ОТТМ, равное*** $(L_m/2 - L_t)$***, для соединений НКМ и ОТТГ, равное*** $(L_m/2 - l_2)$, мм»;

дополнить обозначениями:

«L_t — общая длина резьбы трубы, мм;

l_2 — расстояние от торца муфты до упорного уступа, мм»;

формулу (76) изложить в новой редакции:

«$\Delta_m = -k_{lsl} \cdot (L_m/2 + J)m_{pe}$ + масса муфты — масса металла, удаляемая при нарезании резьбы на двух концах трубы (76)».

Пункт 11.7.1 дополнить примечанием:

«Примечание — Рассчитанная по формулам масса муфты является приближенным значением, поскольку не учитывает массу удаленного металла при выполнении ряда элементов резьбового соединения, например, обычной фаски, заходной фаски, уплотнительных элементов соединений с уплотнением металл-металл».

Подлунктт 11.7.2.2. Заголовок изложить в новой редакции:

«11.7.2.2 Расчет массы обычной муфты без учета массы металла, удаляемого при выполнении фаски»;

формулу (78) изложить в новой редакции:

$$«m_c = 2 \cdot 7{,}85 \cdot 10^{-6} k_m \text{ (Vol. III)}; \qquad (78)».$$

пояснения обозначений E_c, E_1 и *M* изложить в новой редакции:

«E_c — средний диаметр резьбы посередине муфты, ***для соединений НКТН и НКТВ, соответствующий*** E_c***, для соединений NU и EU — по ГОСТ 34057***, мм;

E_1 — средний диаметр резьбы в плоскости ручного свинчивания, ***для соединений НКТН и НКТВ, соответствующий*** E_1***, для соединений NU и EU — по ГОСТ 34057***, мм;

M — расстояние от торца муфты до плоскости ручного свинчивания, ***для соединений НКТН и НКТВ, соответствующее M, для соединений NU и EU — по ГОСТ 34057***, мм».

Подлунктт 11.7.2.3. Формулу (86) изложить в новой редакции:

$$«m_{crsb} = 2 \cdot 7{,}85 \cdot 10^{-6} k_m \text{ (Vol. VI)}. \qquad (86)».$$

Пункт 11.7.3. Формула (89). Пояснения обозначений E_c, E_7, *J*, *g*, k_x изложить в новой редакции:

«E_c — средний диаметр резьбы посередине муфты, ***для соединения ОТТМ, равный*** $(d_3 - T_d L_m/2 + h_в)$***, для соединений ОТТГ, НКМ, равный*** $d_м$, мм;

E_7 — средний диаметр резьбы в основной плоскости, ***для соединений ОТТМ и ОТТГ, НКМ, равный*** $(d_{вн} + h_в)$, мм;

J — расстояние от торца трубы до середины муфты при механическом свинчивании, ***для соединений ОТТМ, равное*** $(L_m/2 - L_t)$***, для соединений ОТТГ, НКМ, равное*** $(L_m/2 - l_2)$, мм;

g — длина резьбы с неполным профилем, ***для соединений ОТТМ, ОТТГ, НКМ, равная расстоянию от основной плоскости до конца сбега резьбы*** $(L_t - l_0)$, мм;

k_X — *поправочный коэффициент для расчета среднего диаметра резьбы в плоскости торца муфты для соединения ВС, равный 7,62 — при наружном диаметре труб менее 406,4 мм и 5,08 — при наружном диаметре труб 406,4 мм и более,* ***для соединений ОТТМ, ОТТГ и НКМ, равный нулю***»;

дополнить обозначениями:

«d_3 — внутренний диаметр резьбы в плоскости торца муфты, мм;

$d_м$ — внутренний диаметр муфты, мм;

$d_{вн}$ — внутренний диаметр резьбы в основной плоскости, мм;

$h_в$ — высота профиля *трапецеидальной* резьбы, мм;

L_m — длина муфты, мм;

L_t — общая длина резьбы трубы, мм;

l_0 — расстояние от торца трубы до основной плоскости, мм;

l_2 — расстояние от торца муфты до упорного уступа, мм»;

формула (92). Пояснение обозначения E_c изложить в новой редакции:

«E_c — средний диаметр резьбы посередине муфты, ***для соединения ОТТМ, равный*** $(d_3 - T_d L_m/2 + h_в)$***, для соединений ОТТГ, НКМ, равный*** $d_м$, мм»;

дополнить обозначениями:

«d_3 — внутренний диаметр резьбы в плоскости торца муфты, мм;

T_d — конусность, мм/мм;

$h_в$ — высота профиля *трапецеидальной* резьбы, мм;

$d_М$ — внутренний диаметр муфты, мм»;

формулу (93) изложить в новой редакции:

$$«m_{cB} = 2 \cdot 7{,}85 \cdot 10^{-6} k_m \text{ (Vol. II)}, \qquad (93)».$$

Подраздел 11.8. Формула (94). Пояснение обозначения E_7 изложить в новой редакции:

«E_7 — средний диаметр резьбы в основной плоскости, ***для соединений ОТТМ, ОТТГ, НКМ, равный*** $(d_{вн} + h_в)$, мм»;

дополнить обозначениями:

«$d_{вн}$ — внутренний диаметр резьбы в основной плоскости, мм,

$h_в$ — высота профиля *трапецеидальной* резьбы, мм»;

формула (98). Пояснения обозначений g и E_7 изложить в новой редакции:

«g — длина резьбы с неполным профилем, ***для соединений ОТТМ, ОТТГ, НКТН, НКТВ, НКМ, равная расстоянию от основной плоскости до конца сбега резьбы*** $(L_t - l_0)$, мм;

E_7 — средний диаметр резьбы в основной плоскости, ***для соединений ОТТМ, ОТТГ, НКМ, равный*** $(d_{вн} + h_в)$, мм»;

дополнить обозначениями:

«L_t — общая длина резьбы трубы, мм;

l_0 — расстояние от торца трубы до основной плоскости, мм;

$d_{вн}$ — внутренний диаметр резьбы в основной плоскости, мм;

$h_в$ — высота профиля *трапецеидальной* резьбы, мм»;

формулу (99) изложить в новой редакции:

$$«m_{rt} = 7{,}85 \cdot 10^{-6} k_m \text{ (Vol. III)}, \qquad (99)».$$

Пункт 11.9.2. Пояснение обозначения D_4 изложить в новой редакции (2 раза):

«D_4 — наружный диаметр резьбы трубы в плоскости торца или наружный диаметр высадки бурильной трубы, мм»;

формулу (104) изложить в новой редакции:

$$«m_{inu} = 7{,}85 \cdot 10^{-6} k_m \text{ [Vol. (I + III)]}, \qquad (104)».$$

Пункт 11.9.3. Формулу (109) изложить в новой редакции:

«$m_{inu} = 7{,}85 \cdot 10^{-6} k_m$ (Vol. III), (109)».

Подраздел 14.1. Таблица 9. Графа «Проценты от заданного минимального предела текучести σ_{ymn}, при испытательном давлении». Для группы прочности М65 при стандартном испытательном давлении заменить значение: 60 на *80*.

Подраздел 14.2. Второй абзац изложить в новой редакции:

«Обсадные и насосно-компрессорные трубы с резьбой и муфтами испытывают при том же гидростатическом давлении, что и трубы без резьбы, за исключением тех случаев, когда меньшее внутреннее давление обусловлено предотвращением текучести муфты или утечки в соединении под действием внутреннего давления из-за недостаточной стойкости соединения к утечкам в плоскости уплотнения (см. раздел 10)».

Раздел 15. изложить в новой редакции:

«15 Момент свинчивания обсадных и насосно-компрессорных труб

В соответствии с [1] или [16] для свинчивания обсадных труб ***с соединениями LC и SC*** *с треугольной резьбой расчетный момент свинчивания принимается равным 1 % расчетной прочности резьбы на срыв, вычисленной в фунтах на фут по приведенной в [3] формуле (55), что соответствует расчетному моменту свинчивания, равному 0,305 % расчетной прочности резьбы на срыв, вычисленной в ньютонах на метр по формуле (55) настоящего стандарта.*

В [1] и [16] определение расчетного момента свинчивания на основе приведенной в [3] формулы (55) применяется только для обсадных труб с соединениями LC и SC с треугольной резьбой. Применение этого подхода для насосно-компрессорных труб с треугольной резьбой приводит к завышенным значениям расчетного момента свинчивания.

В своем циркуляре [17] конференция API в феврале 1991 г. постановила, что более правильно проводить свинчивание труб с муфтами по положению свинчивания, а не по моменту свинчивания.

В ГОСТ 34380 также установлено, что более правильно проводить свинчивание труб с муфтами не по моменту свинчивания, а по положению свинчивания — для соединений ВС, ОТТМ, ОТТГ, НКМ и числу оборотов силового свинчивания — для соединений LC, SC, NU, EU, НТКН, НКТВ».

Приложение А. Пункт А.1.3.3.2. Заменить ссылку: «ГОСТ Р ISO 3183» на «ГОСТ ISO 3183» (2 раза).

Приложение Н исключить.

Приложение I. Таблицы I.3 и I.5. Заменить слова: «Прочность соединения, МПа» на «Прочность соединения, кН» (37 раз).

Приложение ДА. Таблица ДА.1. Графа «Структура настоящего стандарта». Приложение Н. В графе «Подраздел, пункт, подпункт, рисунок, формула, таблица» все сведения исключить;

графа «Структура международного стандарта ИСО/TR 10400:2007». Заменить обозначение: «ИСО/TR» на «ISO/TR».

Приложение ДВ изложить в новой редакции:

«Приложение ДВ
(справочное)

Сведения о соответствии ссылочных межгосударственных стандартов международным стандартам, использованным в качестве ссылочных в примененном международном стандарте

Таблица ДВ.1

Обозначение ссылочного межгосударственного стандарта	Степень соответствия	Обозначение и наименование ссылочного международного стандарта
ГОСТ 31446—2017 (ISO 11960:2014)	MOD	ISO 11960:2014 «Нефтяная и газовая промышленность. Трубы стальные для применения в скважинах в качестве обсадных и насосно-компрессорных»

Окончание таблицы ДВ.1

Обозначение ссылочного межгосударственного стандарта	Степень соответствия	Обозначение и наименование ссылочного международного стандарта
ГОСТ 32696—2014 (ISO 11961:2008)	MOD	ISO 11961:2008 «Нефтяная и газовая промышленность. Трубы стальные бурильные»
ГОСТ 34380—2017 (ISO 10405:2000)	MOD	ISO 10405:2000 «Нефтяная и газовая промышленность. Эксплуатация и обслуживание обсадных и насосно-компрессорных труб»
ГОСТ ISO 3183—2015	IDT	ISO 3183:2012 «Нефтяная и газовая промышленность. Трубы стальные для трубопроводных транспортных систем»
Примечание — В настоящей таблице использованы следующие условные обозначения степени соответствия стандартов: - IDT — идентичные стандарты; - MOD — модифицированные стандарты.		

».

(ИУС № 12 2020 г.)

Содержание

1 Общие положения . . . 1
2 Нормативные ссылки . . . 2
3 Термины и определения . . . 2
4 Обозначения . . . 4
5 Сокращения . . . 8
6 Трехмерная текучесть тела трубы . . . 9
6.1 Общие положения . . . 9
6.2 Допущения и ограничения . . . 9
6.3 Требования к исходным данным . . . 9
6.4 Формула проектной трехмерной текучести тела трубы . . . 10
6.5 Применение формулы проектной трехмерной текучести тела трубы к трубам для трубопроводов . . . 11
6.6 Примеры расчета . . . 11
7 Пластическое разрушение тела трубы . . . 14
7.1 Общие положения . . . 14
7.2 Допущения и ограничения . . . 15
7.3 Требования к исходным данным . . . 15
7.4 Формулы проектного давления пластического разрушения тела трубы с торцевым уплотнением 17
7.5 Учет влияния осевого растяжения и наружного давления . . . 18
7.6 Примеры расчета . . . 21
8 Стойкость к смятию . . . 22
8.1 Выбор метода . . . 22
8.2 Расчетные формулы стойкости к смятию . . . 23
8.3 Примеры расчета . . . 27
9 Прочность соединений . . . 28
9.1 Общие положения . . . 28
9.2 Прочность при растяжении резьбовых соединений обсадных труб . . . 28
9.3 Прочность при растяжении соединений насосно-компрессорных труб . . . 31
9.4 Прочность при растяжении соединений труб для трубопроводов . . . 32
10 Расчет стойкости муфт при действии давления . . . 32
10.1 Общие положения . . . 32
10.2 Внутреннее давление возникновения текучести в муфте с треугольной и *трапецеидальной* резьбой . . . 32
10.3 Стойкость к утечкам под действием внутреннего давления муфт с треугольной и *трапецеидальной* резьбой . . . 33
11 Расчет массы . . . 34
11.1 Общие положения . . . 34
11.2 Расчет номинальной массы . . . 34
11.3 Расчет массы трубы без резьбы *и высадки* . . . 35
11.4 Расчет массы трубы с отделкой концов . . . 35
11.5 Расчет массы трубы после нарезания резьбы и свинчивания с муфтой . . . 35
11.6 Расчет массы трубы после высадки . . . 36
11.7 Расчет массы муфты . . . 36
11.8 Расчет массы, удаляемой при нарезании резьбы на трубе . . . 39
11.9 Расчет увеличения массы трубы при высадке . . . 40
12 Удлинение . . . 42
13 Испытание на сплющивание . . . 42
13.1 Испытание на сплющивание *сварных* обсадных и насосно-компрессорных труб . . . 42
13.2 Испытание на сплющивание *сварных* труб для трубопроводов . . . 43
14 Испытательное гидростатическое давление . . . 44
14.1 *Испытательное гидростатическое давление для труб без резьбы* . . . 44
14.2 Испытательное гидростатическое давление труб с резьбой и муфтами . . . 45
15 Крутящий момент для обсадных и насосно-компрессорных труб с треугольной резьбой . . . 45

16 Испытание на направленный загиб труб для трубопроводов, сваренных дуговой сваркой под флюсом . . . 45
16.1 Общие положения . . . 45
16.2 Исходные данные . . . 47
17 Определение минимального размера образцов для испытания на ударный изгиб . . . 47
17.1 Критическая толщина стенки . . . 47
17.2 Расчетная толщина стенки трубной заготовки для муфт . . . 47
17.3 Расчетная толщина стенки для изготовления поперечных образцов . . . 50
17.4 Расчетная толщина стенки для изготовления продольных образцов . . . 51
17.5 Размеры образцов для испытания на ударный изгиб муфт . . . 52
17.6 Размеры образцов для испытания на ударный изгиб труб . . . 54
17.7 Образцы большего размера . . . 54
17.8 Справочная информация . . . 54
Приложение А (справочное) Расчет трехмерной текучести тела трубы . . . 55
Приложение В (справочное) Расчет давления пластического разрушения . . . 63
Приложение С (справочное) Метод испытания на разрушение . . . 83
Приложение D (справочное) Расчет давления хрупкого разрушения . . . 84
Приложение Е (справочное) Расчет проектной стойкости к смятию по результатам испытаний на смятие . . . 90
Приложение F (справочное) Расчет проектной стойкости к смятию по показателям качества . . . 93
Приложение G (справочное) Испытание труб на смятие . . . 106
Приложение Н (справочное) Расчет прочности соединений . . . 110
Приложение I (справочное) Таблицы расчетных показателей . . . 115
Приложение ДА (справочное) Сопоставление структуры настоящего стандарта со структурой примененного в нем международного стандарта . . . 238
Приложение ДБ (справочное) Сведения о соответствии ссылочных национальных и межгосударственных стандартов международным стандартам, использованным в качестве ссылочных в примененном международном стандарте . . . 243
Библиография . . . 244

Введение

Настоящий стандарт разработан с целью перехода российской промышленности к мировой практике расчета характеристик обсадных, насосно-компрессорных, бурильных труб и труб для трубопроводов, выполняемой по международному стандарту ИСО/ТО 10400, устранения барьеров в торговле, применения совместимой и взаимозаменяемой продукции, повышения сопоставимости результатов расчетов, повышения уровня проектирования и выбора труб для различных условий применения.

В ИСО/ТО 10400 приведен расчет характеристик труб при детерминистическом и вероятностном (или статистическом) подходах, заключающихся в сравнении ожидаемых нагрузок, действию которых будут подвергаться трубы, и их ожидаемой стойкости к воздействию таких нагрузок. Как нагрузки, так и стойкость труб, по отдельности или совместно, могут быть изменены при помощи соответствующих расчетных коэффициентов.

При детерминистическом подходе для расчета единственного значения показателей эксплуатационных свойств конструкции используют номинальные геометрические параметры и свойства труб. При вероятностном подходе те же параметры и свойства используются как случайные величины, по которым получают статистическое распределение показателя эксплуатационных свойств. Такое распределение эксплуатационных свойств в сочетании с определенным нижним процентилем позволяет получить конечную расчетную формулу.

ИСО/ТО 10400 не рассматривает расчеты скважин в целом и определение ожидаемых нагрузок, содержит лишь расчетные формулы, служащие для определения стойкости труб к заданным нагрузкам, независимо от их происхождения. Также в нем приведены формулы предельных значений, которые могут быть использованы для определения стойкости конкретного образца с известными геометрией и свойствами, а также формулы, используемые для проектирования скважин на основе консервативных оценок геометрических параметров и свойств труб. Выбор значений коэффициентов, используемых для расчетов, по возможности остается за пользователем стандарта.

Настоящий стандарт модифицирован по отношению к ИСО/ТО 10400 в связи с необходимостью дополнения размеров, типов резьбовых соединений и групп прочности обсадных, насосно-компрессорных, бурильных труб и труб для трубопроводов, широко применяемых в российской нефтяной и газовой промышленности.

Модификация настоящего стандарта по отношению к ИСО/ТО 10400 заключается в следующем:

- дополнены формулы и рекомендации для труб, изготовляемых по стандартам на обсадные и насосно-компрессорные трубы (ГОСТ Р 53366), бурильные трубы (ГОСТ Р 54383) и трубы для трубопроводов (ГОСТ ISO 3183);
- дополнены расчеты для обсадных и насосно-компрессорных труб групп прочности К72 и Q135, наружными диаметрами 146,05; 250,83; 323,85 и 425,45 мм, с резьбовыми соединениями ОТТМ, ОТТГ, НКТ, НКТВ, НКМ;
- исключены резьбовые соединения Экстрим-лайн и Интеграл-джойнт, не применяемые в российской промышленности;
- исключены значения показателей, выраженные в американской системе единиц, которые нецелесообразно применять в национальной стандартизации, и соответствующее приложение L;
- условные обозначения размеров труб Ряд 1 и Ряд 2 заменены соответствующими значениями наружных диаметров и толщин стенок, исключены соответствующие термины «Ряд 1 (label 1)», «Ряд 2 (label 2)»;
- сведения о предыстории разработки формул заменены соответствующими ссылками на источник информации.

Формулы и рекомендации настоящего стандарта могут быть применены для расчетов характеристик и свойств подобных труб (в том числе с подобными резьбовыми соединениями), изготовляемых по техническим условиям и корпоративным стандартам.

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ТРУБЫ ОБСАДНЫЕ, НАСОСНО-КОМПРЕССОРНЫЕ, БУРИЛЬНЫЕ И ТРУБЫ ДЛЯ ТРУБОПРОВОДОВ НЕФТЯНОЙ И ГАЗОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Формулы и расчет свойств

Casing, tubing, drill and line pipes for petroleum and natural gas industries.
Equations and calculation of properties

Дата введения — 2013—10—01

1 Область применения

Настоящий стандарт распространяется на обсадные, насосно-компрессорные и бурильные трубы для нефтяной и газовой промышленности, а также на трубы для трубопроводов, применяемые в качестве обсадных и насосно-компрессорных труб.

Настоящий стандарт содержит формулы и рекомендации, необходимые для расчета различных свойств труб, включая:

- эксплуатационные свойства (стойкость к осевым нагрузкам, внутреннему давлению и смятию);
- физические свойства;
- *крутящий момент* при свинчивании;
- испытательное гидростатическое давление;
- критические размеры изделий по критериям различных испытаний,
- критические размеры испытательного оборудования;
- критические размеры образцов для испытаний.

По формулам для расчета показателей эксплуатационных свойств изделий приведена информация о применении этих формул.

Приведенные в настоящем стандарте формулы и рекомендации предназначены для расчета свойств труб, изготовленных в соответствии с *ГОСТ Р 53366, ГОСТ Р 54383 и ГОСТ ISO 3183*. Формулы и рекомендации могут быть также использованы для расчета свойств труб, изготовленных по другим стандартам. Область применения настоящего стандарта также включает трубы, подвергавшиеся в процессе изготовления холодной деформации, например холодной ротационной правке. Область применения настоящего стандарта не включает трубы, подвергавшиеся холодной деформации после изготовления, например раздаче или намотке в бухты.

Приведенные в настоящем стандарте формулы применимы для расчета эксплуатационных свойств труб по *ГОСТ ISO 3183* только при использовании таких труб в качестве обсадных и насосно-компрессорных в скважинах или при лабораторных испытаниях, с учетом соответствия процессов термообработки, правки, пределов текучести и других параметров таких труб аналогичным процессам, характеристикам и параметрам обсадных и насосно-компрессорных труб. С теми же условиями настоящий стандарт может быть использован для расчета свойств бурильных труб.

Настоящий стандарт и приведенные в нем формулы позволяют связать исходные параметры изготовления труб по *ГОСТ Р 53366, ГОСТ Р 54383 и ГОСТ ISO 3183* с ожидаемыми показателями эксплуатационных свойств. Формулы для расчета свойств не являются гарантией этих свойств. Изготовителю предоставляется право изготовлять трубы в соответствии со стандартами, устанавливающими их размеры и физические свойства. Формулы служат исходной точкой для потребителя при оценке показателей эксплуатационных свойств труб, проектировании скважин или изучении свойств труб.

Издание официальное

Настоящий стандарт не содержит официальные правила проектирования. Он содержит формулы и примеры расчета свойств труб, предназначенных для скважин. Он не содержит указания по определению нагрузок, действующих на трубы, или по необходимому запасу прочности. Потребитель должен самостоятельно определить расчетную нагрузку и выбрать запас прочности, обеспечивающий безопасность и эффективность конструкции. Расчетную нагрузку и запас прочности необходимо определять с учетом опыта, отраслевых правил и условий эксплуатации конкретной скважины.

Все формулы и показатели эксплуатационных свойств, приведенные в настоящем стандарте, предназначены для обычных условий эксплуатации и характеристик труб, соответствующих *ГОСТ Р 53366, ГОСТ Р 54383 и ГОСТ ISO 3183.* Расчеты, которые могут потребоваться для особых условий эксплуатации, приведены в приложении D.

Область применения настоящего стандарта не включает эксплуатационные свойства труб при динамических нагрузках и герметичность резьбовых соединений труб.

В настоящем стандарте положительными всегда считаются растягивающие напряжения.

2 Нормативные ссылки*

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ ISO 3183—2012 Трубы стальные для трубопроводов нефтяной и газовой промышленности. Общие технические условия

ГОСТ Р 51906—2002 Соединения резьбовые обсадных, насосно-компрессорных труб и трубопроводов и резьбовые калибры для них. Общие технические требования

ГОСТ Р 53365—2009 Трубы обсадные и насосно-компрессорные и муфты к ним. Основные параметры и контроль резьбовых соединений. Общие технические требования

ГОСТ Р 53366—2009 (ИСО 11960:2004) Трубы стальные, применяемые в качестве обсадных или насосно-компрессорных труб для скважин в нефтяной и газовой промышленности. Общие технические условия

ГОСТ Р 54383—2011 (ИСО 11961:2008) Трубы стальные бурильные для нефтяной и газовой промышленности. Технические условия

Примечание — При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет или по ежегодному информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по выпускам ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты» за текущий год. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана недатированная ссылка, то рекомендуется использовать действующую версию этого стандарта с учетом всех внесенных в данную версию изменений. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, то рекомендуется использовать версию этого стандарта с указанным выше годом утверждения (принятия). Если после утверждения настоящего стандарта в ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, внесено изменение, затрагивающее положение, на которое дана ссылка, то это положение рекомендуется применять без учета данного изменения. Если ссылочный стандарт отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, рекомендуется применять в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены термины по ГОСТ Р 53365, ГОСТ Р 53366, ГОСТ Р 51906, а также следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 **вероятностный подход** (probabilistic method): Подход, в соответствии с которым для расчета распределения показателей эксплуатационных свойств используют распределение показателей геометрических параметров и свойств металла.

3.2 **главное напряжение** (principal stress): Напряжение в главной плоскости, в которой напряжение сдвига равно нулю.

Примечание — При любом напряженном состоянии в любой точке существуют три взаимно перпендикулярные плоскости, в которых напряжения сдвига равны нулю. Составляющие нормальных напряжений в этих плоскостях являются главными напряжениями. Наибольшее из этих трех напряжений называется наибольшим главным напряжением.

* Использование одновременной ссылки на два стандарта означает, что такие стандарты взаимозаменяемы по своим требованиям.

3.3 **давление разрушения** (fracture pressure): Внутреннее давление, при котором происходит разрушение трубы из-за распространения несовершенства.

3.4 **детерминистический подход** (deterministic method): Подход, предполагающий, что все переменные, определяющие показатели эксплуатационных свойств, точно известны.

Примечание — Показатели эксплуатационных свойств труб зависят от одного или нескольких контрольных параметров. В формулах, используемых при детерминистическом подходе, используются конкретные геометрические параметры и свойства металла для расчета единственного значения показателей эксплуатационных свойств. При проектных расчетах это значение является ожидаемым минимумом.

3.5 **истинная кривая напряжение-деформация** (true stress-strain curve): Кривая в координатах истинное напряжение (ордината) — логарифмическая деформация (абсцисса).

3.6 **истинное напряжение, напряжение Коши** (true stress, Cauchy stress): Напряжение, определяемое как отношение усилия, действующего на поверхность тела, к конечной площади этой поверхности.

3.7 **коэффициент вариации** (coefficient of variance): Безразмерная случайная переменная, определяемая как отношение стандартного отклонения к среднему значению.

3.8 **логарифмическая деформация** (logarithmic strain): Величина линейной деформации тела трубы равная натуральному логарифму отношения конечной длины тела трубы к его начальной длине.

Примечание — Логарифмическая деформация также может быть равной натуральному логарифму суммы единицы и расчетной деформации.

3.9 **пластическое разрушение** (ductile rupture): Разрушение тела трубы в области пластической деформации, вызываемое внутренним давлением и/или продольным растяжением.

3.10 **расчетная деформация** (engineering strain): Величина линейной деформации тела трубы, определяемая как отношение изменения длины тела трубы к его начальной длине.

3.11 **расчетное напряжение** (engineering stress): Напряжение, определяемое как отношение усилия, действующего на поверхность тела к начальной площади этой поверхности.

3.12 **руководство** (template): Документ, содержащий формулы, методы испытаний и измерений, предназначенный для установления проектных показателей эксплуатационных свойств.

3.13 **смещение предела текучести** (yield stress bias): Величина, определяемая как отношение фактического предела текучести к заданному минимальному пределу текучести.

3.14 **статистический подход** (synthesis method): Подход, в соответствии с которым неопределенность и вероятные значения показателей эксплуатационных свойств труб определяют, используя распределения показателей геометрических параметров и свойств металла.

Примечание — Для определения статистического распределения показателей эксплуатационных свойств это распределение рассматривают в сочетании с формулой предельных значений. Распределение показателей эксплуатационных свойств в сочетании с найденным нижним процентилем определяют окончательный вид расчетной формулы.

3.15 **текучесть** (yield): Постоянная неупругая деформация.

3.16 **текучесть тела трубы** (pipe body yield): Напряженное состояние, при котором начинается течение металла в любой точке тела трубы.

3.17 **уровень приемки** (inspection threshold): Максимальный размер несовершенства типа трещины, допустимый *установленными требованиями*.

3.18 **формулы предельных значений** (limit state equations): Формулы, которые по геометрическим параметрам и свойствам металла выборки труб позволяют определить критерий разрушения труб.

Примечание — По формуле предельных значений определяют с максимальной точностью показатели эксплуатационных свойств отдельной выборки труб без учета предельных отклонений этой выборки.

3.19 **формулы проектных предельных значений** (design equations): Формулы, позволяющие на основе требований стандартов или измерений определить показатели эксплуатационных свойств, используемые при проектных расчетах.

Примечание — Формула проектных предельных значений может быть получена путем подстановки обоснованных предельных переменных в формулу предельных значений с целью определения ожидаемых показателей эксплуатационных свойств с заданным уровнем безопасности. Формула проектных предельных значений, выведенная статистическим путем, соответствует определенному нижнему процентилю кривой распределения вероятности стойкости.

3.20 **число витков на дюйм** (threads per inch): Число витков резьбы на длине 25,4 мм.

Примечание — 1 виток на дюйм равен 0,0394 витка на миллиметр, 1 виток на миллиметр равен 25,4 витка на дюйм.

3.21 **эффективное напряжение** (effective stress): Напряжение, учитывающее напряжение, вызываемого давлением, и осевое напряжение, используемое в настоящем стандарте с целью упрощения формул.

Примечание — Эффективное напряжение в том виде, в каком оно используется в настоящем стандарте, не представляет собой определенную физическую величину. Оно представляет собой величину, зависящую от продольного напряжения, внутреннего давления, наружного давления и размеров трубы, для использования в некоторых формулах. Иногда его называют фиктивным напряжением Любинского.

4 Обозначения

В настоящем стандарте применены следующие обозначения:

A — натяг при ручном свинчивании;

A_B (l_B) — расстояние от торца муфты до основания треугольного клейма при ручном свинчивании;

A_{cnt} — площадь критического поперечного сечения более слабого компонента соединения;

A_{gb}, B_{gb}, C_{gb} — размеры приспособления для испытания на направленный загиб;

A_{gbf} — критический размер приспособления для испытания на направленный загиб,

A_i — *площадь поперечного сечения по внутреннему диаметру;*

A_{jc} — площадь поперечного сечения муфты;

A_{jp} — площадь поперечного сечения трубы в плоскости последнего витка резьбы с полным профилем;

A_o — *площадь поперечного сечения по наружному диаметру;*

A_p — площадь поперечного сечения трубы;

$A_{p\ ave}$ — средняя площадь поперечного сечения трубы;

A_s — площадь поперечного сечения образца для испытания на растяжение;

a — в формуле предельных значений — наибольшая фактическая глубина несовершенства типа трещины; в формуле проектных предельных значений — максимальная глубина несовершенства типа трещины, невыявленного системой контроля,

a_N — глубина несовершенства, сопоставимая с конкретным уровнем приемки, т. е. наибольшая глубина несовершенства типа трещины, которая может быть принята системой контроля как допустимое несовершенство;

$a_{t/D}$ — среднее значение отношений t/D, используемое при регрессионном анализе;

b — параметр распределения Вейбулла;

B — *расстояние между стенками матрицы или опорами при испытании на направленный загиб;*

c — изгиб трубы — обратная величина радиуса изгиба оси трубы;

C_{fR} — случайная переменная, характеризующая неопределенность модели;

d — внутренний диаметр трубы;

d_{ou} — *внутренний диаметр высадки;*

d_{wall} — внутренний диаметр трубы, рассчитанный с коэффициентом k_{wall};

d_1 — диаметр впадины резьбы муфты в плоскости торца трубы при механическом свинчивании;

d_3 — внутренний диаметр резьбы трубы в плоскости торца муфты при механическом свинчивании, мм;

D — номинальный наружный диаметр трубы;

D_{ac} — средний наружный диаметр трубы после надреза;

D_{ave} — средний наружный диаметр трубы;

D_{bc} — средний наружный диаметр трубы до надреза;

D_C — *номинальный наружный диаметр специальной муфты;*

D_t (B_t) — наружный диаметр торцевой плоскости обычной муфты со специальной фаской;

D_M (W) — номинальный наружный диаметр обычной муфты;

D_{max} — максимальный наружный диаметр трубы;

D_{min} — минимальный наружный диаметр трубы;

D_4 — наружный диаметр резьбы трубы;

E — модуль Юнга;

E_c — средний диаметр резьбы посередине муфты ***для соединений ВС и ОТТМ или внутренний диаметр расточки муфты для соединений НКМ и ОТТГ;***

E_{ac} — средний диаметр резьбы в плоскости торца муфты;

E_0 — средний диаметр резьбы в плоскости торца трубы;

E_1 — средний диаметр резьбы в плоскости ручного свинчивания;

E_7 — средний диаметр резьбы в основной плоскости;

e — число Эйлера или основание натурального логарифма, равное 2,718281828;

ec — эксцентриситет;

f — степени свободы;

$f(\vec{x})$ — функция плотности суммарной вероятности переменных вектора $\vec{x}$;

f_m — срез по впадинам профиля трубопроводной резьбы;

F_a — осевое усилие;

F_{ax} — *составляющая эффективного осевого усилия, не вызванная изгибом;*

F_{eff} — эффективное осевое усилие;

$F_{Y\ API}$ (F_{YAPI}) — осевое усилие при возникновении текучести по формуле Барлоу;

g — длина резьбы с неполным профилем;

$g(\vec{x})$ — функция предельных значений;

G_0 — коэффициент влияния для кривой FAD предельных значений;

G_1 — коэффициент влияния для кривой FAD предельных значений;

G_2 — коэффициент влияния для кривой FAD предельных значений;

G_3 — коэффициент влияния для кривой FAD предельных значений;

G_4 — коэффициент влияния для кривой FAD предельных значений;

h_B — высота профиля трапецеидальной резьбы;

h_n — коэффициент, учитывающий форму кривой напряжение-деформация;

h_s — высота профиля треугольной резьбы;

H — высота исходного профиля треугольной резьбы;

I — момент инерции поперечного сечения трубы;

I_{ave} — средний момент инерции поперечного сечения трубы;

I_b (M_b) — изгибающий момент;

I_p (J_p) — полярный момент инерции поперечного сечения трубы;

J — расстояние от торца трубы до середины муфты при механическом свинчивании;

J_{1c} — стойкость металла к разрушению;

J_{Imat} — стойкость металла к разрушению в определенной среде;

J_r — коэффициент интенсивности напряжений на основе J-интеграла;

J-интеграл — интенсивность поля напряжений и деформаций вблизи вершины трещины;

k (*K*) — коэффициент интенсивности напряжений в вершине трещины;

k_A — промежуточная переменная в формуле критерия текучести фон Мизеса по стандарту [1] или [2];

k_a — коэффициент прочности при разрушении, полученный по результатам испытаний;

k_B — промежуточная переменная в формуле критерия текучести фон Мизеса по стандарту [1] или [2];

k_C — промежуточная переменная в формуле критерия текучести фон Мизеса по стандарту [1] или [2];

k_c — постоянная в формуле для упругого смятия;

k_{dr} — поправочный коэффициент, учитывающий деформацию трубы и деформационное упрочнение металла;

k_e — коэффициент смещения для упругого смятия;

$k_{e\ des}$ — понижающий коэффициент для проектного упругого смятия;

$k_{e;}$ — коэффициент удлинения;

$k_{e\ uls}$ — поправочный коэффициент для предельных значений упругого смятия;

k_f — *поправочный коэффициент для массива данных по таблице Е.1;*

k_l — коэффициент, служащий для определения минимальной толщины стенки трубы, достаточной для получения поперечного образца для испытания на ударный изгиб;

k_h (*n*) — коэффициент упрочнения для кривой истинного напряжения-деформации;

k_{tsl} — коэффициент пересчета длины;

k_{Imat} (K_{Imat}) — коэффициент вязкости разрушения металла в определенной среде;

k_m — поправочный коэффициент для расчета массы;

k_n — коэффициент пересчета напряжений;

k_p (K_p) — соотношение напряжения, вызываемого внутренним давлением, и предела текучести;

k_{pi} — геометрический коэффициент верхнего квадранта в формуле критерия текучести фон Мизеса по стандарту [1] или [2];

k_{po} — геометрический коэффициент нижнего квадранта в формуле критерия текучести фон Мизеса по стандарту [1] или [2];

k_r (K_r) — коэффициент интенсивности напряжений,

$k_{t/D}$ (Z_p) — поправочный коэффициент на отклонение t/D от среднего;

$k_{t\,des}$ (Ht_{des}) — понижающий коэффициент в формуле проектных предельных значений;

$k_{t\,ult}$ (Ht_{ult}) — понижающий коэффициент в формуле предельных значений;

k_{wall} — коэффициент, учитывающий установленное предельное отклонение толщины стенки трубы;

k_{wpe} — коэффициент пересчета массы на единицу длины;

k_X (X) — *поправочный коэффициент для расчета среднего диаметра резьбы в плоскости торца муфты;*

k_y — коэффициент смещения для пластического смятия;

$k_{y\,des}$ — понижающий коэффициент для проектного пластического смятия;

$k_{y\,uls}$ — поправочный коэффициент для предельных значений пластического смятия;

k_α (α) — коэффициент чувствительности;

l_{iu} — *длина переходного участка внутренней высадки;*

L — длина С-образного образца;

L_B (L_{eu}) — расстояние от торца трубы до начала переходного участка высадки;

L_c — минимальная длина резьбы с вершинами полного профиля от торца трубы;

L_{ef} — длина трубы с учетом отделки концов;

L_{et} — длина сопряжения при *механическом свинчивании соединения с номинальными геометрическими параметрами;*

L_{eu} — *длина переходного участка наружной высадки;*

L_{iu} — *длина внутренней высадки;*

L_j — длина трубы;

L_m (N_L) — длина муфты;

L_{nom} — номинальная детерминистическая нагрузка;

L_r — коэффициент нагрузки;

L_t — общая длина резьбы трубы;

L_1 — расстояние от торца трубы до плоскости ручного свинчивания;

L_7 — длина резьбы трубы с полным профилем;

m — *расчетная масса трубы;*

m_c — масса обычной муфты;

m_{cB} — масса муфты для обсадных труб *ВС*;

m_{crsb} — масса муфты, удаляемая при выполнении специальной фаски;

m_{csb} — масса муфты со специальной фаской;

m_{eiu} — *увеличение массы трубы при наружной и внутренней высадках;*

m_{exu} — *увеличение массы трубы при наружной высадке;*

m_{inu} — *увеличение массы трубы при внутренней высадке;*

m_L (W_L) — расчетная масса трубы длиной L;

m_{pe} (w_{pe}) — масса трубы без резьбы ***и высадки*** на единицу длины;

m_{rt} — масса, удаляемая при нарезании резьбы на трубе;

m_{tc} (w_{tc}) — масса трубы с резьбой и муфтой на единицу длины;

m_u (w_u) — масса трубы после высадки на единицу длины;

mu — неопределенность модели;

M — *расстояние от торца муфты до плоскости ручного свинчивания;*

M_t (T) — крутящий момент;

n — *число испытаний на смятие;*

n_t (N_t) — число испытаний;

N — число витков в сопряжении;

ov — овальность;

p — шаг резьбы;

P_{app} — *действующее давление;*

P_c (p_c) — давление смятия;

P_{cap} — *предельное давление;*

P_{ci} (p_{ci}) — давление смятия при наличии внутреннего давления;

P_{des} (p_{des}) — проектное давление смятия;

P_{desi} (p_{desi}) — проектное давление смятия с поправкой на внутреннее давление;

$P_{des\ e}$ ($p_{des\ e}$) — давление смятия с поправкой на осевое напряжение и внутреннее давление;
P_e (p_e) — давление упругого смятия;
P_{ec} (p_{ec}) — разность давлений упругого смятия;
$P_{e\ des}$ ($p_{e\ des}$) — проектное давление упругого смятия;
$P_{e\ ult}$ ($p_{e\ ult}$) — предельное давление упругого смятия;
P_f — *вероятность отказа трубы при пластическом разрушении;*
P_{ht} (p_{ht}) — испытательное гидростатическое давление;
P_i (p_i) — внутреннее давление;
P_{iF} (p_{iF}) — внутреннее давление при разрушении;
P_{iL} (p_{iL}) — внутреннее давление при появлении утечки;
P_{iR} (p_{iR}) — внутреннее давление при пластическом разрушении трубы с торцевым уплотнением;
P_{iRa} (p_{iRa}) — P_{iR} с поправкой на осевую нагрузку и наружное давление;
P_{itp} (p_z) — *изменение давления витков резьбы муфты и ниппеля друг на друга в результате свинчивания после приложения внутреннего давления;*
$P_{iY\ API}$ ($p_{iY\ API}$) — внутреннее давление возникновения текучести в тонкостенной трубе;
P_{iYc} (p_{iYc}) — внутреннее давление возникновения текучести в муфте;
P_{iYLc} (p_{iYLc}) — внутреннее давление возникновения текучести в толстостенной трубе с торцевым уплотнением;
P_{iYLo} (p_{iYLo}) — внутреннее давление возникновения текучести в толстостенной трубе с открытыми торцами;
P_j — прочность соединения;
P_M (p_M) — *разность давлений;*
P_o (p_o) — наружное давление;
$P_{o\ ult}$ ($p_{o\ ult}$) — предельное наружное давление при смятии;
P_P (p_P) — давление пластического смятия;
P_{Pav} (p_{Pav}) — давление среднего пластического смятия;
P_{tp} (p_1) — *давление витков резьбы муфты и ниппеля друг на друга в результате свинчивания;*
P_{tc} (p) — *предельное давление герметичности соединения;*
P_T (p_T) — давление переходного смятия;
P_{ult} (p_{ult}) — предельное давление смятия;
P_y (p_y) — давление пластического смятия;
P_{yc} (p_{yc}) — разность давлений пластического смятия;
$P_{y\ des}$ ($p_{y\ des}$) — проектное давление пластического смятия;
P_{yM} (p_{yM}) — разность между давлением по фон Мизесу и по толщине стенки;
P_{Yp} (p_{Yp}) — давление смятия при достижении предела текучести;
$P_{y\ Tresca}$ ($p_{y\ Tresca}$) — давление пластического смятия по Треску;
$P_{y\ ult}$ ($p_{y\ ult}$) — предельное давление пластического смятия;
$P_{y\ vme}$ ($p_{y\ vme}$) — давление пластического смятия по фон Мизесу;
Q — диаметр расточки в плоскости торца муфты;
r — радиальная координата;
r_a — *радиус оправки (пуансона) для испытания на направленный загиб;*
r_b — *радиус матрицы для испытания на направленный загиб;*
R_s (rs) — остаточное напряжение при отрицательном сжатии на внутренней поверхности;
s_m — срез по впадинам профиля треугольной резьбы;
$s_{t/D}$ — среднеквадратичное отклонение отношений t/D, используемых для регрессионного анализа;
S — расстояние между пластинами при сплющивании;
S_p — среднеквадратичная погрешность оценки по формуле регрессии;
t — номинальная толщина стенки трубы;
t_{ave} — средняя толщина стенки без учета несовершенств типа трещин;
$t_{c\ ave}$ — средняя толщина стенки трубы;
$t_{c\ max}$ — максимальная толщина стенки трубы;
$t_{c\ min}$ — минимальная толщина стенки трубы;
t_{max} — максимальная толщина стенки без учета несовершенств типа трещин;
t_{min} — минимальная толщина стенки без учета несовершенств типа трещин;
T_d — конусность;

$\bar{x}$ — вектор случайных переменных;
β — показатель надежности первого порядка;
ε_{eng} — коэффициент деформации;
ε_{ln} — логарифмическая деформация;
ε_{ymn} — деформация, соответствующая установленному минимальному пределу текучести;
μ — *среднее значение;*
μ_s — *среднее значение давления смятия для набора результатов испытаний на смятие;*
μ_{ec} — средний расчетный эксцентриситет;
μ_{fy} — среднее расчетное значение σ_y;
μ_{ov} — средняя расчетная овальность;
μ_{rs} — среднее расчетное остаточное напряжение при отрицательном сжатии на внутренней поверхности;
ν — коэффициент Пуассона;
π — число пи;
φ_f — вероятность отказа;
θ — угол специальной фаски;
θ_p — неучтенная доля популяции;
σ — среднеквадратичное отклонение;
σ_a — составляющая осевого напряжения, не вызванная изгибом;
σ_b — составляющая осевого напряжения, вызванная изгибом;
σ_c — истинное напряжение (напряжение Коши);
σ_e — эквивалентное напряжение;
σ_{eff} — эффективное напряжение;
σ_f — напряжение в стенке трубы при гидростатическом испытании;
σ_h — тангенциальное напряжение;
σ_{pmx} — максимальное основное напряжение;
σ_r — радиальное напряжение;
σ_{res} — остаточное напряжение;
σ_s — *среднеквадратичное отклонение набора результатов испытаний на смятие;*
σ_{th} — пороговое напряжение;
σ_u (f_u) — предел прочности при растяжении представительного образца;
σ_{umn} (f_{umn}) — заданный минимальный предел прочности при растяжении;
σ_{umnc} (f_{umnc}) — заданный минимальный предел прочности при растяжении для муфты;
σ_{umnp} (f_{umnp}) — заданный минимальный предел прочности при растяжении для тела трубы;
σ_{up} (f_{up}) — предел прочности представительного образца при растяжении для тела трубы;
σ_y (f_y) — предел текучести представительного образца при растяжении;
σ_{yax} (f_{yax}) — эквивалентный предел текучести при наличии осевого напряжения;
σ_{ye} (f_{ye}) — эквивалентное напряжение текучести при наличии осевого напряжения;
σ_{ymn} (f_{ymn}) — заданный минимальный предел текучести при растяжении;
σ_{ymnc} (f_{ymnc}) — заданный минимальный предел текучести при растяжении для муфты;
σ_{ymnp} (f_{ymnp}) — заданный минимальный предел текучести при растяжении для тела трубы;
σ_{yp} (f_{yp}) — предел текучести представительного образца при растяжении для трубы;
δ (ε_{el}) — удлинение при расчетной длине образца *50,0* мм;
τ_{na} — касательное напряжение при кручении;
Δ_m (e_m) — изменение массы при отделке концов.

5 Сокращения

В настоящем стандарте используют следующие сокращения:

BC — тип упорного соединения обсадных труб с трапецеидальной резьбой;

EU — тип соединения насосно-компрессорных труб с высаженными наружу концами с треугольной резьбой;

FAD — диаграмма оценки вероятности разрушения;

LC — тип соединения обсадных труб с удлиненной треугольной резьбой;

NU — тип соединения насосно-компрессорных труб с треугольной резьбой;

PDF — параметры функции распределения вероятностей;

CDF — функция кумулятивного распределения;

SC — тип соединения обсадных труб с короткой треугольной резьбой;

МКЭ — модель конечных элементов;

НКТ — тип соединения насосно-компрессорных труб с треугольной резьбой;

НКТВ — тип соединения насосно-компрессорных труб с высаженными наружу концами с треугольной резьбой;

НКМ — тип соединения насосно-компрессорных труб с трапецеидальной резьбой и узлом уплотнения «металл-металл»;

ОТТМ — тип соединения обсадных труб с трапецеидальной резьбой;

ОТТГ — тип соединения обсадных труб с трапецеидальной резьбой и узлом уплотнения «металл-металл».

6 Трехмерная текучесть тела трубы

6.1 Общие положения

При анализе трехмерной текучести тела трубы используют критерий фон Мизеса. Упругое состояние, приводящее к возникновению текучести, возникает при наложении следующих факторов:

a) радиального и тангенциального напряжений, определенных по формулам Ламе для толстостенного цилиндра;

b) равномерного осевого напряжения от всех источников, кроме изгиба;

c) осевого напряжения изгиба для бруса Тимошенко;

d) напряжения сдвига при кручении моментом, направленным по оси трубы.

Более подробная информация по расчету трехмерной текучести тела трубы приведена в приложении А.

6.2 Допущения и ограничения

6.2.1 Общие положения

Формулы (1)—(7) основаны на приведенных в 6.2.2—6.2.5 допущениях.

6.2.2 Концентричность и окружность поперечного сечения трубы

Формулы для радиальных и тангенциальных напряжений, изгиба и кручения основаны на предположении, что сечение трубы состоит из наружной и внутренней окружностей, концентричных и имеющих правильную форму.

6.2.3 Изотропная текучесть

Предел текучести трубы предполагается не зависящим от направления. Предполагается, что свойства продольных и поперечных образцов идентичны, они обладают одинаковыми модулями упругости и пределами текучести при растяжении и сжатии.

6.2.4 Отсутствие остаточных напряжений

При определении возникновения текучести предполагается, что остаточными напряжениями, возникающими в ходе производственного процесса, можно пренебречь.

6.2.5 Неустойчивость поперечного сечения (смятие) и продольная неустойчивость (выгнутость)

При $P_o > P_i$ возможно смятие поперечного сечения из-за потери устойчивости еще до возникновения текучести. Случай смятия, когда наружное давление больше внутреннего, см. в разделе 8. Аналогично при $\sigma_{eff} < 0$ возможна потеря продольной устойчивости трубы до возникновения текучести, и изгибающие напряжения от выгнутости необходимо учитывать при проверке на текучесть.

6.3 Требования к исходным данным

Для расчета трехмерной текучести тела трубы необходимы следующие исходные данные:

c — изгиб трубы — обратная величина радиуса изгиба оси трубы, рад/м;

D — номинальный наружный диаметр трубы, мм;

F_a — осевое усилие, Н;

$\sigma_{ym,n}$ — заданный минимальный предел текучести при растяжении, МПа;

k_{wall} — коэффициент, учитывающий установленное предельное отклонение толщины стенки трубы, равный 0,875 для предельного отклонения минус 12,5 %;

P_i — внутреннее давление, МПа;

P_o — наружное давление, МПа;

M_t — приложенный крутящий момент, Н · м;

t — номинальная толщина стенки трубы, мм.

6.4 Формула проектной трехмерной текучести тела трубы

Возникновение текучести определяется следующим равенством

$$\sigma_e = \sigma_{ymn}, \tag{1}$$

где $\sigma_e < \sigma_{ymn}$ соответствует упругому состоянию;

σ_e — эквивалентное напряжение, МПа;

σ_{ymn} — заданный минимальный предел текучести при растяжении, МПа.

Эквивалентное напряжение вычисляют по формуле

$$\sigma_e = \left[\sigma_r^2 + \sigma_h^2 + (\sigma_a + \sigma_b)^2 - \sigma_r\sigma_h - \sigma_r(\sigma_a + \sigma_b) - \sigma_h(\sigma_a + \sigma_b) + 3\tau_{ha}^2\right]^{1/2}; \tag{2}$$

при этом:

$$\sigma_r = \frac{\left[\left(P_i d_{wall}^2 - P_o D^2\right) - (P_i - P_o)\frac{d_{wall}^2 D^2}{4r^2}\right]}{D^2 - d_{wall}^2}; \tag{3}$$

$$\sigma_h = \frac{\left[\left(P_i d_{wall}^2 - P_o D^2\right) + (P_i - P_o)\frac{d_{wall}^2 D^2}{4r^2}\right]}{D^2 - d_{wall}^2}; \tag{4}$$

$$\sigma_a = \frac{F_a}{A_p}; \tag{5}$$

$$\sigma_b = \pm\frac{I_b r}{I} = \pm Ecr; \tag{6}$$

$$\tau_{ha} = \frac{M_t r}{I_p}, \tag{7}$$

где σ_e — эквивалентное напряжение, МПа;

σ_r — радиальное напряжение, МПа;

σ_h — тангенциальное напряжение, МПа;

σ_a — составляющая осевого напряжения, не вызванная изгибом, МПа;

σ_b — составляющая осевого напряжения, вызванная изгибом, МПа;

τ_{ha} — касательное напряжение при кручении, МПа;

P_i — внутреннее давление, МПа;

d_{wall} — внутренний диаметр трубы, рассчитанный с коэффициентом k_{wall}, равный $(D - 2k_{wall}t)$, мм;

k_{wall} — коэффициент, учитывающий установленное предельное отклонение толщины стенки трубы, равный 0,875 для предельного отклонения минус 12,5 %;

t — номинальная толщина стенки трубы, мм;

P_o — наружное давление, МПа;

D — номинальный наружный диаметр трубы, мм;

r — радиальная координата, $d/2 \le r \le D/2$ для σ_a, σ_b и τ_{ha}, $d_{wall}/2 \le r \le D/2$ для σ_r и σ_h;

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

F_a — осевое усилие, Н;

A_p — площадь поперечного сечения трубы, равная $\frac{\pi}{4}(D^2 - d^2)$, мм^2;

I_b — изгибающий момент, Н · м;

I — момент инерции поперечного сечения трубы, равный $\frac{\pi}{64}(D^4 - d^4)$, мм^4;

E — модуль Юнга, равный 206,9 ГПа;

c — изгиб трубы — обратная величина радиуса изгиба оси трубы, рад/м;

M_t — приложенный крутящий момент, Н · м;

I_p — полярный момент инерции поперечного сечения трубы, равный $\frac{\pi}{32}(D^4 - d^4)$, мм^4.

Знак ± в формуле (6) указывает на то, что составляющая осевого напряжения, вызванная изгибом, может быть положительной (при растяжении) или отрицательной (при сжатии) в зависимости от положения рассматриваемой точки поперечного сечения. От изгиба в точках поперечного сечения, расположенных ближе к центру радиуса изгиба, чем продольная ось трубы, возникают сжимающие напряжения, а в точках поперечного сечения, расположенных дальше от центра радиуса изгиба, чем продольная ось трубы, возникают растягивающие напряжения.

Единицей измерения переменной *c* является радиан на метр, что не характерно для нефтяной и газовой промышленности. Чаще применяемой единицей измерения переменной *c* является градус на 30 м. Для перевода единицы измерения градус на 30 м в радиан на метр правую часть формулы (6) необходимо умножить на постоянную $\pi/(180 \cdot 30)$ или $5{,}8178 \cdot 10^{-4}$.

При наличии изгиба формула (2) должна иметь 4 решения: для наружной и внутренней поверхности трубы при растяжении и сжатии. При наличии кручения формула (2) должна иметь 2 решения: для наружной и внутренней поверхности трубы. При отсутствии кручения и изгиба формула (2) должна иметь одно решение: для внутреннего радиуса трубы. Во всех случаях в формулу (1) следует подставлять наибольшее расчетное значение σ_e.

В результате расчета, приведенного в настоящем подразделе, определяют напряженное состояние, приводящее к текучести металла труб *в случае наихудших свойств этого металла, т. е.* при минимально допустимых значениях этих свойств. Толщину стенки трубы при этом принимают равной минимально допустимой толщине стенки при эксцентриситете, являющемся естественным фактором процесса производства труб.

6.5 Применение формулы проектной трехмерной текучести тела трубы к трубам для трубопроводов

Предел текучести тела труб для трубопроводов может быть рассчитан по приведенным выше формулам с учетом ограничений, приведенных в 6.2.

6.6 Примеры расчета

6.6.1 Расчет проектной текучести тела трубы по формулам Ламе в случае, когда наружное давление, изгиб и кручение равны нулю

Формулы Ламе для расчета радиальных и тангенциальных напряжений основаны на формулах трехмерного равновесия поперечного сечения трубы в состоянии линейной упругости. Поскольку это формулы для трехмерного измерения, то они обеспечивают наиболее точный расчет напряжений в трубе. Далее рассмотрены два вида таких формул: для труб с открытыми торцами, с осевыми напряжениями, равными нулю, и для труб с торцевым уплотнением, с осевыми напряжениями от действия внутреннего давления на торцевое уплотнение.

6.6.1.1 Формула проектной текучести для труб с торцевым уплотнением

Возникновение текучести в толстостенных трубах с торцевым уплотнением является особым случаем формул (1) и (2), когда отсутствуют наружное давление, изгиб и кручение. Осевое напряжение создается только действием внутреннего давления на торцевое уплотнение.

Формулу проектной текучести для труб с торцевым уплотнением с учетом формул Ламе для радиальных и тангенциальных напряжений выводят из формулы (2). Окончательная формула *для расчета внутреннего давления возникновения текучести металла толстостенных труб с торцевым уплотнением* P_{tYLc} имеет вид

$$P_{tYLc} = \frac{\sigma_{ymn}}{\left[\dfrac{3D^4 + d_{wall}^4}{\left(D^2 - d_{wall}^2\right)^2} + \dfrac{d^4}{\left(D^2 - d^2\right)^2} - \dfrac{2d^2 d_{wall}^2}{\left(D^2 - d^2\right)\left(D^2 - d_{wall}^2\right)}\right]^{1/2}}, \quad (8)$$

где σ_{ymn} — заданный минимальный предел текучести при растяжении, МПа;

D — номинальный наружный диаметр трубы, мм;

d_{wall} — внутренний диаметр трубы, рассчитанный с коэффициентом k_{wall}, равный $(D - 2k_{wall}\,t)$, мм;

k_{wall} — коэффициент, учитывающий установленное предельное отклонение толщины стенки трубы, равный 0,875 для предельного отклонения минус 12,5 %;

t — номинальная толщина стенки трубы, мм;

d — внутренний диаметр трубы, равный $(D - 2t)$, мм.

В формуле (8) не учтено осевое растяжение, поскольку оно создается внутренним давлением на торцевое уплотнение труб. В более общем случае, когда осевое напряжение создается иными факторами, оно учитывается критерием трехмерной текучести по формулам (1) и (2).

6.6.1.2 Формула проектной текучести тела трубы с открытыми торцами при отсутствии наружного давления и осевой нагрузки

Возникновение текучести в толстостенных трубах с открытыми торцами является особым случаем формул (1) и (2), когда отсутствуют равномерная осевая нагрузка, наружное давление, изгиб и кручение.

Формулу проектной текучести тела труб с открытыми торцами с учетом формул Ламе для радиальных и тангенциальных напряжений выводят из формулы (2). *Окончательная формула для расчета внутреннего давления возникновения текучести в толстостенных трубах с открытыми торцами* P_{iYLo}, МПа, имеет вид

$$P_{iYLo} = \frac{\sigma_{ymn}\left(D^2 - d_{wall}^2\right)}{\left(3D^4 + d_{wall}^4\right)^{1/2}}, \tag{9}$$

где σ_{ymn} — заданный минимальный предел текучести при растяжении, МПа;

D — номинальный наружный диаметр трубы, мм;

d_{wall} — внутренний диаметр трубы, рассчитанный с коэффициентом k_{wall}, равный $(D - 2k_{wall}\,t)$, мм;

k_{wall} — коэффициент, учитывающий установленное предельное отклонение толщины стенки трубы, равный 0,875 для предельного отклонения минус 12,5 %;

t — номинальная толщина стенки трубы, мм;

В более общем случае, когда осевое напряжение не равно нулю, оно учитывается критерием трехмерной текучести по формулам (1) и (2).

6.6.2 Давление возникновения текучести тела трубы по формуле Барлоу

6.6.2.1 Общие положения

Формула Барлоу для расчета давления возникновения текучести тела трубы основана на приближенной формуле одномерной (не трехмерной) текучести фон Мизеса и приближенной расчетной формуле тангенциального напряжения в трубе. Формула Барлоу аппроксимирует тангенциальные напряжения и затем приравнивает эту аппроксимацию к пределу текучести. Такая аппроксимация является менее точной, чем расчет по формуле Ламе в 6.6.1. Поскольку формула Барлоу не учитывает осевые усилия, то при расчете по ней нет разницы между трубой с торцевым уплотнением, трубой с открытыми концами и трубой, на концы которой действует растягивающая нагрузка.

6.6.2.2 Формула проектной одномерной текучести под действием давления

Формула для расчета внутреннего давления возникновения текучести металла тонкостенных труб имеет вид

$$P_{iY\,АПИ} = \frac{2\sigma_{ymn}\,(k_{wall}\,t)}{D}, \tag{10}$$

где $P_{iY\,АПИ}$ — внутреннее давление возникновения текучести в тонкостенной трубе, МПа;

σ_{ymn} — заданный минимальный предел текучести при растяжении, МПа;

d_{wall} — внутренний диаметр трубы, рассчитанный с коэффициентом k_{wall}, равный $(D - 2k_{wall}\,t)$, мм;

k_{wall} — коэффициент, учитывающий установленное предельное отклонение толщины стенки трубы, равный 0,875 для предельного отклонения минус 12,5 %;

t — номинальная толщина стенки трубы, мм;

D — номинальный наружный диаметр трубы, мм.

На формулу (10) распространяются те же допущения и ограничения, что и на более общие формулы, из которых она может быть выведена (6.2).

6.6.3 Осевое усилие при возникновении текучести тела трубы по формуле Барлоу

Предел текучести тела трубы представляет собой напряжение под действием осевого усилия при отсутствии внутреннего и внешнего давлений, изгиба и кручения. Осевое усилие при возникновении текучести рассчитывают по следующей формуле

$$F_{Y\,АПИ} = \sigma_{ymn} A_p, \tag{11}$$

где $F_{Y\,АПИ}$ — осевое усилие при возникновении текучести по формуле Барлоу, Н;

σ_{ymn} — заданный минимальный предел текучести при растяжении, МПа;

A_p — площадь поперечного сечения трубы, равная $\frac{\pi}{4}(D^2 - d^2)$, мм^2;

D — номинальный наружный диаметр трубы, мм;

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

t — номинальная толщина стенки трубы, мм.

6.6.4 Возникновение текучести тела трубы при отсутствии изгиба и кручения

При отсутствии изгиба и кручения формула (2) приобретает вид

$$\sigma_e = \left[\sigma_r^2 + \sigma_h^2 + \sigma_a^2 - \sigma_r\sigma_h - \sigma_r\sigma_a - \sigma_h\sigma_a\right]^{1/2}, \quad (12)$$

где σ_e — эквивалентное напряжение, МПа;

σ_r — радиальное напряжение, МПа;

σ_h — тангенциальное напряжение, МПа;

σ_a — составляющая осевого напряжения, не вызванная изгибом, МПа.

Пример — Труба с нижним открытым торцом опущена в вертикальную скважину, наполненную жидкой средой плотностью 1,080 кг/дм^3. Внутреннее и наружное давления на любой глубине одинаковы, а нижний конец трубы испытывает осевое сжатие, равное произведению давления жидкой среды на поперечное сечение тела трубы. Наружный диаметр трубы — 244,48 мм, толщина стенки — 13,48 мм, k_{wall} — 0,875. Принимаем плотность стали равной 7,85 кг/дм^3 и пренебрегаем соединениями. Необходимо рассчитать, не возникнет ли текучесть самого верхнего сечения трубы, если опустить трубу на глубину 3000 м. Минимальный предел текучести трубы — 551,6 МПа. Результаты расчета приведены в таблице 1.

Поскольку в этом примере изгиб и кручение отсутствуют, можно не вычислять σ_e для наружной и внутренней поверхностей трубы, поскольку текучесть всегда возникает на внутренней поверхности. Но в данном примере приведен расчет для обеих поверхностей.

Поскольку эквивалентное напряжение меньше предела текучести, то в самом верхнем сечении текучесть металла не наступит.

Таблица 1 — Пример расчета возникновения текучести при отсутствии изгиба и кручения

Параметр	Значение
Нагрузка	
F_a	1995717 Н
P_i	31,73 МПа
P_o	31,73 МПа
c	0 °/30 м
M_t	—
Геометрические параметры	
D	244,48 мм
t	13,84 мм
k_{wall}	0,875
Свойства металла	
E	206,9 ГПа
Расчетные значения	
d	216,80 мм
d_{wall}	220,26 мм
A_p	10028 мм^2
I	66920762 мм^4
I_p	133841524 мм^4
σ_a	199,01 МПа

Окончание таблицы 1

Параметр	Значение
Внутренняя поверхность	
σ_b	—
σ_h	–31,73 МПа
σ_r	–31,73 МПа
τ_{ha}	—
$\sigma_e, \sigma_b +$	230,74 МПа
$\sigma_e, \sigma_b -$	230,74 МПа
Наружная поверхность	
σ_b	—
σ_h	–31,73 МПа
σ_r	–31,73 МПа
τ_{ha}	—
$\sigma_e, \sigma_b +$	230,74 МПа
$\sigma_e, \sigma_b -$	230,74 МПа

7 Пластическое разрушение тела трубы

7.1 Общие положения

По формуле проектного давления пластического разрушения определяют фактическое разрушение тела трубы под действием внутреннего давления. В то время как по формуле из раздела 6 определяют возникновение пластической деформации, а не потерю целостности трубы, по формулам проектного давления пластического разрушения определяют способность трубы выдерживать внутреннее давление без потери герметичности.

Формулы проектного давления пластического разрушения учитывают минимальные допустимые толщину стенки и номинальный наружный диаметр трубы, максимальную глубину несовершенств, невыявленных системой контроля, вязкость разрушения и деформационное упрочнение металла, предел прочности трубы. Предел текучести не оказывает непосредственного влияния на давление пластического разрушения, но влияет на коэффициент упрочнения k_h.

Формулы проектного давления пластического разрушения могут быть выведены на основе механики равновесия трубы в сочетании с моделью пластичности трубы и моделью влияния несовершенств. Выбор основной формулы, применение этой формулы к стандартным трубам и сопоставление формулы с результатами испытаний подробно рассмотрены в приложении В, а также в стандарте [3].

Формулы предельных значений давления пластического разрушения и формулы проектного давления основаны на трех взаимосвязанных положениях:

a) формуле равновесия пластического разрушения трубы с известными *минимальной допустимой* толщиной стенки и номинальным наружным диаметром;

b) уменьшении допустимой минимальной толщины стенки на глубину несовершенств, не выявленных системой контроля;

c) критерии минимальной вязкости, при которой происходит пластическое разрушение.

Эти формулы применимы для труб, находящихся под действием давления и осевой нагрузки, но не применимы для определения стойкости труб при усталостных нагрузках. Вычитание из толщины стенки трубы глубины несовершенств и учет вязкости металла труб основаны на механике разрушения, которая связывает измеренную вязкость разрушения J_{1c} образцов труб с расчетной интенсивностью напряжений в вершине трещины (J-интегралы) как функцию от глубины несовершенств. Подробнее — см. приложение В.

7.2 Допущения и ограничения

Эти формулы применимы только в том случае, когда металл трубы в данной среде обладает достаточно высокой вязкостью, соответствующей минимальному критерию, в соответствии с которым деформация трубы в данной среде вплоть до разрушения имеет пластический, а не хрупкий характер даже при наличии незначительных несовершенств.

Напряжения изгиба, возникающие, например, при изогнутости или кривизне скважины, не входят в расчетную формулу давления пластического разрушения. Поэтому формула проектного давления пластического разрушения не применима для трубы в изогнутой или криволинейной скважине.

7.3 Требования к исходным данным

7.3.1 Общие положения

Для выполнения расчета давления пластического разрушения тела трубы необходимы следующие исходные данные:

a_N — глубина несовершенства, сопоставимая с конкретным уровнем приемки, т. е. наибольшая глубина несовершенства типа трещины, которая может быть принята системой контроля как допустимое несовершенство, мм. Так, при контроле труб толщиной стенки 12,7 мм с уровнем приемки 5 % a_N равна 0,635 мм;

D — номинальный наружный диаметр трубы, мм;

σ_{umin} — заданный минимальный предел прочности при растяжении, МПа;

k_a — коэффициент прочности при разрушении, полученный по результатам испытаний и равный 1,0 — для труб из стали L80 тип 13Cr после закалки и отпуска (с мартенситной структурой) и 2,0 — для труб после прокатки и нормализации; при отсутствии результатов испытаний принимается равным 2,0. Значение коэффициента для конкретного металла трубы может быть установлено при проведении испытания;

k_{wall} — коэффициент, учитывающий установленное предельное отклонение толщины стенки трубы, равный 0,875 для предельного отклонения минус 12,5 %;

k_h — коэффициент упрочнения для кривой истинного напряжения-деформации, полученной при испытании на одноосное растяжение (см. В.2.3.3, приложение В);

t — номинальная толщина стенки трубы, мм.

7.3.2 Определение коэффициента упрочнения

При отсутствии информации о напряжениях и деформациях коэффициент k_h выбирают из таблицы 2.

Таблица 2 — Рекомендуемые значения коэффициента упрочнения для формулы проектного давления пластического разрушения

Группа прочности	k_h
H40	0,14
J55	0,12
K55	0,12
M65	0,12
K72	***0,11***
N80	0,10
L80 тип 1	0,10
L80 тип 9Cr, L80 тип 13Cr	0,10
C90	0,10
R95	0,09
T95	0,09
P110	0,08
Q125	0,07
Q135	***0,06***

Если группа прочности материала неизвестна, но материал не подвергается значительному упрочнению, то коэффициент k_h может быть определен по следующей формуле

$$k_h = 0{,}1693 - k_n\sigma_y, \quad (13)$$

где k_h — коэффициент упрочнения для кривой истинного напряжения-деформации, полученной при испытании на одноосное растяжение (см. В.2.3.3, приложение В);

k_n — коэффициент пересчета напряжений, равный $1{,}18 \cdot 10^{-6}$ МПа$^{-1}$;

σ_y — предел текучести представительного образца при растяжении, МПа.

Формула проектного давления пластического разрушения труб сравнительно мало зависит от коэффициента k_h. Однако при использовании материала со значительным упрочнением, такого как двухфазные стали, необходимо определить k_h точнее, чтобы избежать завышенного прогноза стойкости к пластическому разрушению. Для таких материалов значения k_h могут достигать 0,30.

7.3.3 Определение коэффициента прочности при разрушении k_a

7.3.3.1 Общие положения

Этот коэффициент характеризует влияние вязкости металла на пластическое разрушение при наличии трещины глубиной a_N. Нет необходимости определять этот коэффициент для каждого заказа, достаточно определить его для определенного технологического варианта труб, изготовляемых по определенному плану контроля процесса. Для материала с высокой вязкостью коэффициент равен 1,0 или менее и влияние трещины на давление пластического разрушения будет не больше, чем глубина самой трещины. Однако для материала с пониженной вязкостью коэффициент k_a может быть равен 2,0 и влияние трещины становится таким, как будто трещина имеет глубину, вдвое превышающую фактическую.

Если значение k_a для материала не определялось, его можно принять равным 2,0. Установлено, что k_a равно 1,0 для труб с мартенситной структурой, подвергнутых закалке и отпуску, и для сталей типа 13Cr. Значение коэффициента может быть установлено для конкретного материала при испытании. Для расчета k_a может быть использован один из двух методов, приведенных далее.

7.3.3.2 Аналитический метод определения k_a

Рекомендуется следующая процедура:

a) Создают модель конечных элементов (МКЭ) трубы для трех разных значений глубины трещины: 0 %, 5 % и 12,5 % номинальной толщины стенки. Трещину моделируют как продольную трещину бесконечной длины на внутренней поверхности трубы. В модели рассматривают номинальную толщину стенки трубы (без учета эксцентриситета) и типичную кривую напряжение-деформация для рассматриваемой группы прочности.

b) Модель МКЭ используют для имитации приложения внутреннего давления с целью расчета J-интеграла в функции от внутреннего давления (стандарт [3], примеры в В.7.2, приложение В).

c) Экспериментальным путем находят критическое значение стойкости металла к разрушению J_{1c} в воздушной среде для группы прочности труб. J_{1c} представляет собой параметр, определяемый по методу испытания, приведенному в стандарте [4].

d) Каждую кривую конечного элемента J-интеграла заканчивают при критическом значении J_{1c}, измеренном экспериментально. Внутреннее давление, соответствующее этой конечной точке, в которой J-интеграл равен J_{1c}, представляет собой давление разрушения при наличии трещины в металле с вязкостью, характеризуемой J_{1c}.

e) Давление разрушения для металла с трещиной, глубина которой составляет 5 %, делят на давление разрушения для металла без трещины, используя для этого результаты моделирования МКЭ и измерения J_{1c}. Затем полученное соотношение приравнивают к $(1 - k_a\, a/t)$, где a/t — отношение глубины трещины к заданной толщине стенки трубы, например, в данном случае 5 %. Из этой формулы находят значение коэффициента прочности при разрушении k_a.

f) Расчет повторяют с результатами, полученными по МКЭ для трещины глубиной 12,5 %.

g) Находят среднее значений k_a для значений, полученных по перечислениям e) и f), и используют его в формуле проектного давления разрушения.

7.3.3.3 Экспериментальный метод определения k_a

Вместо измерения J_{1c} и расчета методом конечных элементов можно определить k_a, проведя испытания на разрушение трубы без несовершенства типа трещины, трубы с несовершенством глубиной 5 % и глубиной 12,5 %. Затем необходимо установить соотношение давлений разрушения, как описано в 7.3.3.2, перечисление e), и рассчитать k_a. Трудность при таком подходе заключается в том, что результат будет

некорректным при недостаточной острой форме несовершенства. Надрез, выполненный механическим или электроэрозионным способом, не пригоден для этой цели. Несовершенство типа трещины необходимо создать в процессе изготовления трубы или путем создания усталостной трещины. В целом МКЭ в сочетании с измерением J_{1c} является более легко осуществимым методом.

7.3.3.4 Чувствительность k_a

Коэффициент k_a мало зависит от группы прочности трубы и в основном зависит от технологического процесса, а при постоянстве процесса меняется слабо. Это связано с тем, что k_a представляет лишь потенциальное усиление стойкости трубы к наличию трещины при нагружении до разрушения. По этой причине рекомендуется определять k_a только для конкретной группы прочности, а не для конкретных размеров труб или заказов.

7.4 Формулы проектного давления пластического разрушения тела трубы с торцевым уплотнением

Минимальное внутреннее давление при пластическом разрушении трубы с торцевым уплотнением P_{IR}, МПа, вычисляют по следующей формуле

$$P_{IR} = \frac{2k_{dr}\,\sigma_{umn}\,(k_{wall}\,t - k_a\,a_N)}{D - (k_{wall}\,t - k_a\,a_N)}, \qquad (14)$$

где k_{dr} — поправочный коэффициент, учитывающий деформацию трубы и деформационное упрочнение металла, равный $(0{,}5)^{k_n+1} + (1/\sqrt{3})^{k_n+1}$;

k_n — коэффициент упрочнения для кривой истинного напряжения-деформации, полученной при испытании на одноосное растяжение (см. В.2.3.3 приложение В);

σ_{umn} — заданный минимальный предел прочности при растяжении, МПа;

k_{wall} — коэффициент, учитывающий установленное предельное отклонение толщины стенки трубы, равный 0,875 для предельного отклонения минус 12,5 %;

t — номинальная толщина стенки трубы, мм;

k_a — коэффициент прочности при разрушении, полученный по результатам испытаний и равный 1,0 — для труб из стали L80 тип 13Cr после закалки и отпуска (с мартенситной структурой) и 2,0 — для труб после прокатки и нормализации; при отсутствии результатов испытаний принимается равным 2,0. Значение коэффициента для конкретного металла трубы может быть установлено при проведении испытания;

a_N — глубина несовершенства, сопоставимая с конкретным уровнем приемки, т. е. наибольшая глубина несовершенства типа трещины, которая может быть принята системой контроля как допустимое несовершенство, мм. Так, при контроле труб толщиной стенки 12,7 мм с уровнем приемки 5 % a_N равна 0,635 мм;

D — номинальный наружный диаметр трубы, мм.

По выбранному значению k_{dr} рассчитывают среднее значение внутреннего давления при пластическом разрушении трубы с торцевым уплотнением P_{IR}, прогнозируемого в соответствии с условиями текучести по Треску и по фон Мизесу.

Коэффициент k_{wall} учитывает минимальное отклонение толщины стенки трубы без учета несовершенств. Это значение может быть откорректировано, если другая минимальная толщина стенки обеспечивается технологическим процессом или требованиями поставки.

Несовершенства типа трещин учитываются коэффициентом a_N. Произведение k_a на a_N представляет собой дополнительное уменьшение минимальной толщины стенки, связанное с наличием несовершенств типа трещин, не выявленных системой контроля, и расположение которых совпадает с минимальной толщиной стенки. Такое наложение минимальной толщины стенки и несовершенств типа трещин зависит от частоты появления минимальной стенки и частоты появления несовершенств острой формы и глубиной, сопоставимой с уровнем приемки.

При детерминистическом подходе необходимо проводить расчет давления пластического разрушения с запасом, при этом принимают частоту появления несовершенств равной 100 % и глубину несовершенств считают равной уровню приемки.

При вероятностном подходе в расчете давления разрушения по приложению В глубину несовершенства также принимают равной уровню приемки, но учитывают фактическую частоту появления минимальной стенки и несовершенств острой формы и глубиной, сопоставимой с уровнем приемки.

7.5 Учет влияния осевого растяжения и наружного давления

7.5.1 Общие положения

Формула (12) выведена для труб с торцевым уплотнением, осевое растяжение которых вызывает только внутреннее давление, действующее на внутреннюю поверхность труб с уплотнением. Это особый случай более общей ситуации, при которой в трубе может возникнуть разрушающее максимальное внутреннее давление при одновременном действии случайного наружного давления и случайного осевого растяжения или сжатия. Эти комбинированные нагрузки определяют, когда труба перейдет в состояние текучести и какие пластические деформации возникнут в ней к моменту разрушения. Может быть найден фундаментальный критерий разрушающей нагрузки, но это уже более сложная задача, решаемая при помощи формул фон Мизеса или Треска для поверхности текучести в зависимости от осевых, радиальных и тангенциальных напряжений.

Кроме того, пластическое разрушение под действием давления является преобладающим механизмом разрушения трубы только в том случае, когда осевое растяжение незначительно. При значительном осевом растяжении и незначительном внутреннем избыточном давлении осевая нагрузка (предшествующая образованию шейки и осевому разрушению трубы) будет максимальной еще до достижения максимального давления.

Далее приведены формулы разрушения под действием давления и образования шейки при комбинированных нагрузках вместе с критерием, позволяющим определить, что произойдет раньше. При этом использовано понятие «эффективное осевое растяжение», связанное с понятием «эффективное осевое напряжение», приведенным в А.1.3.2.4 (приложение А). Эти приближенные формулы для эффективного осевого растяжения имеют более высокую точность по сравнению с теоретическим решением по [5]. В *стандарте [3], пункт В.6.2 приложения В*, приведено соответствие результатов расчета при комбинированной нагрузке экспериментальным данным.

При отрицательных значениях эффективного осевого растяжения, т. е. при эффективном осевом сжатии, труба может быть выгнутой, как и колонна, что зависит от надежности боковых опор. Если выгнутость достаточно эффективно предотвращают, то формула для разрушения под действием комбинированной нагрузки может быть применима также и при эффективном осевом сжатии. Однако при значительном осевом сжатии возможна локальная выгнутость стенки трубы, приводящая к ее разрушению. В этом случае формула разрушения под действием комбинированной нагрузки неприменима.

7.5.2 Формула проектного давления пластического разрушения под действием комбинированной нагрузки

При наличии наружного давления и осевого растяжения или сжатия, отличающегося от создаваемого внутренним давлением на торцевое уплотнение, общая формула для расчета давления пластического разрушения имеет вид

$$P_{IRa} = P_o + \min\left[1/2\,(P_M + P_{ref\,T}),\ P_M\right], \tag{15}$$

где

$$P_M = P_{refM} = \left[1 - k_R\left(\frac{F_{eff}}{F_{uts}}\right)^2\right]^{1/2}, \tag{16}$$

при этом $F_a = \pi t\,(D - t)\,\sigma_a$; (17)

$$F_{eff} = F_a + P_o \pi t\,(D - t) - \frac{P_M\,t\,(D - t)}{(k_{wall}\,t - k_a a_N)(D - k_{wall}\,t + k_a\,a_N)}\,\frac{\pi}{4}\left[D - 2(k_{wall}\,t - k_a\,a_N)\right]^2; \tag{18}$$

$$F_{uts} = \pi t\,(D - t)\,\sigma_{umn}; \tag{19}$$

$$P_{uts} = \frac{2\sigma_{umn}\,(k_{wall}\,t - k_a\,a_N)}{D - (k_{wall}\,t - k_a\,a_N)}; \tag{20}$$

$$P_{ref} = \frac{1}{2}\left(P_{refM} + P_{ref\,T}\right) \text{ (см. рисунок 1)}; \tag{21}$$

$$P_{refM} = \left(\frac{2}{\sqrt{3}}\right)^{1+k_h} \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^{k_h} P_{uts}; \tag{22}$$

$$P_{ref\,T} = \left(\frac{1}{2}\right)^{k_h} P_{uts}; \quad (23)$$

$$k_R = \frac{4^{1-k_h} - 1}{3^{1-k_h}}, \quad (24)$$

где P_{iRa} — P_{iR} с поправкой на осевую нагрузку и наружное давление, МПа;

P_{iR} — внутреннее давление при пластическом разрушении трубы с торцевым уплотнением, МПа;

P_o — наружное давление, МПа;

F_a — осевое усилие, Н;

t — номинальная толщина стенки трубы, мм;

D — номинальный наружный диаметр трубы, мм;

σ_a — составляющая осевого напряжения, не вызванная изгибом, МПа;

F_{eff} — эффективное осевое усилие, Н, т. е. для совершенных труб — усилие, создающее осевое напряжение, дополнительное к напряжению, создаваемому внутренним и наружным давлениями в трубах с торцевым уплотнением;

k_{wall} — коэффициент, учитывающий установленное предельное отклонение толщины стенки трубы, равный 0,875 для предельного отклонения минус 12,5 %;

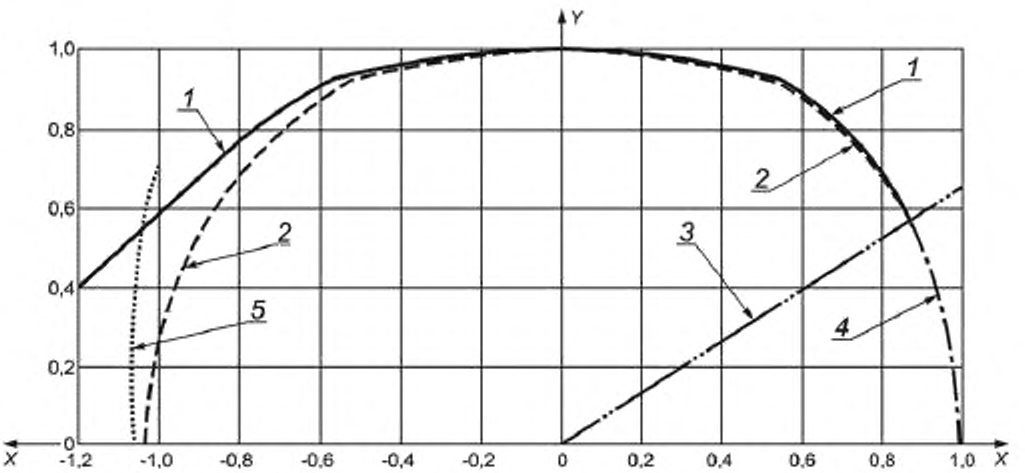
k_a — коэффициент прочности при разрушении, полученный по результатам испытаний и равный 1,0 — для труб из стали L80 тип 13Cr после закалки и отпуска (с мартенситной структурой) и 2,0 — для труб после прокатки и нормализации; при отсутствии результатов испытаний принимается равным 2,0. Значение коэффициента для конкретного металла труб может быть установлено при проведении испытания;

a_N — глубина несовершенства, сопоставимая с конкретным уровнем приемки, т. е. наибольшая глубина несовершенства типа трещины, которая может быть принята системой контроля как допустимое несовершенство, мм. Так при контроле труб толщиной стенки 12,7 мм с уровнем приемки 5 % a_N равна 0,635 мм;

σ_{umn} — заданный минимальный предел прочности при растяжении, МПа;

k_h — коэффициент упрочнения для кривой истинного напряжения-деформации, полученной при испытании на одноосное растяжение (таблица 2).

На рисунке 1 приведено графическое изображение формулы (15) совместно с фактической кривой разрушения.



1 — разрушение (фактическое); *2* — разрушение [формула (15)]; *3* — переходная прямая; *4* — образование шейки [формула (26)]; *5* — локальная выпуклость

Примечания

1 По оси X — F_{eff}/F_{uts} при эффективном осевом растяжении.

2 По оси Y — $(P_i - P_o)/P_{ref}$ при перепаде давлений.

Рисунок 1 — Иллюстрация влияния эффективного осевого растяжения и наружного давления на пластическое разрушение трубы

Для труб с торцевым уплотнением эффективное осевое усилие равно нулю и формула (15) сводится к формуле (14).

Формула разрушения справедлива, т. е. разрушение под действием давления произойдет до образования шейки, если

$$\frac{F_{eff}}{F_{uts}} \le \left(\frac{\sqrt{3}}{2}\right)^{1-k_h}. \quad (25)$$

7.5.3 Формула проектного усилия образования шейки под действием комбинированной нагрузки

При наличии внутреннего и наружного давлений общая формула усилия образования шейки имеет вид

$$F_{eff} = F_{uts}\left[1 - k_N\left(\frac{P_i - P_o}{P_{refM}}\right)^2\right]^{1/2}, \quad (26)$$

где

$$F_{eff} = F_a + P_o\pi t\,(D - t) - \frac{P_M t\,(D - t)}{(k_{wall}\,t - k_a a_N)(D - k_{wall}\,t + k_a a_N)}\frac{\pi}{4}\left[D - 2(k_{wall}\,t - k_a a_N)\right]^2; \quad (27)$$

$$F_a = \pi t\,(D - t)\,\sigma_a; \quad (28)$$

$$F_{uts} = \pi t\,(D - t)\,\sigma_{umn}, \quad (29)$$

$$P_{uts} = \frac{2\sigma_{umn}(k_{wall}\,t - k_a a_N)}{D - (k_{wall}\,t - k_a a_N)}; \quad (30)$$

$$P_{refM} = \left(\frac{2}{\sqrt{3}}\right)^{1+k_h}\left(\frac{1}{2}\right)^{k_h} P_{uts}; \quad (31)$$

$$k_N = 4^{1-k_h} - 3^{1-k_h}, \quad (32)$$

при этом F_{eff} — эффективное осевое усилие, Н, т. е. для совершенных труб — усилие, создающее осевое напряжение, дополнительное к напряжению, создаваемому внутренним и наружным давлениями в трубах с торцевым уплотнением;

P_i — внутреннее давление, МПа;

P_o — наружное давление, МПа;

F_a — осевое усилие, Н;

t — номинальная толщина стенки трубы, мм;

D — номинальный наружный диаметр трубы, мм;

σ_a — составляющая осевого напряжения, не вызванная изгибом, МПа;

k_{wall} — коэффициент, учитывающий установленное предельное отклонение толщины стенки трубы, равный 0,875 для предельного отклонения минус 12,5 %;

k_a — коэффициент прочности при разрушении, полученный по результатам испытаний и равный 1,0 — для труб из стали L80 тип 13Cr после закалки и отпуска (с мартенситной структурой) и 2,0 — для труб после прокатки и нормализации, при отсутствии результатов испытаний принимается равным 2,0. Значение коэффициента для конкретного металла труб может быть установлено при проведении испытания;

a_N — глубина несовершенства, сопоставимая с конкретным уровнем приемки, т. е. наибольшая глубина несовершенства типа трещины, которая может быть принята системой контроля как допустимое несовершенство, мм. Так при контроле труб толщиной стенки 12,7 мм с уровнем приемки 5 % a_N равна 0,635 мм;

σ_{umn} — заданный минимальный предел прочности при растяжении, МПа,

k_h — коэффициент упрочнения для кривой истинного напряжения-деформации, полученной при испытании на одноосное растяжение (таблица 2).

При нулевом давлении эффективное осевое усилие равно истинному осевому усилию и формула (26) для максимального осевого усилия сводится к пределу прочности.

Формула усилия образования шейки справедлива, т. е. образование шейки под действием давления происходит до разрушения, если

$$\frac{P_i - P_o}{P_{refM}} \le \left(\frac{1}{2}\right)^{1-k_h}. \quad (33)$$

7.5.4 Граница между разрушением под действием давления и образованием шейки

Сравнивая формулы (15) и (26), можно отметить, что образование шейки происходит до разрушения под действием давления, если

$$\frac{F_{eff}}{F_{uts}} \ge \frac{3}{2}\frac{P_i - P_o}{P_{uts}}. \quad (34)$$

Этот критерий, показанный на рисунке 1 ***(позиция 3),*** определяет границу между образованием шейки и разрушением трубы под действием давления.

7.5.5 Асимметричная локальная выгнутость под действием комбинированных нагрузок

Как показано на рисунке 1, в интервале осевого сжатия, т. е. при отрицательных значениях эффективного осевого усилия, формула (15) дает завышенное значение по сравнению с фактическим давлением пластического разрушения и предельным давлением, при котором происходит локальная выгнутость стенки трубы. С целью сближения кривых, построенных по фактическому давлению разрушения и по формуле (15), может быть разработана формула типа (16) с иным коэффициентом k_R ***[формула (24)],*** однако вывод такой отдельной формулы не имеет большого практического значения.

7.6 Примеры расчета

7.6.1 Пластическое разрушение трубы с торцевым уплотнением

Для трубы, находящейся под действием внутреннего давления, эффективное осевое усилие равно нулю и формулы (13) и (14) являются тождественными. Кроме того, при проведении испытания на разрушение труб с торцевым уплотнением при дополнительной осевой нагрузке, действующей на концы труб, эффективное осевое усилие является заданным и формула (15) может быть использована непосредственно для расчета давления пластического разрушения при любом значении эффективного осевого усилия.

Необходимо рассчитать давление пластического разрушения трубы наружным диаметром 177,8 мм, толщиной стенки 11,51 мм, группы прочности Р110. Труба имеет торцевое уплотнение, дополнительная осевая нагрузка отсутствует. Используем коэффициент деформационного упрочнения по таблице 2 и примем уровень приемки равным 5 %.

В таблице 3 приведены результаты расчета.

Таблица 3 — Пример расчета давления пластического разрушения трубы с торцевым уплотнением

Параметр	Значение
Нагрузка	
F_{eff}	—
Геометрические параметры	
D	177,8 мм
t	11,51 мм
k_{wall}	0,875
Свойства металла	
E	206,9 ГПа
σ_{umn}	862 МПа
Расчетные значения	
k_h	0,08
a_N	0,575 мм
k_a	1
P_{iR}	99,7 МПа

7.6.2 Пластическое разрушение при действии осевой нагрузки

Если известна осевая нагрузка, действующая на трубу, разность давлений P_M нельзя рассчитать непосредственно по формуле (15), поскольку эффективное осевое усилие является функцией P_M. Решение можно найти методом итерации или переписав формулу (15) в виде квадратного уравнения с неизвестным P_M.

Необходимо рассчитать давление пластического разрушения трубы наружным диаметром 177,80 мм, толщиной стенки 11,51 мм, группы прочности Р110. Осевая сжимающая нагрузка составляет 889600 Н. Используем коэффициент деформационного упрочнения по таблице 2 и примем уровень приемки, равным 5 %.

В таблице 4 приведены результаты расчета.

Таблица 4 — Пример расчета давления пластического разрушения трубы под действием осевой нагрузки

Параметр	Значение
Нагрузка	
F_a	– 889600 Н
P_o	–
Геометрические параметры	
D	177,8 мм
t	11,51 мм
k_{wall}	0,875
Свойства металла	
E	206,9 ГПа
σ_{umn}	862 МПа
Расчетные значения	
k_n	0,08
a_N	0,5758 мм
F_{uts}	5180423 Н
P_{uts}	97,22 МПа
$P_{ref\ T}$	91,98 МПа
$P_{ref\ M}$	107,43 МПа
k_R	0,93901
P_M	92,47 МПа
P_{IRa}	92,22 МПа

8 Стойкость к смятию

8.1 Выбор метода

Стойкость к смятию определяют непосредственно по результатам испытаний на смятие (более подробно — см. приложение Е) или по статистическим данным о качестве труб (по пределу текучести, наружному диаметру и толщине стенки) и по результатам вероятностного анализа с использованием формул прогнозируемой предельной прочности на смятие (более подробно — см. приложение F).

Метод расчета по результатам испытания на смятие требует данных по каждой трубе (наружный диаметр, масса и группа прочности), представительной для технологического процесса. Если такие данные отсутствуют, необходимо использовать статистический метод.

Расчет показателей стойкости к смятию с учетом возможных рисков приведен в стандарте [3], пункт F.5 приложения F.

8.2 Расчетные формулы стойкости к смятию

8.2.1 Формула предельных значений

Для расчета предельного давления смятия P_{ult}, МПа, используют упрощенный вариант формулы

$$P_{ult} = \frac{\left(P_{e\,ult} + P_{y\,ult}\right) - \left[\left(P_{e\,ult} - P_{y\,ult}\right)^2 + 4P_{e\,ult}P_{y\,ult} - k_{t\,ult}\right]^{0/2}}{2\left(1 - k_{t\,ult}\right)}, \quad (35)$$

где

$$P_{e\,ult} = \frac{k_{e\,ult}\,2E}{(1-\nu^2)\left(\frac{D_{ave}}{t_{c\,ave}}\right)\left(\frac{D_{ave}}{t_{c\,ave}} - 1\right)^2}, \quad (36)$$

$$P_{y\,ult} = k_{y\,ult}\,2\sigma_y \frac{t_{c\,ave}}{D_{ave}}\left[1 + \frac{t_{c\,ave}}{2D_{ave}}\right], \quad (37)$$

$$k_{t\,ult} = 0{,}127\,ov + 0{,}0039\,ec - 0{,}440\frac{R_s}{\sigma_y} + h_n, \text{ с ограничением } k_{t\,ult} \geq 0, \quad (38)$$

при этом $P_{e\,ult}$ — предельное давление упругого смятия, МПа;

$P_{y\,ult}$ — предельное давление пластического смятия, МПа;

$k_{t\,ult}$ — понижающий коэффициент;

$k_{e\,uls}$ — поправочный коэффициент для предельных значений упругого смятия, равный 1,089;

E — модуль Юнга, равный 206,9 ГПа;

ν — коэффициент Пуассона, равный 0,28;

D_{ave} — средний наружный диаметр трубы, мм;

$t_{c\,ave}$ — средняя толщина стенки трубы, мм;

$k_{y\,uls}$ — поправочный коэффициент для предельных значений пластического смятия, равный 0,9911;

σ_y — предел текучести представительного образца при растяжении, МПа;

ov — овальность, равная $100\,\frac{D_{max} - D_{min}}{D_{ave}}$, %;

D_{max} — максимальный наружный диаметр трубы, мм;

D_{min} — минимальный наружный диаметр трубы, мм;

ec — эксцентриситет, равный $100\,\frac{t_{c\,max} - t_{c\,min}}{t_{c\,ave}}$, %;

$t_{c\,max}$ — максимальная толщина стенки трубы, мм;

$t_{c\,min}$ — минимальная толщина стенки, мм;

R_s — остаточное напряжение при отрицательном сжатии на внутренней поверхности, и положительном растяжении на внутренней поверхности, МПа;

h_n — коэффициент, учитывающий форму кривой напряжение-деформация.

Примечание — Для данной формулы используют фактические значения $t_{c\,min}$, $t_{c\,max}$, D_{min}, D_{max}, σ_y, $t_{c\,ave}$, D_{ave}.

Значения коэффициентов h_n, $k_{e\,uls}$ и $k_{y\,uls}$ были получены эмпирически по результатам испытаний на смятие, см. стандарт [3], приложение F.

Результаты испытаний на смятие по [6] позволяют предположить, что формула (35) неприменима для труб с очень тонкой стенкой [$\log_{10}(P_y/P_e) > 0{,}4$] и значительными сжимающими остаточными напряжениями ($R_s / \sigma_y < -0{,}5$).

8.2.2 Формулы проектной стойкости к смятию (функция распределения вероятности множества)

8.2.2.1 Проектное давление смятия под действием наружного давления

Формулы (35) — (38) предназначены для расчета предельной стойкости к смятию, т. е. они прогнозируют момент фактического разрушения обсадных труб. Для расчетов используют заниженные значения *давлений упругого и пластического смятия*, соответствующие минимальному уровню безопасности, отражающему требуемый уровень надежности TRL. В этом случае минимальный уровень безопасности был полу-

чен путем умножения *давлений упругого и пластического смятия* на понижающие коэффициенты $k_{y\,des}$ и $k_{e\,des}$ соответственно, как показано далее.

$$P_{des} = \frac{\left(k_{e\,des}P_e + k_{y\,des}P_y\right) - \left[\left(k_{e\,des}P_e + k_{y\,des}P_y\right)^2 + 4k_{e\,des}P_e k_{y\,des}P_y k_{t\,des}\right]^{1/2}}{2\left(1 - k_{t\,des}\right)}, \quad (39)$$

где

$$P_e = \frac{2E}{(1-\nu^2)\frac{D}{t}\left(\frac{D}{t}-1\right)^2}; \quad (40)$$

$$P_y = 2\sigma_{ymn}\frac{t}{D}\left[1 + \frac{t}{2D}\right], \quad (41)$$

при этом P_{des} — проектное давление смятия, МПа;

$k_{e\,des}$ — понижающий коэффициент для проектного упругого смятия;

P_e — давление упругого смятия, МПа;

$k_{y\,des}$ — понижающий коэффициент для проектного пластического смятия;

P_y — давление пластического смятия, МПа;

$k_{t\,des}$ — понижающий коэффициент, равный 0,22 — для труб, подвергнутых холодной ротационной правке, и 0,20 — для труб, подвергнутых горячей ротационной правке;

E — модуль Юнга, равный 206,9 ГПа;

ν — коэффициент Пуассона, равный 0,28;

D — номинальный наружный диаметр, мм;

t — номинальная толщина стенки, мм;

σ_{ymn} — заданный минимальный предел текучести при растяжении, МПа.

Следует учитывать, что P_e и P_y рассчитывают по номинальным размерам и заданному минимальному пределу текучести, а не по фактическим значениям, как для предельной стойкости к смятию.

8.2.2.2 Проектное давление смятия под действием комбинированной нагрузки

Осевое растяжение понижает стойкость к смятию, а внутреннее давление повышает ее.

В настоящем подпункте приведен метод расчета стойкости к смятию под действием одной или обеих нагрузок, основанный на формуле Клевера—Тамано по [7].

Осевое растяжение не влияет на давление упругого смятия, т. е. $\Delta P_{e\,des}$ находят, используя формулу (40)

$$\Delta P_{e\,des} = \frac{k_{e\,des}\,2E}{(1-\nu^2)\frac{D}{t}\left(\frac{D}{t}-1\right)^2}, \quad (42)$$

где $\Delta P_{e\,des}$ — разность давлений P_o и P_i, МПа;

P_o — наружное давление, МПа;

P_i — внутреннее давление, МПа;

$k_{e\,des}$ — понижающий коэффициент для проектного упругого смятия;

E — модуль Юнга, равный 206,9 ГПа;

ν — коэффициент Пуассона, равный 0,28;

D — номинальный наружный диаметр, мм;

t — номинальная толщина стенки, мм.

Проектное давление текучести Треска $\Delta P_{y\,T\,des}$ рассчитывают по следующей формуле

$$\Delta P_{y\,T\,des} = \frac{k_{y\,des}\,2\sigma_{ymn}t}{D-t}, \quad (43)$$

где $k_{y\,des}$ — понижающий коэффициент для проектного пластического смятия;

σ_{ymn} — заданный минимальный предел текучести при растяжении;

t — номинальная толщина стенки;

D — номинальный наружный диаметр.

Проектное давление текучести фон Мизеса $\Delta P_{y\,vme\,des}$, МПа, рассчитывают по следующей формуле

$$\Delta P_{y\,vme\,des} = (4/3^{1/2}) k_{y\,des}\,\sigma_{ymn}\left(\frac{t}{D-t}\right)\left[1-\left(\frac{F_{eff}}{F_{y\,des}}\right)^2\right]^{1/2} = P_o - P_i, \quad (44)$$

где

$$F_{eff} = F_{ax} - P_i A_i + P_o A_o, \quad (45)$$

$$F_{y\,des} = k_{y\,des}\sigma_{ymn} A_s, \quad (46)$$

при этом $k_{y\,des}$ — понижающий коэффициент для проектного пластического смятия;

σ_{ymn} — заданный минимальный предел текучести при растяжении, МПа;

t — номинальная толщина стенки, мм;

D — номинальный наружный диаметр, мм;

F_{eff} — эффективное осевое усилие, Н, т. е. для совершенных труб — усилие, создающее осевое напряжение, дополнительное к напряжению, создаваемому внутренним и наружным давлениями в трубах с торцевым уплотнением;

F_{ax} — составляющая эффективного осевого усилия, не вызванная изгибом, Н;

P_i — внутреннее давление, МПа,

A_i — площадь поперечного сечения по внутреннему диаметру, равная $\pi\frac{(D-2t)^2}{4}$, мм^2;

P_o — наружное давление, МПа;

A_o — площадь поперечного сечения по наружному диаметру, равная $\pi\frac{D^2}{4}$, мм^2;

A_s — площадь поперечного сечения образца для испытания на растяжение, равная ($A_o - A_i$), мм^2.

F_{eff} является функцией от P_o [формула (45)], таким образом, решение по формуле (44) находят методом итерации или при помощи функции извлечения корня в математической электронной таблице (см. пример в 8.3.2).

Действующее давление смятия на пределе текучести принимается как давление текучести фон Мизеса или как среднеарифметическое значение давлений текучести фон Мизеса и Треска, в зависимости от положения на эллипсе фон Мизеса, т. е.

$$\Delta P_{y\,des} = \frac{\Delta P_{y\,T\,des} + \Delta P_{y\,vme\,des}}{2} \text{ при } \Delta P_{y\,vme\,des} > \Delta P_{y\,T\,des}, \quad (47)$$

$$\Delta P_{y\,des} = \Delta P_{y\,vme\,des} \text{ при } \Delta P_{y\,vme\,des} < \Delta P_{y\,T\,des}. \quad (48)$$

Затем по формуле (39) рассчитывают ΔP_{des} с использованием ΔP_e и ΔP_y вместо P_e и P_y

$$\Delta P_{des} = \frac{\left(\Delta P_{e\,des} + \Delta P_{y\,des}\right) - \left[\left(\Delta P_{e\,des} + \Delta P_{y\,des}\right)^2 + 4\Delta P_{e\,des}\,\Delta P_{y\,des} k_{t\,des}\right]^{1/2}}{2\left(1 - k_{t\,des}\right)}. \quad (49)$$

Окончательное проектное наружное давление $P_{o\,des}$ определяют по формуле

$$P_{o\,des} = \Delta P_{des} + P_i. \quad (50)$$

8.2.3 Формулы проектной стойкости к смятию (функция распределения вероятности определенного значения)

Проектную стойкость к смятию для труб, работающих только под наружным давлением, определяют по формуле (51). Для труб, работающих под наружным давлением и осевой нагрузкой и/или внутренним давлением, см. 8.2.2.2.

$$P_{des} = \frac{\left(P_{e\,des} + P_{y\,des}\right) - \left[\left(P_{e\,des} - P_{y\,des}\right)^2 + 4P_{e\,des}P_{y\,des}k_{t\,des}\right]^{1/2}}{2\left(1 - k_{t\,des}\right)}, \quad (51)$$

где

$$P_{e\,des} = \frac{0{,}825 \cdot 2E}{\left[(1-\nu^2)\frac{D}{t}\left(\frac{D}{t}-1\right)^2\right]}, \quad (52)$$

$$P_{y\,des} = k_{y\,des} \cdot 2\sigma_{ymn}\frac{t}{D}\left[1 + \frac{t}{2D}\right], \quad (53)$$

при этом P_{des} — проектное давление смятия, МПа;

$P_{e\,des}$ — проектное давление упругого смятия, МПа;

$P_{y\,des}$ — проектное давление пластического смятия, МПа;

$k_{t\,des}$ — понижающий коэффициент, равный 0,22 — для труб, подвергнутых холодной ротационной правке, и 0,20 — для труб, подвергнутых горячей ротационной правке;

E — модуль Юнга, равный 206,9 ГПа;

ν — коэффициент Пуассона, равный 0,28;

D — номинальный наружный диаметр, мм;

t — номинальная толщина стенки, мм;

$k_{y\,des}$ — понижающий коэффициент для проектного пластического смятия (таблица 5);

σ_{ymn} — заданный минимальный предел текучести при растяжении, МПа.

Таблица 5 — Понижающие коэффициенты $k_{e\,des}$, $k_{y\,des}$ и $k_{t\,des}$

Группа прочности[a]	Холодная ротационная правка			Горячая ротационная правка		
	$k_{e\,des}$[b]	$k_{y\,des}$[b]	$k_{t\,des}$[b]	$k_{e\,des}$[b]	$k_{y\,des}$[b]	$k_{t\,des}$[b]
H40	0,830	0,910	0,22	–[c]	–[c]	–[c]
J55, K55	0,830	0,890	0,22	–[c]	–[c]	–[c]
M65	0,830	0,880	0,22	–[c]	–[c]	–[c]
K72	***0,830***	***0,880***	***0,22***	**–[c]**	**–[c]**	**–[c]**
L80	0,825	0,855	0,22	0,825	0,865	0,20
L80 тип 9Cr	0,825	0,830	0,22	0,825	0,840	0,20
L80 тип 13Cr	0,825	0,830	0,22	0,825	0,840	0,20
N80 тип 1	0,825	0,870	0,22	–[c]	–[c]	–[c]
N80 тип Q	0,825	0,870	0,22	0,825	0,870	0,20
R95	0,825	0,840	0,22	0,825	0,855	0,20
C90	–[d]	–[d]	–[d]	0,825	0,850	0,20
T95	–[d]	–[d]	–[d]	0,825	0,855	0,20
P110	0,825	0,855	0,22	0,825	0,855	0,20
Q125	–[d]	–[d]	–[d]	0,825	0,850	0,20
Q135	**–[d]**	**–[d]**	**–[d]**	***0,825***	***0,850***	***0,20***

[a] Применяется только для указанной группы прочности; не допускается интерполяция по фактическим значениям пределов текучести. При необходимости определения значений коэффициентов для других групп прочности — см. стандарт [3], приложение F.

[b] $k_{e\,des}$, $k_{y\,des}$ и $k_{t\,des}$ — безразмерные величины.

[c] Для данной группы прочности горячую ротационную правку обычно не применяют.

[d] *По ГОСТ Р 53366* не допускается холодная ротационная правка.

Примечания

1 Понижающие коэффициенты в таблице 5 были рассчитаны по [8] для заданного уровня надежности 0,5 % для бесшовных труб после холодной и горячей ротационной правки.

2 Для получения максимально возможной плоской кривой в пространстве данных для заданного уровня надежности требуемые значения $k_{e\,des}$ и $k_{y\,des}$ были рассчитаны методом итерации.

3 Значение $k_{t\,des}$ рассчитано по функциям распределения вероятности для определяющих случаев.

8.2.4 Допущения и ограничения

Формула (51) выведена из формулы предельных значений на основе статистических данных о размерах труб и напряжениях (т. е. на статистическом разбросе результатов измерения наружного диаметра и толщины стенки труб, напряжения пластического течения и т. д.) и на заданном уровне надежности, равном 0,005. Это значение в существенной мере соответствует заданному пределу надежности, установленному для пластического смятия в стандарте [9].

Формула предельных значений прогнозирует давление разрушения трубы, т. е. она не включает коэффициент запаса прочности.

Спрогнозированный уровень надежности для любого отдельного производства и вида труб может отличаться от 0,005. В приложениях E и F описано определение предельных значений стойкости к смятию для конкретных случаев по результатам испытаний на смятие и статистическим данным о размерах труб и напряжениях соответственно.

Для расчета стойкости к смятию применяются кривые напряжение-деформация с плавным изгибом для труб, подвергаемых холодной ротационной правке, и кривые напряжение-деформация с резким изломом для труб, подвергаемых горячей ротационной правке. Таким образом, расчетные значения стойкости к смятию труб после холодной ротационной правки являются несколько заниженными для труб с плавным изгибом кривой напряжение-деформация.

В формулу (51) не включено непосредственное определение давления возникновения текучести металла и соответственно она не распространяется на эксплуатацию труб в кислых средах. При необходимости давление возникновения текучести металла может быть определено по формуле (2).

8.3 Примеры расчета

8.3.1 Расчет проектной стойкости к смятию *без нагрузки*

Рассчитывают проектную стойкость к смятию труб наружным диаметром 244,48 мм, толщиной стенки 13,84 мм, группы прочности L80 тип 1, подвергнутых холодной ротационной правке, при $k_{y\,des}$, равном 0,855, и $k_{l\,des}$, равном 0,22 (таблица 5):

$$P_{e\,des} = 0{,}825 \cdot 2 \cdot 206{,}9 \cdot 10^3/((1 - 0{,}28^2)\,(244{,}48/13{,}84)\,[(244{,}48/13{,}84) - 1]^2\} = 75{,}54 \text{ МПа};$$

$$P_{y\,des} = 0{,}855 \cdot 2 \cdot 552(13{,}84/244{,}48)\,\{[1 + [13{,}84/(2 \cdot 244{,}48)]\} = 54{,}91 \text{ МПа};$$

$$P_{des} = \{(75{,}54 + 54{,}91) - [(75{,}54 - 54{,}91)^2 + (4 \cdot 75{,}54 \cdot 54{,}91 \quad 0{,}22)]^{1/2}\}/[2(1 - 0{,}22)] = 42{,}70 \text{ МПа}.$$

8.3.2 Расчет проектной стойкости к смятию при сочетании нагрузок

Используя основные данные из примера в 8.3.1 ***в соответствии с 8.2.2*** рассчитывают проектную стойкость к смятию для внутреннего давления 34,48 МПа в сочетании с растягивающей осевой нагрузкой 137,90 МПа.

$$\Delta P_{y\,T\,des} = 2 \cdot 0{,}855 \cdot 552 \cdot 0{,}06002 = 56{,}60 \text{ МПа};$$

$$A_o = \pi \cdot 244{,}48^2/4 = 46919{,}82 \text{ мм}^2;$$

$$A_i = \pi \cdot 216{,}8^2/4 = 36896{,}76 \text{ мм}^2;$$

$$A_s = 46919{,}82 - 36896{,}76 = 10023{,}06 \text{ мм}^2;$$

$$F_{y\,des} = 0{,}855 \cdot 552 \quad 10023{,}06 = 4730 \text{ кН};$$

$$F_{ax} = 137{,}9 \quad 10023{,}06 = 1383 \text{ кН}.$$

P_o можно рассчитать, как корень, используя формулу (44)

$$f(P_o) = \Delta P_{y\,v=e\,des}(P_o) - P_o + P_i.$$

Или можно провести итерацию, приняв

$$P_o \approx \Delta P_{y\,T\,des} + P_i = 56{,}50 + 34{,}48 = 90{,}98 \text{ МПа}.$$

Тогда по формуле (45)

$$F_{eff} = 1383 \cdot 10^3 - (34{,}48 \cdot 36896{,}76) + (90{,}98 \cdot 46919{,}82) = 4380 \text{ кН}.$$

По формуле (44)

$$\Delta P_{y\ vme\ des} = (4/3^{1/2}) \cdot 0{,}855 \cdot 552\ \ [13{,}84/(244{,}48 - 13{,}84)] \cdot [1 - (4379{,}6\ \ 10^3/4730 \cdot 10^3)^2]^{1/2} = 24{,}70 \text{ МПа}.$$

Исходное значение для следующей итерации

$$P_{o\ new} = 0{,}5\ (90{,}98 + 24{,}7 + 34{,}48) = 75{,}08 \text{ МПа}.$$

Остальные итерации приведены в таблице 6. Могут быть использованы другие методы итерации (например, Ньютона-Рафсона).

Таблица 6 — Итерации для P_o

P_o, МПа	F_{eff}, кН	$\Delta P_{y\ vme\ des}$, МПа	$P_{o\ new}$, МПа
91,09	4388	24,47	75,02
75,02	3632	41,88	75,69
75,69	3664	41,36	75,76
75,76	3666	41,30	75,77
75,77	3667	41,29	75,77

$\Delta P_{y\ vme\ des} < \Delta P_{y\ T\ des}$, отсюда $\Delta P_{y\ des} = \Delta P_{y\ vme\ des} = 41{,}29$ МПа, и

$\Delta P_{des} = \{(75{,}54 + 41{,}29) - [(75{,}54 - 41{,}29)^2 + (4 \cdot 75{,}54 \cdot 41{,}29 \cdot 0{,}22)]^{1/2}\} / [2(1 - 0{,}22)] = 34{,}77$ МПа;

$P_{o\ des} = 34{,}77 + 34{,}48 = 69{,}24$ МПа.

9 Прочность соединений

9.1 Общие положения

Прочность резьбовых соединений является показателем целостности, а не показателем герметичности соединения. Для обсадных труб предельная нагрузка может рассчитываться по текучести или по разрушению/срыву резьбы соединения. Для насосно-компрессорных труб, когда колонна труб может многократно подниматься и опускаться в скважину, предельная нагрузка обычно определяется по текучести соединения.

9.2 Прочность при растяжении резьбовых соединений обсадных труб

9.2.1 Общие положения

Приведенные далее расчеты соединений на прочность при растяжении применимы для обсадных труб по *ГОСТ Р 53366* и резьбовых соединений по *ГОСТ Р 51906* и ***ГОСТ Р 53365.***

9.2.2 Прочность соединений обсадных труб с треугольной резьбой *SC* и *LC*

9.2.2.1 Общие положения

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

9.2.2.2 Допущения и ограничения

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

9.2.2.3 Требования к исходным данным

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

D — номинальный наружный диаметр трубы, мм;

σ_{utnp} — заданный минимальный предел прочности при растяжении для тела трубы, МПа;

σ_{ymnp} — заданный минимальный предел текучести при растяжении для тела трубы, МПа,

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

t — номинальная толщина стенки трубы, мм.

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

A — натяг при ручном свинчивании, мм;

E_1 — средний диаметр резьбы в плоскости ручного свинчивания, мм;

σ_{umnc} — заданный минимальный предел прочности при растяжении для муфты, МПа;

H — высота исходного профиля треугольной резьбы, мм;

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

s_m — срез по впадинам профиля треугольной резьбы, мм;

T_d — конусность, мм/мм;

D_M — номинальный наружный диаметр обычной муфты, мм.

9.2.2.4 Формулы проектной прочности

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

Расчет на прочность тела трубы проводят по следующей формуле

$$P_j = 0{,}95 A_{jp} \sigma_{umnp}. \tag{54}$$

Расчет на прочность витков резьбы трубы на срыв проводят по следующей формуле

$$P_j = 0{,}95 A_{jp} L_{et} \left[\frac{0{,}74 D^{-0{,}59} \sigma_{umnp}}{0{,}5 L_{et} + 0{,}14 D} + \frac{\sigma_{ymnp}}{L_{et} + 0{,}14 D} \right]. \tag{55}$$

Расчет на прочность муфты проводят по следующей формуле

$$P_j = 0{,}95 A_{jc} \sigma_{umnc}, \tag{56}$$

при этом

$$A_{jp} = \frac{\pi}{4} [(D - 2h_s)^2 - d^2]; \tag{57}$$

$$A_{jc} = \frac{\pi}{4} \left(D_M^2 - d_1^2 \right), \tag{58}$$

$$d_1 = E_1 - (L_1 + A) T_d + H - 2 s_m, \tag{59}$$

где P_j — прочность соединения, Н;

A_{jp} — площадь поперечного сечения трубы в плоскости последнего витка резьбы с полным профилем, мм^2;

σ_{umnp} — заданный минимальный предел прочности при растяжении для тела трубы, МПа;

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

D — номинальный наружный диаметр трубы, мм;

σ_{ymnp} — заданный минимальный предел текучести при растяжении для тела трубы, МПа;

A_{jc} — площадь поперечного сечения муфты, мм^2;

σ_{umnc} — заданный минимальный предел прочности при растяжении для муфты, МПа;

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

t — номинальная толщина стенки трубы, мм;

D_M — номинальный наружный диаметр обычной муфты, мм;

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

E_1 — средний диаметр резьбы в плоскости ручного свинчивания, мм;

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

A — натяг при ручном свинчивании, мм;

T_d — конусность, мм/мм;

H — высота исходного профиля треугольной резьбы, мм;

h_s — высота профиля треугольной резьбы, мм;

s_m — срез по впадинам профиля треугольной резьбы, мм.

9.2.3 Прочность соединений обсадных труб с *трапецеидальной* резьбой *ВС, ОТТМ и ОТТГ*

9.2.3.1 Общие положения

Прочность соединения обсадных труб с *трапецеидальной* резьбой определяют по минимальной прочности резьбы трубы и прочности муфты под впадиной резьбы в плоскости торца трубы при механическом свинчивании.

9.2.3.2 Допущения и ограничения

Расчетные формулы прочности соединения обсадных труб с *трапецеидальной* резьбой основаны на следующих допущениях:

- разрушение соединения из-за срыва витков резьбы невозможно. Следует отметить, что это допущение противоречит некоторым результатам испытаний труб с бóльшим отношением D/t;
- не учитывается влияние внутреннего и наружного давлений;
- не учитывается влияние кривизны трубы.

9.2.3.3 Требования к исходным данным

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

D — номинальный наружный диаметр трубы, мм;

E_7 — средний диаметр резьбы в основной плоскости, мм;

σ_{umnc} — заданный минимальный предел прочности при растяжении для муфты, МПа;

σ_{umnp} — заданный минимальный предел прочности при растяжении для тела трубы, МПа;

σ_{ymnp} — заданный минимальный предел текучести при растяжении для тела трубы, МПа;

h_B — высота профиля трапецеидальной резьбы, мм;

A_B — для соединения ВС — расстояние от торца муфты до основания треугольного клейма при ручном свинчивании, ***для соединений ОТТГ и ОТТМ — расстояние от торца муфты до конца сбега резьбы на трубе при ручном свинчивании,*** мм;

L_7 — длина резьбы трубы с полным профилем, мм;

t — номинальная толщина стенки трубы, мм;

T_d — конусность, мм/мм;

D_M — номинальный наружный диаметр обычной муфты, мм.

9.2.3.4 Расчетные формулы

Расчет на прочность соединений обсадных труб с *трапецеидальной* резьбой проводят по минимальной прочности резьбы трубы и прочности резьбы муфты.

Расчет на прочность резьбы трубы проводят по следующей формуле

$$P_j = 0{,}95A_p\sigma_{umnp}\left[1{,}008 - 0{,}00156\left(1{,}083 - \frac{\sigma_{ymnp}}{\sigma_{umnp}}\right)D\right]. \quad (60)$$

Расчет на прочность резьбы муфты проводят по следующей формуле

$$P_j = 0{,}95A_{jc}\,\sigma_{umnc}, \quad (61)$$

где P_j — прочность соединения, Н;

A_p — площадь поперечного сечения трубы, равная $\frac{\pi}{4}(D^2 - d^2)$, мм^2;

D — номинальный наружный диаметр трубы, мм;

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

t — номинальная толщина стенки трубы, мм;

σ_{umnp} — заданный минимальный предел прочности при растяжении для тела трубы, МПа;

σ_{ymnp} — заданный минимальный предел текучести при растяжении для тела трубы, МПа;

A_{jc} — площадь поперечного сечения муфты, равная $\frac{\pi}{4}\left(D_M^2 - d_1^2\right)$, мм^2;

D_M — номинальный наружный диаметр обычной муфты, мм;

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

σ_{umnc} — заданный минимальный предел прочности при растяжении для муфты, МПа;

$$d_1 = E_7 - (L_7 + A_B)T_d + h_B, \quad (62)$$

где E_7 — средний диаметр резьбы в основной плоскости, мм;

L_7 — длина резьбы трубы с полным профилем, мм;

A_B — для соединения ВС — расстояние от торца муфты до основания треугольного клейма при ручном свинчивании, ***для соединений ОТТГ и ОТТМ — расстояние от торца муфты до конца сбега резьбы на трубе при ручном свинчивании,*** мм;

T_d — конусность, мм/мм;

h_B — высота профиля трапецеидальной резьбы, мм.

9.3 Прочность при растяжении соединений насосно-компрессорных труб

9.3.1 Общие положения

Приведенные ниже расчеты соединений на прочность при растяжении применимы для соединений насосно-компрессорных труб по *ГОСТ Р 53366* с резьбовыми соединениями по *ГОСТ Р 51906 и* ***ГОСТ Р 53365.***

9.3.2 Прочность соединений насосно-компрессорных труб с невысаженными концами *NU, НКТ и НКМ*

9.3.2.1 Общие положения

Прочность соединений насосно-компрессорных труб с невысаженными концами и треугольной резьбой NU и ***НКТ*** рассчитывают как произведение предела текучести на площадь поперечного сечения трубы под последним полным витком резьбы. Площади поперечных сечений обычных и специальных муфт всегда больше, чем площади критических сечений свинчиваемых с ними труб, и не влияют на прочность соединения.

Прочность соединений насосно-компрессорных труб с невысаженными концами и трапецеидальной резьбой НКМ рассчитывают в соответствии с 9.2.3.

9.3.2.2 Допущения и ограничения

Формула для расчета на прочность соединений насосно-компрессорных труб с невысаженными концами не учитывает возможное воздействие внутреннего и наружного давлений. Не учитывается также влияние на прочность соединения кривизны насосно-компрессорных труб.

9.3.2.3 Требования к исходным данным

Для выполнения расчета прочности соединения насосно-компрессорных труб с невысаженными концами необходимы следующие исходные данные:

D — номинальный наружный диаметр трубы, мм;

D_4 — наружный диаметр резьбы трубы, мм;

σ_{ymn} — заданный минимальный предел текучести при растяжении, МПа;

h_s — высота профиля треугольной резьбы, мм;

t — номинальная толщина стенки трубы, мм.

9.3.2.4 Формула проектной прочности

Расчет прочности при растяжении для соединений ***NU и НКТ*** насосно-компрессорных труб с невысаженными концами ***и треугольной резьбой*** проводят по формуле

$$P_j = \sigma_{ymn}\left\{\frac{\pi}{4}\left[\left(D_4 - 2h_s\right)^2 - d^2\right]\right\}, \qquad (63)$$

где P_j — прочность соединения, Н;

σ_{ymn} — заданный минимальный предел текучести при растяжении, МПа;

D_4 — наружный диаметр резьбы трубы, мм;

h_s — высота профиля треугольной резьбы, мм;

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

D — номинальный наружный диаметр трубы, мм;

t — номинальная толщина стенки трубы, мм.

Расчет прочности при растяжении для соединения НКМ насосно-компрессорных труб с невысаженными концами и трапецеидальной резьбой проводят по формулам (60) и (61).

9.3.3 Прочность соединений насосно-компрессорных труб с высаженными концами *EU и НКТВ*

9.3.3.1 Общие положения

Прочность соединений насосно-компрессорных труб с высаженными концами ***и треугольной резьбой EU и НКТВ*** рассчитывают как произведение предела текучести на площадь поперечного сечения тела трубы. Площадь поперечного сечения трубы под последним полным витком резьбы насосно-компрессорных труб с высаженными концами больше, чем площадь поперечного сечения тела трубы. Площади критических поперечных сечений обычных и специальных муфт всегда больше, чем площади критических сечений свинчиваемых с ними труб, и не влияют на прочность соединения.

9.3.3.2 Допущения и ограничения

Формула для расчета прочности соединений насосно-компрессорных труб с высаженными концами не учитывает возможное воздействие внутреннего и наружного давлений. Не учитывается также влияние на прочность соединения кривизны насосно-компрессорных труб.

9.3.3.3 Требования к исходным данным

Для расчета прочности соединений насосно-компрессорных труб с высаженными концами необходимы следующие исходные данные:

D — номинальный наружный диаметр трубы, мм;

σ_{ymn} — заданный минимальный предел текучести при растяжении, МПа;

t — номинальная толщина стенки трубы, мм.

9.3.3.4 Формула проектной прочности

Расчет прочности при растяжении для соединений насосно-компрессорных труб с высаженными концами проводят по следующей формуле

$$P_j = \sigma_{ymn} \frac{\pi}{4}\left(D^2 - d^2\right), \tag{64}$$

где P_j — прочность соединения, Н;

σ_{ymn} — заданный минимальный предел текучести при растяжении, МПа;

D — номинальный наружный диаметр трубы, мм;

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

t — номинальная толщина стенки трубы, мм.

9.4 Прочность при растяжении соединений труб для трубопроводов

Формулы для расчета прочности резьбовых соединений труб для трубопроводов приведены в стандарте [10].

10 Расчет стойкости муфт при действии давления

10.1 Общие положения

Трубы с резьбой и муфтами выдерживают внутреннее давление, равное или меньшее, чем трубы без резьбы и муфты. Меньшее внутреннее давление требуется для предотвращения текучести муфты или утечки под действием внутреннего давления в плоскости E_1 или E_7 из-за недостаточной плотности соединения.

Для высокогерметичных резьбовых соединений ОТТГ и НКМ, имеющих узел уплотнения *«металл-металл»*, стойкость к действию внутреннего давления принимают равной стойкости трубы без резьбы и муфты.

Приведенные далее положения распространяются на трубы с муфтами по ГОСТ Р 53366 с резьбовыми соединениями по ГОСТ Р 51906 и ГОСТ Р 53365.

10.2 Внутреннее давление возникновения текучести муфты с треугольной и *трапецеидальной* резьбой

Внутреннее давление возникновения текучести муфты рассчитывают по следующей формуле

$$P_{iYc} = \frac{\sigma_{ymnc}\left(D_M - d_1\right)}{D_M}, \tag{65}$$

где P_{iYc} — внутреннее давление возникновения текучести в муфте, МПа;

σ_{ymnc} — заданный минимальный предел текучести при растяжении для муфты, МПа;

D_M — номинальный наружный диаметр обычной муфты, мм;

d_1 — внутренний диаметр впадины резьбы муфты в плоскости торца трубы при механическом свинчивании, мм.

Для обсадных и насосно-компрессорных труб с треугольной резьбой

$$d_1 = E_1 - (L_1 + A)T_d + H - 2s_m, \tag{66}$$

где d_1 — диаметр впадины резьбы муфты в плоскости торца трубы при механическом свинчивании, мм;

E_1 — средний диаметр резьбы в плоскости ручного свинчивания, мм;

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

A — натяг при ручном свинчивании, мм;
T_d — конусность, мм/мм;
H — высота исходного профиля треугольной резьбы, мм;
s_m — срез по впадинам профиля треугольной резьбы, мм.

Для обсадных труб с *трапецеидальной* резьбой ***для соединения ВС***

$$d_1 = E_7 - (L_7 + A_B)T_d + h_B, \quad (67)$$

где d_1 — диаметр впадины резьбы муфты в плоскости торца трубы при механическом свинчивании, мм;
E_7 — средний диаметр резьбы в основной плоскости, мм;
L_7 — длина резьбы трубы с полным профилем, мм;
A_B — расстояние от торца муфты до основания треугольного клейма при ручном свинчивании, мм;
T_d — конусность, мм/мм;
h_B — высота профиля *трапецеидальной* резьбы, мм.

Для обсадных труб с трапецеидальной резьбой для соединений ОТТМ и ОТТГ d_1 равен $d_3 - L_1T_d + 2h_B$, где d_3 — внутренний диаметр резьбы в плоскости торца муфты при механическом свинчивании, мм; L_1 — общая длина резьбы трубы, мм.

10.3 Стойкость к утечкам под действием внутреннего давления муфт с треугольной и *трапецеидальной* резьбой

Стойкость к утечкам под действием внутреннего давления в плоскости E_1 или E_7 рассчитывают по формуле (68), основанной на том допущении, что уплотнение находится в плоскости E_1 треугольной резьбы и E_7 *трапецеидальной* резьбы. При этом считается, что муфта является наиболее слабым звеном, и ее стойкость к утечкам при воздействии внутреннего давления считается наиболее низкой. Формула (68) основана также на допущении, что стойкость к утечкам под действием внутреннего давления определяется давлением витков резьбы трубы и муфты друг на друга, являющимся результатом свинчивания и действия внутреннего давления, при этом напряжения не выходят за упругий интервал.

$$P_{iL} = \frac{ET_d A\left(D_M^2 - E_s^2\right)}{2E_s D_M^2}, \quad (68)$$

где P_{iL} — внутреннее давление при появлении утечки, МПа;
E — модуль Юнга, равный 206,9 ГПа;
T_d — конусность, мм/мм;
A — натяг при ручном свинчивании, мм, для резьбовых соединений SC, LC, NU, EU, ОТТМ, ОТТГ и НКМ, равный указанному в ГОСТ Р 51906 и ГОСТ Р 53365, для резьбового соединения ВС обсадных труб наружным диаметром 114,30 мм — 10,16 мм, наружным диаметром от 127,00 до 339,72 мм включительно — 12,70 мм, наружным диаметром 406,40 мм — 9,52 мм;
D_M — номинальный наружный диаметр обычной муфты, мм;
E_s — средний диаметр резьбы в плоскости уплотнения, равный E_1 — для треугольной резьбы и E_7 — для *трапецеидальной* резьбы, мм;
E_1 — средний диаметр резьбы в плоскости ручного свинчивания, мм,
E_7 — средний диаметр резьбы в основной плоскости, мм.

Давление витков резьбы муфты и ниппеля друг на друга P_{tp}, МПа, в результате свинчивания составляет

$$P_{tp} = \frac{ET_d A\left(D_M^2 - E_s^2\right)\left(E_s^2 - d^2\right)}{2E_s^3\left(D_M^2 - d^2\right)}, \quad (69)$$

где E — модуль Юнга, равный 206,9 ГПа;
T_d — конусность, мм/мм;
A — натяг при ручном свинчивании, мм, для резьбовых соединений SC, LC, NU, EU, ОТТМ, ОТТГ и НКМ равный указанному в ГОСТ Р 51906 и ГОСТ Р 53365, для резьбового соединения ВС обсадных труб наружным диаметром 114,30 мм — 10,16 мм, наружным диаметром от 127,00 до 339,72 мм включительно — 12,70 мм, наружным диаметром 406,40 мм — 9,52 мм;
E_1 — средний диаметр резьбы в плоскости ручного свинчивания, мм;

E_7 — средний диаметр резьбы в основной плоскости, мм;
D_M — номинальный наружный диаметр обычной муфты, мм;
E_s — средний диаметр резьбы в плоскости уплотнения, равный E_1 — для треугольной резьбы и E_7 — для *трапецеидальной* резьбы, мм;
d — внутренний диаметр трубы, равный $(D - 2t)$, мм;
D — номинальный наружный диаметр трубы, мм;
t — номинальная толщина стенки трубы, мм.

После свинчивания приложение внутреннего давления вызывает изменение давления витков резьбы муфты и трубы друг на друга P_{itp}, МПа,

$$P_{itp} = \frac{P_i d^2 \left(D_M^2 - E_s^2\right)}{E_s^2 \left(D_M^2 - d^2\right)}, \tag{70}$$

где P_i — внутреннее давление, МПа;
d — внутренний диаметр трубы, равный $(D - 2t)$, мм.
D — номинальный наружный диаметр трубы, мм;
t — номинальная толщина стенки трубы, мм;
D_M — номинальный наружный диаметр обычной муфты, мм,
E_s — средний диаметр резьбы в плоскости уплотнения, равный E_1 — для треугольной резьбы и E_7 — для *трапецеидальной* резьбы, мм.
E_1 — средний диаметр резьбы в плоскости ручного свинчивания, мм;
E_7 — средний диаметр резьбы в основной плоскости, мм.

Поскольку наружный диаметр муфты всегда больше диаметра соединения, который в свою очередь всегда больше внутреннего диаметра трубы, то P_{itp} всегда меньше P_{tp}. Поэтому, когда суммарное давление $(P_{tp} + P_{itp})$ станет равным внутреннему давлению P_i, будет достигнуто предельное давление герметичности соединения P_{tc}. Другими словами, если P_i больше $(P_{tp} + P_{itp})$, то возникнет утечка

$$P_{tp} + P_{itp} = P_i = P_{tc}, \tag{71}$$

где P_{tp} — давление витков резьбы муфты и ниппеля друг на друга в результате свинчивания;
P_i — внутреннее давление;
P_{itp} — изменение давления витков резьбы муфты и ниппеля друг на друга в результате свинчивания после приложения внутреннего давления;
P_{tc} — предельное давление герметичности соединения.

При подстановке соответствующих значений P_{tp} и P_{itp} в формулу (71) и упрощении получают формулу (68).

11 Расчет массы

11.1 Общие положения

Приведенный в настоящем разделе расчет массы применим для обсадных и насосно-компрессорных труб по ГОСТ Р 53366, труб для трубопроводов по ГОСТ ISO 3183, применяемых в качестве обсадных и насосно-компрессорных труб, и бурильных труб по ГОСТ Р 54383.

Плотность мартенситной хромистой стали (групп прочности L80 тип 9Cr и L80 тип 13Cr) отличается от плотности углеродистой стали, масса труб из такой стали может быть рассчитана с использованием поправочного коэффициента 0,989.

11.2 Расчет номинальной массы

Понятие номинальной массы применяется в отношении труб с резьбой и муфтами, с высаженными и невысаженными концами и труб без резьбы. Это понятие применяется также при проектировании колонн обсадных и насосно-компрессорных труб для определения запаса прочности соединений при растяжении.

Номинальная масса трубы с резьбой и муфтой, ***указанная в ГОСТ Р 53366,*** приблизительно равна расчетной массе одного метра трубы с муфтой длиной 6,10 м, с учетом номинальных геометрических параметров резьбового соединения, номинальных наружного диаметра и толщины стенки, группы прочности труб. Одни и те же значения номинальной массы трубы с резьбой и муфтой применяют для соединений

SC, LC, BC, ***ОТТМ, ОТТГ*** и подобных соединений, применяемых в нефтяной и газовой промышленности. Номинальная масса бурильной трубы с высаженными концами и приваренным замком, ***указанная в ГОСТ Р 54383,*** приблизительно равна расчетной массе одного метра тела бурильной трубы с замком ***длиной 8,96 м, с учетом вида высадки, номинальных наружного диаметра и толщины стенки тела трубы, типоразмера замка.***

11.3 Расчет массы трубы без резьбы *и высадки*

Массу трубы без резьбы ***и высадки*** на единицу длины m_{pe}, кг/м, для труб по *ГОСТ Р 53366, ГОСТ ISO 3183,* ***ГОСТ Р 54383*** рассчитывают по следующей формуле

$$m_{pe} = k_m k_{wpe} (D - t)t, \quad (72)$$

где k_m — поправочный коэффициент для расчета массы, равный 1,000 — для углеродистой стали и 0,989 — для мартенситной хромистой стали;

k_{wpe} — коэффициент пересчета массы на единицу длины, равный 0,0246615;

D — номинальный наружный диаметр трубы, мм;

t — номинальная толщина стенки трубы, мм.

11.4 Расчет массы трубы с отделкой концов

При расчете номинальной массы трубы используют понятие уменьшения или увеличения массы, связанное с отделкой концов трубы Δ_m. Значения Δ_m рассчитывают по формуле (73). Для труб без резьбы $\Delta_m = 0$.

$$\Delta_m = L_j (m - m_{pe}), \quad (73)$$

где Δ_m — изменение массы при отделке концов трубы, кг;

L_j — длина трубы, м,

m — расчетная масса трубы с резьбой и муфтой m_{sc} или трубы с высадкой m_u, кг/м, для трубы длиной L_j.

Массу трубы с отделкой концов рассчитывают по следующей формуле

$$m_L = m_{pe} L_{ef} + k_m \Delta_m, \quad (74)$$

где m_L — расчетная масса трубы длиной L, кг;

m_{pe} — масса трубы без резьбы ***и высадки*** на единицу длины, кг/м;

L_{ef} — длина трубы с учетом отделки концов, м;

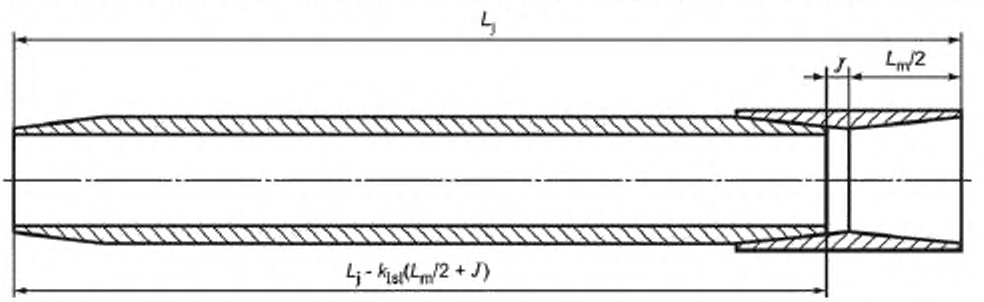
k_m — поправочный коэффициент для расчета массы, равный 1,000 — для углеродистой стали и 0,989 — для мартенситной хромистой стали;

Δ_m — изменение массы трубы при отделке концов, кг.

11.5 Расчет массы трубы после нарезания резьбы и свинчивания с муфтой

11.5.1 Общие положения

Массу на единицу длины трубы после нарезания резьбы и свинчивания с муфтой вычисляют при длине, измеренной от свободного торца муфты до свободного торца трубы (рисунок 2). При этом считается, что несвободный торец навинченной муфты находится в плоскости механического свинчивания трубы.



L_j — длина трубы; L_m — длина муфты; J — расстояние от торца трубы до середины муфты при механическом свинчивании; k_{lsl} — коэффициент пересчета длины, равный 0,001

Рисунок 2 — Труба с резьбой и муфтой

$$m_{tc} \approx \frac{\left\{\left[L_j - \frac{k_{lsl}(L_m + 2J)}{2}\right] m_{pe} + \text{масса муфты} - \begin{array}{l}\text{масса, удаленная при нарезании резьбы}\\ \text{на двух концах трубы}\end{array}\right\}}{L_j}, \quad (75)$$

где m_{tc} — масса резьбы и муфты на единицу длины трубы, кг/м;

L_j — длина трубы, м;

k_{lsl} — коэффициент пересчета длины, равный 0,001;

L_m — длина муфты, мм;

J — расстояние от торца трубы до середины муфты при механическом свинчивании, мм;

m_{pe} — масса трубы без резьбы ***и высадки*** на единицу длины, кг/м.

11.5.2 Расчет изменения массы трубы после нарезания резьбы и свинчивания с муфтой

$$\Delta_m \approx k_{lsl}\left(\frac{L_m}{2} + J\right) m_{pe} + \text{масса муфты} - \begin{array}{l}\text{масса, удаляемая при нарезании}\\ \text{резьбы на двух концах трубы}\end{array}, \quad (76)$$

где Δ_m — изменение массы при отделке концов, кг;

k_{lsl} — коэффициент пересчета длины, равный 0,001;

L_m — длина муфты, мм;

J — расстояние от торца трубы до середины муфты при механическом свинчивании, мм;

m_{pe} — масса трубы без резьбы ***и высадки*** на единицу длины, кг/м.

Массу муфты определяют по 11.8.

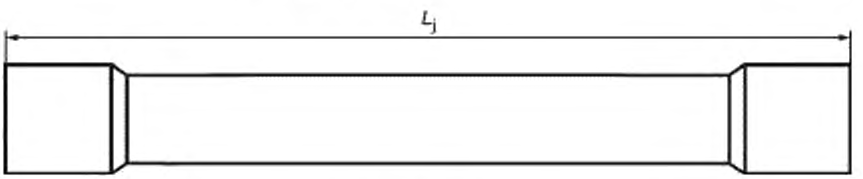
Массу, удаляемую при нарезании резьбы на двух концах трубы, определяют по 11.9.

11.6 Расчет массы трубы после высадки

11.6.1 Общие положения

Расчет изменения массы трубы после высадки проводят для определения Δ_m — изменения массы при отделке концов.

Расчет массы трубы после высадки на единицу длины m_u приведен для трубы длиной 6,10 м, с учетом высадки обоих концов трубы (рисунок 3).



L_j — длина трубы

Рисунок 3 — Труба с двумя высаженными концами

Массу трубы после высадки на единицу длины m_u, кг/м, рассчитывают по следующей формуле

$$m_u = m_{pe} + \frac{\text{изменение массы после высадки на двух концах трубы}}{L_j}, \quad (77)$$

где m_{pe} — масса трубы без резьбы ***и высадки*** на единицу длины, кг/м;

L_j — длина трубы, м.

11.6.2 Расчет изменения массы трубы после высадки

Изменение (увеличение) массы трубы после высадки определяют по 11.9.

11.7 Расчет массы муфты

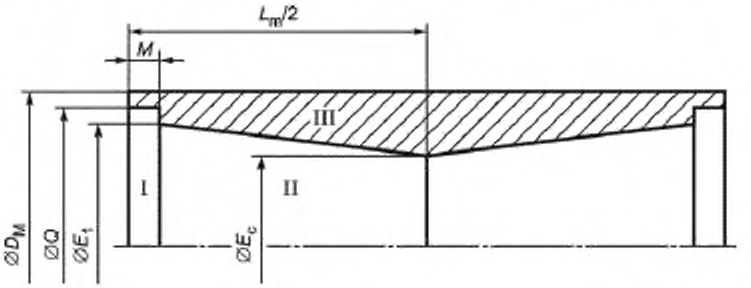
11.7.1 Общие положения

Массу муфты для труб для трубопроводов, обсадных и насосно-компрессорных труб с треугольной резьбой вычисляют по 11.7.2, обсадных ***и насосно-компрессорных труб*** *с трапецеидальной* резьбой — по 11.7.3.

11.7.2 Расчет массы муфты для труб для трубопроводов, обсадных и насосно-компрессорных труб с треугольной резьбой

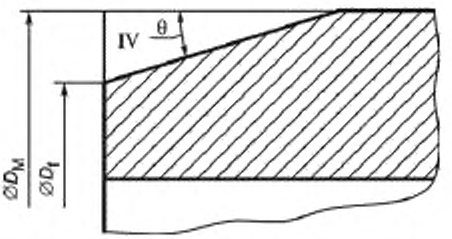
11.7.2.1 Общие положения

Массу муфт для труб для трубопроводов, обсадных и насосно-компрессорных труб с треугольной резьбой вычисляют по формулам (78) — (87) в соответствии с рисунками 4 и 5.



L_m — длина муфты, M — расстояние от торца муфты до плоскости ручного свинчивания, D_M — номинальный наружный диаметр обычной муфты; Q — диаметр расточки в плоскости торца муфты. E_1 — средний диаметр резьбы в плоскости ручного свинчивания, E_c — средний диаметр резьбы посередине муфты; I, II, III — объемы I, II, III (Vol. I, Vol. II, Vol. III) соответственно в формулах (80), (81) и (83)

Рисунок 4 — Муфта с треугольной резьбой



D_M — номинальный наружный диаметр обычной муфты; D_f — наружный диаметр торцевой плоскости обычной муфты со специальной фаской; θ — угол специальной фаски; IV — объем IV (Vol. IV) в формулах (84), (85) и (86)

Рисунок 5 — Муфта с треугольной резьбой со специальной фаской

11.7.2.2 Расчет массы обычной муфты без учета фаски

$$m_c = 0{,}5666 k_m \text{ (Vol. III)}; \tag{78}$$

$$E_c = E_1 - \left(\frac{L_m}{2} - M\right) T_d; \tag{79}$$

$$\text{Vol. I} = 0{,}7854 M Q^2; \tag{80}$$

$$\text{Vol. II} = 0{,}2618 \left(\frac{L_m}{2} - M\right)\left(E_1^2 + E_1 E_c + E_c^2\right); \tag{81}$$

$$\text{Vol. (I + II + III)} = 0{,}7854 L_m \frac{D_M^2}{2}; \tag{82}$$

$$\text{Vol. III} = \text{Vol. (I + II + III)} - \text{Vol. I} - \text{Vol. II}, \tag{83}$$

где m_c — масса обычной муфты, кг;

k_m — поправочный коэффициент для расчета массы, равный 1,000 — для углеродистой стали и 0,989 — для мартенситной хромистой стали;

E_c — средний диаметр резьбы посередине муфты, мм;

E_1 — средний диаметр резьбы в плоскости ручного свинчивания, мм;
L_m — длина муфты, мм;
M — расстояние от торца муфты до плоскости ручного свинчивания, мм;
T_d — конусность, мм/мм;
Q — диаметр расточки в плоскости торца муфты, мм;
D_M — номинальный наружный диаметр обычной муфты, мм.

Результаты расчета массы муфты выражают в килограммах. Окончательную расчетную массу округляют до двух десятичных знаков, промежуточное округление при расчете не проводят.

Расчет массы специальной муфты номинальным наружным диаметром D_C выполняют также, как расчет массы обычной муфты.

11.7.2.3 Расчет массы, удаляемой при выполнении специальной фаски

Формула (84), используемая для расчета массы, удаляемой при выполнении специальной фаски на муфтах для насосно-компрессорных труб с наружной высадкой, имеет приближенный характер. Точное выражение для объема IV приведено в виде формулы (85).

$$\text{Vol. IV} = 0{,}7854\frac{\left(D_M - D_f\right)\left(D_M^2 - D_f^2\right)}{2\text{tg}\theta}; \tag{84}$$

$$\text{Vol. IV} = \left(D_M - D_f\right)\frac{0{,}785\,D_M^2 - 0{,}2618\left(D_f^2 + D_f D_M + D_M^2\right)}{\text{tg}\theta}, \tag{85}$$

где D_M — номинальный наружный диаметр обычной муфты, мм,
D_f — наружный диаметр торцевой плоскости обычной муфты со специальной фаской, мм;
θ — угол специальной фаски, градус.

Массу, удаляемую при выполнении специальной фаски m_{crsb}, кг, рассчитывают по следующей формуле

$$m_{crsb} = 0{,}5666k_m\,(\text{Vol. IV}), \tag{86}$$

где k_m — поправочный коэффициент для расчета массы, равный 1,000 — для углеродистой стали и 0,989 — для мартенситной хромистой стали.

11.7.2.4 Расчет массы муфты со специальной фаской

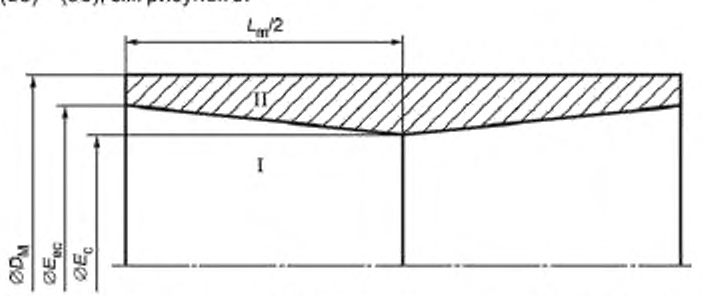
Массу муфты со специальной фаской вычисляют, вычитая из массы муфты по формуле (78) массу, удаляемую при выполнении фаски [формула (86)]. Окончательную расчетную массу округляют до двух десятичных знаков, промежуточное округление при расчете не проводят.

$$m_{csb} = m_c - m_{crsb}, \tag{87}$$

где m_{csb} — масса муфты со специальной фаской, кг;
m_c — масса муфты, кг;
m_{crsb} — масса муфты, удаляемая при выполнении специальной фаски, кг.

11.7.3 Расчет массы муфты для обсадных *и насосно-компрессорных* труб *с трапецеидальной резьбой*

Массу муфты для обсадных ***и насосно-компрессорных*** труб с *трапецеидальной резьбой* вычисляют по формулам (88)—(93), см. рисунок 6.



L_m — длина муфты; D_M — номинальный наружный диаметр обычной муфты, E_c — средний диаметр резьбы посередине муфты ***для соединений ВС и ОТТМ или внутренний диаметр расточки муфты для соединений НКМ и ОТТГ***; E_{ac} — средний диаметр резьбы в плоскости торца муфты, I, II — объемы I, II (Vol. I, Vol. II) в формулах (90) и (92)

Рисунок 6 — Муфта с *трапецеидальной* резьбой

$$E_c = E_7 - (L_7 + J)T_d; \quad (88)$$

$$E_{ec} = E_7 + (g + k_X)T_d, \quad (89)$$

где E_c — средний диаметр резьбы посередине муфты ***для соединений ВС и ОТТМ или внутренний диаметр расточки муфты для соединений НКМ и ОТТГ,*** мм;

E_7 — средний диаметр резьбы в основной плоскости, мм;

L_7 — длина резьбы трубы с полным профилем, мм;

J — расстояние от торца трубы до середины муфты при механическом свинчивании, мм;

T_d — конусность, мм/мм;

E_{ec} — средний диаметр резьбы в плоскости торца муфты, мм;

g — длина резьбы с неполным профилем, мм;

k_X — *поправочный коэффициент для расчета среднего диаметра резьбы в плоскости торца муфты, равный* 0,300 — для труб наружным диаметром менее 406,40 мм и 0,200 — для труб наружным диаметром 406,4 мм и более.

$$\text{Vol. I} = 0{,}2618\left(\frac{L_m}{2}\right)\left(E_{ec}^2 + E_{ec}E_c + E_c^2\right); \quad (90)$$

$$\text{Vol. (I + II)} = 0{,}7854\,\frac{L_m}{2}D_M^2; \quad (91)$$

$$\text{Vol. II} = \text{Vol. (I + II)} - \text{Vol. I}. \quad (92)$$

где L_m — длина муфты, мм;

E_{ec} — средний диаметр резьбы в плоскости торца муфты, мм;

E_c — средний диаметр резьбы посередине муфты ***для соединений ВС и ОТТМ или внутренний диаметр расточки муфты для соединений НКМ и ОТТГ,*** мм;

D_M — номинальный наружный диаметр обычной муфты, мм.

Массу муфты m_{cB}, кг, рассчитывают по следующей формуле

$$m_{cB} = 0{,}5666k_m\ (\text{Vol. II}), \quad (93)$$

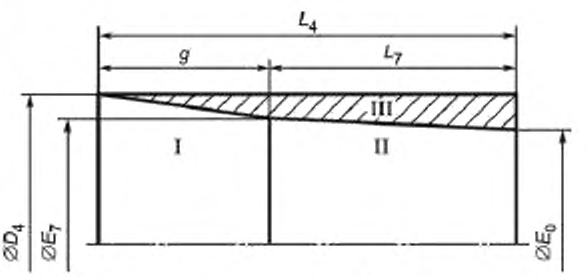
где k_m — поправочный коэффициент для расчета массы, равный 1,000 — для углеродистой стали и 0,989 — для мартенситной хромистой стали.

Результаты расчета массы муфты выражают в килограммах. Окончательную расчетную массу округляют до двух десятичных знаков, промежуточное округление при расчете не проводят.

Расчет массы специальной муфты номинальным наружным диаметром D_C выполняют также, как расчет массы обычной муфты.

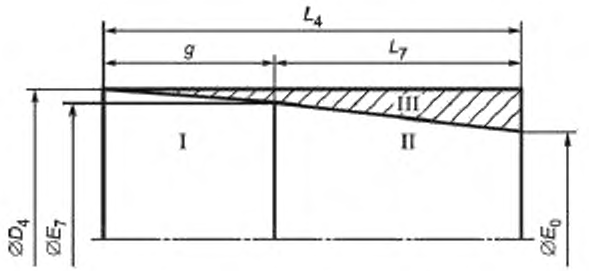
11.8 Расчет массы, удаляемой при нарезании резьбы на трубе

Массу, удаляемую при нарезании резьбы на трубе, рассчитывают по формулам (94)—(99) в соответствии с рисунками 7 и 8.



L_4 — длина резьбы трубы; D_4 — наружный диаметр резьбы трубы; g — длина резьбы с неполным профилем; L_7 — длина резьбы трубы с полным профилем; E_7 — средний диаметр резьбы в основной плоскости; E_0 — средний диаметр резьбы в плоскости торца трубы. I, II, III — объемы I, II, III (Vol. I, Vol II, Vol. III) в формулах (95), (96) и (97)

Рисунок 7 — *Труба с треугольной или трубопроводной резьбой*



L_4 — длина резьбы трубы; D_4 — наружный диаметр резьбы трубы; g — длина резьбы с неполным профилем, L_7 — длина резьбы трубы с полным профилем; E_7 — средний диаметр резьбы в основной плоскости; E_0 — средний диаметр резьбы в плоскости торца трубы, I, II, III — объемы I, II. III (Vol. I, Vol II, Vol. III) в формулах (95), (96) и (98)

Рисунок 8 — *Труба с трапецеидальной резьбой*

$$E_0 = E_7 - L_7 T_d, \tag{94}$$

где E_0 — средний диаметр резьбы в плоскости торца трубы, мм;
E_7 — средний диаметр резьбы в основной плоскости, мм;
L_7 — длина резьбы трубы с полным профилем, мм;
T_d — конусность, мм/мм.

На рисунках 7 и 8:

$$\text{Vol. I} = 0{,}2618g\left(D_4^2 + D_4E_7 + E_7^2\right); \tag{95}$$

$$\text{Vol. II} = 0{,}2618\left(L_4 - g\right)\left(E_7^2 + E_7E_0 + E_0^2\right); \tag{96}$$

$$\text{Vol. (I + II + III)} = 0{,}7854L_4D_4^2; \tag{97}$$

$$\text{Vol. III} = \text{Vol. (I + II + III)} - \text{Vol. I} - \text{Vol. II}, \tag{98}$$

где g — длина резьбы с неполным профилем, мм;
D_4 — наружный диаметр резьбы трубы, мм;
E_7 — средний диаметр резьбы в основной плоскости, мм;
L_4 — длина резьбы трубы, мм;
E_0 — средний диаметр резьбы в плоскости торца трубы, мм.

Массу m_{rt}, кг, удаляемую при нарезании резьбы на трубе, рассчитывают по следующей формуле

$$m_{rt} = 0{,}2833k_m\ (\text{Vol. III}), \tag{99}$$

где k_m — поправочный коэффициент для расчета массы, равный 1,000 — для углеродистой стали и 0,989 — для мартенситной хромистой стали.

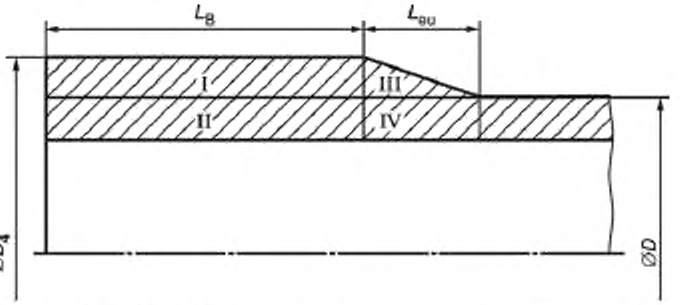
11.9 Расчет увеличения массы трубы при высадке

11.9.1 Общие положения

Увеличение массы при высадке концов насосно-компрессорных труб по ГОСТ Р 53366 и бурильных труб по ГОСТ Р 54383 вычисляют в соответствии с 11.9.2—11.9.4.

11.9.2 Расчет увеличения массы трубы при наружной высадке

Увеличение массы трубы после выполнения наружной высадки вычисляют по формулам (100)—(104) в соответствии со схемой, приведенной на рисунке 9.



D_4 — наружный диаметр резьбы трубы, D — номинальный наружный диаметр трубы; $L_в$ — расстояние от торца трубы до начала переходного участка высадки; $L_{вu}$ — длина переходного участка наружной высадки; I, II, III, IV — объемы I, II, III, IV (Vol. I, Vol. II, Vol. III, Vol. IV) в формулах (100)—(103)

Рисунок 9 — Наружная высадка

$$\text{Vol. (I + II)} = 0{,}7854 L_в D_4^2; \tag{100}$$

$$\text{Vol. (III + IV)} = 0{,}2618 L_{вu} \left(D_4^2 + D_4 D + D^2\right); \tag{101}$$

$$\text{Vol. (II + IV)} = 0{,}7854\ (L_в + L_{вu})\ D^2; \tag{102}$$

$$\text{Vol. (I + III)} = \text{Vol. (I + II)} + \text{Vol. (III + IV)} - \text{Vol. (II + IV)}. \tag{103}$$

где $L_в$ — расстояние от торца трубы до начала переходного участка высадки, мм;

D_4 — наружный диаметр резьбы трубы, мм;

$L_{вu}$ — длина переходного участка наружной высадки, мм;

D — номинальный наружный диаметр трубы, мм.

Увеличение массы трубы после выполнения наружной высадки $m_{вхu}$, кг, рассчитывают по следующей формуле

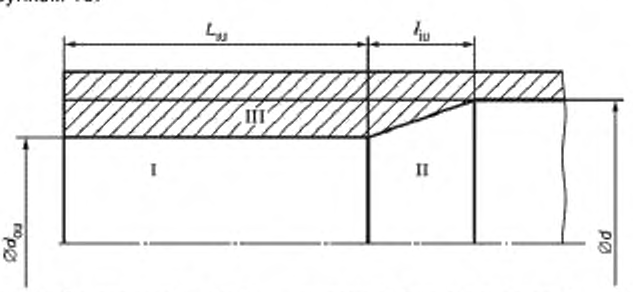
$$m_{вхu} = 0{,}2833 k_m\ [\text{Vol. (I + III)}], \tag{104}$$

где k_m — поправочный коэффициент для расчета массы, равный 1,000 — для углеродистой стали и 0,989 — для мартенситной хромистой стали.

Примечание — Расчет увеличения массы трубы при выполнении наружной высадки проводят в килограммах с точностью до двух десятичных знаков.

11.9.3 Расчет увеличения массы трубы при внутренней высадке

Увеличение массы трубы после выполнения внутренней высадки вычисляют по формулам (105)—(109) в соответствии с рисунком 10.



d — внутренний диаметр трубы, равный ($D - 2t$), d_{ou} — внутренний диаметр высадки; $L_{вu}$ — длина внутренней высадки; l_{iu} — длина переходного участка внутренней высадки, I, II, III — объемы I, II, III (Vol. I, Vol. II, Vol. III) в формулах (105)—(108)

Рисунок 10 — Внутренняя высадка

$$\text{Vol.I} = 0{,}7854 L_{iu} d_{ou}^2; \quad (105)$$

$$\text{Vol.II} = 0{,}2618 l_{iu} \left(d^2 + d d_{ou} + d_{ou}^2\right). \quad (106)$$

$$\text{Vol. (I + II + III)} = 0{,}7854 d^2 (L_{iu} + l_{iu}); \quad (107)$$

$$\text{Vol. III} = \text{Vol. (I + II + III)} - \text{Vol. I} - \text{Vol. II}. \quad (108)$$

где L_{iu} — длина внутренней высадки, мм;
d_{ou} — внутренний диаметр высадки, мм;
l_{iu} — длина переходного участка внутренней высадки, мм;
d — внутренний диаметр трубы, равный $(D - 2t)$, мм.

Увеличение массы трубы после выполнения внутренней высадки m_{inu}, кг, вычисляют по следующей формуле

$$m_{inu} = 0{,}2833 k_m \text{ (Vol. III)}. \quad (109)$$

где k_m — поправочный коэффициент для расчета массы, равный 1,000 — для углеродистой стали и 0,989 — для мартенситной хромовой стали.

Примечание — Расчет увеличения массы трубы при выполнении внутренней высадки проводят в килограммах с точностью до двух десятичных знаков.

11.9.4 Расчет увеличения массы трубы при наружной и внутренней высадках

Увеличение массы трубы после выполнения наружной и внутренней высадок m_{exu}, кг, по формуле (110) вычисляют как сумму увеличения массы трубы при наружной высадке по формуле (104) и при внутренней высадке — по формуле (109)

$$m_{exu} = m_{inu} + m_{exu}. \quad (110)$$

где m_{inu} — увеличение массы трубы при наружной высадке, кг;
m_{exu} — увеличение массы трубы при внутренней высадке, кг.

Примечание — Расчет увеличения массы трубы при выполнении наружной и внутренней высадок проводят в килограммах с точностью до двух десятичных знаков.

12 Удлинение

Минимальное удлинение δ при расчетной длине образца *50,0* мм вычисляют по формуле (111) и округляют до ближайших 0,5 % при значении удлинения менее 10 % или до ближайшего 1 % при значении удлинения более 10 %

$$\delta = k_{el} \frac{A_s^{0,2}}{\sigma_{umn}^{0,9}}, \quad (111)$$

где k_{el} — коэффициент удлинения, равный *1944*;
A_s — площадь поперечного сечения образца для испытания на растяжение, мм^2, рассчитанная по номинальному наружному диаметру или номинальной ширине и толщине образца, с округлением до 10 мм^2, или равная 490 мм^2 (что меньше);
σ_{umn} — заданный минимальный предел прочности при растяжении, МПа.
Подробности разработки формулы (111) — см. стандарт [11].

13 Испытание на сплющивание

13.1 Испытание на сплющивание *сварных* обсадных и насосно-компрессорных труб

При испытании сварных обсадных и насосно-компрессорных труб ***по ГОСТ Р 53366*** на сплющивание расстояние между плитами рассчитывают по формулам, указанным в таблице 7.

Таблица 7 — Расстояние между плитами при испытании на сплющивание ***для сварных*** обсадных и насосно-компрессорных труб

Группа прочности	Отношение D/t	Расстояние между сплющивающими плитами, мм
H40	16 и св.	0,5000 D
	До 16	D (0,8300 – 0,0206 D/t)
J55, K55	16 и св.	0,6500 D
	От 3,93 до 16	D (0,9800 – 0,0206 D/t)
	До 3,93	D (1,1040 – 0,0518 D/t)
K72	***16 и св.***	***0,7000 D***
	До 16	***D (1,1800 – 0,0300 D/t)***
N80[a]	Любое	D (1,0740 – 0,0194 D/t)
L80	От 9 до 28	D (1,0740 – 0,0194 D/t)
R95[a]	От 9 до 28	D (1,0800 – 0,0178 D/t)
P110[b]	Любое	D (1,0860 – 0,0163 D/t)
Q125[b]	Любое	D (1,0920 – 0,0140 D/t)
Q135	***Любое***	***D (1,1020 – 0,0125 D/t)***

[a] Если результат испытания образцов в положении «12 ч» или «6 ч» оказался неудовлетворительным, испытание должно быть продолжено, пока не будут получены результаты испытания на сплющивание в положении «3 ч» или «9 ч». Предварительный неудовлетворительный результат испытания в положении «12 ч» или «6 ч» не является основанием для отбраковки.

[b] *По* ***A.5 SR11*** *ГОСТ Р 53366* сплющивание без образования трещин должно быть проведено *до указанного расстояния или* до расстояния, равного 0,8500 D, мм, *что меньше.*

Примечание — D — номинальный наружный диаметр трубы, мм; t — номинальная толщина стенки трубы, мм.

Подробности разработки формул — см. стандарты [12]—[14].

13.2 Испытание на сплющивание *сварных* труб для трубопроводов

При испытании ***сварных*** труб для трубопроводов по *ГОСТ ISO 3183* на сплющивание расстояние между плитами рассчитывают по формулам, приведенным в таблице 8.

Подробности разработки формул на сплющивание — см. стандарт [15].

Таблица 8 — Расстояние между плитами при испытании на сплющивание ***сварных*** труб для трубопроводов

Группа прочности	Расстояние между сплющивающими плитами, мм
L210 или A L245 или B L290 или X42 L320 или X46	3,07t (0,07 + 3 t/D)
L360 или X52 L390 или X56 L415 или X60 L450 или X65 L485 или X70 L555 или X80 L625 или X90 L690 или X100 L830 или X120	3,05t (0,05 + 3 t/D)

Примечание — D — номинальный наружный диаметр трубы, мм; t — номинальная толщина стенки трубы, мм.

14 Испытательное гидростатическое давление

14.1 *Испытательное гидростатическое давление для труб без резьбы*

Расчетное гидростатическое давление для испытаний *труб без резьбы* вычисляют по формуле (112), за исключением труб для трубопроводов групп прочности L175 или A25, L210 или A и L245 или B наружным диаметром 60,32 мм, для которых это давление устанавливается *по согласованию между изготовителем и потребителем.*

Расчетное гидростатическое давление P_{ht}, МПа, вычисляют по следующей формуле

$$P_{ht} = \frac{2\sigma_t t}{D}, \qquad (112)$$

где σ_t — напряжение в металле, равное процентам, указанным в таблице 9, от заданного минимального предела текучести σ_{ymn}, МПа;

t — номинальная толщина стенки трубы, мм;

D — номинальный наружный диаметр трубы, мм.

Испытательное гидростатическое давление должно быть не более допустимого гидростатического давления, указанного в таблице 9.

Таблица 9 — Параметры для определения испытательного гидростатического давления

Группа прочности	Номинальный наружный диаметр D, мм	Проценты от заданного минимального предела текучести σ_{ymn}, при испытательном давлении		*Допустимое* испытательное гидростатическое давление[a], МПа, не более	
		стандартном	альтернативном[a]	стандартное	альтернативное
L210 или A	60,32—88,90	60	75	17,2	
L245 или B	Св. 88,90	60	75	19,3	
L290 или X42	114,30 и менее	60	75	20,7	
L320 или X46	137,70	75	[b]	20,7	[b]
L360 или X52	168,28 и 219,08	75	[b]	20,7	[b]
L390 или X56	273,05—87,50	85	[b]	20,7	[b]
L415 или X60					
L450 или X65					
L485 или X70					
L555 или X80	508,00 и св.	90	[b]	20,7	[b]
L625 или X90					
L690 или X100					
L830 или X120					
H40, J55, K55	244,48 и менее	80		20,7	69,0
	273,05 и св.	60	80	20,7	69,0
M65	Любой	60	80	20,7	69,0
K72	***Любой***	***80***	[b]	***69,0***[c]	[b]
L80 и N80	Любой	80	[b]	69,0[c]	[b]
C90	Любой	80	[b]	69,0[c]	[b]
R95	Любой	80	[b]	69,0[c]	[b]
T95	Любой	80	[b]	69,0[c]	[b]
P110	Любой	80		69,0[c]	[d]
Q125	Любой	80		69,0[c]	[d]
Q135	***Любой***	***80***		***69,0***[c]	[d]

[a] Допускается более высокое испытательное давление.

[b] Альтернативное испытательное давление не предусмотрено.

[c] *Более низкое испытательное давление допускается только для испытательного оборудования, технические возможности которого ограничены. Изготовитель должен иметь документированное обоснование, подтверждающее такие ограничения.*

[d] *Альтернативное испытательное давление, равное расчетному.*

[e] По согласованию между изготовителем и потребителем или по требованию заказа трубы могут быть испытаны при альтернативном испытательном гидростатическим давлении, указанном в *ГОСТ Р 53366.*

14.2 Испытательное гидростатическое давление труб с резьбой и муфтами

Трубы для трубопроводов с резьбой и муфтами наружным диаметром более 168,28 мм испытывают при том же гидростатическом давлении, что и трубы без резьбы, за исключением труб наружным диаметром 168,28 мм и менее, для которых это давление устанавливается по согласованию между изготовителем и потребителем.

Обсадные и насосно-компрессорные трубы с резьбой и муфтами испытывают при том же гидростатическом давлении, что и трубы без резьбы, за исключением тех случаев, когда требуется более низкое давление для предотвращения утечек из-за недостаточной стойкости к утечкам под действием внутреннего давления металла муфты или из-за недостаточной стойкости к утечкам под действием внутреннего давления в плоскости E_1 или E_7 соединения, в соответствии с разделом 10.

Испытательное гидростатическое давление принимается равным меньшему из следующих давлений: давлению, рассчитанному для труб без резьбы по формуле (112) в 14.1, или давлению, равному 80 % внутреннего давления возникновения текучести металла муфты, рассчитанному по формуле (65) в 10.2, или внутреннему давлению появления утечки в соединении, рассчитанному по формуле (68) в 10.3.

15 Крутящий момент для обсадных и насосно-компрессорных труб с треугольной резьбой

В соответствии со стандартом [16], для свинчивания обсадных и насосно-компрессорных труб рекомендуется оптимальный крутящий момент, равный 1 % расчетной прочности резьбы на срыв, вычисленной по формуле (55).

В соответствии со стандартом [17] свинчивание обсадных и насосно-компрессорных труб рекомендуется проводить с минимальным крутящим моментом, равным 1 % прочности витков резьбы на срыв, вычисленной по формуле (55).

Однако более правильно проводить свинчивание труб с муфтами не по крутящему моменту, а по положению свинчивания.

16 Испытание на направленный загиб труб для трубопроводов, сваренных дуговой сваркой под флюсом

16.1 Общие положения

Размеры приспособления (оправки или пуансона) для испытания на направленный загиб труб для трубопроводов, сваренных дуговой сваркой под флюсом, вычисляют по формуле (113) в соответствии с рисунком 11.

Критический размер оправки (пуансона) A_{gbtj}, мм, не должен превышать значения, рассчитанного по следующей формуле с округлением полученного значения до 1 мм

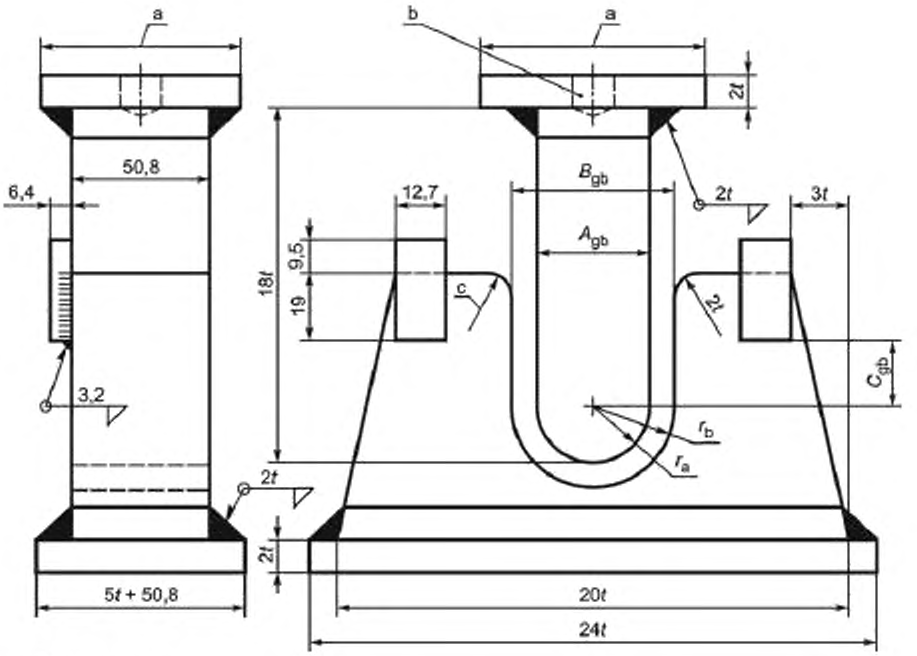
$$A_{gbtj} = \frac{1{,}15(D - 2t)}{\frac{\varepsilon_{eng} D}{t} - 2\varepsilon_{eng} - 1} - t, \qquad (113)$$

где 1,15 — коэффициент неоднородности структуры;

D — номинальный наружный диаметр трубы, мм;

t — номинальная толщина стенки трубы, мм;

ε_{eng} — коэффициент деформации.



[a] По необходимости.
[b] Резьбовое установочное отверстие.
[c] Закаленные и смазанные опоры или закаленные ролики.

A_{gb} — размер оправки пуансона, равный $A_{gb(t)}$; B_{gb} — расстояние между стенками матрицы или опорами, C_{gb} — расстояние не менее 22,0 мм, но не более (7t + 1,6); t — номинальная толщина стенки. r_a — радиус оправки (пуансона); r_b — радиус матрицы

Рисунок 11 — Приспособление для испытания на направленный загиб

Значение ε_{anp} зависит от группы прочности (таблица 10), а дополнительные размеры оправки (пуансона) вычисляют по приведенным далее формулам.

Таблица 10 — Коэффициент деформации при испытании на направленный загиб

Группа прочности	Коэффициент деформации ε_{anp}
L210 или A	0,1675
L245 или B	0,1375
L290 или X42	0,1375
L320 или X46	0,1325
L360 или X52	0,1275
L390 или X56	0,1200
L415 или X60	0,1125
L450 или X65	0,1100
L485 или X70	0,1025
L555 или X80	*0,0950*
L625 или X90	*0,0850*
L690 или X100	*0,0800*
L830 или X120	*0,0675*

Радиус оправки (пуансона) для испытания на направленный загиб r_a, мм, вычисляют по формуле

$$r_a = \frac{A_{gbtj}}{2}, \qquad (114)$$

где A_{gbtj} — критический размер приспособления для испытания на направленный загиб.

Расстояние между стенками матрицы или опорами при испытании на направленный загиб B_{gb}, мм, вычисляют по формуле

$$B = A_{gbtj} + 2t + 3{,}2, \qquad (115)$$

где A_{gbtj} — критический размер приспособления для испытания на направленный загиб;

t — номинальная толщина стенки трубы, мм.

Радиус матрицы для испытания на направленный загиб r_b, мм, вычисляют по формуле

$$r_b = \frac{B}{2}, \qquad (116)$$

где B_{gb} — расстояние между стенками матрицы или опорами при испытании на направленный загиб.

16.2 Исходные данные

16.2.1 Значения ε_{eng}

Значения ε_{eng} вычисляют по формуле (117), приведенной в стандарте [11], пункт 4а. Подтверждение этих значений приведено в стандарте [12]. Значения, рассчитанные по формуле (117), округляют до ближайшего кратного 0,0025, за исключением значений для групп прочности L360 или X52 и L390 или X56, для которых округление проводится до ближайшего большего кратного 0,0025.

Коэффициент деформации ε_{eng} рассчитывают по следующей формуле

$$\varepsilon_{eng} = \frac{3000 \cdot (0{,}64)^{0{,}2}}{(145\sigma_{umnp})^{0{,}9}}, \qquad (117)$$

где σ_{umnp} — заданный минимальный предел прочности при растяжении для тела трубы, МПа.

16.2.2 Значения A_{gbtj}

Значения этого размера, приведенного в *ГОСТ ISO 3183 (приложение D)*, вычисляют по формуле (113) и округляют в соответствии с таблицей 11.

Таблица 11 — Стандартные значения A_{gbtj} для испытания на направленный загиб

A_{gbtj}, мм									
157,5	188,0	223,5	266,7	320,0	383,5	459,7	551,2	660,4	792,5

Описание вывода формулы (113) приведено в стандарте [18].

17 Определение минимального размера образцов для испытания на ударный изгиб

17.1 Критическая толщина стенки

Требования к поглощенной энергии основаны на критической толщине стенки *изделий. Критической толщиной стенки муфт для соединений SC, LC, BC, OTTM, EU, NU, НКТ и НКТВ является толщина стенки во впадине профиля резьбы посередине муфты, для соединений ОТТГ и НКМ — толщина стенки во впадине профиля резьбы в плоскости торца трубы, рассчитанные по номинальному наружному диаметру муфты* D_M или D_C *и номинальным геометрическим параметрам резьбы.* Критическая толщина стенки муфт для резьбовых соединений, *предусмотренных настоящим стандартом,* указана в таблице 12. Критической толщиной стенки для труб является номинальная толщина стенки.

17.2 Расчетная толщина стенки трубной заготовки для муфт

Чтобы рассчитать необходимую толщину стенки трубной заготовки для муфт, к критической толщине стенки муфты по таблице 12 следует прибавить высоту резьбы и результат разделить на 0,875. Рассчитанные таким способом значения толщины стенки трубной заготовки для муфт приведены в таблице 13.

Таблица 12 — Критическая толщина стенки стандартных муфт

В миллиметрах

Наружный диаметр D	Критическая толщина стенки муфты для соединения							Наружный диаметр D	Критическая толщина стенки муфты для соединения						
	NU	EU	Специальная муфта		BC	LC	SC		НКТ	НКТВ	НКМ	Специальная муфта		ОТТМ	ОТТГ
			EU	BC								ОТТМ	ОТТГ		
26,67	4,29	5,36	—	—	—	—	—	26 67	—	5 39	—	—	—	—	—
33,40	5,36	6,55	—	—	—	—	—	33.40	5.40	6.59	—	—	—	—	—
42,16	6,07	6,10	—	—	—	—	—	42,16	6.11	6.12	—	—	—	—	—
48,26	4,98	6,38	—	—	—	—	—	48,26	5,00	6,41	—	—	—	—	—
60,32	7,72	7,62	5,69	—	—	—	—	60,32	7 74	7 66	7,70	—	—	—	—
73,02	9,65	9,09	6,45	—	—	—	—	73,02	9,68	9.13	8,83	—	—	—	—
88,90	11,46	11,53	7,47	—	—	—	—	88,90	11,51	11,54	11,28	—	—	—	—
101,60	11,53	11,63	—	—	—	—	—	101,60	11,57	11.66	11.25	6,61	—	8.61	—
114,30	11,05	12,52	—	6,58	8,18	8,86	8,56	114.30	11.07	12,56	11 42	6.84	7,27	8.44	8,87
127,00	—	—	—	6,76	9,14	9,96	9,45	127,00	—	—	—	6,91	7,35	9,31	9,75
139,70	—	—	—	6,81	9,04	9,88	9,40	139,70	—	—	—	7,03	7,47	9,28	9,72
146,05	—	—	—	7,08	12,08	13.02	12 47	146 85	—	—	—	7 26	7 70	12,26	12 70
168,28	—	—	—	6,96	11,91	12,90	12,32	168,28	—	—	—	7.17	7,60	12,12	12,55
177,80	—	—	—	7,11	10,67	11,63	10,92	177,80	—	—	—	7,28	7,72	10,88	11,32
193,68	—	—	—	8,84	13,61	14,55	13,87	193.68	—	—	—	9,02	9.46	13.77	14.21
219,08	—	—	—	8,94	15,29	16,43	15,54	219,08	—	—	—	9.21	9,65	15,56	16.00
244,48	—	—	—	8,94	15,29	16,69	15,60	244,48	—	—	—	9,21	9,65	15,57	16,00
273,05	—	—	—	8,94	15,29	—	15,70	250,83	—	—	—	—	—	—	16,00
298,45	—	—	—	—	15,29	—	15,70	273,05	—	—	—	9 22	9,66	15,57	16.01
323,85	—	—	—	—	16.17	—	16.50	298,45	—	—	—	—	—	15,57	—
339,72	—	—	—	—	15,29	—	15,70	323,85	—	—	—	—	—	16,41	16,84
406,40	—	—	—	—	16,94	—	16,05	339.72	—	—	—	—	—	15,53	—
425 45	—	—	—	—	16.74	—	—								
473,08	—	—	—	—	21,69	—	20,80								
508,00	—	—	—	—	16,94	17,09	16,10								

Примечание — Критическая толщина стенки трубной заготовки для муфт и муфтовой заготовки превышает указанную выше, с учетом высоты резьбы и припуска на механическую обработку для предотвращения образования черновин по вершинам резьбы.

Таблица 13 — Расчетная толщина стенки трубной заготовки для муфт

В миллиметрах

Наружный диаметр D	Расчетная толщина стенки трубной заготовки для муфт							Наружный диаметр D	Расчетная толщина стенки трубной заготовки для муфт						
	NU	EU	Специальная муфта		BC	LC	SC		НКТ	НКТВ	НКМ	Специальная муфта		ОТТМ	ОТТГ
			EU	BC								ОТТМ	ОТТГ		
26,67	6,53	7,72	—	—	—	—	—	26 67	—	8 23	—	—	—	—	—
33,40	7,72	9,09	—	—	—	—	—	33.40	8.24	9.60	—	—	—	—	—
42,16	8,56	8,59	—	—	—	—	—	42,16	9.05	9.06	—	—	—	—	—
48,26	7,32	8,92	—	—	—	—	—	48,26	7,78	9,39	—	—	—	—	—
60,32	10,44	10,77	8,56	—	—	—	—	60,32	10,91	10,82	10,29	—	—	—	—
73,02	12,65	12,47	9,45	—	—	—	—	73,02	13,13	12.50	11,58	—	—	—	—
88,90	14,68	15,24	10,59	—	—	—	—	88,90	15,22	15,26	14,38	—	—	—	—
101,60	15,24	15,37	—	—	—	—	—	101,60	15.29	15 39	14.34	9.38	—	11.67	—
114,30	14,68	16,38	—	9,32	11,15	12,19	11,84	114.30	14 72	16,42	14.88	9.65	10,14	11.47	11.97
127,00	—	—	—	9,52	12,27	13,44	12,88	127,00	—	—	—	9,73	10,23	12.47	12,97
139,70	—	—	—	9,58	12,12	13,36	12,80	139,70	—	—	—	9,86	10,37	12,43	12,94
146,05	—	—	—	9.89	15,61	16.95	16 32	146,05	—	—	—	10.13	10,63	15,84	16.34
168,28	—	—	—	9,75	15,42	16,81	16,15	168,28	—	—	—	10,02	10,51	15,68	16,17
177,80	—	—	—	9,93	14,00	15,37	14,55	177,80	—	—	—	10,15	10,65	14,26	14,77
193,68	—	—	—	11,91	17,35	18,69	17,91	193.68	—	—	—	12.14	12.64	17 57	18 07
219,08	—	—	—	12,01	19,28	20,85	19,84	219,08	—	—	—	12,35	12 86	19,61	20,11
244,48	—	—	—	12,01	19,28	21,13	19,89	244,48	—	—	—	12,35	12,86	19,62	20,11
273,05	—	—	—	12,01	19,28	—	20,02	250,83	—	—	—	—	—	—	20,11
298,45	—	—	—	—	19,28	—	20,02	273,05	—	—	—	12 37	12 87	19 62	20 13
323 85	—	—	—	—	20,28	—	20.93	298,45	—	—	—	—	—	19,62	—
339,72	—	—	—	—	19,28	—	20,02	323,85	—	—	—	—	—	20,58	21,07
406,40	—	—	—	—	21,16	—	20,40	339.72	—	—	—	—	—	18.43	—
425 45	—	—	—	—	20.93	—	—								
473,08	—	—	—	—	26,59	—	25,86								
508,00	—	—	—	—	21,16	21,59	20,47								

Примечание — Расчетные значения для LC SC. НКТ НКТВ приведены для высоты профиля 8-ниточной треугольной резьбы

17.3 Расчетная толщина стенки для изготовления поперечных образцов

Расчетная минимальная толщина стенки, необходимая для того, чтобы изготовить для испытания на ударный изгиб обычных муфт поперечные образцы полного размера, 3/4 размера и 1/2 размера, включая припуски по 0,50 мм на механическую обработку по наружному и внутреннему диаметрам, определяется по формуле (118) и приведена в таблице 14.

Таблица 14 — Требования к толщине стенки, необходимой для изготовления поперечных образцов для испытания на ударный изгиб обычных муфт

В миллиметрах

Наружный диаметр трубы D	Тип соединения	Наружный диаметр обычной муфты $D_м$	Расчетная толщина стенки, необходимая для изготовления поперечных образцов для испытания на ударный изгиб[a]		
			полного размера	3/4 размера	1/2 размера
88,90	NU	107,95	18,54	16,05	13,54
	НКТ, НКМ	*108,00*	*18,54*	*16,05*	*13,54*
	EU, *НКТВ*	114,30	18,06	15,57	13,06
101,60	NU	120,65	17,65	15,14	12,65
	НКТ, НКМ	*120,60*	*17,64*	*15,13*	*12,64*
	EU, *НКТВ*	127,00	17,70	14,78	12,27
	ОТТМ	*114,00*	*18,09*	*15,59*	*13,09*
114,30	NU	132,08	17,02	14,50	12,01
	НКТ, НКМ	*132,10*	*17,02*	*14,50*	*12,01*
	EU, *НКТВ*	141,30	16,59	14,10	11,58
	SC, LC, BC, *ОТТМ, ОТТГ*	127,00	17,27	14,78	12,27
127,00	SC, LC, BC, *ОТТМ, ОТТГ*	141,30	16,59	14,10	11,58
139,70	SC, LC, BC	153,67	16,10	13,61	11,10
	ОТТМ, ОТТГ	*153,70*	*16,10*	*13,61*	*11,10*
146,05	*SC, LC, BC, ОТТМ,ОТТГ*	*166,00*	*15,70*	*13,20*	*10,70*
168,28	SC, LC, BC	187,71	15,14	12,62	10,13
	ОТТМ, ОТТГ	*187,70*	*15,14*	*12,62*	*10,13*
177,80	SC, LC, BC	*200,03*	*14,87*	*12,37*	*9,87*
	ОТТМ, ОТТГ	*194,50*	*14,99*	*12,50*	*10,98*
193,68	SC, LC, BC, *ОТТМ, ОТТГ*	215,90	14,58	12,07	9,58
219,08	SC, LC, BC	244,48	14,15	11,66	9,14
	ОТТМ, ОТТГ	*244,50*	*14,15*	*11,66*	*9,14*
244,48	SC, LC, BC	269,88	13,84	11,35	8,84
	ОТТМ, ОТТГ	*269,90*	*13,84*	*11,35*	*8,84*
250,83	ОТТГ	*269,90*	*13,85*	*13,35*	*8,85*
273,05	SC, BC	298,45	13,56	11,07	8,56
	ОТТМ, ОТТГ	*298,50*	*13,56*	*11,07*	*8,56*
298,45	SC, BC, *ОТТМ*	323,85	13,36	10,87	8,36
		323,90	*13,36*	*10,87*	*8,36*
323,85	SC, BC, *ОТТМ, ОТТГ*	*351,00*	*13,18*	*10,68*	*8,18*
339,72	SC, BC	365,13	13,11	10,59	8,10
	ОТТМ	*365,10*	*13,11*	*10,59*	*8,10*
406,40	SC, BC	431,80	12,78	10,29	7,77
425,45	*BC*	*451,00*	*12,70*	*10,20*	*7,70*
473,08	SC, BC	508,00	12,50	10,01	7,52
508,00	SC, LC, BC	533,40	12,45	9,93	7,44

[a] Расчетные толщины стенок приведены с учетом припусков на механическую обработку: 0,50 мм — по внутреннему диаметру и 0,50 мм — по наружному диаметру.

Минимальную толщину стенки t_{min}, мм, необходимую для изготовления поперечных образцов для испытания на ударный изгиб, рассчитывают по следующей формуле

$$t_{min} = \frac{D_M}{2} - \left[\left(\frac{D_M}{2}\right)^2 - 756{,}2525\right]^{0{,}5} + 1{,}016 + 10k_1, \quad (118)$$

где D_M — номинальный наружный диаметр обычной муфты, мм;

k_1 — коэффициент, равный:

- 1,00 — для образцов полного размера;
- 0,75 — для образцов 3/4 размера;
- 0,5 — для образцов 1/2 размера.

17.4 Расчетная толщина стенки для изготовления продольных образцов

Расчетная толщина стенки, необходимая для того, чтобы изготовить для испытания на ударный изгиб обычных муфт продольные образцы полного размера, 3/4 размера и 1/2 размера, включая припуски по 0,50 мм на механическую обработку по наружному и внутреннему диаметрам, и определяемая по формуле (119), приведена в таблице 15.

Таблица 15 — Требования к толщине стенки, необходимой для изготовления продольных образцов для испытания на ударный изгиб обычных муфт

В миллиметрах

Наружный диаметр трубы D	Тип соединения	Наружный диаметр обычной муфты D_M	Расчетная толщина стенки, необходимая для изготовления поперечных образцов для испытания на ударный изгиб[a]		
			полного размера	3/4 размера	1/2 размера
26,67	NU	33,35	11,79	9,27	6,78
	EU	42,16	11,61	9,12	6,63
	НКТВ	*42,20*	*11,61*	*9,12*	*6,63*
33,40	NU	42,16	11,61	9,12	6,63
	НКТ	*42,20*	*11,61*	*9,12*	*6,63*
	НКТВ	*48,30*	*11,54*	*9,04*	*6,54*
42,16	NU	52,17	11,51	8,99	6,50
	НКТ	*52,20*	*11,51*	*8,99*	*6,50*
	EU	55,88	11,46	8,97	6,48
	НКТВ	*55,90*	*11,46*	*8,97*	*6,48*
48,26	NU	55,88	11,46	8,97	6,48
	НКТ	*55,90*	*11,46*	*8,97*	*6,48*
	EU, *НКТВ*	63,50	11,40	8,92	6,40
60,32	NU	73,02	11,35	8,86	6,35
	НКТ, НКМ	*73,00*	*11,35*	*8,86*	*6,35*
	EU, *НКТВ*	77,80	11,33	8,84	6,35
73,02	NU, *НКТ, НКМ*	88,90	11,30	8,78	6,30
	EU	93,17	11,28	8,78	6,27
	НКТВ	*93,20*	*11,28*	*8,78*	*6,27*
88,90	NU	107,95	11,25	8,74	6,25
	НКТ, НКМ	*108,00*	*11,25*	*8,74*	*6,25*
	EU, *НКТВ*	114,30	11,23	8,74	6,22
101,60	NU	120,65	11,23	8,71	6,22
	НКТ, НКМ	*120,60*	*11,23*	*8,71*	*6,22*
	EU, *НКТВ*	127,00	11,20	8,71	6,22

Окончание таблицы 15

Наружный диаметр трубы D	Тип соединения	Наружный диаметр обычной муфты D_M	Расчетная толщина стенки, необходимая для изготовления поперечных образцов для испытания на ударный изгиб[a]		
			полного размера	3/4 размера	1/2 размера
114,30	OTTM	*114,00*	*11,24*	*8,74*	*6,24*
	NU	132,08	11,20	8,71	6,20
	НКТ, НКМ	*132,10*	*11,20*	*8,71*	*6,20*
	EU, *НКТВ*	141,30	11,20	8,69	6,20
	STC, LC, BC, *ОТТМ, ОТТГ*	127,00	11,20	8,71	6,22

[a] Расчетные толщины стенок приведены с учетом припусков на механическую обработку: 0,50 мм — по внутреннему диаметру и 0,50 мм — по наружному диаметру.

Минимальную толщину стенки t_{min}, мм, необходимую для изготовления продольных образцов для испытания на ударный изгиб, рассчитывают по следующей формуле

$$t_{min} = \frac{D_M}{2} - \left[\left(\frac{D_M}{2}\right)^2 - 24{,}9999\right]^{0{,}5} + 1{,}016 + 10k_1, \quad (119)$$

где D_M — номинальный наружный диаметр муфты по *ГОСТ Р 53366*, мм;

k_1 — коэффициент, равный:

- 1,00 — для образцов полного размера;
- 0,75 — для образцов 3/4 размера;
- 0,5 — для образцов 1/2 размера.

17.5 Размеры образцов для испытания на ударный изгиб муфт

Минимальную толщину образцов для испытания на ударный изгиб, отбираемых от трубной заготовки для муфт (см. 17.2), определяют по расчетной толщине стенки, необходимой для изготовления образцов (см. таблицы 13 и 14). Из таблиц 13 и 14 должен быть выбран наибольший из возможных образцов с расчетной толщиной стенки менее номинальной толщины стенки испытуемой трубной заготовки для муфт для рассматриваемого соединения. В таблице 16 приведены минимально допустимые размеры поперечных образцов, а в таблице 17 — минимально допустимые размеры продольных образцов. Таблицы 16 и 17 служат для определения ориентации и размера образцов для испытания на ударный изгиб, требуемого по *ГОСТ Р 53366*.

Таблица 16 — Минимальные допустимые размеры поперечных образцов для испытания на ударный изгиб муфт

Наружный диаметр D	Минимальный допустимый размер поперечных образцов для испытания на ударный изгиб[a, b]													
	NU	EU специальная муфта	EU	*НКТ*	*НКТВ*	*НКМ*	BC специальная муфта[c]	BC	LC	SC	*ОТТМ* специальная муфта[c]	*ОТТГ* специальная муфта[c]	*ОТТМ*	*ОТТГ*
88,90	1/2	1/2	1/2	*3/4*	*3/4*	—	—	—	—	—	—	—	—	—
101,60	3/4	3/4	—	*3/4*	*3/4*	—	—	—	—	—	—	—	—	—
114,30	3/4	3/4	—	*3/4*	*1*	—	—	—	—	—	—	—	—	—
127,00	—	—	—	—	—	—	1/2	1/2	1/2	1/2	—	—	—	—
139,70	—	—	—	—	—	—	1/2	1/2	1/2	1/2	—	—	—	—
146,05	—	—	—	—	—	—	—	*1/2*	*1/2*	*1/2*	—	—	*1/2*	*1/2*
168,28	—	—	—	—	—	—	1	1	1	1/2	—	—	*1/2*	*1/2*
177,80	—	—	—	—	—	—	3/4	3/4	1	1/2	—	—	*1/2*	*1/2*

Окончание таблицы 16

Наружный диаметр *D*	Минимальный допустимый размер поперечных образцов для испытания на ударный изгиб[a] [b]													
	NU	EU специальная муфта	EU	*НКТ*	*НКТВ*	*НКМ*	BC специальная муфта[c]	BC	LC	SC	*ОТТМ* специальная муфта[c]	*ОТТГ* специальная муфта[c]	*ОТТМ*	*ОТТГ*
193,68	—	—	—	—	—	—	1	1	1	1	—	—	*3/4*	*3/4*
219,08	—	—	—	—	—	—	1	1	1	1	—	*1/2*	*1*	*1*
244,48	—	—	—	—	—	—	1	1	1	1	*1/2*	*1/2*	*1*	*1*
250,83	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	*1*
273,05	—	—	—	—	—	—	1	1	—	1	*1/2*	*1/2*	*1*	*1*
298,45	—	—	—	—	—	—	—	1	—	1	—	—	*1*	—
323,85	—	—	—	—	—	—	—	*1*	—	*1*	—	—	*1*	*1*
339,72	—	—	—	—	—	—	—	1	—	1	—	—	*1*	—
351,00	—	—	—	—	—	—	—	1	—	1	—	—	—	—
377,00	—	—	—	—	—	—	—	1	—	1	—	—	—	
406,40	—	—	—	—	—	—	—	1	—	1	—	—	—	—
425,45	—	—	—	—	—	—	—	*1*	—	*1*	—	—	—	—
473,08	—	—	—	—	—	—	—	1	—	1	—	—	—	—
508,00	—	—	—	—	—	—	—	1	1	1	—	—	—	—

[a] Размер образца указан по отношению к образцу полного размера: *1 — образец полного размера, 1/2 — образец 1/2 размера, 3/4 — образец 3/4 размера.*

[b] *При невозможности изготовления поперечных образцов 1/2 размера* необходимо использовать продольные образцы.

[c] Требования к размеру образца основаны на том, что специальные муфты изготовлены из трубных заготовок для обычных муфт.

Примечание — Поперечные образцы не отибрают от муфт, предназначенных для *насосно-компрессорных труб* наружным диаметром менее 88,90 мм *и обсадных труб наружным диаметром менее 127,00 мм.*

Таблица 17 — Минимальные допустимые размеры продольных образцов для испытания на ударный изгиб муфт для труб наружным диаметром менее 88,90 мм и муфт для труб наружным диаметром 88,90 мм и более, если изготовление поперечных образцов 1/2 размера невозможно

Наружный диаметр *D*	Минимальный допустимый размер продольных образцов для испытания на ударный изгиб[a] [b]													
	NU	EU специальная муфта[c]	EU	*НКТ*	*НКТВ*	*НКМ*	BC специальная муфта[c]	BC	LC	SC	*ОТТМ* специальная муфта[c]	*ОТТГ* специальная муфта[c]	*ОТТМ*	*ОТТГ*
26,67	[b]	—	1/2	[b]	1/2	—	—	—	—	—	—	—	—	—
33,40	1/2	—	3/4	1/2	3/4	—	—	—	—	—	—	—	—	—
42,16	1/2	—	1/2	1/2	1/2	—	—	—	—	—	—	—	—	—
48,26	1/2	—	3/4	1/2	3/4	—	—	—	—	—	—	—	—	—
60,32	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	—	—	—	—	—	—	—	—
73,02	1	1	1	1	1	3/4	—	—	—	—	—	—	—	—
88,90	[d]	[d]	[d]	[d]	[d]	1	—	—	—	—	—	—	—	—

Окончание таблицы 17

Наружный диаметр *D*	Минимальный допустимый размер продольных образцов для испытания на ударный изгиб[a] [b]													
	NU	EU специальная муфта[c]	EU	*НКТ*	*НКТВ*	*НКМ*	BC специальная муфта[c]	BC	LC	SC	*ОТТМ* специальная муфта[c]	*ОТТГ* специальная муфта[c]	*ОТТМ*	*ОТТГ*
101,60	[d]	—	[d]	[d]	[d]	1	—	—	—	—	*1/2*	—	*3/4*	—
114,30	[d]	—	[d]	[d]	[d]	1	3/4	3/4	1	1	*1/2*	*1/2*	*3/4*	*3/4*
127,00	—	—	—	—	—	—	[d]	[d]	[d]	[d]	*1/2*	*1/2*	*3/4*	*3/4*
139,70	—	—	—	—	—	—	[d]	[d]	[d]	[d]	*1/2*	*1/2*	*3/4*	*3/4*
146,05	—	—	—	—	—	—	*1/2*	[d]	[d]	[d]	*1/2*	*3/4*	[d]	[d]
168,28	—	—	—	—	—	—	[d]	[d]	[d]	[d]	*1/2*	*3/4*	[d]	[d]
177,80	—	—	—	—	—	—	[d]	[d]	[d]	[d]	*1/2*	*3/4*	[d]	[d]
193,68	—	—	—	—	—	—	[d]	[d]	[d]	[d]	*3/4*	*3/4*	[d]	[d]
219,08	—	—	—	—	—	—	[d]	[d]	[d]	[d]	*3/4*	[d]	[d]	[d]

[a] Размер образца указан по отношению к образцу полного размера: *1 — образец полного размера, 1/2 — образец 1/2 размера, 3/4 — образец 3/4 размера.*

[b] Расчетная толщина стенки недостаточна для изготовления образцов. Однако если толщина стенки трубной заготовки для муфт несколько больше расчетной, то может быть изготовлен продольный образец 1/2 размера.

[c] Требования к размеру образца основаны на том, что специальные муфты изготовлены из трубных заготовок для обычных муфт.

[d] Для испытания муфт должны быть изготовлены поперечные образцы.

17.6 Размеры образцов для испытания на ударный изгиб труб

Расчетная толщина стенки трубы, необходимая для изготовления продольных и поперечных образцов полного, 3/4 размера и 1/2 размера для испытания на ударный изгиб, приведена в *ГОСТ Р 53366, таблицы С.22 и С.23.*

17.7 Образцы большего размера

Образцы большего размера могут быть отобраны в следующих случаях:

a) толщина стенки трубной заготовки для муфт больше, чем рассчитанная по 17.2;

b) не используется полный припуск под механическую обработку 0,50 мм по наружному и внутреннему диаметрам;

c) допускается использование образцов с кривизной наружной поверхности, обусловленной формой исходной трубы (см. *ГОСТ Р 53366*).

17.8 Справочная информация

Справочная информация по механике разрушения, формулы, применяемые в *ГОСТ Р 53366* для расчета требований к испытанию на ударный изгиб, приведены в [19]. Требования к поперечным образцам — также в [19]. Требования к продольным образцам основаны на требованиях к поперечным образцам и на отношении прочности в продольном и поперечном направлениях, равном 1,33 — для групп прочности J55 и K55 и 2,0 — для более высоких групп прочности. Связь K_c и прочности на ударный изгиб высокопрочных сталей описана в [20].

Дополнительные требования *к испытанию на ударный изгиб* для труб, приведенные в ГОСТ Р 53366, *A.9* SR16, больше основаны на заданном минимальном пределе прочности, а не на заданном максимальном пределе текучести муфт. Такой выбор объясняется тем, что ожидаемый уровень напряжений в трубах обычно ниже, чем уровень напряжений в муфтах.

Приложение А
(справочное)

Расчет трехмерной текучести тела трубы

А.1 Трехмерная текучесть тела трубы

А.1.1 Общие положения

При анализе трехмерной текучести тела трубы используют критерий фон Мизеса. Упругое состояние, ведущее к возникновению текучести, возникает при наложении следующих факторов:

a) радиальных и тангенциальных напряжений, определяемых по формулам Ламе для толстостенного цилиндра;

b) равномерного осевого напряжения любого происхождения, кроме напряжения изгиба;

c) осевого напряжения изгиба для бруса Тимошенко;

d) напряжения сдвига от кручения с моментом, направленным по оси трубы.

А.1.2 Формулы упругого напряжения

А.1.2.1 Общие положения

В формулах упругого напряжения, возникающего в трубе, предел упругости, предел пропорциональности и предел текучести материала совпадают. Под текучестью металла в данном случае понимают границу между упругим и неупругим *состояниями*. Эта граница не имеет отношения к стандартному определению понятия минимального предела текучести. Стандартное определение, приведенное в *ГОСТ Р 53366*, применяют для расчетных формул.

Предельные значения возникновения текучести тела трубы — это значения, при которых начинается текучесть. Материал тела трубы в целом еще упругий, но в одной или в нескольких областях достигает предела текучести. Поэтому напряжения, определяющие предельные значения возникновения текучести материала тела трубы, могут быть найдены при помощи формул, основанных на линейном упругом поведении материала.

А.1.2.2 Формулы Ламе

Когда труба находится под действием внутреннего и наружного давлений, радиальное напряжение σ_r, МПа, и тангенциальное напряжение σ_h, МПа, возникающие в теле трубы, вычисляют по следующим формулам:

$$\sigma_r = \frac{\left(P_i d^2 - P_o D^2\right) - (P_i - P_o)\frac{d^2 D^2}{4r^2}}{D^2 - d^2}; \quad (A.1)$$

$$\sigma_h = \frac{\left(P_i d^2 - P_o D^2\right) + (P_i - P_o)\frac{d^2 D^2}{4r^2}}{D^2 - d^2}, \quad (A.2)$$

где P_i — внутреннее давление, МПа;

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

D — номинальный наружный диаметр трубы, мм;

t — номинальная толщина стенки трубы, мм;

P_o — наружное давление, МПа;

r — радиальная координата, $d/2 \le r \le D/2$.

Упругие радиальные и тангенциальные напряжения не зависят от осевой нагрузки.

А.1.2.3 Равномерное осевое напряжение

Сила тяжести вместе с другими внешними нагрузками (изменения температуры и давления, способ спуска в скважину и др.) создает осевое усилие F_a, вызывающее напряжение σ_a, МПа (составляющая осевого напряжения, не вызываемая изгибом), равномерно распределенное по поперечному сечению и вычисляемое по следующей формуле

$$\sigma_a = \frac{F_a}{A_p}, \quad (A.3)$$

где F_a — осевое усилие, Н;

A_p — площадь поперечного сечения трубы, равная $\frac{\pi}{4}(D^2 - d^2)$, мм^2;

D — номинальный наружный диаметр трубы, мм;

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

t — номинальная толщина стенки трубы, мм.

В случаях когда известно осевое усилие, вызванное им напряжение определяют по формуле (А.3). В других случаях когда известно осевое напряжение, по нему находят усилие F_a. Так, если труба зацементирована в скважине, то ее растяжение и сжатие в осевом направлении невозможны. Осевое напряжение, а значит и осевое усилие являются тогда функцией изменения температуры и давления. Таким образом, осевое напряжение и осевое усилие являются вторичными, а не первичными переменными. В этих случаях применяют формулу (А.3).

А.1.2.4 Напряжение изгиба

Составляющую осевого напряжения σ_b, вызванную изгибом, МПа, вычисляют по следующей формуле

$$\sigma_b = \pm\frac{I_b}{I} = \pm Ecr, \qquad (A.4)$$

где I_b — изгибающий момент, Н · м;

I — момент инерции поперечного сечения трубы, равный $\frac{\pi}{64}(D^4 - d^4)$, мм^4;

E — модуль Юнга, равный 206,9 ГПа;

c — изгиб трубы — обратная величина радиуса изгиба оси трубы, рад/м;

r — радиальная координата $d/2 \le r \le D/2$;

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

D — номинальный наружный диаметр трубы, мм;

t — номинальная толщина стенки трубы, мм.

Знак ± указывает на то, что составляющая осевого напряжения, вызванная изгибом, может быть положительной (при растяжении) или отрицательной (при сжатии) в зависимости от положения рассматриваемой точки поперечного сечения. От изгиба в точках поперечного сечения, расположенных ближе к центру радиуса кривизны, чем продольная ось трубы, возникают сжимающие напряжения, а в точках поперечного сечения, расположенных дальше от центра радиуса кривизны, чем продольная ось трубы, возникают растягивающие напряжения.

Единицей измерения переменной c является радиан на метр, что не характерно для нефтяной и газовой промышленности. Чаще применяемой единицей измерения переменной c является градус на 30 м. Для перевода единицы измерения градус на 30 м в радиан на метр правую часть формулы (6) настоящего стандарта необходимо умножить на постоянную $\pi/(180 \cdot 30)$ или $5{,}8178 \cdot 10^{-4}$.

А.1.2.5 Напряжения кручения

Касательное напряжение при кручении τ_{ha}, МПа, действующее по окружности поперечного сечения трубы, составляет

$$\tau_{ha} = \frac{M_t r}{I_p}, \qquad (A.5)$$

где M_t — крутящий момент, Н · м;

r — радиальная координата $d/2 \le r \le D/2$;

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

D — номинальный наружный диаметр трубы, мм;

t — номинальная толщина стенки трубы, мм;

I_p — полярный момент инерции поперечного сечения трубы, равный $\frac{\pi}{32}(D^4 - d^4)$, мм^4.

А.1.3 Формула предельных значений трехмерной текучести

А.1.3.1 Общие положения

При известных значениях внутреннего и наружного давлений, осевого усилия, изгибающего и крутящего моментов, эквивалентное напряжение σ_e, МПа, вычисляют по следующей формуле

$$\sigma_e = \left[\sigma_r^2 + \sigma_h^2 + (\sigma_a + \sigma_b)^2 - \sigma_r\sigma_h - \sigma_r(\sigma_a + \sigma_b) - \sigma_h(\sigma_a + \sigma_b) + 3\tau_{ha}^2\right]^{1/2}. \qquad (A.6)$$

где σ_r — радиальное напряжение по формуле (А.1), МПа;

σ_h — тангенциальное напряжение по формуле (А.2), МПа;

σ_a — составляющая осевого напряжения, не вызванная изгибом, по формуле (А.3), МПа;

σ_b — составляющая осевого напряжения, вызванная изгибом, по формуле (А.4), МПа;

τ_{ha} — касательное напряжение при кручении по формуле (А.5), МПа.

Условие возникновения текучести:

$$\sigma_e = \sigma_y, \qquad (A.7)$$

при этом $\sigma_e < \sigma_y$ соответствует упругому состоянию;

σ_e — эквивалентное напряжение, МПа;

σ_y — предел текучести представительного образца при растяжении, МПа.

При отсутствии изгиба и кручения наибольшее значение эквивалентного напряжения всегда будет наблюдаться на внутренней поверхности тела трубы. При наличии изгиба необходимо четыре раза провести расчет по формуле (А.7): по одному расчету для наружной и внутренней поверхностей для каждого из возможных положительного и отрицательного значений σ_b.

А.1.3.2 Специальные случаи критерия текучести

А.1.3.2.1 Действие только осевого напряжения

При отсутствии внутреннего и наружного давлений, изгиба и кручения формула (А.6) упрощается до следующего выражения

$$\sigma_e^2 = \sigma_a^2, \tag{А.8}$$

где σ_e — эквивалентное напряжение, МПа;

σ_a — составляющая осевого напряжения, не вызванная изгибом, МПа.

Текучесть возникает тогда, когда осевое напряжение становится равным $\pm \sigma_y$ — пределу текучести представительного образца при растяжении.

А.1.3.2.2 Действие внутреннего и наружного давлений и осевого напряжения

При отсутствии изгиба и кручения формула (А.6) упрощается до следующего выражения

$$\sigma_e = \left[\sigma_r^2 + \sigma_h^2 + \sigma_a^2 - \sigma_r\sigma_h - \sigma_r\sigma_a - \sigma_h\sigma_a\right]^{1/2}, \tag{А.9}$$

где σ_e — эквивалентное напряжение, МПа;

σ_r — радиальное напряжение, МПа;

σ_h — тангенциальное напряжение, МПа;

σ_a — составляющая осевого напряжения, не вызванная изгибом, МПа.

Подставляя формулы (А.1) и (А.2) и критерий текучести на внутренней поверхности тела трубы (А.7) в формулу (А.9), получим

$$\sigma_y^2 = \left[\frac{P_i d^2 + P_o D^2}{D^2 - d^2}\right]^2 + \frac{3(P_i - P_o)^2 D^4}{(D^2 - d^2)^2} + \sigma_a^2 - 2\frac{P_i d^2 - P_o D^2}{D^2 - d^2}\sigma_a \tag{А.10}$$

или

$$\sigma_y^2 = \left[\sigma_a - \frac{P_i d^2 - P_o D^2}{D^2 - d^2}\right]^2 + 3\left[\frac{(P_i - P_o)^2 D^2}{(D^2 - d^2)}\right]^2, \tag{А.11}$$

где σ_y — предел текучести представительного образца при растяжении, МПа;

σ_a — составляющая осевого напряжения, не вызванная изгибом, МПа;

P_i — внутреннее давление, МПа;

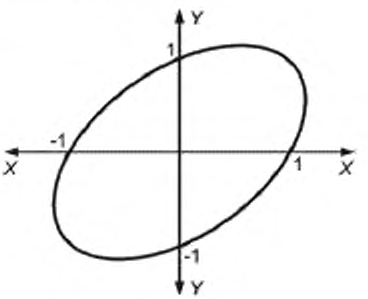
d — внутренний диаметр трубы, равный $(D - 2t)$, мм;

D — номинальный наружный диаметр трубы, мм;

t — номинальная толщина стенки трубы, мм;

P_o — наружное давление, МПа.

Графическим представлением формулы (А.11) является эллипс с большой и малой осями с центром в точке пересечения осей координат, показанный на рисунке А.1.



Примечания

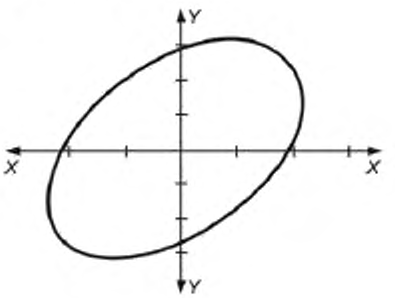
1 По оси X — $\dfrac{\sigma_a + P_i}{\sigma_y}$.

2 По оси Y — $\dfrac{1}{2}\dfrac{(D/t)^2}{D/t - 1}\cdot\dfrac{P_i - P_o}{\sigma_y}$.

Рисунок А.1 — Критерий текучести тела трубы по фон Мизесу при действии внутреннего и наружного давлений и осевого напряжения

А.1.3.2.3 Альтернативное описание области текучести

Представление критерия текучести в зависимости от внутреннего и наружного давлений и осевого напряжения показывает, что давление и осевое напряжение взаимосвязаны. Решение, принятое в стандартах [1] и [2], заключается в том, чтобы разделить выражение для текучести на два отдельных случая при действии только наружного давления или только внутреннего давления в сочетании с осевым напряжением. Кроме того, геометрический фактор, показанный в виде абсциссы на рисунке А.1, представлен на альтернативной поверхности текучести при упрощении абсциссы до P_i (два верхних квадранта) и P_o (два нижних квадранта). Полученное при этом графическое представление формулы текучести (см. рисунок А.2) подобно представленному на рисунке А.1, но при $P_i = P_o = 0$ кривая критерия текучести не ровная.



Примечания

1 По оси *X* — осевая нагрузка, кН.

2 По оси *Y* — давление, МПа.

Рисунок А.2 — Критерий текучести тела трубы по фон Мизесу при действии внутреннего и наружного давлений и осевого напряжения по стандарту [1]

Формула для двух верхних квадрантов ($P_o = 0$) имеет вид

$$P_i = -k_B \pm \frac{\left(k_B^2 - 4k_A k_C\right)^{1/2}}{2k_A}; \quad (A.12)$$

где

$$k_A = k_{pi}^2 + k_{pi} + 1; \quad (A.13)$$

$$k_B = (1 - k_{pi})\,\sigma_a; \quad (A.14)$$

$$k_C = \sigma_a^2 - \sigma_y^2; \quad (A.15)$$

$$k_{pi} = \frac{D^2 + d^2}{D^2 - d^2}. \quad (A.16)$$

Формула для двух нижних квадрантов ($P_i = 0$) имеет вид

$$P_o = \frac{-k_B \pm \left(k_B^2 - 4k_A k_C\right)^{1/2}}{2k_A}; \quad (A.17)$$

где

$$k_A = k_{po}^2; \quad (A.18)$$

$$k_B = k_{po}\,\sigma_a; \quad (A.19)$$

$$k_C = \sigma_a^2 - \sigma_y^2; \quad (A.20)$$

$$k_{po} = \frac{2D^2}{D^2 - d^2}. \quad (A.21)$$

В обоих случаях:

P_i — внутреннее давление, МПа;

k_B, k_A, k_C — промежуточные переменные в формуле критерия текучести фон Мизеса по стандартам [1] и [2];

k_{pi} — геометрический коэффициент верхнего квадранта в формуле критерия текучести фон Мизеса по стандартам [1] и [2];

σ_a — составляющая осевого напряжения, не вызванная изгибом, МПа;

σ_y — предел текучести представительного образца при растяжении, МПа;

D — номинальный наружный диаметр трубы, мм;

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

t — номинальная толщина стенки трубы, мм;

k_{po} — геометрический коэффициент нижнего квадранта в формуле критерия текучести фон Мизеса по стандартам [1] и [2];

P_o — наружное давление, МПа.

А.1.3.2.4 Представление области текучести в зависимости от эффективного напряжения

Для упрощения формулу для текучести можно представить в виде зависимости от эффективного напряжения σ_{eff}, МПа, определяемого по следующей формуле

$$\sigma_{eff} = \sigma_a - \frac{P_i d^2 - P_o D^2}{D^2 - d^2}, \qquad (A.22)$$

где σ_a — составляющая осевого напряжения, не вызванная изгибом, МПа;

P_i — внутреннее давление, МПа;

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

D — номинальный наружный диаметр трубы, мм;

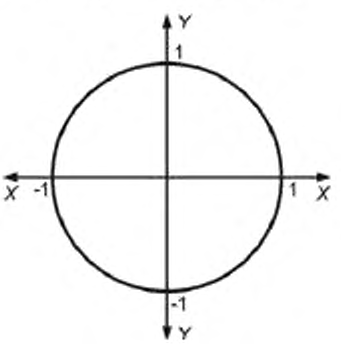
t — номинальная толщина стенки трубы, мм;

P_o — наружное давление, МПа.

В этом случае эквивалентом формулы (А.11) будет являться формула

$$\sigma_y^2 = \sigma_{eff}^2 + \frac{3(P_i - P_o)^2 D^4}{(D^2 - d^2)^2}, \qquad (A.23)$$

где σ_y — предел текучести представительного образца при растяжении, МПа, для которого графическое представление этой формулы имеет вид окружности (рисунок А.3);



Примечания

1 По оси X — $\frac{\sigma_{eff}}{\sigma_y}$.

2 По оси Y — $\sqrt{3}\frac{D^2}{D^2 - d^2} \cdot \frac{P_i - P_o}{\sigma_y}$.

Рисунок А.3 — Критерий текучести по фон Мизесу в зависимости от эффективного напряжения при действии внутреннего и наружного давлений

σ_{eff} — эффективное напряжение, МПа;

P_i — внутреннее давление, МПа;

P_o — наружное давление, МПа;

D — номинальный наружный диаметр трубы, мм;

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

t — номинальная толщина стенки трубы, мм.

A.1.3.3 Ограничения и допущения

A.1.3.3.1 Общие положения

Формулы (A.6) и (A.7) основаны на приведенных далее допущениях:

a) концентричность и окружность поперечного сечения трубы.

Формулы для радиальных и тангенциальных напряжений, изгиба и кручения предполагают, что сечение трубы состоит из наружной и внутренней окружностей, концентричных и имеющих правильную форму;

b) изотропная текучесть.

Предел текучести металла труб предполагается не зависящим от направления. Предполагается, что свойства продольных и поперечных образцов идентичны, они обладают одинаковыми модулями упругости и пределами текучести при растяжении и сжатии;

c) отсутствие остаточных напряжений.

При определении возникновения текучести предполагается, что остаточными напряжениями от производственного процесса можно пренебречь;

d) неустойчивость поперечного сечения (смятие) и продольная неустойчивость (выгнутость).

При $P_o > P_i$ возможно смятие поперечного сечения из-за потери устойчивости еще до возникновения текучести. Случай смятия, когда наружное давление больше внутреннего, см. в разделе 8. Аналогично при $\sigma_{eff} < 0$ возможна выгнутость трубы как колонны до возникновения текучести, и изгибающие напряжения от выгнутости необходимо учитывать при проверке на текучесть.

A.1.3.3.2 Удлинение под нагрузкой, при которой определяется предел текучести

Удлинение под нагрузкой, при которой определяют предел текучести по *ГОСТ Р 53366, ГОСТ Р 54383, ГОСТ Р ISO 3183*, для труб с заданным минимальным пределом текучести 655 МПа и менее, принято равным 0,5 %.

Удлинение под нагрузкой, при которой определяется предел текучести по *ГОСТ Р 53366, ГОСТ Р 54383, ГОСТ Р ISO 3183*, для труб с заданным минимальным пределом текучести более 655 МПа, определяют с помощью следующей формулы

$$\varepsilon_{ymn} = \frac{\sigma_{ymn}}{E} + 0{,}002, \qquad (A.24)$$

где ε_{ymn} — деформация, соответствующая заданному минимальному пределу текучести;

σ_{ymn} — заданный минимальный предел текучести при растяжении, МПа;

E — модуль Юнга, *для данного расчета принятый* равным 193,0 ГПа.

Расчетное значение ε_{ymn} округляют до ближайших 0,005.

A.1.4 Формула проектной трехмерной текучести тела трубы

Формулу проектной трехмерной текучести выводят из всех общих и упрощенных форм формулы (A.7) со следующими изменениями:

a) в формулах (A.1) и (A.2) для расчета радиальных и тангенциальных напряжений t заменяют на $k_{wall}t$, что недопустимо для формул (A.3) и (A.5) для расчета осевых напряжений и напряжения кручения;

b) σ_y заменяют на σ_{ymn}.

Назначение формулы проектной трехмерной текучести — определить напряженное состояние, приводящее к текучести металла труб в случае наихудших свойств этого металла, т. е. при минимально допустимых значениях этих свойств. Толщину стенки трубы всегда принимают равной минимально допустимой толщине стенки при эксцентриситете, являющемся естественным фактором процесса производства труб.

A.2 Формулы Ламе возникновения текучести тела трубы в случае, когда наружное давление, изгиб и кручение равны нулю

A.2.1 Общие положения

Формулы Ламе для радиальных и тангенциальных напряжений основаны на формулах трехмерного равновесия поперечного сечения трубы в состоянии линейной упругости. Поскольку это формулы для трехмерного измерения, то они обеспечивают наиболее точный расчет напряжений в трубе. Далее рассмотрены два вида таких формул: для труб с открытыми торцами, с осевыми напряжениями, равными нулю, и для труб с торцевым уплотнением, с осевыми напряжениями от действия внутреннего давления на торцевое уплотнение.

A.2.2 Формула предельных значений текучести для труб с торцевым уплотнением

Возникновение текучести в толстостенных трубах с торцевым уплотнением является особым случаем формул (A.6) и (A.7), когда отсутствуют наружное давление, изгиб и кручение. Осевое напряжение создается только действием внутреннего давления на торцевое уплотнение. В этом случае эффективное напряжение равно нулю [см. формулу (A.22)].

Внутреннее давление возникновения текучести в толстостенной трубе с торцевым уплотнением P_{iYLc}, МПа, вычисляют по следующей формуле

$$P_{iYLc} = \frac{\sigma_y\left(D^2 - d^2\right)}{\sqrt{3}\,D^2}, \qquad (A.25)$$

где σ_y — предел текучести представительного образца при растяжении, МПа;

D — номинальный наружный диаметр трубы, мм;

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

t — номинальная толщина стенки трубы, мм.

На формулу (А.25) распространяются те же допущения и ограничения (см. А.1.3.3), которые относятся к более общей формуле, из которой она выведена.

В формуле (А.25) не учтено осевое растяжение, поскольку оно создается внутренним давлением на торцевое уплотнение труб. В более общем случае, когда осевое напряжение создается иными факторами, оно учитывается критерием трехмерной текучести по формулам (А.6) и (А.7).

А.2.3 Формула проектной текучести для труб с торцевым уплотнением

Формулу проектной текучести для труб с торцевым уплотнением с учетом формул Ламе для радиальных и тангенциальных напряжений выводят из формулы (А.9) со следующими изменениями:

а) в формулах (А.1) и (А.2) для расчета радиальных и тангенциальных напряжений t заменяют на $k_{wall}t$, что недопустимо для формулы (А.3) для расчета осевых напряжений;

b) σ_y заменяют на σ_{ymn}.

Окончательная формула для расчета внутреннего давления возникновения текучести металла толстостенных труб с торцевым уплотнением P_{iYLc} имеет вид

$$P_{iYLc} = \frac{\sigma_{ymn}}{\left| \frac{3D^4 + d_{wall}^4}{\left(D^2 - d_{wall}^2\right)^2} + \frac{d^4}{\left(D^2 - d^2\right)^2} - \frac{2d^2 d_{wall}^2}{\left(D^2 - d^2\right)\left(D^2 - d_{wall}^2\right)} \right|^{1/2}}, \quad (A.26)$$

где σ_{ymn} — заданный минимальный предел текучести при растяжении, МПа;

D — номинальный наружный диаметр трубы, мм;

d_{wall} — внутренний диаметр трубы, рассчитанный с коэффициентом k_{wall}, равный ($D - 2k_{wall}t$), мм;

k_{wall} — коэффициент, учитывающий установленное предельное отклонение толщины стенки трубы, равный 0,875 для предельного отклонения минус 12,5 %;

t — номинальная толщина стенки трубы, мм;

d — внутренний диаметр трубы, равный ($D - 2t$), мм.

Следует обратить внимание на то, что использование разной толщины стенки для расчета с одной стороны радиальных и тангенциальных напряжений, а с другой стороны осевых напряжений исключает вывод этой расчетной формулы непосредственно из формулы (А.25).

А.2.4 Формула предельных значений текучести тела трубы с открытыми торцами при отсутствии наружного давления и осевой нагрузки

Возникновение текучести в толстостенных трубах с открытыми торцами является особым случаем формул (А.6) и (А.7), когда отсутствуют равномерная осевая нагрузка, наружное давление, изгиб и кручение. В этом случае внутреннее давление возникновения текучести в толстостенной трубе с открытыми торцами P_{iYLo}, МПа, вычисляют по следующей формуле

$$P_{iYLo} = \frac{\sigma_y \left(D^2 - d^2\right)}{\left(3D^4 + d^4\right)^{1/2}}, \quad (A.27)$$

где σ_y — предел текучести представительного образца при растяжении, МПа;

D — номинальный наружный диаметр трубы, мм;

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

t — номинальная толщина стенки трубы, мм.

На формулу (А.27) распространяются те же допущения и ограничения (см. А.1.3.3), которые относятся к более общей формуле, из которой она выведена.

В более общем случае, когда осевое напряжение не равно нулю, оно учитывается критерием трехмерной текучести по формулам (А.6) и (А.7).

А.2.5 Формула проектной текучести тела трубы с открытыми торцами при отсутствии наружного давления и осевой нагрузки

Формулу проектной текучести тела труб с открытыми торцами с учетом формул Ламе для радиальных и тангенциальных напряжений выводят на основе формулы (А.9) со следующими изменениями:

а) в формулах (А.1) и (А.2) для расчета радиальных и тангенциальных напряжений t заменяют на $k_{wall}t$;

b) σ_y заменяют на σ_{ymn}.

Окончательная формула для расчета возникновения текучести в толстостенных трубах с открытыми торцами P_{iYLo}, МПа, имеет вид

$$P_{iYLo} = \frac{\sigma_{ymn}\left(D^2 - d_{wall}^2\right)}{\left(3D^4 + d_{wall}^4\right)^{1/2}}, \qquad (A.28)$$

где σ_{ymn} — заданный минимальный предел текучести при растяжении, МПа;

D — номинальный наружный диаметр трубы, мм;

d_{wall} — внутренний диаметр, рассчитанный с коэффициентом k_{wall}, равный ($D - 2k_{wall}\,t$), мм;

k_{wall} — коэффициент, учитывающий установленное предельное отклонение толщины стенки трубы, равный 0,875 для предельного отклонения минус 12,5 %;

t — номинальная толщина стенки трубы, мм;

Поскольку в формуле (А.28) осевая нагрузка отсутствует, то возможен вывод этой расчетной формулы (А.28) непосредственно из формулы (А.27).

Приложение В
(справочное)

Расчет давления пластического разрушения

В.1 Общие положения

При выводе формул для определения стойкости труб к внутреннему давлению различают возникновение текучести (приложение А) и разрушение тела трубы, которое может быть пластическим (вязким) или хрупким. В таблице В.1 приведены *характеристики разрушения под действием внутреннего давления.*

Таблица В.1 — *Характеристики разрушения* под действием внутреннего давления

Вид разрушения	Характеристика	Приложение, в котором приведен *расчет*
Пластическое разрушение	Разрушение труб в интервале пластических деформаций, характерных для труб с достаточной и устойчивой вязкостью разрушения в среде, в которой они эксплуатируются	Настоящее приложение
Хрупкое разрушение	Разрушение труб в результате распространения трещины	Приложение D

В.2 Пластическое разрушение тела трубы

В.2.1 Общие положения

По формулам проектного давления пластического разрушения определяют фактическое разрушение тела трубы под действием внутреннего давления, а формулы трехмерной текучести (приложение А) относятся к возникновению пластической деформации, а не к потере целостности трубы. По формулам проектного давления пластического разрушения определяют способность трубы выдерживать внутреннее давление без потери герметичности.

Эти формулы применимы только в том случае, когда металл трубы обладает в данной среде достаточно высокой вязкостью, превышающей минимальную, так что деформация трубы в данной среде носит пластический, а не хрупкий характер даже при наличии незначительных несовершенств.

Формулы проектного давления пластического разрушения учитывают минимальную допустимую толщину стенки и наружный диаметр трубы, максимальную глубину несовершенств, невыявленных системой контроля, вязкость разрушения и деформационное упрочнение металла, предел прочности трубы. Предел текучести не оказывает непосредственного влияния на давление пластического разрушения, но влияет на коэффициент упрочнения k_h.

Формулы проектного давления пластического разрушения могут быть выведены на основе механики равновесия трубы в сочетании с моделью пластичности трубы и моделью влияния несовершенств. Вывод формул не входит в область применения настоящего стандарта, а приведен в документах [21] и [22].

Формулы предельных значений давления пластического разрушения и формулы проектного давления пластического разрушения основаны на трех взаимосвязанных положениях:

a) формуле равновесия пластического разрушения трубы с известными *допустимыми минимальными* значениями толщины стенки и наружного диаметра;

b) уменьшении *допустимой минимальной* толщины стенки на глубину несовершенств, невыявленных системой контроля;

c) критерии минимальной вязкости, при котором происходит пластическое разрушение.

Эти формулы применимы для труб, находящихся под действием давления и осевой нагрузки, но не применимы для определения стойкости труб при усталостных нагрузках. Вычитание из толщины стенки трубы глубины несовершенств и учет вязкости металла труб основаны на механике разрушения, которая связывает измеренную вязкость разрушения J_{1c} образцов труб с расчетной интенсивностью напряжений в вершине трещины (J-интегралы) как функцию от глубины несовершенств. Подробнее — см. далее.

Дополнительная информация приведена в [5] и [23].

В.2.2 Формула предельных значений давления пластического разрушения для трубы с торцевым уплотнением

В.2.2.1 Общие положения

Пластическое разрушение труб с торцевым уплотнением под действием внутреннего давления происходит при достижении давления P_{IR}

$$P_{IR} = \frac{2k_{dr}\, t_{dr}\, \sigma_u}{D - t_{dr}}, \qquad (B.1)$$

где k_{dr} — поправочный коэффициент, учитывающий деформацию труб и деформационное упрочнение металла, равный $(0,5)^{k_h+1} + (1/\sqrt{3})^{k_h+1}$;

k_h — коэффициент упрочнения для кривой истинного напряжения-деформации, полученной при испытании на одноосное растяжение (см. В.2.3.3);

t_{dr} — толщина стенки, рассчитываемая по формуле

$$t_{dr} = t_{min} - k_a\, a; \qquad (B.2)$$

t_{min} — минимальная толщина стенки без учета несовершенств типа трещин, мм;

k_a — коэффициент прочности при разрушении, полученный по результатам испытаний и равный 1,0 — для труб из стали L80 тип 13Cr после закалки и отпуска (с мартенситной структурой) и 2,0 — для труб после прокатки и нормализации; при отсутствии результатов испытаний принимается равным 2,0. Значение коэффициента для конкретного металла труб может быть установлено при проведении испытания;

a — в формуле предельных значений — наибольшая фактическая глубина несовершенства типа трещины; в формуле проектных предельных значений — максимальная глубина несовершенства типа трещины, невыявленного системой контроля;

σ_u — предел прочности при растяжении представительного образца, МПа;

D — номинальный наружный диаметр трубы, мм.

Примечание — Для данной формулы используют фактические значения $t_{c\,min}$, $t_{c\,max}$, D_{min}, D_{max}, σ_y, $t_{c\,ave}$, D_{ave}.

При выбранном значении k_{dr} получают среднее значение давления разрушения P_{IR}, прогнозируемое по условиям текучести Треска и фон Мизеса для труб с торцевым уплотнением. Оно учитывает деформационное упрочнение металла и деформацию трубы вплоть до разрушения.

В.2.2.2 Предпосылки формулы предельных значений

Формула предельных значений (В.1) основана на механике равновесия труб с торцевым уплотнением, находящихся под действием внутреннего давления, с учетом деформационного упрочнения. Эта формула была выбрана из шести формул (В.28)—(В.33), результаты расчета по которым сравнивали с результатами разрушения полномасштабных образцов труб широкого ряда групп прочности и отношений D/t. Формулы и модели пластического разрушения, использованные для их оценки, приведены в В.3. По комбинации каждой из шести моделей и массива данных результаты сравнения выражались в форме среднего значения, среднеквадратичного отклонения и коэффициента вариации отношения фактического и расчетного давлений испытания. Формула (В.1) дала наибольшую общую точность для разных массивов данных, среднее значение 1,004 и коэффициент вариации 4,7 %.

Среди результатов испытаний, использованных для корректировки формулы разрушения, не было естественных несовершенств острой формы, насколько они могли быть выявлены. Это вполне понятно, если учитывать частоту появления таких несовершенств в трубах, подвергаемых контролю. Также в формуле предельных значений сначала не учитывалось наличие несовершенств. Однако в дальнейшем формула предельных значений была обобщена, в ней было учтено действие наружного давления и осевого сжатия или растяжения, отличающееся от условий для труб с торцевым уплотнением, а также наличие несовершенств острой формы, невыявленных системой контроля. Описание роли несовершенств в формуле давления пластического разрушения приведено в В.4.

Формула предельных значений (В.1) учитывает поправку на глубину наибольшего фактического несовершенства труб. Кроме того, существует вероятность изготовления труб с несовершенствами и минимальной толщиной стенки. Если формулу предельных значений используют в расчете давления разрушения при детерминистическом подходе, то при этом предполагается 100%-ное наличие несовершенства острой формы глубиной, равной уровню приемки.

Если формулу предельных значений (В.1) используют для расчета давления разрушения при вероятностном подходе, то расчет должен учитывать частоту появления несовершенства острой формы и распределение значений толщины стенки. Анализ по В.4 показал, что редко встречающееся несовершенство глубиной, равной уровню приемки, оказывает более значительное влияние на давление разрушения, чем часто встречающееся несовершенство меньшей глубины. По этой причине применение вероятностного подхода для расчета разрушения предпочтительно при наличии редко встречающихся несовершенств глубиной, равной уровню приемки.

Таким образом, формула предельных значений (В.1) должна всегда включать поправку на глубину несовершенств, а формула предельных значений при вероятностном подходе должна учитывать частоту, с которой могут возникать несовершенства острой формы. При детерминистическом подходе в расчете давления разрушения частоту появления несовершенств глубиной, равной уровню приемки, принимают равной 100 %. При вероятностном подходе в расчете давления разрушения частота появления несовершенств должна быть принята по результатам контроля труб, которые уже подвергались контролю данной системой контроля.

В.2.3 Допущения и ограничения

В.2.3.1 Общие положения

Формула (В.1) основана на приведенных в В.2.3.2 и В.2.3.3 допущениях.

В.2.3.2 Достаточная вязкость металла

Для того чтобы формула (В.1) была применима, вязкость металла трубы должна быть не ниже установленной в *ГОСТ Р 53366* и в дополнительном требовании SR16 *ГОСТ Р 53366*.

Хотя основной вывод формулы (В.1) не зависит от формы кривой напряжение-деформация, в окончательной формуле предполагается, что кривая истинное напряжение-деформация может быть соответствующим образом построена для более значительных деформаций, приблизительно от 2 % до деформации, возникающей при максимальной нагрузке, в виде следующей зависимости от истинного напряжения σ_c

$$\sigma_c = C\varepsilon_{ln}^{k_h}, \tag{В.3}$$

где $C = \left(\frac{2{,}718}{k_h}\right)^{k_h} \sigma_u$; (В.4)

k_h — коэффициент упрочнения для кривой истинного напряжения-деформации, полученной при испытании на одноосное растяжение (см. В.2.3.3);

σ_u — предел прочности при растяжении представительного образца, МПа;

ε_{ln} — логарифмическая деформация.

В.2.3.3 Коэффициент упрочнения для кривой истинного напряжения-деформации

На образце из материала, для которого применима зависимость истинное напряжение-деформация [формула (В.3)], при испытании на одноосное растяжение при максимальной нагрузке определяется логарифмическая деформация как k_h. Оптимальный метод определения k_h заключается в подгонке фактической кривой истинное напряжение-деформация под формулу (В.3) в интервале деформаций в процентах до деформации, возникающей при максимальной нагрузке. Можно также приблизительно определить k_h как фактическую логарифмическую деформацию, соответствующую максимальной нагрузке при испытании на растяжение, хотя это и менее точный метод. Если известен коэффициент деформации ε_{eng} при максимальной нагрузке, то логарифмическая деформация ε_{ln} составляет:

$$\varepsilon_{ln} = \ln(1 + \varepsilon_{eng}), \tag{В.5}$$

где ε_{ln} — логарифмическая деформация;

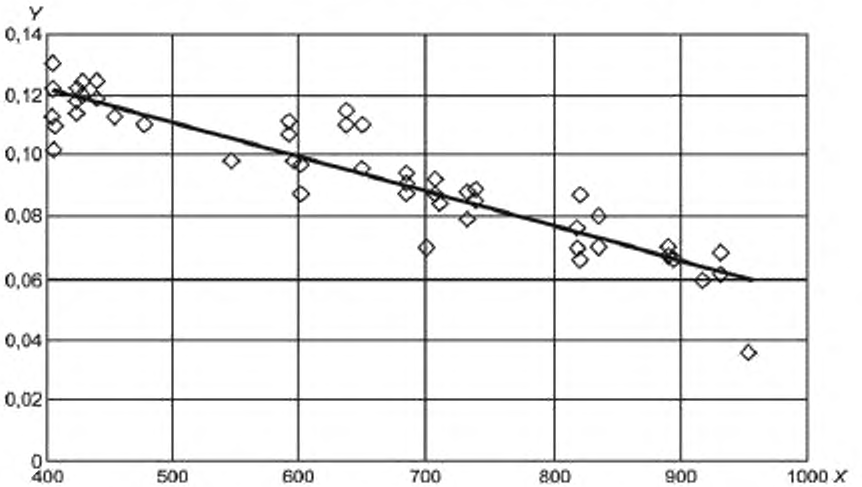
ε_{eng} — коэффициент деформации.

Относительно пологая форма кривой напряжение-деформация в зоне пластичности для большинства групп прочности труб нефтяного и газового сортамента затрудняет определение k_h этим методом. В качестве еще одной альтернативы при отсутствии информации о зависимости истинное напряжение-деформация рекомендуется использовать значения k_h, приведенные в таблице В.2.

Таблица В.2 — Рекомендуемые коэффициенты упрочнения для формулы проектного давления пластического разрушения

Группа прочности	k_h
H40	0,14
J55	0,12
K55	0,12
M65	0,12
K72	***0,11***
N80	0,10
L80 тип 1	0,10
L80 тип 9Cr, L80 тип 13Cr	0,10
C90	0,10
R95	0,09
T95	0,09
P110	0,08
Q125	0,07
Q135	***0,06***

Если группа прочности материала неизвестна, но материал не подвергается значительному упрочнению, то коэффициент k_h можно определить методом корреляции по рисунку В.1. Усилия, затраченные на определение k_h, должны учитывать то, что для обычных труб нефтяного и газового сортамента формула давления пластического разрушения мало чувствительна к этому коэффициенту. Однако при использовании материала со значительным упрочнением, такого как двухфазные стали, необходимо определить k_h точнее, чтобы избежать завышенных значений проектной стойкости к пластическому разрушению. Для таких материалов значения k_h могут достигать 0,30.



Примечания

1 По оси X — измеренное значение предела текучести, МПа.

2 По оси $Y - k_h$.

3 Обработка экспериментальных данных методом наименьших квадратов дает прямую $k_h = 0{,}1693 - 1{,}177 \cdot 10^{-4}\ \sigma_y$, при коэффициенте вариации 0,10, где k_h — коэффициент упрочнения для кривой истинного напряжения-деформации, полученной при испытании на одноосное растяжение; σ_y — предел текучести представительного образца при растяжении.

Рисунок В.1 — Корреляция между значениями коэффициента k_h и типичными экспериментальными данными для сталей групп прочности по таблице В.2

Коэффициент k_h оказывает сравнительно незначительное влияние на P_R, но пренебрегать им не следует. При k_h, равном 0,12, изменение k_h на 14 % приводит к изменению прогнозируемого давления разрушения на 1 %. Два материала могут обладать одинаковым пределом прочности, но если у одного материала k_h равен 0,12, то его стойкость к пластическому разрушению будет на 4 % ниже, чем у другого материала с k_h, равным 0,06. При выборе значения k_h для материала труб нефтяного и газового сортамента при отсутствии экспериментальных данных оценка k_h с использованием заданного минимального предела текучести при растяжении σ_{ymin} должна быть осторожной.

В.2.4 Учет влияния осевого растяжения и наружного давления

В.2.4.1 Общие положения

Формула (В.1) для расчета давления пластического разрушения выведена для труб с торцевым уплотнением, осевое растяжение которых вызывается только внутренним давлением, действующим на внутреннюю поверхность труб с уплотнением. Это особый случай более общей ситуации, при которой в трубе может возникнуть разрушающее максимальное внутреннее давление, при одновременном действии случайного наружного давления и случайного осевого растяжения или сжатия. Эти комбинированные нагрузки определяют, когда труба перейдет в состояние текучести и какие пластические деформации возникнут в ней к моменту разрушения. Может быть найден фундаментальный критерий разрушающей нагрузки, но это уже более сложная задача, решаемая при помощи формул фон Мизеса или Треска для поверхности текучести в зависимости от осевых, радиальных и тангенциальных напряжений.

Кроме того, пластическое разрушение под действием давления является преобладающим механизмом разрушения трубы только в том случае, когда осевое растяжение не слишком велико. При значительном осевом растяжении и незначительном внутреннем избыточном давлении осевая нагрузка (предшествующая образованию шейки и осевому разрушению трубы) будет максимальной еще до достижения максимального давления.

Далее приведены формулы разрушения под действием давления и образования шейки при комбинированных нагрузках вместе с критерием, позволяющим определить, что произойдет ранее. При этом использовано понятие «эффективное осевое растяжения», связанное с понятием «эффективное осевое напряжение», приведенным в А.1.3.2.4. Эти приближенные формулы для эффективного осевого растяжения имеют более высокую точность по сравнению с теоретической формулой (24) настоящего стандарта. ***В стандарте [3] (пункте В.6.2)*** приведено соответствие результатов расчетов экспериментальным данным при действии комбинированной нагрузки.

При отрицательных значениях эффективного осевого растяжения, т. е. при эффективном осевом сжатии, труба может быть выгнутой, как и колонна, что зависит от надежности боковых опор. Если выгнутость достаточно эффективно предотвращают, то формула для разрушения под действием комбинированной нагрузки будет применима также и при эффективном осевом сжатии. Однако при значительном осевом сжатии возможна локальная выгнутость стенки трубы, приводящая к ее разрушению. Поэтому существует значение эффективного осевого сжатия, ограничивающее применимость формулы разрушения под действием комбинированной нагрузки.

В.2.4.2 Пластическое разрушение под действием комбинированной нагрузки

При наличии наружного давления и осевого растяжения или сжатия, отличающегося от создаваемого внутренним давлением на торцевое уплотнение, общая формула проектного давления пластического разрушения имеет вид

$$P_{IRa} = P_o + \textit{минимальное из } 1/2\,(P_M + P_{ref\,T}) \textit{ или } P_M, \tag{B.6}$$

где

$$P_M = P_{refM}\left[1 - k_R\left(\frac{F_{eff}}{F_{uts}}\right)^2\right]^{1/2}, \tag{B.7}$$

при этом

$$F_a = \pi t\,(D - t)\,\sigma_a; \tag{B.8}$$

$$F_{eff} = F_a + F_o \pi t\,(D - t) - \frac{P_M\,t\,(D - t)}{t_{dr}\,(D - t_{dr})}\frac{\pi}{4}\left[D - 2t_{dr}\right)\Big]^2; \tag{B.9}$$

$$F_{uts} = \pi t\,(D - t)\,\sigma_u; \tag{B.10}$$

$$P_{uts} = \frac{2\sigma_u\,t_{dr}}{D - t_{dr}}; \tag{B.11}$$

$$P_{ref} = \frac{1}{2}\left(P_{refM} + P_{ref\,T}\right), \text{ (см. рисунок 1);} \tag{B.12}$$

$$P_{refM} = \left(\frac{2}{\sqrt{3}}\right)^{1+k_h} \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^{k_h} P_{uts}; \tag{B.13}$$

$$P_{ref\,T} = \left(\frac{1}{2}\right)^{k_h} P_{uts}; \tag{B.14}$$

$$k_R = \frac{4^{1-k_h} - 1}{3^{1-k_h}}; \tag{B.15}$$

$$t_{dr} = t_{min} - k_a a, \tag{B.16}$$

где P_{IRa} — P_{IR} с поправкой на осевую нагрузку и наружное давление, МПа;

P_{IR} — внутреннее давление при пластическом разрушении трубы с торцевым уплотнением, МПа;

P_o — наружное давление, МПа;

F_a — осевое усилие, Н;

t — средняя толщина стенки, мм;

k_R — расчетный коэффициент;

D — номинальный наружный диаметр трубы, мм;

σ_a — составляющая осевого напряжения, не вызванная изгибом, МПа;

F_{eff} — эффективное осевое усилие, Н, т. е. для совершенных труб — усилие, создающее осевое напряжение, дополнительное к напряжению, создаваемому внутренним и наружным давлениями в трубах с торцевым уплотнением;

σ_u — предел прочности при растяжении представительного образца, МПа;

k_h — коэффициент упрочнения для кривой истинного напряжения-деформации, полученной при испытании на одноосное растяжение (см. В.2.3.3);

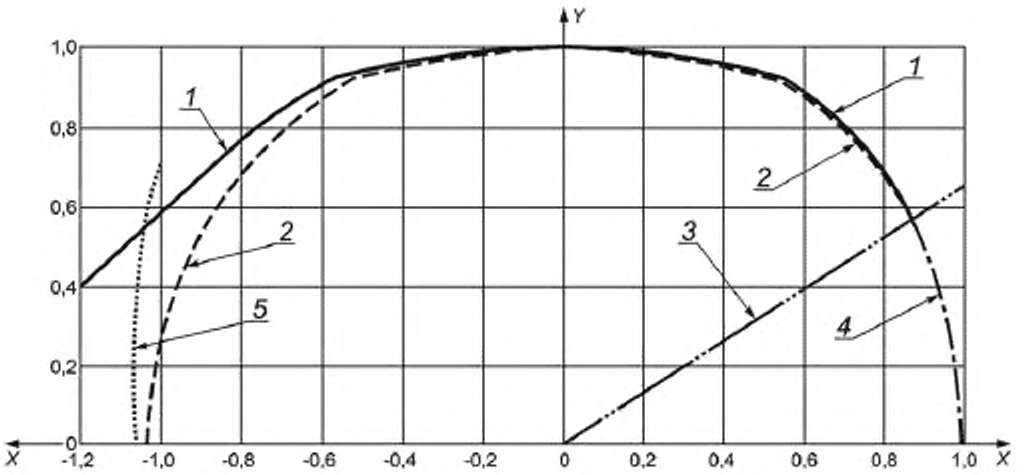
t_{min} — минимальная толщина стенки без учета несовершенств типа трещин, мм;

k_a — коэффициент прочности при разрушении, полученный по результатам испытаний и равный 1,0 — для труб из стали L80 тип 13Cr после закалки и отпуска (с мартенситной структурой) и 2,0 — для труб после прокатки и нормализации; при отсутствии результатов испытаний принимается равным 2,0. Значение коэффициента для конкретного металла труб может быть установлено при проведении испытания;

a — в формуле предельных значений — наибольшая фактическая глубина несовершенства типа трещины; в формуле проектных предельных значений — максимальная глубина несовершенства типа трещины, невыявленного системой контроля.

Примечание — Для данной формулы используют фактические значения t_{min}.

На рисунке В.2 приведено графическое изображение формулы (В.6) совместно с фактической кривой разрушения.



1 — разрушение (фактическое); *2* — разрушение [формула (В.6)]; *3* — переходная прямая; *4* — образование шейки [формула (В.18)]; *5* — локальная выпуклость

Примечания

1 По оси X — F_{eff}/F_{uts} при эффективном осевом растяжении.

2 По оси Y — $(P_i - P_o)/P_{ref}$ при перепаде давлений.

Рисунок В.2 — Иллюстрация влияния эффективного осевого растяжения и наружного давления на пластическое разрушение трубы

Для труб с торцевым уплотнением эффективное осевое усилие равно нулю и формула (В.6) сводится к формуле (В.1).

Формула разрушения справедлива, т. е. разрушение под действием давления произойдет до образования шейки, если:

$$\frac{F_{eff}}{F_{uts}} \le \left(\frac{2\sqrt{3}}{2}\right)^{1-k_h}. \qquad (В.17)$$

В.2.4.3 Образование шейки под действием комбинированной нагрузки

При наличии внутреннего и наружного давлений общая формула усилия образования шейки имеет вид

$$F_{eff} = F_{uts}\left[1 - k_N\left(\frac{P_i - P_o}{P_{refM}}\right)^2\right]^{1/2}, \quad (B.18)$$

где

$$F_a = \pi t\,(D - t)\,\sigma_a; \quad (B.19)$$

$$F_{eff} = F_a + P_o \pi t\,(D - t) - \frac{P_M\,t\,(D - t)}{t_{dr}\,(D - t_{dr})}\,\frac{\pi}{4}\left[D - 2t_{dr}\right)]^2; \quad (B.20)$$

$$F_{uts} = \pi t\,(D - t)\,\sigma_u; \quad (B.21)$$

$$P_{uts} = \frac{2\sigma_u\,t_{dr}}{D - t_{dr}}; \quad (B.22)$$

$$P_{refM} = \left(\frac{2}{\sqrt{3}}\right)^{1+k_h} \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^{k_h} P_{uts}; \quad (B.23)$$

$$k_N = 4^{1-k_h} - 3^{1-k_h}, \quad (B.24)$$

при этом F_{eff} — эффективное осевое усилие, Н, т. е. для совершенных труб — усилие, создающее осевое напряжение, дополнительное к напряжению, создаваемому внутренним и наружным давлениями в трубах с торцевым уплотнением;

P_i — внутреннее давление, МПа;

P_o — наружное давление, МПа;

F_a — осевое усилие, Н;

t — номинальная толщина стенки трубы, мм;

D — номинальный наружный диаметр трубы, мм;

σ_a — составляющая осевого напряжения, не вызванная изгибом, МПа;

σ_u — предел прочности при растяжении представительного образца, МПа;

k_h — коэффициент упрочнения для кривой истинного напряжения-деформации, полученной при испытании на одноосное растяжение (см. В.2.3.3).

При нулевом давлении эффективное осевое усилие равно истинному осевому усилию, и формула (В.18) для максимального осевого усилия сводится к пределу прочности.

Формула усилия образования шейки справедлива, т. е. образование шейки под действием давления происходит до разрушения, если:

$$\frac{P_i - P_o}{P_{refM}} \le \left(\frac{1}{2}\right)^{1-k_h}. \quad (B.25)$$

В.2.4.4 Граница между разрушением под действием давления и образованием шейки

Сравнивая формулы (В.6) и (В.18), можно отметить, что образование шейки происходит до разрушения под действием давления, если:

$$\frac{F_{eff}}{F_{uts}} \ge \frac{3}{2}\,\frac{P_i - P_o}{P_{uts}}. \quad (B.26)$$

Этот критерий, показанный на рисунке В.2 ***(позиция 3)***, определяет границу между образованием шейки и разрушением трубы под действием давления.

В.2.4.5 Асимметричная локальная выпуклость под действием комбинированных нагрузок

Как показано на рисунке В.2, в интервале осевого сжатия, т. е. при отрицательных значениях эффективного осевого усилия, формула (В.6) дает завышенное значение по сравнению с фактическим давлением пластического разрушения и предельным давлением, при котором происходит локальная деформация стенки трубы.

С целью сближения кривых, построенных по фактическому разрушению и по формуле (В.6), может быть разработана формула типа (В.7) с другим коэффициентом упрочнения k_R [*формула (В.15)*], однако вывод такой отдельной формулы не имеет большого практического значения.

В.2.5 Формулы проектного давления пластического разрушения и образования шейки

Условия максимальной стойкости к пластическому разрушению и образованию шейки можно получить, заменив в формулах предельных значений (В.1), (В.9)—(В.11) и (В.20)—(В.22) толщину стенки t_{dr} на $(k_{wall}t - k_a a_N)$ и σ_u на σ_{umn}

$$P_{IR} = \frac{2k_{dr}\sigma_{umn}(k_{wall}t - k_a a_N)}{D - (k_{wall}t - k_a a_N)}, \qquad (B.27)$$

где P_{IR} — внутреннее давление при пластическом разрушении трубы с торцевым уплотнением, МПа;

k_{dr} — поправочный коэффициент, учитывающий деформацию трубы и деформационное упрочнение металла;

σ_{umn} — заданный минимальный предел прочности при растяжении, МПа;

k_{wall} — коэффициент, учитывающий установленное предельное отклонение толщины стенки трубы, равный 0,875 для предельного отклонения минус 12,5 %;

t — номинальная толщина стенки трубы, мм;

k_a — коэффициент прочности при разрушении, полученный по результатам испытаний и равный 1,0 — для труб из стали L80 тип 13Cr после закалки и отпуска (с мартенситной структурой) и 2,0 — для труб после прокатки и нормализации; при отсутствии результатов испытаний принимается равным 2,0. Значение коэффициента для конкретного металла труб может быть установлено при проведении испытания;

a_N — глубина несовершенства, сопоставимая с конкретным уровнем приемки, т. е. наибольшая глубина несовершенства типа трещины, которая может быть принята системой контроля как допустимое несовершенство, мм. Так, при контроле труб толщиной стенки 12,7 мм с уровнем приемки 5 % a_N равна 0,635 мм;

D — номинальный наружный диаметр трубы, мм.

Коэффициент k_{wall} учитывает установленное предельное отклонение толщины стенки трубы без учета несовершенств. Его значение может быть откорректировано, если другая минимальная толщина стенки обеспечивается технологическим процессом или требованиями поставки.

Несовершенства типа трещин учитываются коэффициентом a_N. Произведение $k_a a_N$ представляет собой дополнительное уменьшение минимальной толщины стенки, связанное с наличием несовершенств типа трещин, невыявленных системой контроля, и расположение которых совпадает с минимальной толщиной стенки. Такое наложение минимальной толщины стенки и несовершенства типа трещины зависит от частоты появления минимальной стенки и несовершенств острой формы и глубиной, сопоставимой с уровнем приемки.

При детерминистическом подходе необходимо проводить расчет давления пластического разрушения с запасом, при этом частоту появления несовершенств принимают равной 100 % и глубину несовершенств считают равной уровню приемки.

При вероятностном подходе в расчете давления разрушения глубину несовершенства также принимают равной уровню приемки, но учитывают фактическую частоту появления минимальной стенки и несовершенств острой формы и глубиной, сопоставимой с уровнем приемки.

В.3 Выбор модели пластического разрушения

Для выбора модели пластического разрушения был проведен анализ шести моделей расчета. При отсутствии несовершенств острой формы такими моделями являются:

- *специальная формула Барлоу:* $P_{IR} = \frac{2\sigma_u t}{D}$; *(В.28)*

- *специальная формула фон Мизеса:* $P_{IR} = \frac{\sigma_u (D^2 - d^2)}{\sqrt{3}D^2}$; *(В.29)*

- *формула Клеврера-Стюарта (см. [21], [22]):* $P_{IR} = \frac{2k_{dr}\sigma_u t_{min}}{D - t_{min}}$, *(В.30)*

- *специальная формула Пэйсли (см. [24]):* $P_{IR} = \frac{2\sigma_u t_{min}}{D - t_{min}}$; *(В.31)*

- *специальная формула Мора:* $P_{IR} = \frac{\sigma_u (D^2 - d^2)}{D^2 + d^2}$; *(В.32)*

- *формула Надаи:* $P_{IR} = 2\sigma_u \ln\left[\frac{D}{D - 2t}\right]/\sqrt{3}$, *(В.33)*

где P_{IR} — внутреннее давление при пластическом разрушении трубы с торцевым уплотнением, МПа;

σ_u — предел прочности при растяжении представительного образца, МПа;

t — *номинальная толщина стенки трубы, мм;*

D — *номинальный наружный диаметр трубы, мм;*

k_{dr} — *поправочный коэффициент, учитывающий деформацию трубы и деформационное упрочнение металла, равный* $(0{,}5)^{k_h+1} + (1/\sqrt{3})^{k_h+1}$;

k_h — *коэффициент упрочнения для кривой истинного напряжения-деформации, полученной при испытании на одноосное растяжение (см. В.2.3.3);*

t_{min} — *минимальная толщина стенки без учета несовершенств типа трещин, мм;*

d — *внутренний диаметр трубы, равный (D – 2t), мм.*

Примечание — Для данной формулы используют фактические значения t_{min}.

По модели Клевера-Стюарта при выбранном значении k_{dr} получают среднее значение давления разрушения P_{IR}, прогнозируемое по условиям текучести Треска и фон Мизеса для труб с торцевым уплотнением. Оно учитывает деформационное упрочнение металла и деформацию трубы вплоть до разрушения.

Модели выбраны из многих альтернативных моделей разрушения, описанных в литературе, они отличаются достаточным разнообразием, чтобы обеспечить точный окончательный выбор. В названиях моделей указана фамилия либо автора, либо сторонника их рассмотрения. Термин «специальное» для первых двух моделей означает, что они представляют собой обобщение формул текучести Барлоу и фон Мизеса, в которых предел текучести заменен пределом прочности и не имеет фундаментального обоснования. Такими же являются четвертая и пятая модели. Зато третья и шестая модели (Клевера-Стюарта и Надаи) могут быть выведены на основе фундаментальных физических принципов, а именно, исходя из различных степеней приближения к формулам равновесного состояния, и зависят от предела прочности трубы. Можно показать, что формула Пэйсли является особым случаем модели Клевера-Стюарта.

Формулы моделей учитывают только внутреннее давление без наружного давления. Все формулы применимы к трубам с торцевым уплотнением, поэтому включают осевое растяжение, действующее на торцевое уплотнение трубы, равное внутреннему давлению, умноженному на площадь поперечного сечения трубы.

Результаты расчета по приведенным моделям сравнивали с результатами испытаний на разрушение обсадных и насосно-компрессорных труб полного размера с торцевым уплотнением. По результатам сравнения была выбрана формула давления пластического разрушения, которую расширили с целью учета наружного давления и осевой нагрузки, отличающейся от нагрузки на торцевое уплотнение от внутреннего давления, а также с целью учета влияния несовершенств острой формы (пластическое разрушение).

Подробнее о выборе значения k_h в модели Клевера-Стюарта, массивах данных о разрушении труб, использованных для оценки моделей разрушения и их сравнения, — в стандарте [3], пункты В.3—В.6.

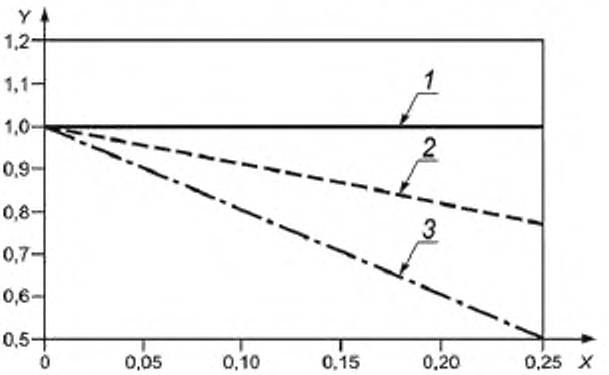
В.4 Роль несовершенств в формуле давления пластического разрушения

Формулу проектного давления пластического разрушения рекомендуется использовать только для труб с незначительным эксцентриситетом и с учетом несовершенств глубиной, равной уровню приемки. Формулу не следует использовать без учета несовершенств. При детерминистическом подходе в формуле разрушения эксцентриситет трубы толщиной стенки менее номинальной определяют по минимальной допустимой толщине стенки. При вероятностном подходе в формуле разрушения эксцентриситет трубы толщиной стенки менее номинальной определяют по среднему значению и стандартному отклонению минимальной толщины стенки по длине трубы.

При детерминистическом подходе в формуле разрушения несовершенства острой формы учитывают по максимальной глубине несовершенств, невыявленных системой контроля, т. е. учитывают несовершенства глубиной, равной уровню приемки. Предполагается, что в каждой трубе имеется одно несовершенство такой глубины. При таком подходе принимают во внимание наихудший случай появления несовершенств.

При вероятностном подходе в формуле разрушения глубину несовершенств острой формы также принимают равной уровню приемки, но частоту появления таких несовершенств определяют на основе статистических наблюдений. При таком подходе наличие несовершенств учитывают в виде среднего значения и стандартного отклонения частоты появления несовершенств острой формы в контролируемой трубе. Типичная частота появления несовершенств всех видов при повторном контроле составляет от 2 % до 5 %. Но частота появления несовершенств острой формы может быть намного меньше, например, от 0,5 % до 0,05 %. Такая частота появления может оказывать значительное влияние на вероятность разрушения трубы при определенном давлении.

На рисунке В.3 представлена общая зависимость прочности труб от характера несовершенства.



1 — труба без трещины; 2 — труба с трещиной, высокая прочность, 3 — труба с трещиной, низкая прочность

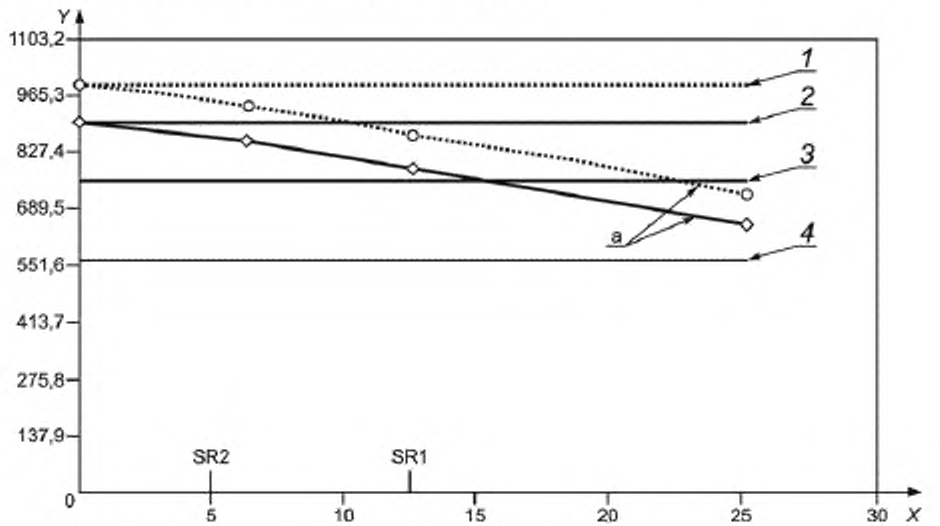
Примечания

1 По оси X — глубина трещины, a/t.

2 По оси Y — P_{crit} / P_{ref}.

Рисунок В.3 — Снижение давления разрушения при наличии трещины на участке с минимальной толщиной стенки

На рисунке В.4 представлен пример такой зависимости для обсадных труб группы прочности Р110 наружным диаметром 244,48 мм и толщиной стенки 13,84 мм.



[a] *Влияние несовершенства типа трещины на трубы с высокой вязкостью.*

1 — средняя стойкость к разрушению трубы без несовершенства, 2 — минимальная стойкость к разрушению трубы без несовершенства, 3 — оценка по минимальной текучести, 4 — оценка текучести ***[формула (10)]****, деленная на коэффициент запаса*

Примечания

1 По оси X — глубина трещины в процентах от толщины стенки.

2 По оси Y — внутреннее давление, МПа.

3 Дополнительные требования SR1 и SR2 по ГОСТ Р 53366, приложение А.

Рисунок В.4 — Влияние несовершенства на прочность обсадных труб группы прочности Р110 наружным диаметром 244,48 мм и толщиной стенки 13,84 мм

При детерминистическом подходе в расчете давления разрушения следует учитывать поправку на несовершенства острой формы, расположение которых совпадает с минимальной толщиной стенки. В этом случае определяют минимальное давление разрушения для труб, изготовленных в соответствии с требованиями заказа. Для учета вероятности такого совпадения необходимо применять формулу, используемую при вероятностном подходе.

В.5 Расчет стойкости к пластическому разрушению при вероятностном подходе

В.5.1 Общие положения

Фактическое давление пластического разрушения конкретной трубы является неопределенным показателем из-за влияния многих случайных факторов. При детерминистическом подходе в расчете давления разрушения предполагается, что все такие факторы известны с абсолютной точностью и расчетные формулы также точны. Расчет ведется с таким предположением, что если давление превысит расчетную прочность трубы, то она разрушится. В этом случае определенному массиву исходных показателей качества соответствует единственное детерминистически прогнозируемое давление. Для того чтобы прогноз был достаточно надежным и с определенным запасом, в расчете используют наихудший вариант набора исходных показателей качества труб в соответствии с требованиями заказа, что отличается от действительности. Фактическое давление пластического разрушения может быть выше или ниже прогнозируемого. При проектировании для расчета допустимого давления используют набор наихудших исходных показателей качества.

В отличие от детерминистического подхода, вероятностная оценка прочности принимает во внимание неопределенность исходных показателей качества и приводит к зависимости между приложенным давлением и вероятностью разрушения трубы. При этом получают вероятное давление пластического разрушения, а не давление пластического разрушения при наихудшей возможной ситуации.

Использование вероятностной оценки стойкости к пластическому разрушению труб позволяет снизить стоимость проекта, если потери от отказов невелики и приемлема повышенная вероятность отказа. Вместе с тем оно позволяет обеспечить высокую надежность проекта, когда потери и прочие последствия отказа недопустимо велики. Цель вероятностного подхода к пластическому разрушению позволяет оценить вероятность отказа как при детерминистических, так и при случайных нагрузках.

Далее кратко описаны этапы оценки стойкости к пластическому разрушению при простом вероятностном подходе:

a) определение вида отказа, в данном случае — пластическое разрушение;

b) определение характеристики отказа и математическое выражение этой характеристики в виде функции предельных значений $g(\overline{x})$, по причине которой отказ имеет место, если $g(\overline{x})<0$;

c) создание моделей неопределенности переменных для $\overline{x}$ при предельных значениях и возможное обоснование этих моделей на статистическом анализе исходных показателей качества;

d) оценка вероятности отказа в виде вероятности того, что $g(\overline{x})<0$. Она может быть осуществлена при моделировании по методу Монте-Карло или по методам надежности первого и второго порядка (FORM/SORM). Далее показано применение метода FORM.

В случае пластического разрушения трубы предельными значениями должны считаться значения, определенные с помощью функции предельных значений $g(\overline{x}) = R(\overline{x}) - P_a(\overline{x})$, где $R(\overline{x})$ — формула, используемая для расчета давления разрушения по размерам и уровню прочности труб, а $P_a(\overline{x})$ — действующее давление. Функция предельных значений $g(\overline{x})$ зависит от вектора, состоящего из всех существенных случайных переменных, влияющих на отказ. Эти случайные переменные могут включать свойства металла (например, пределы текучести и прочности), геометрические параметры (например, толщина стенки), нагрузки (например, максимальное давление, которое будет действовать в течение срока эксплуатации труб) или неопределенность идеализации модели. Предельные значения делят пространство всех возможных вариантов на две части: безопасная часть, в которой не произойдет отказ, и часть, в которой произойдет отказ.

Исходные показатели качества предельных значений $\overline{x}$ моделируются как случайные переменные. В том случае, когда все исходные показатели качества взаимно независимы, каждому исходному показателю качества присваивается соответствующая функция распределения вероятности. Эти функции распределения вероятности должны быть основаны на статистическом анализе результатов измерения исходных показателей качества. Исходные показатели качества, используемые для моделирования неопределенностей идеализации, должны быть по возможности определены по результатам измерения фактических или по прогнозируемым нагрузкам или прочности.

При известном предельном значении и вероятностном подходе каждого из исходных показателей качества вероятность отказа P_f составляет

$$P_f = \int_{g(\overline{x})<0} f(\overline{x})\,d\overline{x}, \qquad \text{(В.34)}$$

где $f(\overline{x})$ — функция плотности суммарной вероятности переменных вектора $\overline{x}$;

$g(\overline{x})$ — функция предельных значений;

$\overline{x}$ — вектор случайных переменных.

Обычно невозможно найти полное решение интеграла вероятности, обеспечивающее определение вероятности пластического разрушения при конкретном давлении. На практике для оценки вероятности отказа используют иные методы, а не прямое интегрирование. Наиболее обычным является моделирование методом Монте-Карло, который, однако, не рекомендуется для редких событий (вероятность появления — менее 0,001), таких как пластическое разрушение трубы, из-за значительного объема расчетов, необходимых для оценки малой вероятности отказа. При незначительных вероятностях используют другие методы, такие как FORM/SORM. Метод центрального момента Гаусса, о котором речь идет далее, является одним из методов оценки вероятности отказа. Этот метод не особенно точен, но может быть использован для приблизительной оценки вероятности отказа и для изучения чувствительности данного проекта к разным исходным показателям качества. Кроме того, в отличие от методов FORM/SORM или метода моделирования, метод центрального момента Гаусса зависит только от среднего значения и стандартного отклонения различных исходных переменных, вследствие чего он может быть легко применим.

Определение вероятного давления разрушения основано на детерминистическом подходе к определению давления P_{IR}, учитывающему влияние несовершенств острой формы,

$$P_{IR} = \frac{2k_{dr}\,\sigma_u\,(t_{min} - k_a\,a_N)}{D - (t_{min} - k_a\,a_N)}, \qquad (B.35)$$

где P_{IR} — внутреннее давление при пластическом разрушении трубы с торцевым уплотнением, МПа;

k_{dr} — поправочный коэффициент, учитывающий деформацию трубы и деформационное упрочнение металла, равный $(0{,}5)^{k_h+1} + (1/\sqrt{3})^{k_h+1}$;

k_h — коэффициент упрочнения для кривой истинного напряжения-деформации, полученной при испытании на одноосное растяжение (см. В.2.3.3);

σ_u — предел прочности при растяжении представительного образца, МПа;

t_{min} — минимальная толщина стенки без учета несовершенств типа трещин, мм;

k_a — коэффициент прочности при разрушении, полученный по результатам испытаний и равный 1,0 — для труб из стали L80 тип 13Cr после закалки и отпуска (с мартенситной структурой) и 2,0 — для труб после прокатки и нормализации; при отсутствии результатов испытаний принимается равным 2,0. Значение коэффициента для конкретного металла труб может быть установлено при проведении испытания;

a_N — глубина несовершенства, сопоставимая с конкретным уровнем приемки, т. е. наибольшая глубина несовершенства типа трещины, которая может быть принята системой контроля труб как допустимое несовершенство, мм. Так, при контроле труб толщиной стенки 12,7 мм с уровнем приемки 5 % a_N равна 0,635 мм;

D — номинальный наружный диаметр трубы, мм.

Примечание — Для данной формулы используют фактические значения t_{min}.

Давление разрушения P_{IR} вместе с действующим внутренним давлением P_i образуют функцию предельных значений

$$g = C_{IR}\,P_{IR}\,(\sigma_u,\,k_h,\,t,\,D) - P_i, \qquad (B.36)$$

где C_{IR} — случайная переменная, характеризующая неопределенность модели;

P_{IR} — внутреннее давление при пластическом разрушении трубы с торцевым уплотнением, МПа;

σ_u — предел прочности при растяжении представительного образца, МПа;

k_h — коэффициент упрочнения для кривой истинного напряжения-деформации, полученной при испытании на одноосное растяжение (см. В.2.3.3);

t — номинальная толщина стенки трубы, мм;

D — номинальный наружный диаметр трубы, мм;

P_i — внутреннее давление, МПа.

Эта функция меньше нуля, если действующее внутреннее давление P_i превышает стойкость к пластическому разрушению $C_{IR}\,P_{IR}\,(\sigma_u,\,k_h,\,t,\,D)$.

Используя эти предельные значения, вероятность пластического разрушения можно оценить, используя полные решения по модели средних значений FORM:

$$\overline{g} = P_i - \overline{C}_{IR}\,\overline{P}_{IR}\,(\overline{\sigma}_u,\,\overline{k}_h,\,\overline{t},\,\overline{D}); \qquad (B.37)$$

$$s_g^2 = s_P^2\left(\frac{dg}{dP_i}\right)^2_{\overline{x}=\overline{x}} + s_u^2\left(\frac{dg}{d\sigma_u}\right)^2_{\overline{x}=\overline{x}} + \ldots + s_D^2\left(\frac{dg}{dD}\right)^2_{\overline{x}=\overline{x}}, \qquad (B.38)$$

$$\beta = \frac{\overline{g}}{s_g}; \tag{В.39}$$

$$P_{crude} = \Phi(-\beta), \tag{В.40}$$

где переменные с чертой сверху представляют собой средние значения;

s_x^2 — среднеквадратичные отклонения случайных переменных; производные dg/dx оценивают при средних значениях σ_u, k_h, t, ... и т. д.;

β — показатель надежности первого порядка;

$\Phi(-\beta)$ — кумулятивная функция вероятности случайной переменной в условных единицах (среднее значение равно 0, а стандартное отклонение равно 1), оцениваемая при $-\beta$.

Эта приблизительная вероятность определена для одной трубы, имеющей значительное несовершенство. Формула давления пластического разрушения учитывает влияние несовершенства глубиной, равной уровню приемки a_N. Это наибольшее несовершенство, которое может быть выявлено на контролируемой трубе, в зависимости от качества контроля. Возможны и более значительные несовершенства, которые могут быть не выявлены системой контроля. Однако в целом не каждая труба имеет несовершенства такой глубины, которая предполагается в формуле давления пластического разрушения. Используя это положение, важно учитывать влияние частоты появления несовершенств. Так, при высоком качестве контроля партии труб следует ожидать низкую частоту появления несовершенств. При этом почти все трубы с несовершенствами глубиной, превышающей уровень приемки, будут забракованы, и только часть труб будет иметь значительные несовершенства.

В.5.2 Подход к случайным переменным в формуле вероятного давления пластического разрушения

При вероятностном подходе к определению давления разрушения существуют четыре переменные, которые рассматриваются как случайные, потому что их средние значения и стандартные отклонения (или коэффициенты вариации) оказывают влияние на вероятность разрушения при конкретном давлении, а именно:

- предел прочности трубы;
- наружный диаметр трубы;
- допустимая (без несовершенств) минимальная толщина стенки трубы;
- частота, с которой несовершенства острой формы выявляются при первичном контроле труб.

Существуют также три переменные, которые рассматриваются как детерминистические при вероятностном подходе:

- коэффициент упрочнения k_h для кривой истинного напряжения-деформации;
- вязкость металла;
- максимальная глубина несовершенства, равная уровню приемки a_N.

Для формулы давления разрушения при вероятностном подходе большое значение имеет правильный выбор частоты появления несовершенств острой формы. Во-первых, эта частота должна соответствовать количеству труб, забракованных по несовершенствам острой формы, а не по всем несовершенствам, включая округлые. Во-вторых, эта частота может зависеть от оборудования и методов, используемых для первичного и повторного контроля:

- если трубы сначала контролируют по SR2 *ГОСТ Р 53366* (на несовершенства глубиной свыше 5 %) и затем повторно контролируют по SR1 *ГОСТ Р 53366* (на несовершенства глубиной свыше 12,5 %), то глубина несовершенства принимается по уровню приемки по SR1, а частота в этом случае принимается меньшей, чем в том случае, когда повторный контроль проводится по SR2;

- если же повторный контроль проводят также по SR2, то среднее значение и стандартное отклонение частоты появления несовершенств должно быть основано на частоте, наблюдаемой при повторном контроле, а глубина несовершенств, используемая в формулах давления разрушения при вероятностном подходе, принимается равной уровню приемки при повторном контроле по SR2;

- если меняется вид контрольного оборудования, используемого при первичном или повторном контроле, то это обычно приводит к изменению среднего значения и стандартного отклонения частоты появления несовершенств при расчетах вероятного давления разрушения.

При вероятностном подходе для расчета давления пластического разрушения частота появления несовершенств является важным параметром. При детерминистическом подходе в расчете давления пластического разрушения частота появления несовершенств принимается равной 100 %, а поправка (снижение показателей) на учет несовершенств весьма значительна и повышает запас прочности. При вероятностном подходе снижение показателей от наличия несовершенств происходит значительно реже.

В.5.3 Вероятностный подход к глубине и частоте появлении несовершенств

Система контроля не выявляет несовершенства, глубина которых не превышает заданное значение уровня приемки. Уровень приемки обычно настраивается несколько ниже того уровня, который соответствует предельной глубине несовершенств, что зависит от настройки и скорости контроля конкретной аппаратуры. Даже при идеальном выявлении несовершенств необходимо помнить, что система контроля не будет выявлять несовершенства, глубина которых не превышает уровень приемки.

Существуют две потенциальные крайние возможности того, что несовершенства глубиной менее уровня приемки окажут влияние на стойкость трубы к разрушению. Первая из них (редко встречающаяся) заключается в том, что значительные несовершенства глубиной, равной настроечному уровню приемки, будут оказывать максимальное отрицательное влияние на стойкость к разрушению. С другой стороны, часто встречающиеся незначительные несовершенства глубиной, менее уровня приемки, будут оказывать влияние на стойкость к разрушению не столько из-за своей глубины, сколько из-за своей многочисленности.

Далее приводится сравнение возможного влияния глубины несовершенств и частоты их появления. Установлено, что редкие значительные несовершенства глубиной, равной уровню приемки, оказывают большее влияние, чем чаще встречающиеся незначительные несовершенства. На этом основании при вероятностном подходе в формуле давления пластического разрушения стойкость трубы к разрушению определяется по вероятной толщине стенки с поправкой на вероятное несовершенство глубиной, равной уровню приемки (для запаса), и частотой, равной частоте выявления несовершенств типа трещин или закатов при повторном контроле.

Возникает вопрос, какое влияние оказывает вид частотного распределения несовершенств глубиной менее уровня приемки на вероятность отказа трубы. В качестве первого этапа решения этого вопроса исследовали распределение несовершенств максимальной глубины для того, чтобы установить, как вид распределения несовершенств глубиной менее уровня приемки влияет на максимальную ожидаемую глубину несовершенства в колонне труб.

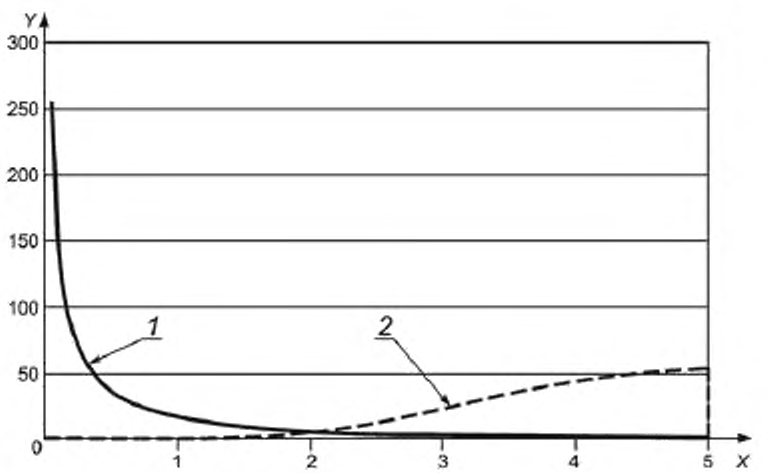
При этом были приняты следующие допущения:

- после проведения контроля распределение несовершенств было отсечено по уровню приемки, в данном случае равном 5 %;

- частота выявления несовершенств глубиной более 5 % номинальной толщины стенки составляет 3 %, т. е. существует 3 %-ная вероятность того, что глубина самого глубокого несовершенства на непроконтролированной обсадной трубе составляет больше 5 % номинальной толщины стенки;

- несовершенства подчиняются распределению Вейбулла. Такое распределение принято для упрощения, поскольку его форма может быть легко изменена при помощи параметра наклона распределения.

Далее на рисунках приведено сравнение вида распределения несовершенств с распределением самых глубоких несовершенств для 50 труб. На этих рисунках вид распределения несовершенств по глубине на произвольной трубе характеризуется параметром распределения Вейбулла *b*. Распределение отсечено по глубине несовершенства 5 %. По мере увеличения параметра *b* с 0,5 до 4 коэффициент вариации распределения снижается с 224 % до 28 %. Функции плотности вероятности для этих распределений показаны на рисунках В.5—В.12 сплошными линиями.



1 — одна труба, *2* — максимум 50 труб

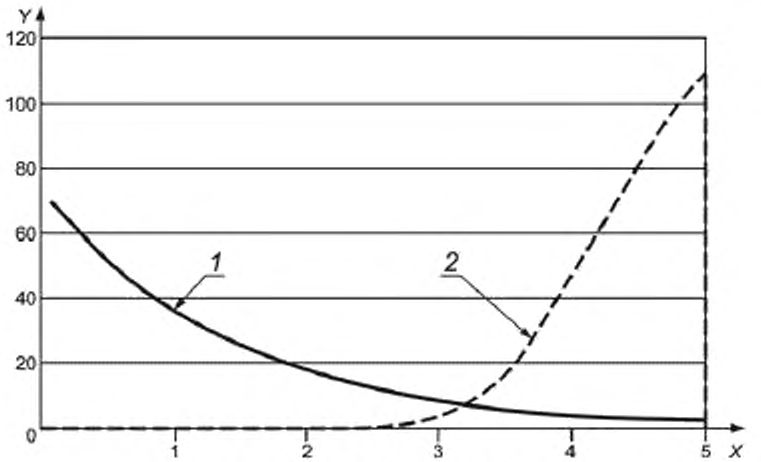
Примечания

1 По оси *X* — глубина несовершенства в процентах номинальной толщины стенки.

2 По оси *Y* — функция плотности распределения вероятности.

3 Параметр распределения Вейбулла *b* — 0,5, среднее значение — 0,81 %, стандартное отклонение — 1,82 %.

Рисунок В.5 — Смещение распределения в сторону несовершенств незначительной глубины при очень высоком коэффициенте вариации



1 — одна труба; 2 — максимум 50 труб

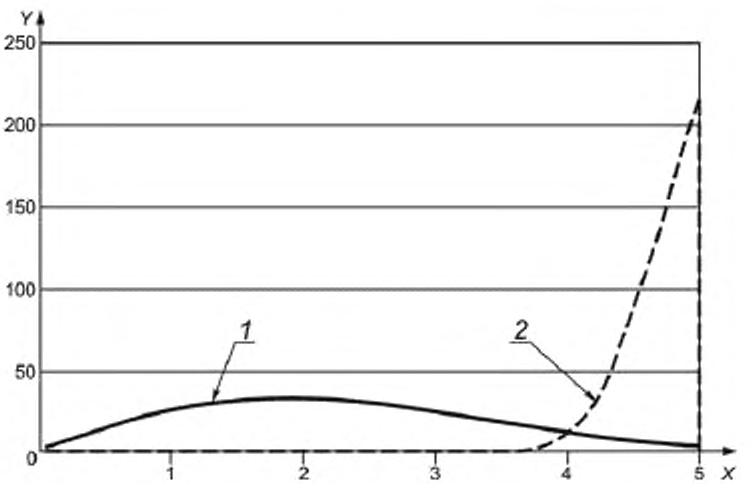
Примечания

1 По оси *X* — глубина несовершенства в процентах номинальной толщины стенки.

2 По оси *Y* — функция плотности распределения вероятности.

3 Параметр распределения Вейбулла *b* — 1,0, среднее значение — 1,43 %, стандартное отклонение — 1,43 %.

Рисунок В.6 — Экспоненциальное распределение глубины несовершенств с высоким коэффициентом вариации



1 — одна труба; 2 — максимум 50 труб

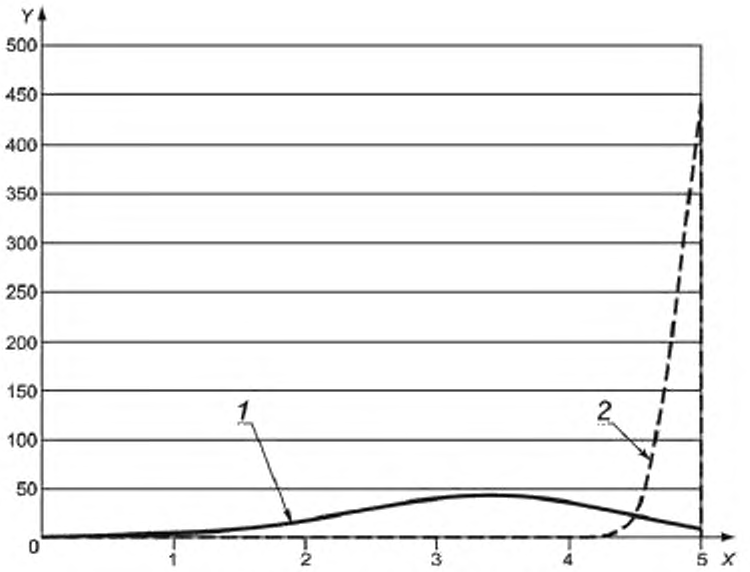
Примечания

1 По оси X — глубина несовершенства в процентах номинальной толщины стенки.

2 По оси *Y* — функция плотности распределения вероятности.

3 Параметр распределения Вейбулла *b* — 2,0, среднее значение — 2,37 %, стандартное отклонение — 1,24 %.

Рисунок В.7 — Более равномерное распределение несовершенств в интервале с коэффициентом вариации приблизительно 50 %



1 — одна труба; *2* — максимум 50 труб

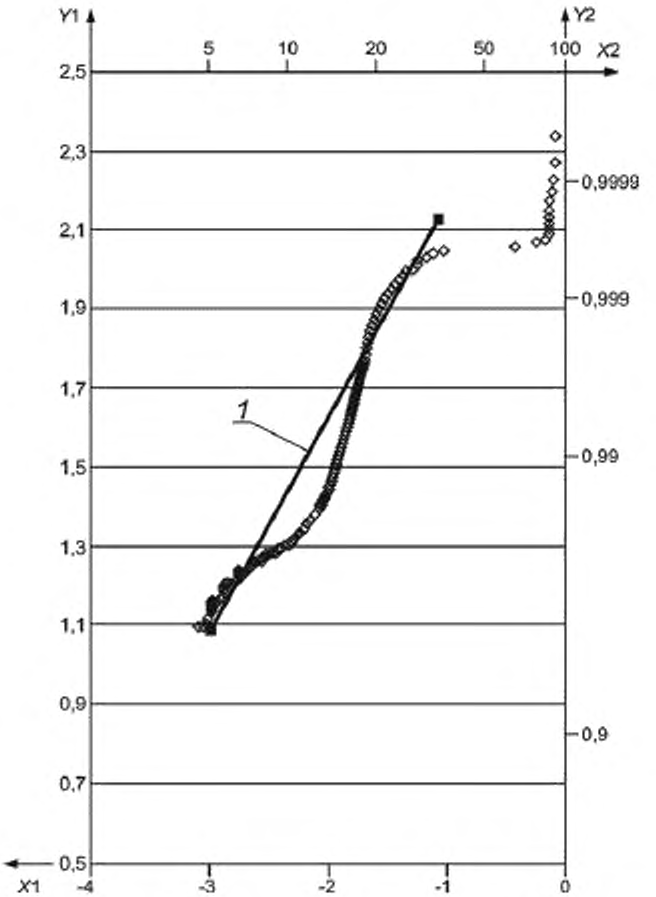
Примечания

1 По оси *X* — глубина несовершенства в процентах номинальной толщины стенки.

2 По оси *Y* — функция плотности распределения вероятности.

3 Параметр распределения Вейбулла *b* — 4,0, среднее значение — 3,31 %, стандартное отклонение — 0,93 %.

Рисунок В.8 — Смещение распределения несовершенств в сторону несовершенств значительной глубины при коэффициенте вариации приблизительно 30 %



1 — прямая Вейбулла при параметре *b*, равном 0,55

Примечания

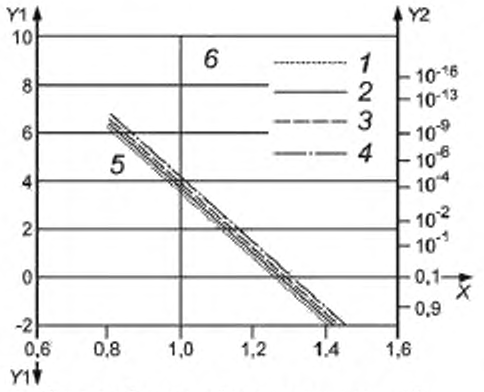
1 По оси *X1* — ln глубины несовершенства в процентах номинальной толщины стенки.

2 По оси *X2* — глубина несовершенства в процентах номинальной толщины стенки.

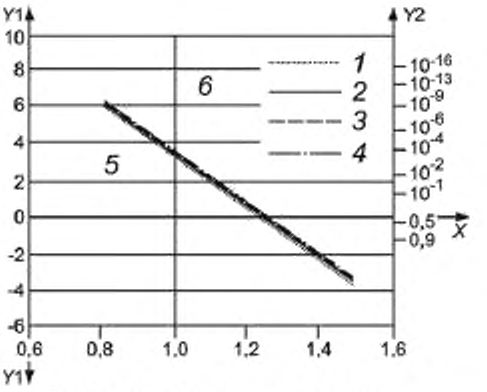
3 По оси *Y1* — ln [–ln (1-вероятность)].

4 По оси *Y2* — функция кумулятивного распределения.

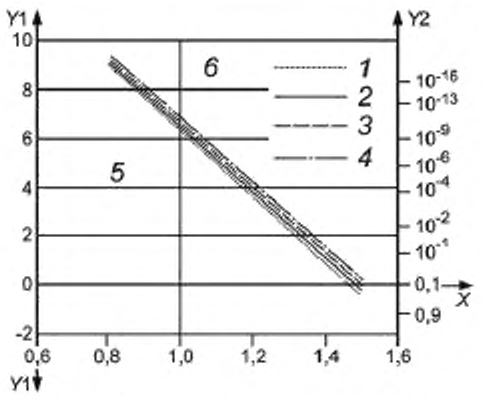
Рисунок В.9 — Верхний участок распределения глубины несовершенств типа заката вероятностной шкалы Вейбулла



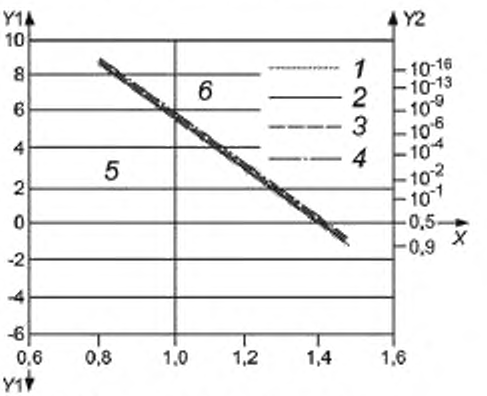
a – Одна труба, средний запас прочности – 1,3



b – Самое глубокое несовершенство для 50 труб, средний запас прочности – 1,3



c – Одна труба, средний запас прочности – 1,5



d – Самое глубокое несовершенство для 50 труб, средний запас прочности – 1,5

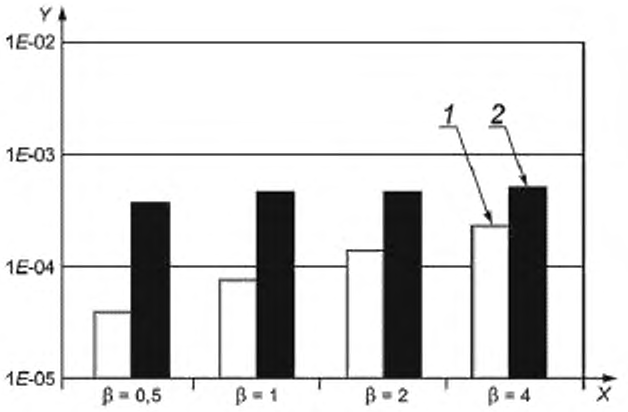
1 — *b* = 4,0; *2* — *b* = 2,0; *3* — *b* = 1,0; *4* — *b* = 0,5; *5* — зона отказа; *6* — зона безопасности

Примечания

1 По оси *X* — P_{cap}/P_{app}.

2 По оси *Y* — коэффициент прочности при разрушении.

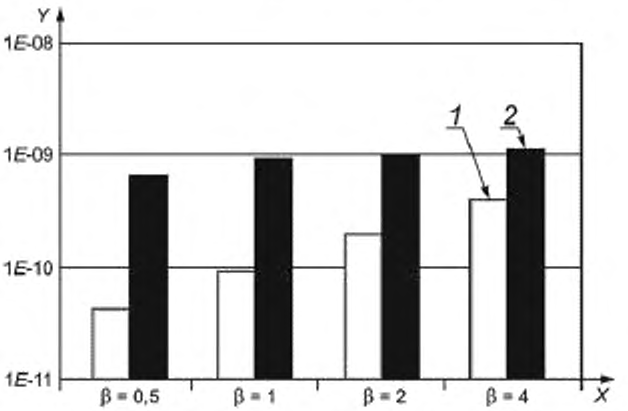
Рисунок В.10 — Влияние распределения незначительных несовершенств на распределение вероятности стойкости к пластическому разрушению



1 — одна труба; 2 — колонна из 50 труб

Примечания
1 По оси *X* — параметр распределения Вейбулла *b*.
2 По оси *Y* — вероятность отказа.

Рисунок В.11 — Сравнение влияния вида распределения на вероятность отказа одной трубы и колонны труб (средний запас прочности — 1,3)



1 — одна труба, 2 — колонна из 50 труб

Примечания
1 По оси *X* — параметр распределения Вейбулла *b*.
2 По оси *Y* — вероятность отказа.

Рисунок В.12 — Сравнение влияния вида распределения на вероятность отказа одной трубы и колонны труб (средний запас прочности — 1,5)

Штриховые линии на этих рисунках представляют плотности вероятности наиболее глубоких несовершенств для 50 труб. Это связано с функциями плотности вероятности и накопленной вероятности основного распределения самых глубоких несовершенств в произвольно выбранной трубе. Это распределение также отсечено по уровню приемки 5 %. Вид этих функций плотности вероятности предельных несовершенств означает, что наиболее вероятны несовершенства глубиной порядка 5 %. Действительно, поскольку основное распределение несовершенств по глубине отсечено по уровню приемки, то наиболее вероятная глубина несовершенств равна этому уровню. Этот эффект становится более заметным с увеличением параметра основного распределения *b*.

Даже в том случае, когда распределение вероятности смещено к 0 % (при b, равном 0,5), наиболее вероятное самое глубокое несовершенство имеет глубину 5 %. В этом случае имеет место равномерное распределение в интервале от 3,5 % до 5 %.

Распределение с показателем надежности первого порядка β, равным 0,5, является наилучшим приближением к фактическому распределению несовершенств, если принимается во внимание только глубина несовершенств без учета возможности их наложения. Проводился приблизительный анализ несовершенств глубиной, превышающей 5 % номинальной толщины стенки. При этом вероятность того, что глубина несовершенства превысит 5 %, принималась для трубы равной 5 %. Этот анализ показал, что верхний участок распределения глубины несовершенств соответствует значению параметра распределения Вейбулла b, равному 0,55, см. рисунок В.9.

Четыре графика на рисунке В.10 показывают, каким образом меняется распределение вероятности пластического разрушения трубы в зависимости от вида распределения несовершенств глубиной менее уровня приемки. При этом принимают следующие допущения:

- обычное соотношение предельного давления и действующего давления P_{cap}/P_{app};
- средний запас прочности — 1,3 и 1,5. Под запасом прочности понимается отношение среднего давления пластического разрушения и действующего давления. Так, если отказ происходит при окружном давлении, равном пределу прочности, то запас прочности равен среднему отношению предельного давления к действующему давлению;
- коэффициент вариации запаса прочности равен 5 %;
- нормируемая прочность P_{cap}/P_{app} трубы с несовершенством равна $(1 - d_i)P_{cap}/P_{app}$, где d_i — глубина несовершенства, %, или доля номинальной толщины стенки;
- распределение несовершенств представляет собой усеченное распределение Вейбулла, в котором глубина несовершенств ограничена уровнем приемки 5 %. Форма этого распределения меняется в зависимости от параметра b, причем b, равный 0,5, соответствует наибольшей изменчивости при большинстве несовершенств глубиной, близкой к 0, а b, равный 4, соответствует малой изменчивости более глубоких несовершенств.

Эти графики показывают, что вид распределения ниже уровня приемки не оказывает заметного влияния на распределение отношения P_{cap}/P_{app}. По этим графикам можно определить вероятность отказа в виде вероятности, связанной с $P_{cap}/P_{app} = 1$. На рисунках В.11 и В.12 показано сравнение вероятности отказа трубы с самым глубоким несовершенством в колонне из 50 труб с вероятностью отказа одной произвольно выбранной трубы с таким несовершенством.

Изучение этого конкретного случая показывает, что редкие значительные несовершенства оказывают более значительное влияние на вероятность отказа, чем суммарное воздействие часто встречающихся незначительных несовершенств глубиной менее уровня приемки. Этот факт был использован для разработки расчета стойкости трубы к пластическому разрушению при вероятностном подходе. Вероятность разрушения трубы является функцией распределения вероятности предела прочности металла, толщины стенки и неопределенности идеализации. Однако наличие несовершенства моделируется по детерминистическому подходу. При вероятностном подходе в формуле давления пластического разрушения глубина несовершенства принимается равной максимальной допустимой глубине, т. е. равной уровню приемки. Влияние несовершенства на вероятность отказа учитывается по частоте появления несовершенств глубиной, равной уровню приемки. В рекомендуемой модели эта частота принимается равной частоте появления несовершенств острой формы при повторном контроле труб.

Приложение С
(справочное)

Метод испытания на разрушение

С.1 Концы образцов

При проведении испытаний на разрушение должно быть выполнено уплотнение торцов труб приварными, вставными пробками (наиболее распространенный метод) или резьбовыми пробками (стандартные резьбовые соединения или соединения премиум). Хотя существуют иные методы испытаний, например с торцевыми пробками, самозатягивающимися при помощи центрального стягивающего прутка, они используются редко, создают другое напряженное состояние и приводят к другим результатам испытаний, поэтому их применение не допускается. При испытании на разрушение на трубу с торцевым уплотнением действует осевое напряжение, создаваемое внутренним давлением жидкой среды на торцевое уплотнение. Осевое напряжение равно примерно половине среднего тангенциального напряжения, за счет чего возникает нагруженное состояние, которое по теории текучести фон Мизеса создает максимально возможное внутреннее давление.

С.2 Минимальная длина образца

С.2.1 Предпосылки

В стандарте [2] по испытаниям эксплуатационных характеристик соединений насосно-компрессорных и обсадных труб были приведены рекомендации по использованию для испытаний труб (отрезков труб) длиной не менее $8{,}4(R/t)^{1/2}$ или по более поздним рекомендациям в стандарте [2], рисунок 1 — длиной, равной $[L_p + D + 6(Dt)^{1/2}]$.

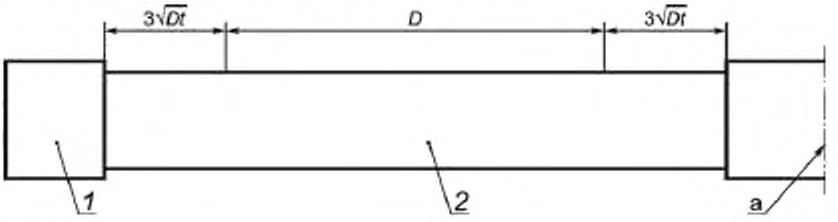
Такая длина обеспечивает:

- расстояние от торцевой пробки, равное $3(Dt)^{1/2}$, необходимое для исключения торцевого эффекта;
- поведение отрезка трубы длиной, равной D (номинальному наружному диаметру трубы), как бесконечно длинного цилиндра (труба полной длины) без влияния торцевого эффекта;
- расстояние от муфты или соединения, равное $3(Dt)^{1/2}$, необходимое для исключения торцевого эффекта от муфты или соединения.

В стандартах [1] и [2] принята такая же минимальная длина образца.

С.2.2 Требования к минимальной длине

Для соблюдения данного метода испытания на разрушение минимальная длина должна соответствовать требованиям стандартов [1] и [2], как показано на рисунке С.1.



[а] Ось муфты.

D — номинальный наружный диаметр трубы. t — номинальная толщина стенки трубы
1 — торцевая пробка; 2 — труба (отрезок трубы)

Рисунок С.1 — Минимальная длина образца для испытания на разрушение

С.3 Приложение давления

Испытания труб на разрушение должны проводиться с использованием воды и внутреннего наливного патрубка. Наливной патрубок используют для уменьшения объема воды и соответственно минимизации запасенной энергии в целях обеспечения безопасности. Это позволяет также уменьшить разрушение трубы до уровня, обеспечивающего отсутствие каких-либо последствий. В стандартах [1] и [2] скорость нагружения ограничивается 34,47 МПа/мин. При создании разрушающего давления начинается течение пластичного металла трубы и по мере раздувания трубы у типовых насосов лабораторного типа скорость нагружения значительно снижается. По достижении давления выше давления текучести выключается насос (закрывается клапан), труба в течение некоторого времени продолжает раздуваться и соответственно понижается давление. По этой причине давление необходимо продолжать прикладывать на скорости 6,90 МПа/мин или ниже.

Для измерения/регистрации давления жидкой среды следует использовать датчик давления. Датчик, расположенный на конце трубы, противоположном нагнетательному трубопроводу, позволяет исключить скачки измеряемого давления, возникающие из-за хода поршня насоса. Предпочтительно использовать цифровую систему сбора данных с частотой регистрации не реже одного раза в 5 с. Такая частота записи позволит зарегистрировать достигнутое максимальное давление, а конечное давление разрушения обычно на несколько процентов меньше достигнутого максимального давления.

Приложение D
(справочное)

Расчет давления хрупкого разрушения

D.1 Разрушение тела трубы из-за свойств металла

В настоящем приложении описаны формулы, которые могут быть применены для расчета давления, при котором произойдет разрушение трубы вследствие распространения имеющейся острой трещины или зарождения и роста новой острой трещины. Эти формулы упругопластического разрушения распространяются на трубы из пластичного, хрупкого металла или металла с промежуточными свойствами. Данные формулы расширяют действие других действующих стандартов по механике разрушения на все виды нефтяных и газовых сред. Формулы могут быть применены при условии экспериментального определения коэффициента вязкости разрушения металла K_{Imat} в определенной среде. Для тонкостенных труб трудно провести достоверные испытания для определения K_{Imat}. В настоящее время не разработана концепция эмпирического определения K_{Imat} при невозможности его определения экспертиментальным путем.

Существует два типа хрупкого разрушения: разрушение вследствие распространения существующей трещины и разрушение вследствие зарождения и стабильного роста трещины в том месте, где ранее не было выявлено трещины. Разрушение первого типа, описанное в D.2, происходит вследствие перегрузки вершины трещины напряжением высокой интенсивности и определяется по приложенному напряжению, размеру трещины и вязкости разрушения металла в определенной среде. Данный тип разрушения взаимосвязан с трещиной определенного размера и условиями, в которых начинается распространение трещины или происходит остановка распространения трещины.

Разрушение второго типа, описанное в D.3, представляет собой образование трещины под влиянием окружающей среды, которое происходит из-за сочетания действия напряжения, металла и окружающей среды и для которого не требуется наличие ранее существовавшего несовершенства. Данное разрушение связано с состоянием, которое порождает стабильный рост трещины, которой могло не быть изначально. После возникновения трещина стабильно растет, пока она не станет достаточно большой и не достигнет состояния нестабильного распространения трещины до разрушения. Растрескивание под влиянием окружающей среды может произойти независимо от распространения трещины, т. е. для предотвращения разрушения вследствие растрескивания должны быть соблюдены условия, определенные по формулам, приведенным в D.2, и критерий порогового напряжения, приведенный в D.3. Это означает, что существуют два предельных значения, которые должны быть соблюдены для предотвращения растрескивания, и что оба предельных значения зависят от напряжения и вязкости разрушения металла в данной среде.

D.2 Модель распространения трещины

D.2.1 Общие положения

Подход к модели распространения трещины, описываемый в настоящем приложении, аналогичен подходу, используемому для определения показателей эксплуатационных свойств сосудов, работающих под давлением, и широко используется для прогнозирования пригодности этих изделий для использования по назначению. Удается сохранить целостность треснувших изделий с использованием рекомендаций стандартов по механике разрушения, таких как в стандартах [25], [26] и [27].

Расчет показателей эксплуатационных свойств труб, основанный на пределе прочности при растяжении, пределе текучести и других свойствах металла, а также размерах труб, не охватывает разрушений, возникающих вследствие распространения несовершенств типа трещин, когда разрушение определяется интенсивностью напряжений возле трещины. Когда коэффициент интенсивности напряжений в вершине трещины K достигнет критического значения K_{Imat}, трещина распространяется и разрушение трубы становится неизбежным. Значение K_{Imat} зависит от окружающей среды и металла.

В H_2S-содержащих средах K_{Imat} будет меньше, чем в средах, не содержащих H2S, и режим разрушения может влиять на давление разрушения трубы. Показатель K_{Imat} меняется в зависимости от факторов окружающей среды (содержание H_2S, температура, pH и т. д.). После определения этого показателя в ходе лабораторных испытаний конкретного металла в определенной окружающей среде он может быть использован для оценки целостности трубы с несовершенствами в такой окружающей среде. Показатель K_{Imat} можно рассматривать, как вязкость разрушения, необходимую для предотвращения или останова дальнейшего распространения трещин в этой среде. Для сохранения целостности трубы значение K_{Imat} должно быть достаточно высоким, чтобы не допустить распространения трещины в данной среде эксплуатации.

Для оценки целостности трубы во всем интервале хрупкого и пластического разрушения можно использовать диаграмму оценки вероятности разрушения (FAD). Диаграмма FAD представляет собой график зависимости коэффициента интенсивности напряжений (K_r или J_r), отложенного по оси ординат, от коэффициента нагрузки (L_r),

отложенного на оси абсцисс, где k_r представляет собой отношение приложенного K к k_{Imat}, а L_r — отношение приложенной нагрузки к предельной нагрузке. В данном случае предельная нагрузка обычно представляет собой аппроксимацию нагрузки, при которой возникает явление текучести трубы с трещиной без роста трещины. Для более детального ознакомления с оценкой вероятности разрушения — см. ссылочные документы по механике разрушения в [28]. FAD, соответствующая формулам распространения трещин (D.1) и (D.3), распространяется на упругое и упругопластическое поведение металла. У металлов, пластичных в конкретной среде, значение k_{Imat} будет значительным и давление разрушения будет соответствовать упругопластической части кривой FAD. У металлов, хрупких в определенной среде, значение k_{Imat} будет низким и давление разрушения будет соответствовать упругой части кривой FAD.

Для получения данных о показателе k_{Imat} был использован ряд образцов для испытаний на механику разрушения. Для получения данных о показателе k_{Imat} металла труб для линейных трубопроводов (также известном, как показатель k_{Imat} растрескивания под действием напряжений в сероводородсодержащих средах) широко использовались образцы в виде двухконсольной балки. Такой образец описан в стандарте [29] для метода D. На таком образце делается надрез или предварительно наносится трещина, концы двухконсольной балки удерживаются открытыми при постоянном смещении путем нагружения с помощью клина. Двухконсольная балка нагружается настолько, чтобы коэффициент интенсивности напряжений в вершине трещины K был выше k_{Imat} металла. Нагруженный образец подвергается воздействию испытательной среды (например, водного раствора сероводорода). Вначале трещина растет и нагрузка падает (смещение почти постоянно), приложенный K падает, пока не достигнет k_{Imat}, и распространение трещины остановится. Через некоторый период после остановки роста трещины измеренное значение усилия удаления клина из двухконсольного образца и измеренная длина трещины используются для расчета K после испытания. На этом этапе k_{Imat} равен K.

Оценку показателей эксплуатационных свойств труб для проверки их годности для применения по назначению можно выполнить с использованием k_{Imat}, соответствующего конкретной среде, представляющей интерес. Для оценки давления разрушения обсадных и насосно-компрессорных труб в определенной среде требуется измерение k_{Imat} в этой среде и его сравнение с максимальным значением K в пределах компонента. Значение K зависит от геометрии трубы, геометрии несовершенства и приложенной нагрузки. При любом данном химическом составе увеличение предела текучести обычно ведет к понижению значения k_{Imat}. Однако k_{Imat} может увеличиваться или уменьшаться с увеличением предела текучести при изменении химического состава, а также технологии термообработки и технологии производства. Температура, pH и концентрация ионов сульфида влияют на вязкость разрушения под воздействием среды. При увеличении температуры и pH вязкость разрушения металла под воздействием среды также увеличивается. Микроструктура также может повлиять на вязкость разрушения под воздействием среды. У металлов с более высоким содержанием продуктов фазовых превращений, таких как бейнит и перлит, вязкость разрушения под воздействием среды ниже, чем у металлов, имеющих мартенситную структуру. Повышение парциального давления сероводорода понижает вязкость разрушения под воздействием среды. Парциальное давление сероводорода рассчитывают как произведение абсолютного давления и молярной доли сероводорода в газе.

D.2.2 Допущения и ограничения

Ниже приведены допущения для метода с использованием кривой FAD:

- учитывается только разрушение с формированием трещин типа I. Трещина этого типа распространяется перпендикулярно к приложенной нагрузке, т. е. происходит увеличение ширины трещины, а не сдвиг, как у трещин типа II, или срез, как у трещин типа III;

- в качестве общей основы для кривой FAD используется механика упругопластического разрушения, начиная от J-интеграла. Показатель K является критерием для трещины в стенке трубы в рамках линейной теории упругости. Пересечение k_r и кривой FAD определяет давление разрушения. Глубина несовершенства типа трещины при этом должна быть принята равной контрольному уровню настройки оборудования;

- труба принимается бесконечно длинной с бесконечно длинным несовершенством типа продольной трещины;

- продольная трещина находится на внутренней поверхности трубы. Влияние продольной трещины на внутренней поверхности трубы немного меньше, чем влияние идентичной трещины на наружной поверхности трубы;

- давление действует на кромки трещины;

- предельные значения давления пластического разрушения под действием осевой нагрузки P_{IRa} (как указано в 7.5) означают разрушение по типу пластического разрушения.

D.2.3 Формула предельных значений разрушения

Предельное давление разрушения трубы определяют по формуле (D.1), ее нельзя решить в явном виде для внутреннего давления P_{IF}, при котором произойдет разрушение, его нужно определять методом итераций путем числового кодирования или графически. Формула (D.1) основана на механике разрушения и представляет собой формулу для определения предельного давления разрушения вследствие распространения существенной трещины. Формула (D.1) не подходит для случая разрушения при воздействии окружающей среды труб, не имеющих трещины значительной глубины.

$$\left(1-0{,}14L_r^2\right)\left[0{,}3+0{,}7\exp\left(-0{,}65L_r^6\right)\right]=\frac{P_{iF}\left(\frac{D}{2}\right)^2(\pi a)^{1/2}}{\left[\left(\frac{D}{2}\right)^2-\left(\frac{D}{2}-t\right)^2\right]k_{Imat}}\times$$

$$\times\left\{2G_0-2G_1\frac{a}{\frac{D}{2}-t}+3G_2\left(\frac{a}{\frac{D}{2}-t}\right)^2-4G_3\left(\frac{a}{\frac{D}{2}-t}\right)^3+5G_4\left(\frac{a}{\frac{D}{2}-t}\right)^4\right\} \quad (D.1)$$

или $P_{iF} = P_{iRa}$, если P_{iRa} меньше решения по формуле (D.1),

где L_r — коэффициент нагрузки, равный $L_r=\frac{\sqrt{3}}{2}\cdot\frac{P_{iF}}{\sigma_y}\cdot\frac{\frac{d}{2}+a}{t-a}$; (D.2)

P_{iF} — внутреннее давление при разрушении, МПа;

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

t — номинальная толщина стенки трубы, мм;

D — номинальный наружный диаметр трубы, мм;

a — в формуле предельных значений — наибольшая фактическая глубина несовершенства типа трещины; в формуле проектных предельных значений — максимальная глубина несовершенства типа трещины, невыявленного системой контроля;

σ_y — предел текучести представительного образца при растяжении, МПа;

k_{Imat} — коэффициент вязкости разрушения металла в определенной среде, МПа · м$^{1/2}$;

G_0, G_1, G_2, G_3, G_4 — коэффициенты влияния для кривой FAD предельных значений;

P_{iR} — внутреннее давление при пластическом разрушении трубы с торцевым уплотнением, МПа;

P_{iRa} — P_{iR} с поправкой на осевую нагрузку и наружное давление, МПа.

Левая часть формулы (D.1) представляет собой кривую FAD. Правая часть формулы (D.1) представляет собой коэффициент интенсивности напряжений k_r.

В таблице D.1 приведены используемые в формуле (D.1) коэффициенты влияния G_0, G_1, G_2, G_3, G_4 для продольной трещины, расположенной на внутренней поверхности трубы. Влияние этой трещины немного меньше, чем трещины на наружной поверхности трубы.

Таблица D.1 — Значения коэффициентов влияния для кривой FAD

d/t или d_{wall}/t	a/t	G_0	G_1	G_2	G_3	G_4
4	0,0	1,120000	0,682000	0,524500	0,440400	0,379075
4	0,2	1,242640	0,729765	0,551698	0,458464	0,392759
4	0,4	1,564166	0,853231	0,620581	0,503412	0,427226
10	0,0	1,120000	0,682000	0,524500	0,440400	0,379075
10	0,2	1,307452	0,753466	0,564298	0,466913	0,398757
10	0,4	1,833200	0,954938	0,676408	0,539874	0,454785
20	0,0	1,120000	0,682000	0,524500	0,440400	0,379075
20	0,2	1,332691	0,763153	0,569758	0,470495	0,401459
20	0,4	1,957764	1,002123	0,702473	0,556857	0,467621
40	0,0	1,120000	0,682000	0,524500	0,440400	0,379075
40	0,2	1,345621	0,768292	0,572560	0,472331	0,402984
40	0,4	2,028188	1,028989	0,717256	0,566433	0,475028
80	0,0	1,120000	0,682000	0,524500	0,440400	0,379075
80	0,2	1,351845	0,770679	0,573795	0,473108	0,403649
80	0,4	2,064088	1,042414	0,724534	0,571046	0,478588
Примечание — Коэффициенты влияния G_0, G_1, G_2, G_3, G_4 приведены в соответствии со стандартом [27].						

В стандарте [27], таблица С.9, приведены коэффициенты влияния G_0, G_1, G_2, G_3, G_4, причем упомянутая таблица позволяет получить промежуточные значения d/t или d_{wall}/t и a/t методом интерполяции.

D.2.4 Формула проектного давления разрушения тела трубы, вызванного распространением несовершенства типа трещины

Формула для расчета проектного давления разрушения тела трубы, вызванного распространением несовершенства типа трещины, имеет следующий вид

$$\left(1-0{,}14L_r^2\right)\left[0{,}3+0{,}7\exp\left(-0{,}65L_r^5\right)\right]=\frac{P_{IF}\left(\frac{D}{2}\right)^2(\pi a)^{1/2}}{\left[\left(\frac{D}{2}\right)^2-\left(\frac{D}{2}-k_{wall}\,t\right)^2\right]k_{Imat}}\times \tag{D.3}$$

$$\times\left\{2G_0-2G_1\frac{a}{\frac{D}{2}-k_{wall}\,t}+3G_2\left(\frac{a}{\frac{D}{2}-k_{wall}\,t}\right)^2-4G_3\left(\frac{a}{\frac{D}{2}-k_{wall}\,t}\right)^3+5G_4\left(\frac{a}{\frac{D}{2}-k_{wall}\,t}\right)^4\right\}$$

или $P_{IF} = P_{IRa}$, если P_{IRa} меньше решения по формуле (D.3),

где L_r — коэффициент нагрузки, равный $L_r=\frac{\sqrt{3}}{2}\cdot\frac{P_{IF}}{\sigma_{ymn}}\cdot\frac{\frac{d_{wall}}{2}+a}{k_{wall}\,t-a}$; (D.4)

P_{IF} — внутреннее давление при разрушении, МПа;

σ_{ymn} — заданный минимальный предел текучести при растяжении, МПа;

d_{wall} — внутренний диаметр, рассчитанный с коэффициентом k_{wall}, равный $(D - 2k_{wall}\,t)$,мм;

D — номинальный наружный диаметр трубы, мм;

a — в формуле предельных значений — наибольшая фактическая глубина несовершенства типа трещины; в формуле проектных предельных значений — максимальная глубина несовершенства типа трещины, невыявленного системой контроля;

k_{wall} — коэффициент, учитывающий установленное предельное отклонение толщины стенки трубы, равный 0,875 для предельного отклонения минус 12,5 %;

t — номинальная толщина стенки трубы, мм;

k_{Imat} — коэффициент вязкости разрушения металла в определенной среде, МПа · мм$^{1/2}$;

G_0, G_1, G_2, G_3, G_4 — коэффициенты влияния для кривой FAD предельных значений;

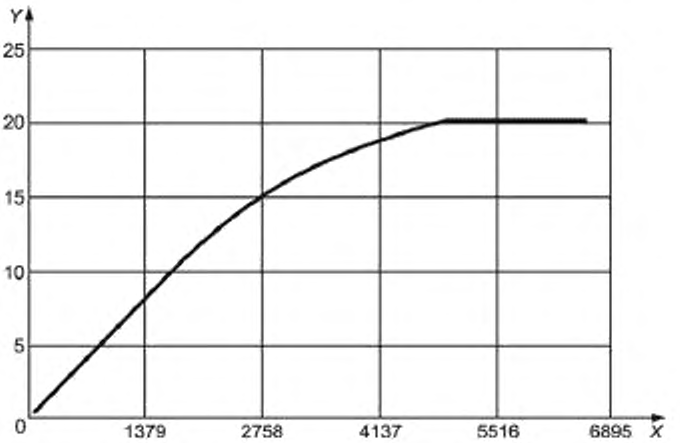
P_{IR} — внутреннее давление при пластическом разрушении трубы с торцевым уплотнением, МПа;

P_{IRa} — P_{IR} с поправкой на осевую нагрузку и наружное давление, МПа.

В формуле (D.3) используются коэффициенты влияния G_0, G_1, G_2, G_3, G_4, указанные в таблице D.1.

Левая часть формулы (D.3) представляет собой кривую FAD. Правая часть формулы (D.3) представляет собой коэффициент интенсивности напряжений k_r. Формула (D.3) предназначена для определения проектного давления разрушения тела трубы, вызванного распространением существенной трещины под воздействием окружающей среды. Формула (D.3) не подходит для случая разрушения труб, не имеющих трещины значительной глубины.

На рисунке D.1 показана зависимость проектного давления разрушения, рассчитанного по формулам (D.3) и (D.4) для обсадной трубы группы прочности С90 наружным диаметром 177,80 мм и толщиной стенки 18,54 мм, от коэффициента вязкости разрушения k_{Imat}, при уровне приемки 5 % (при автоматизированном контроле) и коэффициенте k_{wall}, *учитывающим установленное предельное отклонение толщины стенки трубы,* равном 0,875.



Примечания

1 По оси X — k_{Imat}, МПа · м$^{1/2}$ или мм.

2 По оси Y — проектное давление разрушения, МПа.

3 Труба: наружный диаметр — 177,80 мм, толщина стенки — 18,54 мм, группа прочности — С90, уровень приемки — 5 %, коэффициент k_{wa2}, учитывающий установленное предельное отклонение толщины стенки трубы — 0,875.

Рисунок D.1 — Влияние k_{Imat} на давление распространения трещины

D.3 Разрушение, вызванное зарождением трещины под воздействием окружающей среды

D.3.1 Общие положения

Под воздействием определенной среды в металле могут возникать трещины, которые могут привести к разрушению металла, даже если в нем ранее не было трещин. Такое разрушение вызывается сочетанием зарождения трещины и стабильного роста трещины под воздействием окружающей среды, приводящего к разрушению. По этой причине для предотвращения разрушения вследствие распространения трещин должны быть соблюдены условия, определяемые по формуле (D.2), и критерий зарождения трещины под воздействием окружающей среды, определяемый по формуле (D.3). Считается, что трещина зарождается под воздействием окружающей среды тогда, когда эквивалентное напряжение фон Мизеса превышает так называемое пороговое напряжение σ_{th} металла. Давление разрушения, приводящее к зарождению трещины под воздействием окружающей среды и создающее эквивалентное напряжение фон Мизеса, должно быть равно пороговому напряжению, т. е.

$$\sigma_e = \sigma_{th}, \tag{D.5}$$

где σ_e — эквивалентное напряжение, МПа;

σ_{th} — пороговое напряжение, МПа.

Пороговое напряжение может быть различным для разных металлов и сред. Определение понятия «пороговое напряжение» приведено в стандарте [29]. Обычно пороговое напряжение определяется путем проведения серии испытаний на растяжение в конкретной среде по методу А NACE. В ходе испытания на растяжение образец разрушается при достижении напряжения, превышающего пороговый уровень, при напряжении ниже порогового уровня образец должен выдержать испытание. В сероводородсодержащей среде пороговое напряжение обычно ниже предела текучести металла.

Зарождение трещины под воздействием окружающей среды чаще всего может начинаться на дне раковины, образованной коррозией, и зависит от сочетания параметров среды (CO_2, pH, H_2S), температуры, микроструктуры металла и механических напряжений. Ниже порогового уровня сочетания этих факторов зарождение трещины не происходит, выше порогового уровня — зарождение трещины происходит. В большинстве случаев механические нагрузки на трубу постоянны и трещина после возникновения продолжает расти приводя к разрушению. Таким образом, ситуация ухудшается до тех пор, пока трещина не достигнет определенного размера и нестабильное распространение трещины приведет к окончательному разрушению. Период от зарождения трещины до нестабильного распространения трещины — величина неопределенная, поэтому следует не допускать зарождения трещины и в то же время поддерживать эквивалентное напряжение фон Мизеса на достаточно низком уровне по сравнению с пороговым напряжением.

Предельное давление начала распространения трещины — это давление, при котором эквивалентное напряжение фон Мизеса равно пороговому напряжению [формула (D.5)], при этом эквивалентное напряжение фон Мизеса рассчитывают по номинальным размерам трубы и коэффициенту, учитывающему установленное предельное отклонение толщины стенки трубы k_{wall}. Для учета разброса фактического порогового напряжения должна сохраняться разница между приложенным (рабочим) эквивалентным напряжением и расчетным пороговым напряжением.

Как и в формулах текучести, эквивалентное напряжение фон Мизеса используют для преобразования отдельных трехмерных напряжений в единый параметр для сравнения с пороговым напряжением. Эквивалентное напряжение используют потому, что по данным источника [28] оно обеспечивает наиболее точный учет сочетания напряжений, которые ведут к разрушению вследствие зарождения трещины в сероводородсодержащей среде. Формула (D.5) применима только в тех случаях, когда внутреннее давление превышает наружное давление. Результаты испытаний на осевое сжатие дают основания предполагать, что эта формула может не применяться, т. к. разрушение вследствие зарождения трещины может не происходить, если среднее гидростатическое давление становится сжимающим. Также при отсутствии скручивания формула может не применяться, если сумма осевого напряжения, радиального напряжения и окружного напряжения становится отрицательной.

D.3.2 Пример расчета

Рассчитать проектное давление разрушения, вызванное зарождением трещины под действием внутреннего давления, для обсадной трубы группы прочности С90, наружным диаметром 244,48 мм, толщиной стенки 13,84 мм, при σ_{ymin}, равном 621 МПа, с торцевым уплотнением, при пороговом напряжении, составляющем 90 % предела текучести металла трубы, и коэффициенте k_{wall}, равном 0,875.

Вначале эквивалентное напряжение фон Мизеса принимают равным пороговому напряжению, составляющему 90 % предела текучести [формула (D.5)]. При сочетании нагрузок на трубу с торцевым уплотнением и отсутствии напряжений кручения и изгиба формула (D.5) приобретает следующий вид, аналогичный формуле (8) для P_{iYLc} (6.6.1.1):

$$P_{iF} = \frac{0{,}9\sigma_{ymin}}{\left\{\frac{3D^4 + d_{wall}^4}{\left(D^2 - d_{wall}^2\right)^2} + \frac{d^4}{\left(D^2 - d^2\right)^2} - \frac{2d^2 d_{wall}^2}{\left(D^2 - d^2\right)\left(D^2 - d_{wall}^2\right)}\right\}^{1,2}}, \quad \text{(D.6)}$$

где P_{iF} — внутреннее давление при разрушении, МПа;

σ_{ymin} — заданный минимальный предел текучести при растяжении, МПа;

D — номинальный наружный диаметр трубы, мм;

d_{wall} — внутренний диаметр трубы, мм, рассчитанный с коэффициентом k_{wall}, равный $(D - 2k_{wall}t)$;

k_{wall} — коэффициент, учитывающий установленное предельное отклонение толщины стенки трубы, равный 0,875 для предельного отклонения минус 12,5 %;

t — номинальная толщина стенки трубы, мм;

d — внутренний диаметр трубы, равный $(D - 2t)$, мм.

Получаем давление разрушения, вызванное зарождением трещины, для трубы, рассматриваемой в данном примере, равное 60,6 МПа.

Приложение Е
(справочное)

Расчет проектной стойкости к смятию по результатам испытаний на смятие

Е.1 Общие положения

В настоящем приложении описывается определение проектной стойкости к смятию по результатам испытаний на смятие труб, изготовленных не по ГОСТ Р 53366, таких как трубы особо высокой прочности на смятие или специальных групп прочности для эксплуатации в кислых средах (например С110).

Настоящее приложение также может быть использовано для расчета прочности на смятие труб, изготовленных по ГОСТ Р 53366.

Проектные значения стойкости труб к смятию, определяемые по результатам испытаний, подвержены статистической неопределенности. Неопределенность возрастает при уменьшении массива данных n. Для значительного массива данных ($n \geq 1000$) ее влиянием можно пренебречь и проектную стойкость к смятию определить, как описано в Е.3. Для незначительного массива данных ($n < 1000$) это влияние существенно и стойкость к смятию следует рассчитывать, как описано в Е.4. В обоих случаях предполагается, что средние значения и разброс результатов постоянны в процессе производства.

Е.2 Результаты испытаний на смятие

Результаты испытаний на смятие должны быть получены для каждого сочетания размера, массы, группы прочности и технологии производства труб, для которых должны быть рассчитаны значения проектной стойкости к смятию. Подразумевается, что технология производства труб включает формообразование, термообработку и ротационную правку. Длина образцов для испытания должна быть не менее:

- восьми наружных диаметров труб — для труб номинальным наружным диаметром 244,48 мм и менее;
- семи наружных диаметров труб — для труб номинальным наружным диаметром 273,05 мм и более.

Е.3 Значительный массив данных

Проектную стойкость к смятию рассчитывают по следующей формуле

$$P_{des} = \mu_s - 2{,}576\sigma_s, \qquad (E.1)$$

где P_{des} — проектное давление смятия для заданного уровня надежности 0,5 %, МПа;

μ_s — среднее значение давления смятия для набора результатов испытаний на смятие;

σ_s — среднеквадратичное отклонение набора результатов испытаний на смятие, равное $\left[\sum_i = \frac{1^n (P_{ult\,i} - \mu_s)^2}{n-1}\right]^{1/2}$;

P_{ult} — предельное давление смятия, МПа;

n — количество испытаний на смятие.

Формулу (Е.1) не следует использовать при $n < 1000$.

Е.4 Незначительный массив данных

Е.4.1 Метод расчета

Проектную стойкость к смятию определяют по следующей формуле

$$P_{des\,0,95} = \mu_s - k_t \sigma_s, \qquad (E.2)$$

где $P_{des\,0,95}$ — проектное давление смятия, МПа, с доверительным уровнем 95 % для заданного уровня надежности 0,5 %;

μ_s — среднее значение давления смятия для набора результатов испытаний на смятие;

σ_s — среднеквадратичное отклонение набора результатов испытаний на смятие, равное $\left[\sum_i = \frac{1^n (P_{ult\,i} - \mu_s)}{n-1}\right]^{1/2}$;

P_{ult} — предельное давление смятия, МПа;

n — количество испытаний на смятие;

k_t — поправочный коэффициент для массива данных, приведенный в документе [30], таблица G.1 *и в таблице Е.1 настоящего стандарта*.

Таблица Е.1 — Поправочный коэффициент k_t для массива данных при заданном доверительном уровне 0,5 %

n	k_t	n	k_t	n	k_t	n	k_t
3	11,628	7	5,103	12	4,122	20	3,628
4	7,748	8	4,787	14	3,944	25	3,478
5	6,313	9	4,556	16	3,812	30	3,376
6	5,566	10	4,378	18	3,710	35	3,300

Окончание таблицы Е.1

n	k_f	n	k_f	n	k_f	n	k_f
40	3,242	90	2,987	150	2,884	700	2,710
45	3,195	100	2,963	200	2,837	800	2,701
50	3,157	110	2,942	300	2,786	900	2,694
60	3,096	120	2,925	400	2,756	1000	2,688
70	3,051	130	2,910	500	2,736	∞	2,576
80	3,016	140	2,896	600	2,722		

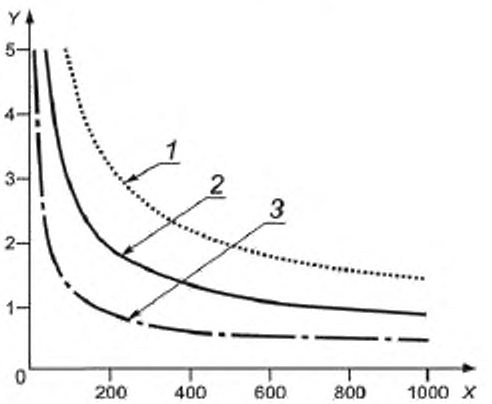
Значения k_f, не указанные в таблице Е.1, рассчитывают в соответствии с документом [30] по следующей формуле

$$k_f = 24{,}32720 - 57{,}45545 \cdot \log_{10} n + 72{,}10244 \cdot (\log_{10} n)^2 - 52{,}72779 \cdot (\log_{10} n)^3 + \\ + 23{,}64113 \cdot (\log_{10} n)^4 - 6{,}41648 \cdot (\log_{10} n)^5 + 0{,}96953 \cdot (\log_{10} n)^6 - 0{,}06267 \cdot (\log_{10} n)^7. \quad (Е.3)$$

Вероятность того, что $P_{des\ 0,95}$ окажется ниже значения, рассчитанного для бесконечно значительного массива данных ($n = \infty$), составляет 95 %. Формула (Е.3) применима для $10 \le n \le 1000$. Ее не следует использовать для $n < 10$.

На рисунке Е.1 показано, как меняется уменьшение проектной стойкости к смятию в зависимости от n и коэффициента вариации, равного σ_s/μ_s. Обратите внимание, что анализ не подразумевает того, что средняя стойкость к смятию уменьшается вместе с n, скорее наоборот, уменьшение проектной стойкости к смятию позволяет учесть неопределенность выборки с уменьшением n. Для незначительных массивов данных обычно недостаточно учитывается среднеквадратическое отклонение — см. [30].

Е.4.2 Вывод формулы



1 — коэффициент вариации — 0,09, *2* — коэффициент вариации — 0,06,
3 — коэффициент вариации — 0,03

Примечания

1 По оси *X* — массив данных.

2 По оси *Y* — уменьшение проектной стойкости к смятию относительно предела значительного массива данных, %.

Рисунок Е.1 — Уменьшение проектной стойкости к смятию в зависимости от массива данных

По мере уменьшения массива данных неопределенность среднего значения и среднеквадратического отклонения выборки увеличивается, и они должны считаться произвольными переменными. Для гауссовой совокупности среднее значение выборки характеризуется гауссовым распределением, а изменчивость выборки подчиняется распределению кси-квадрат, описанному в [31], соответственно распределение минимальной величи-

ны происходит по Стьюденту (нецентральное t-распределение), как описано в [32]—[34]. Данные таблицы Е.1 были рассчитаны по [35] с использованием алгоритма Лента для нецентральной функции t-распределения, как описано в [35], и проверены способом численного интегрирования выражений функции распределения вероятностей Ринна, как описано в [36] и функции распределения вероятностей Вольфрама, как описано в [37], для $n \leq 150$, а также с использованием гауссовой аппроксимации Айзенхарта и др., как описано в [38] для $n \geq 200$.

Е.4.3 Пример

Было проведено шестьдесят восемь испытаний на смятие для труб наружным диаметром 177,80 мм, толщиной стенки 8,05 мм, группы прочности R95, подвергаемых горячей ротационной правке. Контрольные точки и технологические параметры поддерживались в процессе производства постоянными. Среднее значение и среднеквадратическое отклонение выборки были равны 45,57 и 2,29 МПа соответственно. Проектную стойкость к смятию определяли по следующим формулам:

- формуле (Е.3):

$$k_t = 24{,}32720 - 57{,}45545\ (\log_{10}68)^1 + 72{,}10244\ (\log_{10}68)^2 - 52{,}72779\ (\log_{10}68)^3 -$$

$$- 23{,}64113\ (\log_{10}68)^4 - 6{,}41648\ (\log_{10}68)^5 + 0{,}96953\ (\log_{10}68)^6 - 0{,}06267\ (\log_{10}68)^7 = 3{,}059;$$

- формуле (Е.2):

$$P_{\text{des }0.95} = 45{,}57 - 3{,}059 \cdot 2{,}288 = 38{,}57 \text{ МПа}.$$

Результат расчета на 2,9 % превышает значение 39,68 МПа, рассчитанное по формуле (Е.1), не учитывающей поправку.

Приложение F
(справочное)

Расчет проектной стойкости к смятию по показателям качества

F.1 Общие положения

В настоящем приложении описывается определение проектной стойкости к смятию по показателям качества труб, изготовленных не по ГОСТ Р 53366, таких как трубы особо высокой стойкости к смятию или специальных групп прочности для эксплуатации в кислых средах (например С110). Настоящее приложение также может быть использовано для расчета стойкости к смятию труб, изготовленных по ГОСТ Р 53366. Расчеты должны быть основаны на статистических данных о качестве труб и неопределенности модели.

Проектные значения стойкости труб к смятию, определяемые по показателям качества подвержены статистической неопределенности, которая возрастает при уменьшении массива данных n. Для значительного массива данных ($n \geq 1000$) ее влиянием можно пренебречь и проектную стойкость к смятию определить, как описано в F.3.2 и F.3.4.1. Для незначительного массива данных ($n < 1000$) это влияние существенно и проектную стойкость к смятию следует рассчитывать, как описано в F.3.3 и F.3.4.2. В обоих случаях предполагается, что показатели качества однородны, т. е. средние значения и разброс показателей постоянны в процессе производства.

Расчет состоит из двух основных этапов:

- измерение и статистическая обработка показателей, определяющих стойкость к смятию (средний наружный диаметр, средняя толщина стенки, эксцентриситет, овальность, предел текучести, остаточные напряжения, неопределенность модели);
- вероятностный анализ с целью определения понижающих коэффициентов, обеспечивающих необходимый уровень стойкости.

F.2 Показатели качества

F.2.1 Перечень показателей

Перечень показателей приведен в таблице F.1. Измерение каждого показателя проводят в соответствии с приложением G.

Таблица F.1 — Перечень показателей

Показатель	Процесс, определяющий показатель
Средний наружный диаметр	Формообразование[a]
Средняя толщина стенки	Формообразование[a]
Эксцентриситет	Формообразование[a]
Овальность	Формообразование[a]
Предел текучести	Термообработка, ротационная правка
Остаточные напряжения	Ротационная правка
Давление смятия	[b]

[a] Геометрические показатели не требуются для труб тех размеров и массы, для которых определяется проектная стойкость к смятию, однако выбранный интервал размеров и массы должен быть представительным для данных труб.

[b] Стойкость к смятию применяют только для оценки неопределенности модели, поэтому испытание на смятие не обязательны для технологического процесса, включающего формообразование, термообработку, ротационную правку, для которого определяют расчетную стойкость к смятию. Однако используемый массив данных должен быть представительным для данных труб.

F.2.2 Анализ показателей

F.2.2.1 Размер труб и напряжения

Средний наружный диаметр, среднюю толщину стенки, предел текучести и остаточные напряжения обобщают при помощи коэффициентов смещения:

- для среднего наружного диаметра в виде отношения фактического значения/номинального значения;
- для средней толщины стенки в виде отношения фактического значения/номинального значения;
- для предела текучести в виде отношения фактического значения/заданного минимального предела текучести;

- для остаточных напряжений в виде отношения фактического значения остаточных напряжений/фактического предела текучести.

Для каждого коэффициента смещения вычисляют среднее значение и коэффициент вариации, равный отношению среднеквадратичного отклонения к среднему значению. Эксцентриситет и овальность уже являются формой смещения, и для них среднее значение и коэффициент вариации получают непосредственно по измерениям наружного диаметра и толщины стенки.

F.2.2.2 Неопределенность модели

Неопределенность модели определяют путем расчета:

- проектного давления смятия для каждого образца, испытываемого на смятие, при помощи формулы предельных значений Клевера-Тамано [формула (33)] по фактическим размерам труб и измеренным напряжениям;
- отношения фактического и прогнозируемого давлений смятия для каждого образца;
- среднего значения и коэффициента вариации отношения фактического и проектного давлений смятия для всего массива данных по испытаниям на смятие.

F.3 Расчет стойкости к смятию при вероятностном подходе

F.3.1 Метод расчета

F.3.1.1 Вероятностный подход

Следует использовать общепризнанный метод расчета, например FORM, SORM, Монте-Карло.

F.3.1.2 Формула предельной стойкости к смятию

Предельную стойкость к смятию вычисляют по формуле (49). Может быть использована более общая форма формулы Клевера-Тамано по [7], но при этом необходимо правильно определить дополнительные коэффициенты при классификации по статистически значимому массиву результатов испытаний на смятие.

F.3.1.3 Формула проектной стойкости к смятию

Проектную стойкость к смятию вычисляют по формуле (37) с понижающим коэффициентом $k_{t\,des}$, рассчитанным по следующей формуле

$$k_{t\,des} = 0{,}127\mu_{ov} + 0{,}0039\mu_{ec} - 0{,}440\frac{\mu_{rs}}{\mu_{fy}} + h_n, \qquad (F.1)$$

где μ_{ov} — средняя расчетная овальность, равная $100\ \frac{D_{max} - D_{min}}{D_{ave}}$, %;

μ_{ec} — средний расчетный эксцентриситет, равный $100\ \frac{t_{c\,max} - t_{c\,min}}{t_{c\,ave}}$, %;

μ_{rs} — среднее расчетное остаточное напряжение при отрицательном сжатии на внутренней поверхности, МПа;

μ_{fy} — среднее расчетное значение σ_y, МПа;

h_n — коэффициент, учитывающий форму кривой напряжение-деформация, равный 0,017 — для труб, подвергнутых холодной ротационной правке, 0 — для труб, подвергнутых горячей ротационной правке.

F.3.1.4 Уровень надежности

Уровень надежности должен быть равен 0,5 %.

F.3.2 Значительные массивы данных

Исходные показатели качества должны соответствовать таблице F.2.

Таблица F.2 — Вероятностные данные для значительных массивов данных

Показатель качества	Распределение вероятности	Параметры PDF
Средний наружный диаметр	Гаусса	Детерминистические μ, σ вычисляют, как указано в F.2.2.1
Средняя толщина стенки		
Эксцентриситет	Двухпараметрическое Вейбулла[a]	Детерминистические B, C вычисляют по формулам (F.2) и (F.3)
Овальность		
Предел текучести	Гаусса	Детерминистические μ, σ вычисляют, как указано в F.2.2.1
Остаточные напряжения		
Неопределенность модели		

[a] В худшем случае при коэффициенте вариации COV < 0,2, как правило, применяют распределение Гаусса.

При необходимости вместо данных множества можно использовать данные для определенного значения, *приведенные в стандарте [3], пункты F.3.4 и F.5.3.* В этом случае распределение вероятности и параметры PDF должны относиться, как правило, к отдельной партии. Выбранное распределение вероятности должно быть обосновано построением частотного распределения данных по вероятностной шкале, как описано в документах [40] и [41].

Для двухпараметрических распределений Вейбулла параметры PDF вычисляют следующим образом.

Параметр формы *C* является решением формулы

$$\frac{\Gamma\left(1+\frac{2}{C}\right)}{\left\{\Gamma\left(1+\frac{1}{C}\right)\right\}^2} - 1 - \left(\frac{\sigma}{\mu}\right)^2 = 0, \qquad (F.2)$$

где Γ — гамма-функция [39];

σ — среднеквадратичное отклонение;

μ — среднее значение.

Масштабный параметр *B* определяют по формуле

$$B = \frac{\mu}{\Gamma\left(1+\frac{1}{C}\right)}, \qquad (F.3)$$

где μ — среднее значение;

Γ — гамма-функция по [39].

Формулу (F.2) можно решить методом итерации или найти ее корни с помощью построения масштабной таблицы.

F.3.3 Незначительные массивы данных

Исходные показатели качества должны соответствовать указанным в [31] (таблица Н.3) *и таблице F.3.* Для любых показателей качества при $n \geq 1000$ могут быть использованы параметры PDF для значительных массивов данных по таблице F.2.

Таблица F.3 — Вероятностные данные для незначительных массивов данных

Показатель качества	Распределение вероятности	Параметры PDF
Средний наружный диаметр	Гаусса	Случайные
Средний наружный диаметр: среднее значение	Гаусса	$\mu = \sigma_s$ вычисляют, как указано в F.2.2.1; $\sigma = \frac{\sigma_s}{n^{0,5}}$
Средний наружный диаметр: стандартное отклонение	Гаусса[a]	$\mu = \sigma_s$ вычисляют, как указано в F.2.2.1; $\sigma = \frac{\sigma_s}{(2n)^{0,5}}$
Средняя толщина стенки	Гаусса	Случайное
Средняя толщина стенки: среднее значение	Гаусса	$\mu = \mu_s$ вычисляют, как указано в F.2.2.1; $\sigma = \frac{\sigma_s}{n^{0,5}}$
Средняя толщина стенки: стандартное отклонение	Гаусса[a]	$\mu = \mu_s$ вычисляют, как указано в F.2.2.1; $\sigma = \frac{\sigma_s}{(2n)^{0,5}}$
Эксцентриситет	Двухпараметрическое Вейбулла[b]	Случайные
Эксцентриситет: масштабный параметр	Гаусса[c]	$\mu_B = B$ по формулам (F.4) и (F.5); σ_B по формулам (F.6)—(F.9)

Окончание таблицы F.3

Показатель качества	Распределение вероятности	Параметры PDF
Эксцентриситет: параметр формы	Нормальное логарифмическое[c]	$\mu_C = C$ по формулам (F.4); μ_C по формулам (F.5)—(F.10)
Овальность	Двухпараметрическое Вейбулла[b]	Случайные
Овальность: масштабный параметр	Гаусса[c]	$\mu_B = B$ по формулам (F.4) и (F.5); σ_B по формулам (F.6)—(F.9)
Овальность: параметр формы	Нормальное логарифмическое[c]	$\mu_C = C$ по формуле (F.4); σ_C по формулам (F.5)—(F.10)
Предел текучести	Гаусса	Случайные
Предел текучести: среднее значение	Гаусса	$\mu = \mu_s$ вычисляют, как указано в F.2.2.1; $\sigma = \frac{\sigma_s}{n^{0,5}}$
Предел текучести: стандартное отклонение	Гаусса[a]	$\mu = \sigma_s$ вычисляют, как указано в F.2.2.1; $\sigma = \frac{\sigma_s}{(2n)^{0,5}}$
Остаточные напряжения	Гаусса	Случайные
Остаточные напряжения: среднее значение	Гаусса	$\mu = \sigma_s$ вычисляют, как указано в F.2.2.1; $\sigma = \frac{\sigma_s}{n^{0,5}}$
Остаточные напряжения: стандартное отклонение	Гаусса[a]	$\mu = \mu_s$ вычисляют, как указано в F.2.2.1; $\sigma = \frac{\sigma_s}{(2n)^{0,5}}$
Неопределенность модели	Гаусса	Случайные
Неопределенность модели: среднее значение	Гаусса	$\mu = \mu_s$ вычисляют, как указано в F.2.2.2; $\sigma = \frac{\sigma_s}{n^{0,5}}$
Неопределенность модели: стандартное отклонение	Гаусса[a]	$\mu = \mu_s$ вычисляют, как указано в F.2.2.2; $\sigma = \frac{\sigma_s}{(2n)^{0,5}}$

[a] $n\sigma_s^2/\sigma^2$ имеет χ-квадратное распределение, при этом σ_s — стандартное отклонение выборки, а σ — стандартное отклонение процесса, но поскольку σ неизвестно, то невозможно рассчитать параметры PDF. На практике для $n \geq 20$ можно использовать параметры PDF гауссова распределения, так как параметры PDF χ-квадратного распределения при значительных массивах (n) приближается к параметрам PDF гауссова распределения.

[b] В худшем случае при коэффициенте вариации COV < 0,2, как правило, применяют распределение Гаусса.

[c] См. [42].

При необходимости вместо данных множества можно использовать данные определенного значения, *приведенные в стандарте [3], пункты F.3.4 и F.5.3.* В этом случае распределение вероятностей и параметры PDF должны относиться, как правило, к отдельной партии. Выбранное распределение должно быть обосновано построением частотного распределения данных на вероятностной шкале, как описано в документах [40] и [41].

Неопределенность выборки переменных двухпараметрического распределения Вейбулла можно рассчитать по [43] и [42] следующим образом:

Параметр формы C является решением формулы (F.4)

$$\frac{1}{N} + \frac{1}{n} \cdot \left[\sum_{i=1}^{n} \ln\left(x_i\right) \right] - \left[\sum_{j=1}^{n} x_j^C \ln\left(x_j\right) \right] \cdot \left[\sum_{j=1}^{n} x_j^C \right]^{-1} = 0, \tag{F.4}$$

где n — количество испытаний на смятие;

x_i — результат измерений;

$\sum_{i=1}^{n}$ — сумма для $i = 1,2 \ldots n$.

Формулу (F.4) можно решить методом итерации или найти ее корни с помощью построения масштабной таблицы.

Масштабный параметр B определяют по формуле

$$B = \left[\frac{\sum_{i=1}^{n} x_i^C}{n} \right]^{1/C}. \tag{F.5}$$

$$\frac{\partial^2 \ln L}{\partial B^2} = CB^{-2} \left[n - (C+1)B^{-C} \sum_{i=1}^{n} x_i^C \right]; \tag{F.6}$$

$$\frac{\partial^2 \ln L}{\partial C^2} = -nC^{-2} - B^{-C} \left\{ \sum_{i=1}^{n} x_i^C \left[\ln(x_i)\right]^2 + \ln(B) \left[2 \sum_{i=1}^{n} x_i^C \left[\ln(x_i)\right] - \sum_{i=1}^{n} x_i^C \right] \right\}; \tag{F.7}$$

$$\frac{\partial^2 \ln L}{\partial B \partial C} = -nB^{-1} + B^{-(C+1)} \left\{ C \sum_{i=1}^{n} x_i^C \ln(x_i) + \left[[1 - C\ln(B)] \sum_{i=1}^{n} x_i^C \right] \right\}; \tag{F.8}$$

$$\sigma B = \left\{ abs \left[\frac{\partial^2 \ln L}{\partial C^2} \left(\frac{\partial^2 \ln L}{\partial B^2} \frac{\partial^2 \ln L}{\partial C^2} - \left(\frac{\partial^2 \ln L}{\partial B \partial C} \right)^2 \right)^{-1} \right] \right\}^{0,5}; \tag{F.9}$$

$$\sigma \tilde{N} = \left\{ abs \left[\frac{\partial^2 \ln L}{\partial B^2} \left(\frac{\partial^2 \ln L}{\partial B^2} \frac{\partial^2 \ln L}{\partial C^2} - \left(\frac{\partial^2 \ln L}{\partial B \partial C} \right)^2 \right)^{-1} \right] \right\}^{0,5}. \tag{F.10}$$

F.3.4 Порядок расчета

F.3.4.1 Значительные массивы данных

Проектную стойкость к смятию для интервала размеров труб определяют следующим образом:

a) вычисляют параметры PDF для каждого исходного показателя качества, указанного в F.2;

b) вычисляют D/t для каждой группы прочности, вида термообработки и ротационной правки в интервале значений $\log_{10}(P_y/P_e)$ от –0,5 до + 0,5 с шагом 0,2, где P_e вычисляют по формуле (38) и P_y по формуле (39);

c) вычисляют проектную стойкость к смятию по каждому показателю массива данных по формуле (37), используя заданные значения исходных показателей качества и предполагаемые значения $k_{e\ des}$ и $k_{y\ des}$. Значение $k_{t\ des}$ рассчитывают по формуле (F.1);

d) вычисляют прогнозируемую вероятность отказа φ_f по каждому показателю массива данных при номинальной детерминистической нагрузке L_{nom}, определяемой проектной стойкостью к смятию в каждом случае. Может быть использован корреляционный или независимый анализ переменных. Из двух вариантов анализа первый точнее, но является более сложным, второй проще, но дает слегка завышенные результаты, как описано в документе [44]. Прогнозируемая вероятность отказа φ_f представляет собой вероятность того, что стойкость к смятию будет ниже проектной стойкости. Строят график зависимости φ_f от каждого показателя массива данных;

e) проводят итерацию по перечислениям c) и d), подбирая $k_{e\ des}$ и $k_{y\ des}$ таким образом, чтобы получить по возможности плоскую характеристику в массиве данных и среднее значение φ_f в пределах ± 10 % заданного уровня надежности TRL;

f) используя в формуле (37) выбранные значения $k_{e\ des}$ и $k_{y\ des}$ и значение $k_{t\ des}$, рассчитанное в соответствии с перечислением c), получают проектную стойкость к смятию для труб номинальных размера и массы.

Для труб одного размера проектную стойкость к смятию рассчитывают, подставив соответствующие значения D и t и вычислив φ_f для интервала номинальных детерминистических нагрузок L_{nom}. Под проектной стойкостью к смятию в этом случае понимается значение L_{nom}, дающее значение φ_f, равное заданному уровню надежности TRL.

F.3.4.2 Малые массивы данных

Описанный ниже подход используют в случае, если наименьший массив данных содержит менее 1000 значений. Далее приведен порядок определения проектной стойкости к смятию для одной трубы:

a) вычисляют параметры PDF для каждого исходного показателя качества, указанного в F.2, и соответствующих значений D и t;

b) для исходных показателей качества, имеющих менее 1000 значений, находят неопределенность выборки для каждого параметра PDF, как описано в F.3.3. Для исходных показателей качества, имеющих более 1000 значений, параметры PDF, рассчитанные в соответствии с перечислением a), можно принять детерминистическими;

c) используя неопределенность выборок, разрабатывают не менее 10000 случайных реализаций каждого параметра PDF. Это можно осуществить методом обратной трансформации, как описано в [40], [45], [41], или при помощи генерирования случайных переменных в математических масштабных таблицах;

d) вычисляют прогнозируемую вероятность отказа φ_f для номинальной детерминистической нагрузки L_{nom} при каждой реализации параметров PDF. Можно прибегнуть к корреляционному или независимому анализу переменных. Из двух вариантов анализа первый точнее, но является более сложным, второй проще, но дает слегка завышенные результаты [44]. В качестве замены могут быть использованы коэффициенты корреляции, что на практике дает приемлемые результаты [44];

e) строят график распределения вероятности в виде частоты появления прогнозируемой вероятности отказа φ_f;

f) интерполируют кумулятивное распределение вероятности до доверительного уровня 95 %;

g) повторяют перечисления d)—f) для интервала уровней L_{nom}, подобранных таким образом, чтобы обеспечить соответствие значения φ_f, определенного с доверительной вероятностью 95 %, заданному уровню надежности TRL;

h) под проектной стойкостью к смятию понимается значение L_{nom}, с доверительной вероятностью 95 % дающее значение φ_f, равное заданному уровню надежности. Эти значения могут быть получены путем интерполяции.

F.4 Примеры расчетов

F.4.1 Значительные массивы данных

F.4.1.1 Общие положения

Данный расчет приведен для труб группы прочности Р110 после формообразования на стане FD00 (*стандарт [3], приложение F*), подвергнутых горячей ротационной правке. Последовательность расчета — по F.3.4. Предполагается, что по всем исходным показателям качества получено более 1000 значений и нет необходимости в расчете неопределенности выборки.

F.4.1.2 Трубы одного размера

Необходимо определить проектную стойкость к смятию труб наружным диаметром 244,48 мм, толщиной стенки 11,99 мм, группы прочности Р110, изготовленных на стане FD00 и подвергнутых горячей ротационной правке:

a) вычисляем параметры PDF для исходных показателей качества. Они приведены в таблицах F.2—F.4 и собраны в таблице F.5.

Таблица F.4 — Параметры PDF для исходных показателей качества (коэффициент смещения, коэффициент вариации)

Показатель	Коэффициент смещения	Коэффициент вариации COV	Распределение
Средний наружный диаметр, мм	1,0070	0,00189	Гаусса
Средняя толщина стенки, мм	1,0068	0,0217	Гаусса
Предел текучести, МПа	1,161	0,0354	Гаусса
Овальность, %	0,241	0,338	Двухпараметрическое Вейбулла
Эксцентриситет, %	5,170	0,317	Двухпараметрическое Вейбулла
Остаточные напряжения, МПа	–0,142	0,186	Гаусса
Неопределенность модели	0,9681	0,0543	Гаусса

b) некоторые из параметров PDF приведены в безразмерном виде, поэтому необходимо их преобразовать в средние значения и стандартные отклонения для трубы стандартного размера. Средние значения получают умножением номинального значения на смещение по таблице F.4:

- среднее значение среднего наружного диаметра

$$244{,}48 \text{ мм} \cdot 1{,}0070 = 246{,}20 \text{ мм};$$

- среднее значение средней толщины стенки

$$11{,}99 \text{ мм} \cdot 1{,}0068 = 12{,}07 \text{ мм};$$

- средний предел текучести

$$758 \text{ МПа} \cdot 1{,}161 = 880 \text{ МПа}.$$

Значения остаточных напряжений упорядочивают по пределам текучести и преобразуют в истинные напряжения следующим образом

$$\mu_{rs} \equiv \mu_{rs/fy} \cdot \mu_{fy} = \mu_{rs/fy} \cdot \frac{\mu_{fy}}{\sigma_{ymn}} \cdot \sigma_{ymn} = -0{,}142 \cdot 1{,}161 \cdot 758 = -124{,}95 \text{ МПа};$$

$$COV_{rs} \equiv \sqrt{COV^2_{rs/fy} - COV^2_{fy}} \quad \text{(принимаем SRSS)} = \sqrt{0{,}186^2 - 0{,}0354^2} = 0{,}183.$$

Стандартные отклонения получаем умножением средних значений на соответствующие коэффициенты вариации. Полученные значения приведены в таблице F.5.

Таблица F.5 — Параметры PDF для исходных показателей качества

Показатель	Среднее значение	Стандартное отклонение	Распределение
Средний наружный диаметр, мм	246,20	0,465	Гаусса
Средняя толщина стенки, мм	12,07	0,01031	Гаусса
Предел текучести, МПа	880	31,152	Гаусса
Овальность, %	0,2407	0,08146	Двухпараметрическое Вейбулла
Эксцентриситет, %	5,170	1,639	Двухпараметрическое Вейбулла
Остаточное напряжение, МПа	– 124,95	23,195	Гаусса
Неопределенность модели	0,9681	0,05257	Гаусса

c) по данным таблицы F.5 и номинальной детерминистической нагрузке L_{nom} вычисляют прогнозируемую вероятность отказа φ_f. Используя FORM, для L_{nom}, равной 42,06 МПа, получают φ_f, равное $4{,}511 \cdot 10^{-3}$. Этого недостаточно для того, чтобы φ_f соответствовало требуемому уровню надежности TRL, поэтому увеличивают L_{nom} до значения, указанного в таблице F.6.

Таблица F.6 — Прогнозируемая вероятность отказа для различных уровней нагрузки

L_{nom}, МПа	φ_f
42,06	$4{,}511 \cdot 10^{-3}$
42,13	$4{,}769 \cdot 10^{-3}$
42,20	$5{,}039 \cdot 10^{-3}$

d) интерполяцией получим проектную стойкость к смятию 42,19 МПа.

F.4.1.3 Трубы нескольких размеров

Необходимо определить проектную стойкость к смятию труб разных размеров группы прочности Р110, изготовленных на стане FD00 и подвергнутых горячей ротационной правке.

Расчет во многих отношениях аналогичен расчету для труб одного размера, но размеры труб (средние значения наружного диаметра и толщины стенки) для этого расчета необходимо обобщить путем использования интервала позиций из пространства данных. Затем вычисляют вероятность отказа и проектную стойкость к смятию (при помощи понижающих множителей $k_{e\ des}$ и $k_{y\ des}$) для каждой позиции, как это описано ниже.

a) Для каждой позиции в пространстве данных находят D/t при помощи формул (38) и (39) по заданным значениям σ_{ymn}, E и ν. Формулы (38) и (39) невозможно решить непосредственно относительно D/t при заданном значении P_y/P_e, и поэтому их решают либо методом итерации, либо при помощи электронных таблиц.

Для примера ниже приведено итерационное решение для $\log_{10}(P_y/P_e)$, равного минус 0,5. Для D/t, равного 10,4, получаем

$$P_y = (2 \cdot 758{,}45\ \text{МПа}/10{,}4) \cdot (1 + 0{,}5/10{,}4) = 152{,}87\ \text{МПа};$$

$$P_e = (2 \cdot 206850\ \text{МПа}/(1 - 0{,}28^2) \cdot 10{,}4\ (10{,}4 - 1)^2) = 488{,}49\ \text{МПа};$$

$$\log_{10}(P_y/P_e) = \log_{10}(152{,}87/488{,}49) = -0{,}5045.$$

В таблице F.7 приведены остальные итерации, а в таблице F.8 — конечные значения D/t для каждой позиции пространства данных.

Таблица F.7 — Итерационное определение D/t

D/t	P_y, МПа	P_e, МПа	$\log_{10}(P_y/P_e)$
10,40	152,87	488,49	–0,5045
10,50	151,35	473,70	–0,4955
10,44	152,26	482,50	–0,5009
10,45	152,10	481,02	–0,5000

Таблица F.8 — Определение D/t для каждой позиции в пространстве данных

$\log_{10}(P_y/P_e)$	D/t	P_y, МПа	P_e, МПа
–0,5	10,45	152,10	481,02
–0,3	12,95	121,66	242,74
–0,1	16,10	97,15	122,30
0,1	20,07	77,48	61,54
0,3	25,06	61,74	30,94
0,5	31,35	49,15	15,55

b) Средний наружный диаметр и толщину стенки находят умножением номинального значения на смещение для номинального наружного диаметра, например для наружного диаметра 244,48 мм и $\log_{10}(P_y/P_e)$, равного минус 0,5, получаем:

- среднее значение среднего наружного диаметра:

$$244{,}48 \cdot 1{,}0070 = 246{,}19\ \text{мм};$$

- среднее значение средней толщины стенки:

$$(244,48/10,45) \cdot 1,0068 = 23,55 \text{ мм};$$

- стандартное отклонение средней толщины стенки

$$23,55 \cdot 0,0217 = 0,511 \text{ мм}.$$

Остальные параметры PDF такие же, как указаны в таблице F.5.

c) Затем вычисляют L_{nom} для каждой позиции в пространстве данных, используя формулу (37) с заданными значениями D, t, σ_{ymn}, E и ν [или эквивалентными значениями P_e и P_y из перечисления *a*)]. Коэффициент $k_{1\,des}$ находят следующим образом [см. формулу (36) и таблицу F.4];

d) $k_{1\,des} = (0,127 \cdot 0,241) + (0,0039 \cdot 5,170) - [0,440 \cdot (-0,142)] + 0 = 0,11325$.

Начальные значения $k_{e\,des} = 0,825$ и $k_{y\,des} = 0,91$ являются обычно приемлемым выбором. В таблице F.9 приведены результаты расчета.

Примечание — Значения L_{nom} для второй и третьей итерации вычисляли в рамках перечисления e), но приведены для краткости здесь.

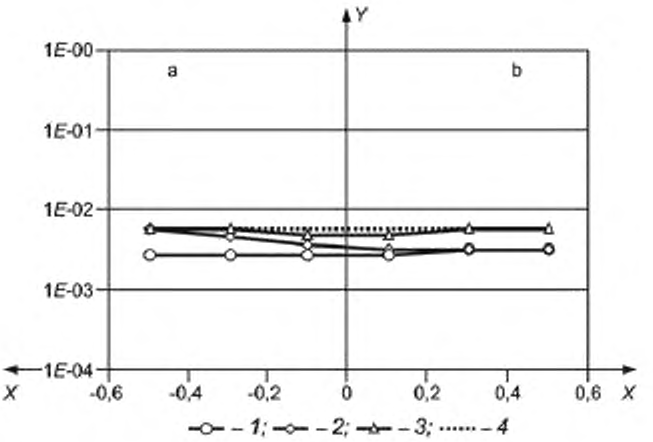
Таблица F.9 — Номинальные детерминистические нагрузки

Показатель	Итерация		
	1	2	3
$k_{e\,des}$	0,825	0,825	0,840
$k_{y\,des}$	0,910	0,925	0,925
$\log_{10}(P_y/P_e)$	L_{nom}, МПа		
–0,5	131,09	133,09	133,27
–0,3	99,56	100,92	101,23
–0,1	70,21	70,89	71,42
0,1	43,10	43,29	43,87
0,3	23,59	23,64	24,02
0,5	12,29	12,31	12,52

e) Затем для каждой позиции вычисляют прогнозируемую вероятность отказа φ_f при определенной L_{nom}, для чего использовался вероятностный анализ по формуле (49). Здесь φ_f — вероятность того, что стойкость к смятию трубы будет меньше L_{nom}. На рисунке F.1 показано значение φ_f в зависимости от позиции в пространстве данных. Расчет проводился по программе FORM.

Примечание — Кривые итераций 2 и 3 рассчитаны в рамках перечисления e), но для краткости приведены здесь.

f) Далее итерационным методом находят наиболее подходящие значения $k_{e\,des}$ и $k_{y\,des}$. Как показано на рисунке F.1, значение φ_f для первой итерации намного ниже требуемого уровня надежности TRL и составляет в среднем $2,59 \cdot 10^{-3}$. Увеличение $k_{e\,des}$ увеличивает L_{nom} в упругой области и тем самым, вероятно, увеличит φ_f. Это повернет правый (упругий) конец кривой вверх. Подобным же образом увеличение $k_{y\,des}$ повернет вверх левый (пластический) конец кривой. Желательно поднять оба конца кривой, однако для наглядности это будет сделано по отдельности. Для второй итерации $k_{y\,des}$ увеличено до 0,925 — это повысило L_{nom}, как показано в таблице F.9, и φ_f, как показано на рисунке F.1. Пластический конец кривой теперь оказался примерно на нужной точке. Упругий конец еще находится слишком низко, как и среднее значение $\varphi_f = 3,53 \cdot 10^{-3}$. Для третьей итерации повысили $k_{e\,des}$ до 0,84. Это дало наилучшее приближение к требуемому уровню надежности со средним значением $\varphi_f = 4,83 \cdot 10^{-3}$.



[a] Пластическая область.
[b] Упругая область.

1—3 — номера итерации; *4* — требуемая надежность

Примечания
1 По оси *X* — log (отношение пластической и упругой прочности).
2 По оси *Y* — вероятность отказа.
3 Бесшовные трубы группы прочности Р110, изготовленные на стане FD00, подвернутые горячей ротационной правке.

Рисунок F.1 — Калибровка для труб нескольких размеров, изготовленных на стане FD00, после горячей ротационной правки

g) Найденные конечные значения $k_{\varphi\ des}$ и $k_{y\ des}$ используют для определения проектных давлений смятия для труб требуемых размеров и массы, см. таблицу F.10. Для этого используют формулу (37) вместе с заданными значениями D, t, σ_{ymn}, E, ν, а также $k_{t\ des}$ из формулы (F.1). Для сравнения в таблице F.10 приведены показатели прочности на смятие по стандарту [9]. Следует отметить, что стойкость к смятию трубы наружным диаметром 244,48 мм, толщиной стенки 11,99 мм, группы прочности Р110, подвергнутой горячей ротационной правке, равная 42,10 МПа, не намного ниже, чем проектная стойкость к смятию для труб такого же размера [42,19 МПа, F.4.1.2, перечисление d)]. Разница вызвана тем, что стойкость к смятию здесь определяли как наилучшее приближение к линии заданного уровня надежности TRL (см. рисунок F.1), а не как точное значение для заданного уровня надежности TRL в предыдущем случае.

Таблица F.10 — Проектная стойкость к смятию труб, изготовленных на одном стане

Наружный диаметр, толщина стенки, группа прочности и состояние поставки труб	Стойкость к смятию по [9], МПа	Проектная стойкость к смятию, МПа	Увеличение, %
473,08 мм, 11,13 мм, Р110, горячая ротационная правка	3,56	4,07	14,3
339,73 мм, 13,06 мм, Р110, горячая ротационная правка	19,86	21,55	8,5
244,48 мм, 11,99 мм, Р110, горячая ротационная правка	36,54	42,10	15,2
177,80 мм, 11,51 мм, Р110, горячая ротационная правка	74,33	76,93	3,5
Примечание — Проектные значения стойкости к смятию не относятся к трубам, подвергнутым холодной ротационной правке.			

F.4.2 Малые массивы данных

Необходимо определить проектную стойкость к смятию труб наружным диаметром 244,48 мм, толщиной стенки 11,99 мм, группы прочности Р110, изготовленных на стане FD00, подвергнутых горячей ротационной правке по фактическим размерам массивов данных:

a) определяют входные переменные параметры PDF. Они такие же, как указано в таблице F.5, но здесь они рассматриваются как случайные, а не как детерминистические переменные;

b) определяют неопределенности выборок. При помощи метода по F.3.3 получают значения, приведенные в таблице F.12;

c) находят случайные реализации параметров PDF. В таблице F.11 приведены первые и последние реализации. Они были получены путем генерирования случайных отклонений с помощью электронной таблицы.

Таблица F.11 — Случайная реализация параметров PDF для труб группы прочности Р110, изготовленных на стане FD00, после горячей ротационной правки

Переменная	Параметр	Распределение	Реализация					
			1	2	3	..	9999	1000
Средний наружный диаметр, мм	Среднее значение	Гаусса	246,197	246,190	246,195	...	246,210	246,261
	Стандартное отклонение	Гаусса	0,01871	0,02082	0,01819	...	0,01908	0,01903
Средняя толщина стенки, мм	Среднее значение	Гаусса	12,095	12,085	12,0244	...	12,0421	12,0447
	Стандартное отклонение	Гаусса	0,01039	0,01048	0,00962	...	0,00992	0,00956
Предел текучести, МПа	Среднее значение	Гаусса	870,149	875,665	874,976	...	876,355	874,976
	Стандартное отклонение	Гаусса	4,300	2,839	4,336	...	4,996	4,911
Овальность, %	B	Гаусса	0,2628	0,2670	0,2763	...	0,2712	0,2765
	C	Логорифмическое нормальное	3,219	3,229	3,251	...	3,213	3,240
Эксцентриситет, %	B	Гаусса	5,706	5,739	5,829	...	5,847	5,543
	C	Логорифмическое нормальное	3,524	3,590	3,579	...	3,438	3,392
Остаточное напряжение, МПа	Среднее значение	Гаусса	–121,973	–119,766	–123,489	...	–126,247	–125,765
	Стандартное отклонение	Гаусса	3,493	3,251	3,559	...	3,204	3,333
Неопределенность модели	Среднее значение	Гаусса	0,9608	0,9619	0,9675	...	0,9718	0,9648
	Стандартное отклонение	Гаусса	0,04822	0,04796	0,05816	...	0,04933	0,05664

Таблица F.12 — Неопределенности выборок

Переменная	Выборки	Распределение Гаусса		Двухпараметрическое распределение Вейбулла	
		Среднее значение	Стандартное отклонение	*B*	*C*
		Среднее значение и стандартное отклонение	Среднее значение и стандартное отклонение	Среднее значение и стандартное отклонение	Среднее значение и стандартное отклонение
Средний наружный диаметр, мм	203	246,20; 0,001286	0,465328; 0,000909	—	—
Средняя толщина стенки, мм	132	12,07008; 0,000898	0,261874; 0,000635	—	—
Предел текучести, МПа	46	879,802; 0,6660	31,144715; 0,4709	—	—
Овальность, %	204	—	—	0,2689; 0,005747	3,276; 0,04123
Эксцентриситет, %	194	—	—	5,745; 0,1171	3,510; 0,06634
Остаточное напряжение, МПа	54	– 124,9374; 0,4578	23,19478; 0,3237	—	—
Неопределенность модели	75	0,9681; 0,006070	0,05257; 0,004292	—	—

d) для каждой реализации вычисляют прогнозируемую вероятность отказа φ_f. В таблице F.13 приведены значения φ_f для первых и последних реализаций при L_{nom}, равной 41,09 МПа. Все значения вычисляли по программе FORM.

Таблица F.13 — Прогнозируемая вероятность отказа для каждой реализации при L_{nom}, равной 41,09 МПа

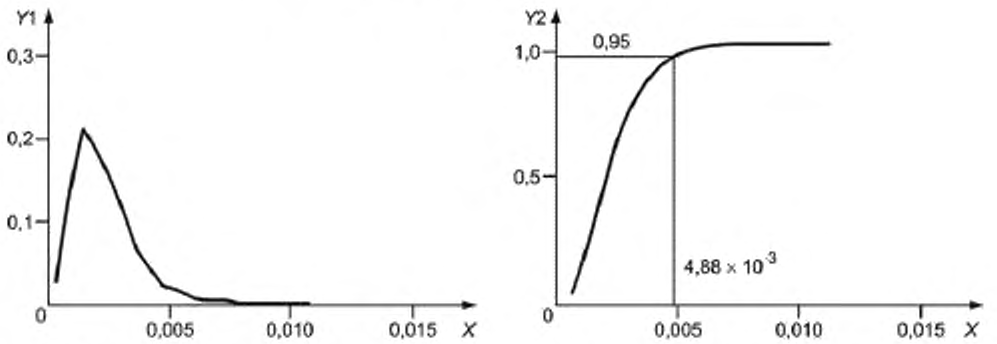
Реализация	φ_f
1	$1{,}641 \cdot 10^{-3}$
2	$1{,}488 \cdot 10^{-3}$
3	$3{,}947 \cdot 10^{-3}$
...	...
9999	$1{,}516 \cdot 10^{-3}$
10000	$3{,}357 \cdot 10^{-3}$

e) распределение вероятностей φ_f (рисунок F.2) находят подсчетом числа появлений φ_f в каждом интервале. Принят доверительный интервал 95 %, который получен интерполяцией кумулятивной плотности;

f) при L_{nom}, равной 41,09 МПа, 95 %-ная доверительная вероятность отказа $\varphi_{f\,0,95}$ составляет $4{,}66 \cdot 10^{3}$ (рисунок F.2). Это несколько заниженное значение, и поэтому необходимо увеличить L_{nom}. В таблице F.14 приведена зависимость между L_{nom} и $\varphi_{f\,0,95}$. Проектная стойкость к смятию должна быть такой, чтобы значение $\varphi_{f\,0,95}$ совпало с заданным уровнем надежности TRL. Путем интерполяции была получена проектная стойкость к смятию 41,184 МПа, или примерно на 2,4 % ниже, чем значение, полученное при обработке значительного массива данных.

Таблица F.14 — Калибровка для труб наружным диаметром 244,48 мм, толщиной стенки 11,99 мм, группы прочности Р110, изготовленных на стане FD00, подвергнутых горячей ротационной правке для незначительного массива данных

L_{nom}, МПа	$\varphi_{40,95}$
41,09	$4{,}663 \cdot 10^{-3}$
41,16	$4{,}919 \cdot 10^{-3}$
41,23	$5{,}186 \cdot 10^{-3}$



a – Функция распределения вероятностей PDF

b – Функция кумулятивного распределения CDF

Примечания

1 По оси *X* — вероятность отказа.

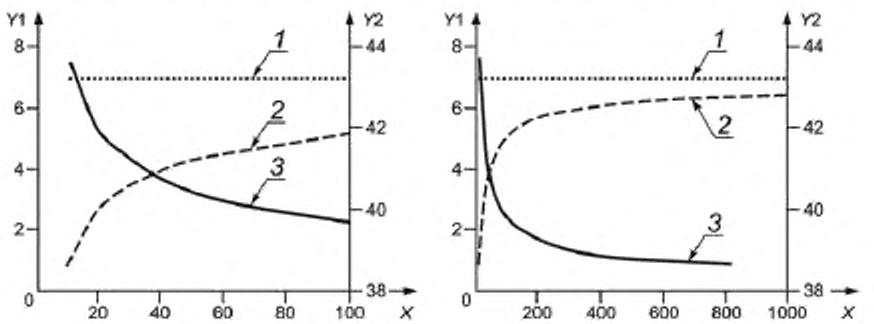
2 По оси *Y1* — плотность вероятностей.

3 По оси *Y2* — кумулятивная вероятность.

4 Труба наружным диаметром 244,48 мм, толщиной стенки 11,99 мм, группы прочности Р110, изготовленная на стане FD00, подвергнутая горячей ротационной правке.

Рисунок F.2 — Прогнозируемая вероятность отказов PDF и CDF при L_{nom}, равной 41,09 МПа

На рисунке F.3 показано, как стойкость к смятию меняется в зависимости от размера массива данных в гипотетическом случае, когда размер всех массивов входных данных одинаков (см. [44]). Эти кривые специфичны для данного случая и не должны рассматриваться как общее руководство.



1 – значительный массив данных; *2* — стойкость к смятию; *3* — уменьшение стойкости к смятию

Примечания

1 По оси *X* — размер массива данных.

2 По оси *Y1* — уменьшение прочности по сравнению со значительным массивом, %.

3 По оси *Y2* — стойкость к смятию, МПа.

4 Трубы наружным диаметром 244,48 мм, толщиной стенки 11,99 мм, группы прочности Р110, изготовленные на стане FD00, подвергнутые горячей ротационной правке.

Рисунок F.3 — Уменьшение проектной стойкости труб к смятию в зависимости от размера массива данных

Приложение G
(справочное)

Испытание труб на смятие

G.1 Общие положения

При применении испытания для приемки стандартных труб испытание должно проводиться в соответствии с настоящим приложением.

G.2 Образец

Минимальная длина образца для испытания на смятие должна быть равной:

- восьми наружным диаметрам — при номинальном наружном диаметре 244,48 мм и менее;
- семи наружным диаметрам — при номинальном наружном диаметре более 244,48 мм.

Кроме материала пробы для изготовления образца для испытания на смятие, материала пробы должно быть достаточно для изготовления образцов для испытаний на остаточные напряжения и растяжение (см. рисунок G.1).

G.3 Испытательная аппаратура

Испытательная аппаратура должна обеспечивать приложение испытательного давления по всей длине образца и не должна накладывать на образец механические и гидравлические радиальные или осевые нагрузки и вызывать внутреннее давление. При испытании на смятие при совместном действии наружного давления и осевой нагрузки аппаратура должна обеспечивать поддержание осевой нагрузки во время приложения наружного давления с точностью ± 1 % заданного значения.

Испытательная камера должна быть оснащена манометром для отсчета максимального давления, соединенного с камерой во время испытания. Манометр должен быть сертифицирован изготовителем и иметь точность не менее 0,5 % шкалы.

Манометр должен быть оснащен системой демпфирования для замедления сброса давления после смятия образца. Манометр должен подвергаться калибровке через каждые 6 мес или чаще, если есть основания сомневаться в его точности. В пределах рабочего интервала погрешность не должна превышать 1 %.

G.4 Измерения, проводимые до испытания на смятие

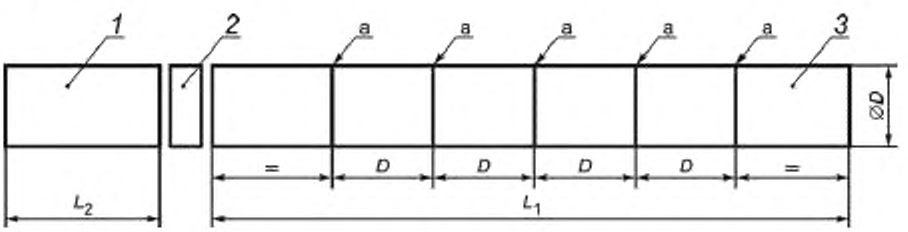
G.4.1 Общие положения

Перед проведением испытания необходимо точно измерить размеры трубы, предел текучести металла и остаточные напряжения, как это описано далее.

G.4.2 Размеры трубы

G.4.2.1 Общие положения

В пяти сечениях, равномерно распределенных по длине трубы (рисунок G.1), измеряют средний наружный диаметр, среднюю толщину стенки, ее овальность и эксцентриситет. Порядок измерения и обработки результатов описан в G.4.2.2—G.4.2.5.



[a] Пять участков, равномерно распределенных по длине трубы, на которых измеряют средний наружный диаметр, среднюю толщину стенки, овальность и вычисляют эксцентриситет по результатам измерения толщины стенки.

1 — образец для определения остаточных напряжений; *2* — образец для испытания на растяжение; *3* — образец для испытания на смятие; *D* — наружный диаметр; L_1 — минимальная длина образца для испытания на смятие; L_2 — минимальная длина образца для определения остаточных напряжений

Рисунок G.1 — Измерения, проводимые перед испытанием трубы на смятие

G.4.2.2 Средний наружный диаметр

Средний наружный диаметр определяют, измеряя окружность трубы.

G.4.2.3 Средняя толщина стенки

Толщину стенки измеряют ***в одном сечении*** в 8 точках через каждые 45° и вычисляют среднее значение. Толщину стенки измеряют и регистрируют с точностью до 0,1 мм.

G.4.2.4 Овальность

Овальность измеряют при помощи специального калибра АПИ для измерения овальности или эквивалентного прибора. Измерения следует выполнять по всей окружности, а не через равные интервалы, например 45°. Овальность вычисляют как $100(D_{max} - D_{min})/D_{ave}$, где D_{ave} — средний наружный диаметр по G.4.2.2.

G.4.2.5 Эксцентриситет

Эксцентриситет вычисляют как $100(t_{c\,max} - t_{c\,min})/t_{c\,ave}$, где $t_{c\,max}$ и $t_{c\,min}$ — наибольшая и наименьшая толщина стенки по результатам измерений ***в одном сечении*** в 8 точках по окружности, как указано в G.4.2.3, мм, а $t_{c\,ave}$ — средняя толщина стенки, мм.

G.4.3 Предел текучести

Каждый образец для испытания на смятие должен быть также подвергнут испытанию на растяжение. Образец для испытания на растяжение отбирают от трубы рядом с образцом для испытания на смятие (рисунок G.1). Испытание на растяжение проводят в соответствии с *ГОСТ Р 53366*.

Если металл для испытания на растяжение вырезали газовой резкой, то образец не должен быть изготовлен из металла, находящегося в зоне термического влияния резки.

G.4.4 Остаточные напряжения

G.4.4.1 Измерение и расчет

При каждом испытании на смятие также определяют величину остаточных напряжений, для чего используют метод испытания С-образного образца. С-образный образец отрезают от трубы рядом с концом образца для испытания на смятие (рисунок G.1). Для того чтобы обеспечить точное определение остаточных напряжений, длина образца должна быть не менее двух наружных диаметров трубы, как рекомендуется в [46]. Более короткие образцы показывают заниженные значения остаточных напряжений. Допускается использовать два метода определения остаточных напряжений:

a) на образцах полной длины $L/D \geq 2$;

b) на коротких образцах ($2 > L/D \geq 0{,}5$), при этом полученные остаточные напряжения корректируют по калибровочной кривой для данной трубы с учетом длины образца. Построение и использование калибровочных кривых — по G.4.4.2.

Калибровочная кривая может быть использована при всех дальнейших испытаниях на смятие труб, изготовленных данным производственным процессом. При любом изменении процесса (например, температуры отпуска, метода правки и т. п.) необходимо повторить испытание и пересчитать кривую.

Испытание на смятие проводят в соответствии со стандартом [47] со следующим изменением: остаточное напряжение σ_{res} вычисляют по формуле

$$\sigma_{res} = \frac{E t_{c\,ave}\left(\frac{1}{D_{bc}} - \frac{1}{D_{ac}}\right)}{1 - \nu^2}, \qquad (G.1)$$

где E — модуль Юнга, равный 206,9 ГПа;

$t_{c\,ave}$ — средняя толщина стенки трубы, мм;

D_{bc} — средний наружный диаметр трубы до надреза, мм;

D_{ac} — средний наружный диаметр трубы после надреза, мм;

ν — коэффициент Пуассона, равный 0,28.

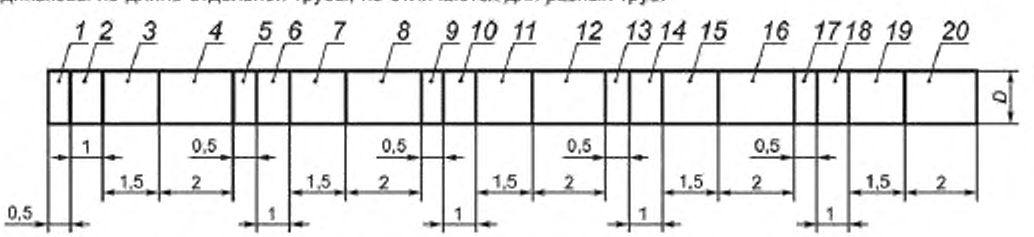
Примечание — Для данной формулы используют фактические значения $t_{c\,ave}$.

Расчет дает отрицательное значение остаточных напряжений, если наружный диаметр С-образного образца после надреза увеличивается, и положительное напряжение, если он уменьшается. Это соответствует соглашению о знаке напряжений, *приведенном в стандарте [3], приложение F*.

G.4.4.2 Поправка на длину образца

G.4.4.2.1 Общие положения

Кривые поправок должны быть основаны на результатах испытаний 20 образцов длиной от 0,5*D* до 2,0*D*. Испытание проводят на С-образном образце, как описано в G.4.4.1. Длина образцов и их последовательность показаны на рисунке G.2. Все образцы отрезают от одной трубы, поскольку остаточные напряжения примерно одинаковы по длине отдельной трубы, но отличаются для разных труб.


1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20
D
1
0,5
1,5
2
0,5
1
0,5
1
0,5
1

Для каждого отношения *L*/*D* определяют среднее остаточное напряжение и делят его на среднее остаточное напряжение для *L*/*D*, равного 2,0, таким образом находят зависимость отношения прогнозируемого и фактического напряжений от длины образца, а график этой зависимости представляет собой кривую поправок. Считают, что при *L*/*D*, равном 2, линия становится горизонтальной. На рисунке G.3 приведен пример построения кривой. Для каждой группы прочности и каждого типа термообработки должна быть построена своя кривая. Так, трубы группы прочности N80, подвергнутые нормализации, и трубы этой же группы прочности, подвергнутые закалке и отпуску, требуют построения отдельных кривых.

G.4.4.2.2 Пример использования поправок

На С-образном образце длиной 0,75*D* полученное значение остаточного напряжения равно минус 162,45 МПа. По кривой, заранее построенной для соответствующей группы прочности и режима термообработки (рисунок G.3), поправочный коэффициент (отношение прогнозируемого к фактическому остаточному напряжению) равен 0,804. Поэтому фактическое остаточное напряжение составляет

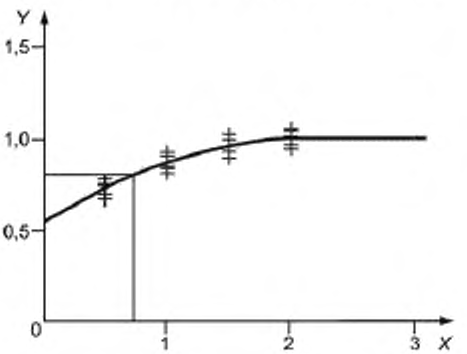
$$\sigma_{res} = -162,45/0,804 = -202,05 \text{ МПа}.$$

G.5 Процедура испытания

Наружную поверхность образца подвергают действию гидростатического давления, которое должно возрастать постепенно, чтобы можно было определить давление смятия с допустимой точностью. Испытание может быть проведено с приложением осевой нагрузки или без нее. В первом случае сначала прилагается осевая нагрузка, которая во время приложения давления выдерживается постоянной.

G.6 Регистрация результатов испытания

Регистрацию результатов испытания проводят, как показано в таблице G.1. Геометрические параметры трубы (средний наружный диаметр, средняя толщина стенки, овальность и эксцентриситет) являются средними значениями, определенными в пяти разных сечениях. Рекомендуется оформление данных в электронном формате.



Примечания

1 По оси *X* — отношение *L*/*D* образца.

2 По оси *Y* — отношение прогнозируемого к фактическому остаточному напряжению.

При испытании образцов от одной трубы соответствующей группы прочности и режима термообработки получены следующие значения прогнозируемого остаточного напряжения.

Таблица G.1

Показатель	Отношение длины образца к номинальному наружному диаметру трубы *L*/*D*			
	0,5	1,0	1,5	2,0
Прогнозируемое остаточное напряжение	–27,60 –27,97 –24,66 –25,76 –28,70	–31,28 –33,49 –34,22 –30,91 –29,81	–36,43 –37,54 –35,14 –34,22 –33,12	–37,35 –38,64 –35,33 –34,78 –37,90
Среднее значение	–26,94	–31,94	–35,29	–36,80
Прогнозируемое напряжение	–26,94	–31,94	–35,29	–36,80
Фактическое напряжение	–36,80	–36,80	–36,80	–36,80
Отношение прогнозируемого и фактического остаточных напряжений	0,732	0,868	0,959	1

Рисунок G.3 — Пример построения кривой поправок для определения остаточного напряжения

Таблица G.2 — Пример регистрации результатов испытаний на смятие

Номинальный наружный диаметр D, мм	Толщина стенки t, мм	Группа прочности	Процесс изготовления трубы[a]	Термообработка[b]	Предел текучести, МПа	Средний наружный диаметр[c], мм	Овальность[c, d], %	Средняя толщина стенки, мм	Эксцентриситет[c, e], %	Правка[f]	Остаточное напряжение[g], МПа	L/D[h]	Осевое напряжение[i], МПа	Давление смятия, МПа
177,80	9,19	P110	SR	QT	812,92	178,99	0,085	9,25	12,4	CG	−192,37	11,2	83,43	56,33
177,80	9,19	P110	SR	QT	831,54	178,92	0,241	9,30	6,8	CG	−176,51	11,2	78,60	53,37
177,80	9,19	P110	SR	QT	814,99	178,97	0,185	9,22	9,0	CG	−193,75	11,2	0	52,20
177,80	9,19	P110	SR	QT	793,61	178,97	0,170	9,30	22,5	CG	−166,86	11,2	0	52,75
177,80	9,19	P110	SR	QT	781,89	178,89	0,071	9,22	9,9	CG	−239,26	11,2	0	57,30

[a] Процесс изготовления. SP — бесшовная труба, автомат-стан, SM — бесшовная труба, оправочный стан; SR — бесшовная труба, стан с плавающей оправкой; SS — бесшовная труба, редуцированная, SE — бесшовная труба, горячеэкспондированная; WE — электросварная труба; WL — труба, сваренная лазерной сваркой; WS — труба, сваренная дуговой сваркой под флюсом.

[b] Вид термообработки или деформационного упрочнения. AR — в состоянии после прокатки, CR — контролируемая прокатка, NR — нормализация, NT — нормализация и отпуск, QT — закалка и отпуск, CP — холодная прокатка, CD — холодное волочение.

[c] Среднее значение по окружности.

[d] Овальность, рассчитываемая как [100 (максимальный наружный диаметр — минимальный наружный диаметр)/средний наружный диаметр].

[e] Эксцентриситет, рассчитываемый как [100 (максимальная толщина стенки — минимальная толщина стенки)/средняя толщина стенки].

[f] Вид правки: NS — без правки, CG — холодная продольная правка, CX — холодная поперечная правка, CS — холодная правка со снятием напряжений, HR — горячая ротационная правка.

[g] Сжатие по внутренней поверхности считается отрицательным, поэтому остаточные напряжения считаются отрицательными, если наружный диаметр С-образного образца после надреза увеличивается, и положительными, если он уменьшается.

[h] L — длина С-образного образца, D — номинальный наружный диаметр.

[i] Растяжение считается положительным

Приложение Н
(справочное)

Расчет прочности соединений

Н.1 Общие положения

Прочность резьбовых соединений является показателем прочности конструкции, а не показателем герметичности соединения. Для обсадных труб предельная нагрузка может рассчитываться по текучести или по разрушению/срыву резьбы соединения. Для насосно-компрессорных труб, когда колонна труб может многократно подниматься и опускаться в скважину, предельная нагрузка обычно определяется по текучести соединения.

Н.2 Формулы проектной прочности при растяжении стандартных соединений обсадных труб

Н.2.1 Общие положения

Приведенные далее положения по прочности при растяжении соединений относятся к соединениям обсадных труб, изготовленных в соответствии с *ГОСТ Р 53366* с резьбовыми соединениями по *ГОСТ Р 51906* и *ГОСТ Р 53365*.

Н.2.2 Прочность соединений обсадных труб с треугольной резьбой

Н.2.2.1 Формулы предельных значений

Предельные значения прочности соединений обсадных труб с треугольной резьбой вычисляют, выбирая меньшее из двух значений: прочности тела трубы на участке с резьбой или прочности витков резьбы на срез.

Расчет предельной прочности тела трубы проводят по следующей формуле

$$P_j = A_{jp}\sigma_{up}. \quad (Н.1)$$

Расчет предельной прочности витков резьбы на срез проводят по следующей формуле

$$P_j = A_{jp} L_{et}\left[\frac{0{,}74D^{-0{,}59}\,\sigma_{up}}{0{,}5L_{et} + 0{,}14D} + \frac{\sigma_{yp}}{L_{et} + 0{,}14D}\right], \quad (Н.2)$$

где

$$A_{jp} = \frac{\pi}{4}[(D - 3{,}6195)^2 - d^2], \quad (Н.3)$$

при этом P_j — прочность соединения, Н;

A_{jp} — площадь поперечного сечения трубы в плоскости последнего витка резьбы с полным профилем, мм^2;

σ_{up} — предел прочности представительного образца при растяжении для тела трубы, МПа;

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

D — номинальный наружный диаметр трубы, мм;

σ_{yp} — предел текучести представительного образца при растяжении для тела трубы, МПа;

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

t — номинальная толщина стенки трубы, мм.

Н.2.2.2 Расчетные формулы

Расчет прочности соединений обсадных труб с треугольной резьбой проводят по меньшему из двух значений: прочности тела трубы на участке с резьбой или прочности витков резьбы на срыв.

Расчет на прочность тела трубы проводят по следующей формуле

$$P_j = 0{,}95A_{jp}\sigma_{umnp}. \quad (Н.4)$$

Расчет на прочность витков резьбы на срыв проводят по следующей формуле

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

где

$$A_{jp} = \frac{\pi}{4}[(D - 0{,}1425)^2 - d^2], \quad (Н.6)$$

при этом P_j — прочность соединения, Н;

A_{jp} — площадь поперечного сечения трубы в плоскости последнего витка резьбы с полным профилем, мм^2;

σ_{umnp} — заданный минимальный предел прочности при растяжении для тела трубы, МПа;

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

D — номинальный наружный диаметр трубы, мм;

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

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

t — номинальная толщина стенки трубы, мм.

Н.2.2.3 Обоснование

Формулы (Н.4) и (Н.5) применяются для обоих типов соединений обсадных труб с треугольной резьбой SC и LC.

Коэффициент 0,95 в формулах (Н.4) и (Н.5) учитывает статистическую погрешность формулы множественной регрессии и позволяет использовать минимальные показатели прочности вместо средних значений.

Подробности разработки формул (Н.4) и (Н.5) — см. стандарт [3].

Н.2.2.4 Прочность муфт

Н.2.2.4.1 Формулы предельных значений

Если размеры муфты таковы, что ее разрушение произойдет раньше, чем разрушение тела трубы или резьбы, то расчет прочности муфты проводят по следующей формуле

$$P_j = A_{jc}\sigma_{uc}, \tag{Н.7}$$

где P_j — прочность соединения, Н;

A_{jc} — площадь поперечного сечения муфты, равная $\frac{\pi}{4}\left(D_M^2 - d_1^2\right)$, мм^2;

D_M — номинальный наружный диаметр обычной муфты, мм;

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

σ_{uc} — предел прочности представительного образца при растяжении для муфты, МПа.

$$d_1 = E_1 - (L_1 + A)T_d + H - 2s_m, \tag{Н.8}$$

где d_1 — диаметр впадины резьбы муфты в плоскости торца трубы при механическом свинчивании, мм;

E_1 — средний диаметр резьбы в плоскости ручного свинчивания, мм;

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

A — натяг при ручном свинчивании, мм;

H — высота исходного профиля треугольной резьбы, мм;

s_m — срез по впадинам профиля треугольной резьбы, мм;

T_d — конусность, мм/мм.

Н.2.2.4.2 Расчетная формула

Если размеры муфты таковы, что ее разрушение произойдет раньше, чем разрушение тела трубы или резьбы, то расчет прочности муфты проводят по следующей формуле

$$P_j = 0{,}95A_{jc}\sigma_{umnc}. \tag{Н.9}$$

где P_j — прочность соединения, Н;

A_{jc} — площадь поперечного сечения муфты, равная $\frac{\pi}{4}\left(D_M^2 - d_1^2\right)$, мм^2;

D_M — номинальный наружный диаметр муфты, мм;

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

σ_{umnc} — заданный минимальный предел прочности при растяжении для муфты, МПа.

$$d_1 = E_1 - (L_1 + A)T_d + H - 2s_m, \tag{Н.10}$$

где d_1 — диаметр впадины резьбы муфты в плоскости торца трубы при механическом свинчивании, мм;

E_1 — средний диаметр резьбы в плоскости ручного свинчивания, мм;

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

A — натяг при ручном свинчивании, мм;

H — высота исходного профиля треугольной резьбы, мм;

s_m — срез по впадинам профиля треугольной резьбы, мм;

T_d — конусность, мм/мм.

Н.2.3 Прочность соединений обсадных труб с *трапецеидальной резьбой*

Н.2.3.1 Формула предельных значений

Предельные значения прочности соединений обсадных труб с *трапецеидальной* резьбой определяют, выбирая меньшее из двух значений: прочности резьбы трубы или прочности резьбы муфты.

Расчет на прочность резьбы трубы проводят по следующей формуле

$$P_j = A_p \sigma_{up} \left[1{,}008 - 0{,}00156 \left(1{,}083 - \frac{\sigma_{yp}}{\sigma_{up}} \right) D \right]. \quad (Н.11)$$

Расчет на прочность резьбы муфты проводят по следующей формуле

$$P_j = A_{jc} \sigma_{uc}, \quad (Н.12)$$

где P_j — прочность соединения, Н;

A_p — площадь поперечного сечения трубы, равная $\frac{\pi}{4}(D^2 - d^2)$, мм^2;

D — номинальный наружный диаметр трубы, мм;

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

t — номинальная толщина стенки трубы, мм;

σ_{up} — предел прочности представительного образца при растяжении для тела трубы, МПа;

σ_{yp} — предел текучести представительного образца при растяжении для тела трубы, МПа;

A_{jc} — площадь поперечного сечения муфты, равная $\frac{\pi}{4}\left(D_M^2 - d_1^2\right)$, мм^2;

D_M — номинальный наружный диаметр муфты, мм;

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

σ_{uc} — предел прочности представительного образца при растяжении для муфты, МПа.

$$d_1 = E_7 - (L_7 + A_B) T_d + h_B, \quad (Н.13)$$

где d_1 — диаметр впадины резьбы муфты в плоскости торца трубы при механическом свинчивании, мм;

E_7 — средний диаметр резьбы в основной плоскости, мм;

L_7 — длина резьбы трубы с полным профилем, мм;

A_B — для соединения ВС — расстояние от торца муфты до основания треугольного клейма при ручном свинчивании, ***для соединений ОТТГ и ОТТМ — расстояние от торца муфты до конца сбега резьбы на трубе при ручном свинчивании, мм;***

T_d — конусность, мм/мм;

h_B — высота профиля трапецеидальной резьбы, мм.

Н.2.3.2 Расчетная формула

Расчет прочности соединений обсадных труб с *трапецеидальной* резьбой определяют, выбирая меньшее из двух значений: прочности резьбы трубы или прочности резьбы муфты.

Расчет на прочность резьбы трубы проводят по следующей формуле

$$P_j = 0{,}95 A_p \sigma_{umnp} \left[1{,}008 - 0{,}00156 \left(1{,}083 - \frac{\sigma_{ymnp}}{\sigma_{umnp}} \right) D \right]. \quad (Н.14)$$

Расчет на прочность резьбы муфты проводят по следующей формуле

$$P_j = 0{,}95 A_{jc} \sigma_{umnc}, \quad (Н.15)$$

где P_j — прочность соединения, Н;

A_p — площадь поперечного сечения трубы, равная $\frac{\pi}{4}(D^2 - d^2)$, мм^2;

D — номинальный наружный диаметр трубы, мм;

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

t — номинальная толщина стенки трубы, мм;

σ_{umnp} — заданный минимальный предел прочности при растяжении для тела трубы, МПа;

σ_{ymnp} — заданный минимальный предел текучести при растяжении для тела трубы, МПа;

A_{jc} — площадь поперечного сечения муфты, равная $\frac{\pi}{4}\left(D_M^2 - d_1^2\right)$, мм^2;

D_M — номинальный наружный диаметр муфты, мм;

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

σ_{umnc} — заданный минимальный предел прочности при растяжении для муфты, МПа.

$$d_1 = E_7 - (L_7 + A_B)T_d + h_B, \quad (Н.16)$$

где d_1 — диаметр впадины резьбы муфты в плоскости торца трубы при механическом свинчивании, мм;
E_7 — средний диаметр резьбы в основной плоскости, мм;
L_7 — длина резьбы трубы с полным профилем, мм;
A_B — для соединения ВС — расстояние от торца муфты до основания треугольного клейма при ручном свинчивании, ***для соединений ОТТГ и ОТТМ — расстояние от торца муфты до конца сбега резьбы на трубе при ручном свинчивании,*** мм;
T_d — конусность, мм/мм;
h_B — высота профиля трапецеидальной резьбы, мм.

Н.2.3.3 Обоснование

Подробности разработки формул (Н.14) и (Н.15) — см. [48].

Н.2.4 Прочность при растяжении соединений стандартных насосно-компрессорных труб

Н.2.4.1 Общие положения

Приведенные далее данные о прочности соединения относятся к соединениям насосно-компрессорных труб, изготовленных в соответствии с *ГОСТ Р 53366* с резьбовыми соединениями по *ГОСТ Р 51906* ***и ГОСТ Р 53365.***

Н.2.4.2 Прочность соединений насосно-компрессорных труб с невысаженными концами

Н.2.4.2.1 Общие положения

Прочность соединения насосно-компрессорных труб с невысаженными концами ***и треугольной резьбой*** рассчитывают как произведение предела текучести и площади поперечного сечения трубы под последним полным витком резьбы. Площадь критического сечения обычных и специальных муфт для насосно-компрессорных труб всегда заведомо больше критического сечения труб в соединении и не влияет на его прочность.

Прочность соединения насосно-компрессорных труб с невысаженными концами и трапецеидальной резьбой рассчитывают по Н.2.3.

Н.2.4.2.2 Формула предельных значений

Прочность при растяжении соединения насосно-компрессорных труб с невысаженными концами ***и треугольной резьбой*** составляет

$$P_j = \sigma_y \left\{ \frac{\pi}{4} \left[\left(D_4 - 2h_s \right)^2 - d^2 \right] \right\}, \quad (Н.17)$$

где P_j — прочность соединения, Н;
σ_y — предел текучести представительного образца при растяжении, МПа;
D_4 — наружный диаметр резьбы трубы, мм;
h_s — высота профиля треугольной резьбы, мм;
d — внутренний диаметр трубы, равный $(D - 2t)$, мм;
D — номинальный наружный диаметр трубы, мм;
t — номинальная толщина стенки трубы, мм.

Н.2.4.2.3 Расчетная формула

Прочность при растяжении соединения насосно-компрессорных труб с невысаженными концами и ***треугольной резьбой*** составляет

$$P_j = \sigma_{ymn} \left\{ \frac{\pi}{4} \left[\left(D_4 - 2h_s \right)^2 - d^2 \right] \right\}, \quad (Н.18)$$

где P_j — прочность соединения, Н;
σ_{ymn} — заданный минимальный предел текучести при растяжении, МПа;
D_4 — наружный диаметр резьбы трубы, мм;
h_s — высота профиля треугольной резьбы, мм;
d — внутренний диаметр трубы, равный $(D - 2t)$, мм;
D — номинальный наружный диаметр трубы, мм;
t — номинальная толщина стенки трубы, мм.

Н.2.4.3 Прочность соединений насосно-компрессорных труб с высаженными концами

Н.2.4.3.1 Общие положения

Прочность соединения насосно-компрессорных труб с высаженными концами ***и треугольной резьбой*** рассчитывают как произведение предела текучести и площади поперечного сечения тела трубы. Площадь поперечного сечения трубы под последним полным витком резьбы насосно-компрессорных труб с высаженными концами больше площади поперечного сечения тела трубы. Площадь поперечного сечения обычных и специальных муфт для насосно-компрессорных труб также больше площади основного критического сечения труб в соединении и не влияет на его прочность.

Н.2.4.3.2 Формула предельных значений

Предельные значения прочности при растяжении для соединений насосно-компрессорных труб с высаженными концами ***и треугольной резьбой*** вычисляют по следующей формуле

$$P_j = \sigma_y \left[\frac{\pi}{4} \left(D^2 - d^2 \right) \right], \qquad (Н.19)$$

где P_j — прочность соединения, Н;

σ_y — предел текучести представительного образца при растяжении, МПа;

D — номинальный наружный диаметр трубы, мм;

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

t — номинальная толщина стенки трубы, мм.

Н.2.4.3.3 Расчетная формула

Расчет прочности при растяжении для соединений насосно-компрессорных труб с высаженными концами ***и треугольной резьбой*** проводят по следующей формуле

$$P_j = \sigma_{ymn} \left[\frac{\pi}{4} \left(D^2 - d^2 \right) \right], \qquad (Н.20)$$

где P_j — прочность соединения, Н;

σ_{ymn} — заданный минимальный предел текучести при растяжении, МПа;

D — номинальный наружный диаметр трубы, мм;

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

t — номинальная толщина стенки трубы, мм.

Приложение I
(справочное)

Таблицы расчетных показателей

I.1 Общие положения

Все приведенные в настоящем приложении расчетные показатели предполагают эксплуатацию труб, соответствующих требованиям *ГОСТ Р 53366* в обычной окружающей среде. Эксплуатация труб в другой среде может потребовать дополнительного анализа, например описанного в приложении D.

I.2 Таблицы расчетных показателей

Таблица I.1 — Расчетные показатели для обсадных труб при действии внутреннего и наружного давлений

Наружный диаметр D, мм	Толщина стенки t, мм	Внутренний диаметр d, мм	Группа прочности	Переменная/искусственный дефект (надрез)		Диаметр оправки, мм	Наружный диаметр муфты, мм		Соответствующий номер раздела или формулы													
									Раздел 8	(9)	(8)	(14)	(10) (65)									
									Минимальное внутреннее давление возникновения текучести, МПа													
									Стойкость к смятию, МПа	Тело трубы			Тип соединения									
										Внутренняя текучесть		Пластическое разрушение			Баттресс				ОТТМ		ОТТГ	
										Формула Ламе—фон Мизеса			SC	LC	Обычная муфта		Специальная муфта		Обычная муфта	Специальная муфта	Обычная муфта	Специальная муфта
				k_a	a_h, %		Обычная муфта D_M	Специальная муфта D_c		Открытый торец	Торцевое уплотнение	Торцевое уплотнение			Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Низкие группы прочности	Высокие группы прочности				
101,60	6,50	88,60	J55	2	12,5	85,42	114,00	110,00	39,7	42,1	46,1	43,1	—	—	—	—	—	—	42,4	39,9	—	—
101,60	6,50	88,60	K55	2	12,5	85,42	114,00	110,00	39,7	42,1	46,1	54,6	—	—	—	—	—	—	42,4	39,9	—	—
101,60	6,50	88,60	L80 9Cr	2	12,5	85,42	114,00	110,00	50,9	61,3	67,2	54,6	—	—	—	—	—	—	61,8	58,1	—	—
101,60	6,50	88,60	L80	1	12,5	85,42	114,00	110,00	52,1	61,3	67,2	66,9	—	—	—	—	—	—	61,8	58,1	—	—
101,60	6,50	88,60	N80	2	12,5	85,42	114,00	110,00	52,2	61,3	67,2	58,1	—	—	—	—	—	—	61,8	58,1	—	—
101,60	6,50	88,60	N80	1	12,5	85,42	114,00	110,00	52,1	61,3	67,2	70,4	—	—	—	—	—	—	61,8	58,1	—	—
101,60	6,50	88,60	P110	1	12,5	85,42	114,00	110,00	65,1	84,2	92,3	89,1	—	—	—	—	—	—	84,9	79,8	—	—
101,60	6,50	88,60	P110	1	5	85,42	114,00	110,00	65,1	84,2	92,3	98,5	—	—	—	—	—	—	84,9	79,4	—	—
114,30	5,21	103,88	H40	2	12,5	100,70	127,00	—	19,2	21,8	24,3	23,9	21,9	—	—	—	—	—	—	—	—	—
114,30	5,69	102,92	H40	2	12,5	99,74	127,00	—	22,0	23,9	26,5	26,3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
114,30	6,35	101,60	H40	2	12,5	98,42	127,00	—	25,5	26,7	29,4	29,4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
114,30	7,37	99,56	H40	2	12,5	96,38	127,00	—	30,9	30,9	33,9	34,4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
114,30	8,56	97,18	H40	2	12,5	94,00	127,00	—	37,0	35,8	38,9	40,2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
114,30	5,21	103,88	J55	2	12,5	100,70	127,00	—	23,4	30,1	33,4	30,2	30,2	—	—	—	—	—	—	—	—	—
114,30	5,69	102,92	J55	2	12,5	99,74	127,00	123,83	27,4	32,9	36,4	33,1	33,0	-	33,0	33,0	33,0	33,0	—	—	—	—
114,30	6,35	101,60	J55	2	12,5	98,42	127,00	123,83	32,5	36,7	40,4	37,1	36,9	36,9	36,9	36,9	36,9	36,9	36,8	31,8	—	—
114,30	7,37	99,56	J55	2	12,5	96,38	127,00	123,83	40,1	42,4	45,5	43,5	—	42,8	—	—	—	—	42,8	39,8	—	—
114,30	8,56	97,18	J55	2	12,5	94,00	127,00	123,83	48,5	49,1	52,5	50,8	—	49,7	—	—	—	—	49,7	39,7	49,7	43,6

Продолжение таблицы I.1

Наружный диаметр D, мм	Толщина стенки t, мм	Внутренний диаметр d, мм	Группа прочности	Переменная/искусственный дефект (надрез)		Диаметр оправки, мм	Наружный диаметр муфты, мм		Соответствующий номер раздела или формулы													
									Раздел 8	(9)	(8)	(14)	(10) (65)									
									Минимальное внутреннее давление возникновения текучести, МПа													
										Тело трубы			Типсоединения									
									Стойкость к смятию, МПа	Внутренняя текучесть. Формула Ламе—фон Мизеса		Пластическое разрушение	SC	LC	Баттрёсс				ОТТМ		ОТТГ	
															Обычная муфта		Специальная муфта					
				k_h	a_h, %		Обычная муфта D_M	Специальная муфта D_C		Открытый торец	Торцевое уплотнение	Торцевое уплотнение			Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Обычная муфта	Специальная муфта	Обычная муфта	Специальная муфта
114,30	5,21	103,88	K55	2	12,5	100,70	127,00	—	23,4	30,1	33,4	38,3	30,2	—	—	—	—	—	—	—	—	—
114,30	5,69	102,92	K55	2	12,5	99,74	127,00	123,83	27,4	32,9	36,4	42,0	33,0	—	33,0	33,0	33,0	33,0	—	—	—	—
114,30	6,35	101,60	K55	2	12,5	98,42	127,00	123,83	32,5	36,7	40,4	47,0	36,9	36,9	36,9	36,9	36,9	36,9	36,8	31,8	—	—
114,30	7,37	99,56	K55	2	12,5	96,38	127,00	123,83	40,1	42,3	46,5	55,0	—	42,8	—	—	—	—	42,8	39,8	—	—
114,30	8,56	97,18	K55	2	12,5	94,00	127,00	123,83	48,5	49,1	53,5	64,4	—	49,7	—	—	—	—	49,7	39,7	49,7	43,6
114,30	5,21	103,88	M65	2	12,5	100,70	127,00	123,83	25,6	35,6	39,5	34,5	35,7	—	—	—	—	—	—	—	—	—
114,30	5,69	102,92	M65	2	12,5	99,74	127,00	123,83	3039	38,9	43,0	37,7	39,0	—	39,0	—	39,0	—	—	—	—	—
114,30	6,35	101,60	M65	2	12,5	98,42	127,00	123,83	36,5	43,3	47,7	42,2	—	43,5	43,5	—	43,5	—	43,6	43,6	—	—
114,30	7,37	99,56	M65	2	12,5	96,38	127,00	123,83	45,7	50,1	54,9	49,3	—	50,5	50,5	—	50,5	—	50,6	47,0	—	—
114,30	8,56	97,18	M65	2	12,5	94,00	127,00	123,83	55,8	58,1	63,2	57,6	—	58,7	—	—	—	—	58,7	47,0	58,7	51,6
114,30	5,21	103,88	M65	1	12,5	100,70	127,00	123,83	25,6	35,6	39,5	41,5	35,7	—	—	—	—	—	—	—	—	—
114,30	5,69	102,92	M65	1	12,5	99,74	127,00	123,83	30,3	38,9	43,0	45,5	39,0	—	39,0	—	39,0	—	—	—	—	—
114,30	6,35	101,60	M65	1	12,5	98,42	127,00	123,83	36,5	43,3	47,7	51,1	—	43,5	43,5	—	43,5	—	43,6	43,6	—	—
114,30	7,37	99,56	M65	1	12,5	96,38	127,00	123,83	45,8	50,1	54,9	59,7	—	50,5	50,5	—	50,5	—	50,6	47,0	—	—
114,30	8,56	97,18	M65	1	12,5	94,00	127,00	123,83	55,8	58,1	63,2	69,8	—	—	—	—	—	—	58,7	47,0	58,7	51,6
114,30	6,35	101,60	L80 9Cr	2	12,5	98,42	127,00	123,83	40,5	53,3	58,7	47,5	—	53,6	53,6	—	53,6	—	53,7	53,7	—	—
114,30	7,37	99,56	L80 9Cr	2	12,5	96,38	127,00	123,83	51,6	61,7	67,6	55,5	—	62,1	62,1	—	55,1	—	62,3	58,0	—	—
114,30	8,56	97,18	L80 9Cr	2	12,5	94,00	127,00	123,83	63,7	71,6	77,9	68,5	—	72,3	—	—	—	—	70,4	58,0	72,37	63,5
114,30	10,20	93,90	L80 9Cr	2	12,5	90,72	127,00	123,83	79,6	84,9	91,6	82,5	—	73,5	—	—	—	—	70,4	58,0	75,8	63,5
114,30	6,35	101,60	L80	1	12,5	98,42	127,00	123,83	41,3	53,3	58,7	57,5	—	53,6	53,6	—	53,6	—	53,7	53,7	—	—
114,30	7,37	99,56	L80	1	12,5	96,38	127,00	123,83	52,7	61,7	67,6	67,2	—	62,1	62,1	—	55,1	—	62,3	58,0	—	—
114,30	8,56	97,18	L80	1	12,5	94,00	127,00	123,83	65,3	71,6	77,9	83,1	—	72,3	—	—	—	—	70,4	58,0	72,37	63,5
114,30	10,20	93,90	L80	1	12,5	90,72	127,00	123,83	81,8	84,9	91,6	100,1	—	73,5	—	—	—	—	70,4	58,0	75,8	63,5
114,30	6,35	101,60	N80	2	12,5	98,42	127,00	123,83	41,3	53,3	58,7	50,1	—	53,6	53,6	—	53,6	—	53,7	53,7	—	—
114,30	7,37	99,56	N80	2	12,5	96,38	127,00	123,83	52,7	61,7	67,6	58,4	—	62,1	62,1	—	55,1	—	62,3	58,0	—	—
114,30	8,56	97,18	N80	2	12,5	94,00	127,00	123,83	65,3	71,6	77,9	68,5	—	72,3	—	—	—	—	70,4	58,0	72,37	63,5
114,30	10,20	93,90	N80	2	12,5	90,72	127,00	123,83	81,8	84,9	91,6	82,5	—	73,5	—	—	—	—	70,4	58,0	75,8	63,5

Продолжение таблицы I 1

Наружный диаметр D, мм	Толщина стенки t, мм	Внутренний диаметр d, мм	Группа прочности	Переменная/искусственный дефект (надрез)		Диаметр оправки, мм	Наружный диаметр муфты, мм		Соответствующий номер раздела или формулы													
									Раздел 8	(9)	(8)	(14)	(10) (65)									
									Минимальное внутреннее давление возникновения текучести, МПа													
									Стойкость к смятию, МПа	Тело трубы			Тип соединения									
										Внутренняя текучесть		Пластическое разрушение	SC	LC	Баттрёсс				ОТТМ		ОТТГ	
										Формула Ламе—фон Мизеса					Обычная муфта		Специальная муфта					
				k_h	a_N, %		Обычная муфта D_M	Специальная муфта D_C		Открытый торец	Торцевое уплотнение	Торцевое уплотнение			Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Обычная муфта	Специальная муфта	Обычная муфта	Специальная муфта
114,30	6,35	101,60	N80	1	12,5	98,42	127,00	123,83	41,3	53,3	58,7	60,6	—	53,6	53,6	53,6	53,6	53,6	53,7	53,7	—	—
114,30	7,37	99,56	N80	1	12,5	96,38	127,00	123,83	52,7	61,7	67,6	70,7	—	62,1	62,1	62,1	55,1	62,1	62,3	58,0	—	—
114,30	8,56	97,18	N80	1	12,5	94,00	127,00	123,83	65,3	71,6	77,9	83,1	—	72,3	—	—	—	—	70,4	58,0	72,37	63,5
114,30	10,20	93,90	N80	1	12,5	90,72	127,00	123,83	81,8	84,9	91,6	100,1	—	73,5	—	—	—	—	70,4	58,0	75,8	63,5
114,30	6,35	101,60	C90	1	5	98,42	127,00	123,83	44,1	59,9	66,1	67,2	—	60,3	60,3	—	60,3	—	60,4	60,4	—	—
114,30	7,37	99,56	C90	1	5	96,38	127,00	123,83	56,8	69,4	76,0	78,5	—	69,9	69,9	—	61,9	—	70,1	65,2	—	—
114,30	8,56	97,18	C90	1	5	94,00	127,00	123,83	70,6	80,5	87,6	91,9	—	81,4	—	—	—	—	79,2	65,2	81,4	71,5
114,30	10,20	93,90	C90	1	5	90,72	127,00	123,83	88,7	95,5	103,0	110,9	—	82,7	—	—	—	—	79,2	65,2	85,3	71,5
114,30	6,35	101,60	R95	1	12,5	98,42	127,00	123,83	45,3	63,3	69,7	64,0	—	63,7	63,7	—	63,7	—	63,7	63,7	—	—
114,30	7,37	99,56	R95	1	12,5	96,38	127,00	123,83	59,1	73,2	80,3	74,8	—	73,8	73,8	—	65,4	—	73,9	68,8	73,9	75,4
114,30	8,56	97,18	R95	1	12,5	94,00	127,00	123,83	74,2	84,9	92,4	87,5	—	85,8	—	—	—	—	83,6	68,8	85,8	75,4
114,30	10,20	93,90	R95	1	12,5	90,72	127,00	123,83	93,9	100,7	108,7	105,9	—	87,2	—	—	—	—	83,6	68,8	90,0	75,4
114,30	6,35	101,60	T95	1	5	98,42	127,00	123,83	46,5	63,3	69,7	70,8	—	63,7	63,7	—	63,7	—	63,7	63,7	—	—
114,30	7,37	99,56	T95	1	5	96,38	127,00	123,83	60,6	73,2	80,3	82,7	—	73,8	73,8	—	65,4	—	73,9	68,8	73,9	75,4
114,30	8,56	97,18	T95	1	5	94,00	127,00	123,83	76,1	84,9	92,4	97,2	—	85,8	—	—	—	—	83,6	68,8	85,8	75,4
114,30	10,20	93,90	T95	1	5	90,72	127,00	123,83	96,1	100,7	108,7	117,3	—	87,2	—	—	—	—	83,6	68,8	90,0	75,4
114,30	6,35	101,60	P110	1	12,5	98,42	127,00	123,83	49,3	73,2	80,8	76,8	—	73,7	73,7	73,7	73,7	73,7	73,7	73,7	—	—
114,30	7,37	99,56	P110	1	12,5	96,38	127,00	123,83	65,8	84,8	92,9	89,7	—	85,5	85,5	85,5	75,7	85,5	85,5	79,6	85,5	85,5
114,30	8,56	97,18	P110	1	12,5	94,01	127,00	123,83	84,2	98,3	106,9	105,1	—	99,4	92,7	99,4	75,7	86,1	96,7	79,6	99,3	87,2
114,30	10,20	93,90	P110	1	12,5	90,72	127,00	123,83	107,9	116,6	125,7	126,5	—	100,9	—	—	—	—	96,7	79,6	104,2	87,2
114,30	6,35	101,60	P110	1	5	98,42	127,00	123,83	49,3	73,2	80,8	84,9	—	73,7	73,7	73,7	73,7	73,7	73,7	73,7	—	—
114,30	7,37	99,56	P110	1	5	96,38	127,00	123,83	65,8	84,8	92,9	99,2	—	85,5	85,5	85,5	75,7	85,5	85,5	79,6	85,5	85,5
114,30	8,56	97,18	P110	1	5	94,01	127,00	123,83	84,2	98,3	106,9	116,3	—	99,4	92,7	99,4	75,7	86,1	96,7	79,6	99,3	87,2
114,30	10,20	93,90	P110	1	5	90,72	127,00	123,83	107,9	116,6	125,7	140,5	—	100,9	—	—	—	—	96,7	79,6	104,2	87,2
114,30	6,35	101,60	Q125	1	5	98,42	127,00	—	53,0	83,3	91,9	92,3	—	83,8	—	—	—	—	83,8	—	—	—
114,30	7,37	99,56	Q125	1	5	96,38	127,00	—	72,2	96,5	105,7	108,0	—	97,3	—	—	—	—	97,3	—	—	—
114,30	8,56	97,18	Q125	1	5	94,01	127,00	—	93,8	111,6	121,5	126,6	—	112,9	105,4	—	—	—	110,0	—	113,0	—

Продолжение таблицы I 1

Наружный диаметр D мм	Толщина стенки t мм	Внутренний диаметр d мм	Группа прочности	Переменная/искусственный дефект (надрез)		Диаметр оправки мм	Наружный диаметр муфты мм		Соответствующий номер раздела или формулы															
									Раздел 8	(9)	(8)	(14)	(10) (65)											
									Минимальное внутреннее давление возникновения текучести МПа															
										Тело трубы			Тип соединения											
										Внутренняя текучесть		Пластическое разрушение			Баттрёс				ОТТМ		ОТТГ			
										Формула Ламе—фон Мизеса					Обычная муфта		Специальная муфта							
				k_h	a_h %		Обычная муфта $D_м$	Специальная муфта D_c	Стойкость к смятию, МПа	Открытый торец	Торцевое уплотнение	Торцевое уплотнение	SC	LC	Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Обычная муфта	Специальная муфта	Обычная муфта	Специальная муфта
114,30	10,20	93,90	Q125	1	5	90,72	127,00	—	121,5	132,5	143,0	152,7	—	114,8	—	—	—	—	110,0	—	118,4	—
114,30	6,35	101,60	Q135	1	5	98,42	127,00	—	54,6	69,9	99,1	99,7	—	90,4	—	—	—	—	90,4	—	—	—
114,30	7,37	99,56	Q135	1	5	96,38	127,00	—	75,4	104,1	114,1	116,7	—	104,9	—	—	—	—	104,9	—	—	—
114,30	8,56	97,18	Q135	1	5	94,00	127,00	—	99,1	120,6	131,2	136,7	—	121,9	—	—	—	—	118,6	—	121,9	—
114,30	10,20	93,90	Q135	1	5	90,72	127,00	—	129,5	143,0	154,3	165,0	—	123,8	—	—	—	—	118,6	—	127,6	—
127,00	5,59	115,82	J55	2	12,5	112,64	141,30	—	22,0	29,1	32,3	29,1	29,2	—	—	—	—	—	—	—	—	—
127,00	6,43	114,14	J55	2	12,5	110,96	141,30	136,53	28,1	33,4	36,9	33,7	33,6	33,6	33,6	33,6	33,6	33,6	33,6	33,6	—	—
127,00	7,52	111,96	J55	2	12,5	108,78	141,30	136,53	35,7	39,0	42,9	39,6	39,3	39,3	39,3	39,3	35,3	39,3	39,3	39,3	—	—
127,00	9,19	108,62	J55	2	12,5	105,44	141,30	136,53	46,5	47,5	50,8	49,0	—	48,0	—	—	—	—	48,0	36,4	48,0	39,9
127,00	10,70	105,60	J55	2	12,5	102,42	141,30	136,53	55,9	55,1	58,6	57,5	—	55,1	—	—	—	—	48,1	36,4	51,4	39,9
127,00	5,59	115,82	K55	2	12,5	112,64	141,30	—	22,0	29,1	32,3	36,9	29,2	—	—	—	—	—	—	—	—	—
127,00	6,43	114,14	K55	2	12,5	110,96	141,30	136,53	28,1	33,4	36,9	42,6	33,6	33,6	33,6	33,6	33,6	33,6	33,6	33,6	—	—
127,00	7,52	111,96	K55	2	12,5	108,78	141,30	136,53	35,7	39,0	42,9	50,2	39,3	39,3	39,3	39,3	35,3	39,3	39,3	39,3	—	—
127,00	9,19	108,62	K55	2	12,5	105,44	141,30	136,53	46,5	47,5	51,8	62,1	—	48,0	—	—	—	—	48,0	36,4	48,0	39,9
127,00	10,70	105,60	K55	2	12,5	102,42	141,30	136,53	55,9	55,1	59,6	72,9	—	51,2	—	—	—	—	48,1	36,4	51,4	39,9
127,00	5,59	115,82	M65	2	12,5	112,64	141,30	—	23,8	34,4	38,2	33,2	34,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—
127,00	6,43	114,14	M65	2	12,5	110,96	141,30	136,53	31,2	39,5	43,7	38,4	39,7	39,7	39,7	—	39,7	—	39,7	39,7	—	—
127,00	7,52	111,96	M65	2	12,5	108,78	141,30	136,53	40,4	46,1	50,7	45,1	—	46,4	46,4	—	46,4	—	46,4	43,1	—	—
127,00	9,19	108,62	M65	2	12,5	105,44	141,30	136,53	53,4	56,2	61,3	55,7	—	56,8	56,8	—	51,4	—	56,7	43,1	56,7	46,2
127,00	11,10	104,80	M65	2	12,5	101,63	141,30	136,53	67,6	67,5	72,9	67,9	—	68,5	68,3	—	51,4	—	56,8	43,1	60,8	47,2
127,00	5,59	115,82	M65	1	12,5	112,64	141,30	—	23,8	34,4	38,2	40,1	34,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—
127,00	6,43	114,14	M65	1	12,5	110,96	141,30	136,53	31,2	39,5	43,7	46,3	39,7	39,7	39,7	—	39,7	—	39,7	39,7	—	—
127,00	7,52	111,96	M65	1	12,5	108,78	141,30	136,53	40,4	46,1	50,7	54,6	—	46,4	46,4	—	46,4	—	46,4	43,1	—	—
127,00	9,19	108,62	M65	1	12,5	105,44	141,30	136,53	53,4	56,2	61,3	67,5	—	56,8	56,8	—	51,4	—	56,7	43,1	56,7	46,2
127,00	11,10	104,80	M65	1	12,5	101,63	141,30	136,53	67,6	67,5	72,9	82,4	—	68,5	68,3	—	51,4	—	56,8	43,1	60,8	47,2
127,00	6,43	114,14	L80 9Cr	2	12,5	110,96	141,30	136,53	34,2	48,7	53,8	43,4	—		—	—	—	—	48,9	48,9	—	—
127,00	7,52	111,96	L80 9Cr	2	12,5	108,78	141,30	136,53	45,1	56,7	62,4	50,8	—	57,1	57,1	—	51,4	—	57,2	53,1	—	—

Продолжение таблицы I 1

Наружный диаметр D, мм	Толщина стенки t, мм	Внутренний диаметр d, мм	Группа прочности	Переменная/искусственный дефект (надрез)		Диаметр оправки, мм	Наружный диаметр муфты, мм		Соответствующий номер раздела или формулы													
									Раздел 8	(9)	(8)	(14)	(10) (65)									
									Минимальное внутреннее давление возникновения текучести, МПа													
									Стойкость к смятию, МПа	Тело трубы			Тип соединения									
										Внутренняя текучесть		Пластическое разрушение	SC	LC	Баттресс				ОТТМ		ОТТГ	
										Формула Ламе—фон Мизеса					Обычная муфта		Специальная муфта					
							Обычная муфта D_M	Специальная муфта D_C		Открытый торец	Торцевое уплотнение	Торцевое уплотнение			Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Обычная муфта	Специальная муфта	Обычная муфта	Специальная муфта
				k_h	σ_N, %																	
127,00	9,19	108,62	L80 9Cr	2	12,5	105,44	141,30	136,53	60,8	69,1	75,4	62,7	—	69,9	68,3	—	51,4	—	69,9	53,1	69,9	58,1
127,00	*10,70*	*105,60*	*L80 9Cr*	*2*	*12,5*	*102,42*	141,30	136,53	*74,1*	*80,3*	*86,9*	*73,8*	—		—	—	—	—	*70,0*	53,1	*74,9*	*58,1*
127,00	11,10	104,80	L80 9Cr	2	12,5	101,63	141,30	136,53	77,6	83,1	89,7	76,4	—	74,5	68,3	—	51,4	—	70,0	53,1	74,9	58,1
127,00	12,14	102,72	L80 9Cr	2	12,5	99,54	141,30	136,53	86,5	90,6	97,4	84,1	—	74,5	68,3	—	51,4	—	—	—	—	—
127,00	12,70	101,60	L80 9Cr	2	12,5	98,43	141,30	136,53	91,1	94,6	101,4	88,2	—	74,5	68,3	—	51,4	—	—	—	—	—
127,00	*6,43*	*114,14*	*L80*	*1*	*12,5*	*110,96*	141,30	136,53	*34,7*	*48,7*	*53,8*	*52,4*	—	*48,9*	—	—	—	—	*48,9*	*48,9*	—	—
127,00	7,52	111,96	L80	1	12,5	108,78	141,30	136,53	46,1	56,7	62,4	61,5	—	57,1	57,1	—	51,4	—	57,2	53,1	—	—
127,00	9,19	108,62	L80	1	12,5	105,44	141,30	136,53	62,3	69,1	75,4	75,9	—	69,9	68,3	—	51,4	—	69,9	53,1	69,9	58,1
127,00	*10,70*	*105,60*	*L80*	*1*	*12,5*	*102,42*	141,30	136,53	*76,1*	*80,3*	*86,9*	*89,5*	—	*74,5*	—	—	—	—	*70,0*	53,1	*74,9*	*58,1*
127,00	11,10	104,80	L80	1	12,5	101,63	141,30	136,53	79,7	83,1	89,7	92,8	—	74,5	68,3	—	51,4	—	70,0	53,1	74,9	58,1
127,00	12,14	102,72	L80	1	12,5	99,54	141,30	136,53	86,9	90,6	97,4	102,2	—	74,5	68,3	—	51,4	—	—	—	—	—
127,00	12,70	101,60	L80	1	12,5	98,43	141,30	136,53	93,8	94,6	101,4	107,2	—	74,5	68,3	—	51,4	—	—	—	—	—
127,00	*6,43*	*114,14*	*N80*	*2*	*12,5*	*110,96*	141,30	136,53	*35,1*	*48,7*	*53,8*	*45,6*	—	*48,9*	—	—	—	—	*48,9*	*48,9*	—	—
127,00	7,52	111,96	N80	2	12,5	108,78	141,30	136,53	46,7	56,7	62,4	53,5	—	57,1	57,1	—	51,4	—	57,2	53,1	—	—
127,00	9,19	108,62	N80	2	12,5	105,44	141,30	136,53	63,2	69,1	75,4	66,0	—	69,9	68,3	—	51,4	—	69,9	53,1	69,9	58,1
127,00	*10,70*	*105,60*	*N80*	*2*	*12,5*	*102,42*	141,30	136,53	*77,3*	*80,3*	*86,9*	*77,6*	—	*74,5*	—	—	—	—	*70,0*	53,1	*74,9*	*58,1*
127,00	11,10	104,80	N80	2	12,5	101,63	141,30	136,53	80,9	83,1	89,7	80,5	—	74,5	68,3	—	51,4	—	70,0	53,1	74,9	58,1
127,00	12,14	102,72	N80	2	12,5	99,54	141,30	136,53	90,3	90,6	97,4	88,5	—	74,5	68,3	—	51,4	—	—	—	—	—
127,00	12,70	101,60	N80	2	12,5	98,43	141,30	136,53	95,3	94,6	101,4	92,8	—	74,5	68,3	—	51,4	—	—	—	—	—
127,00	*6,43*	*114,14*	*N80*	*1*	*12,5*	*110,96*	141,30	136,53	*35,1*	*48,7*	*53,8*	*55,1*	—	*48,9*	—	—	—	—	*48,9*	*48,9*	—	—
127,00	7,52	111,96	N80	1	12,5	108,78	141,30	136,53	46,7	56,7	62,4	64,7	—	57,1	57,1	57,1	51,4	57,1	57,2	53,1	—	—
127,00	9,19	108,62	N80	1	12,5	105,44	141,30	136,53	63,2	69,1	75,4	79,9	—	69,9	68,3	69,9	51,4	69,9	69,9	53,1	69,9	58,1
127,00	*10,70*	*105,60*	*N80*	*1*	*12,5*	*102,42*	141,30	136,53	*77,3*	*80,3*	*89,8*	*94,2*	—	*74,5*	—	—	—	—	*70,0*	53,1	*74,9*	*58,1*
127,00	11,10	104,80	N80	1	12,5	101,63	141,30	136,53	80,9	83,1	89,7	97,6	—	74,5	68,3	84,3	51,4	70,6	70,0	53,1	74,9	58,1
127,00	12,14	102,72	N80	1	12,5	99,54	141,30	136,53	90,3	90,6	97,4	107,6	—	74,5	68,3	92,2	51,4	70,6	—	—	—	—
127,00	12,70	101,60	N80	1	12,5	98,43	141,30	136,53	95,3	94,6	101,4	112,9	—	74,5	68,3	93,8	51,4	70,6	—	—	—	—
127,00	*6,43*	*114,14*	*C90*	*1*	*5*	*110,96*	141,30	136,53	*37,4*	*54,7*	*60,6*	*60,8*	—	*55,0*	—	—	—	—	*55,0*	*55,0*	—	—

Продолжение таблицы I 1

Наружный диаметр D, мм	Толщина стенки t, мм	Внутренний диаметр d, мм	Группа прочности	Переменная/искусственный дефект (надрез)		Диаметр оправки, мм	Наружный диаметр муфты, мм		Соответствующий номер раздела или формулы															
									Раздел 8	(9)	(8)	(14)	(10) (65)											
										Минимальное внутреннее давление возникновения текучести, МПа														
										Тело трубы			Тип соединения											
															Баттресс				ОТТМ		ОТТГ			
									Стойкость к смятию, МПа	Внутренняя текучесть. Формула Ламе—фон Мизеса		Пластическое разрушение	SC	LC	Обычная муфта		Специальная муфта		Обычная муфта	Специальная муфта	Обычная муфта	Специальная муфта		
							Обычная муфта D_M	Специальная муфта D_C		Открытый торец	Торцевое уплотнение	Торцевое уплотнение			Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Низкие группы прочности	Высокие группы прочности						
				k_h	a_h, %																			
127,00	7,52	111,96	C90	1	5	108,78	141,30	136,53	50,4	63,8	70,2	71,9	—	64,2	64,2	—	57,8	—	64,3	59,7	—	—		
127,00	9,19	108,62	C90	1	5	105,44	141,30	136,53	69,0	77,8	84,8	88,9	—	78,5	76,8	—	57,8	—	78,6	59,7	78,4	65,4		
127,00	11,10	104,80	C90	1	5	101,63	141,30	136,53	88,7	93,4	100,9	108,7	—	83,9	76,8	—	57,8	—	78,8	59,7	84,3	65,4		
127,00	12,14	102,72	C90	1	5	99,54	141,30	136,53	99,1	101,9	109,6	119,8	—	83,9	76,8	—	57,8	—	—	—	—	—		
127,00	12,70	101,60	C90	1	5	98,43	141,30	136,53	104,6	106,5	114,1	125,8	—	83,9	76,8	—	57,8	—	—	—	—	—		
127,00	6,43	114,14	R95	1	12,5	110,96	141,30	136,53	37,5	57,7	63,9	58,3	—	58,0	—	—	—	—	58,0	58,0	—	—		
127,00	7,52	111,96	R95	1	12,5	108,78	141,30	136,53	51,1	67,4	74,1	68,4	—	67,8	67,8	—	61,0	—	67,9	63,0	—	—		
127,00	9,19	108,62	R95	1	12,5	105,44	141,30	136,53	70,6	82,1	89,5	84,5	—	83,0	81,1	—	61,0	—	82,9	63,0	82,9	69,0		
127,00	10,70	105,60	R95	1	12,5	102,42	141,30	136,53	87,2	95,2	103,1	99,6	—		—	—	—	—	83,1	63,0	88,9	69,0		
127,00	11,10	104,80	R95	1	12,5	101,63	141,30	136,53	91,4	98,7	106,5	103,3	—	88,5	81,1	—	61,0	—	83,1	63,0	—	—		
127,00	12,14	102,72	R95	1	12,5	99,54	141,30	136,53	102,4	107,6	115,6	113,8	—	88,5	81,1	—	61,0	—	—	—	—	—		
127,00	12,70	101,60	R95	1	12,5	98,43	141,30	136,53	108,2	112,3	120,4	119,4	—	88,5	81,1	—	61,0	—	—	—	—	—		
127,00	6,43	114,14	T95	1	5	110,96	141,30	136,53	38,4	57,7	63,9	64,3	—	58,0	—	—	—	—	58,0	58,0	—	—		
127,00	7,52	111,96	T95	1	5	108,78	141,30	136,53	52,4	67,4	74,1	75,7	—	67,8	67,8	—	61,0	—	67,9	63,0	—	—		
127,00	9,19	108,62	T95	1	5	105,44	141,30	136,53	72,4	82,1	89,5	93,6	—	83,0	81,1	—	61,0	—	82,9	63,0	82,9	69,0		
127,00	11,10	104,80	T95	1	5	101,63	141,30	136,53	93,6	98,7	106,5	114,4	—	88,5	81,1	—	61,0	—	83,1	63,0	88,9	69,0		
127,00	12,14	102,72	T95	1	5	99,54	141,30	136,53	104,7	107,6	115,6	126,1	—	88,5	81,1	—	61,0	—	—	—	—	—		
127,00	12,70	101,60	T95	1	5	98,43	141,30	136,53	110,8	112,3	120,4	132,4	—	88,5	81,1	—	61,0	—	—	—	—	—		
127,00	6,43	114,14	P110	1	12,5	110,96	141,30	136,53	40,2	66,8	73,9	69,8	—	67,2	—	—	—	—	67,2	67,22	—	—		
127,00	7,52	111,96	P110	1	12,5	108,78	141,30	136,53	56,3	78,0	85,8	82,1	—	78,5	78,5	78,5	70,6	78,5	78,5	72,9	78,5	78,5		
127,00	9,19	108,61	P110	1	12,5	105,44	141,30	136,53	80,2	95,1	103,6	101,4	—	96,0	93,8	96,0	70,6	80,3	96,0	72,9	96,0	79,8		
127,00	10,70	105,60	P110	1	12,5	102,42	141,30	136,53	100,3	110,2	119,3	119,3	—		—	—	—	—	96,2	72,9	102,8	79,8		
127,00	11,10	104,80	P110	1	12,5	101,63	141,30	136,53	105,5	114,2	123,3	124,0	—	102,5	93,8	106,7	70,6	80,3	—	—	—	—		
127,00	12,14	102,72	P110	1	12,5	99,54	141,30	136,53	118,6	124,6	133,9	136,4	—	102,5	93,8	106,7	70,6	80,3	—	—	—	—		
127,00	12,70	101,60	P110	1	12,5	98,43	141,30	136,53	125,6	130,1	139,5	143,2	—	102,5	93,8	106,7	70,6	80,3	—	—	—	—		
127,00	6,43	114,14	P110	1	5	110,96	141,30	136,53	40,2	66,8	73,9	77,1	—	67,2	—	—	—	—	67,2	67,22	—	—		
127,00	7,52	111,96	P110	1	5	108,78	141,30	136,53	56,3	78,0	85,8	90,7	—	78,5	78,5	78,5	70,6	78,5	78,5	72,9	78,5	78,5		

Продолжение таблицы I.1

Наружный диаметр D, мм	Толщина стенки t, мм	Внутренний диаметр d, мм	Группа прочности	Переменная/искусственный дефект (надрез)		Диаметр оправки, мм	Наружный диаметр муфты, мм		Соответствующий номер раздела или формулы													
									Раздел 8	(9)	(8)	(14)	(10) (65)									
									Минимальное внутреннее давление возникновения текучести, МПа													
									Стойкость к смятию, МПа	Тело трубы			Типсоединения									
										Внутренняя текучесть		Пластическое разрушение	SC	LC	Баттрёсс				ОТТМ		ОТТГ	
										Формула Ламе—фон Мизеса					Обычная муфта		Специальная муфта					
				k_h	σ_N, %		Обычная муфта D_M	Специальная муфта D_C		Открытый торец	Торцевое уплотнение	Торцевое уплотнение			Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Обычная муфта	Специальная муфта	Обычная муфта	Специальная муфта
127,00	9,19	108,61	P110	1	5	105,44	141,30	136,53	80,2	95,1	103,6	112,2	—	96,0	93,8	96,0	70,6	80,3	96,0	72,9	96,0	79,8
127,00	10,70	105,60	P110	1	5	102,42	141,30	136,53	100,3	110,2	119,3	132,1	—	102,5	—	—	—	—	96,2	72,9	102,8	79,8
127,00	11,10	104,80	P110	1	5	101,63	141,30	136,53	105,5	114,2	123,3	137,2	—	102,5	93,8	106,7	70,6	80,3	—	—	—	—
127,00	12,14	102,72	P110	1	5	99,54	141,30	136,53	118,6	124,6	133,9	151,2	—	102,5	93,8	106,7	70,6	80,3	—	—	—	—
127,00	12,70	101,60	P110	1	5	98,43	141,30	136,53	125,6	130,1	139,5	158,8	—	102,5	93,8	106,7	70,6	80,3	—	—	—	—
127,00	9,19	108,61	Q125	1	5	105,44	141,30	—	87,6	108,0	117,8	122,1	—	109,1	106,7	—	—	—	109,2	—	109,2	—
127,00	10,70	105,60	Q125	1	5	102,42	141,30	—	111,0	125,3	135,6	143,5	—	116,6	—	—	—	—	109,4	—	117,0	—
127,00	11,10	104,80	Q125	1	5	101,63	141,30	—	117,0	129,8	140,1	149,4	—	116,4	106,7	—	—	—	109,4	—	117,0	—
127,00	12,14	102,72	Q125	1	5	99,54	141,30	—	132,2	141,5	152,1	164,6	—	116,4	106,7	—	—	—	—	—	—	—
127,00	12,70	101,60	Q125	1	5	98,43	141,30	—	140,2	147,8	158,5	172,9	—	116,4	106,7	—	—	—	—	—	—	—
127,00	7,52	111,96	Q135	1	5	108,78	141,30	—	62,1	95,7	105,3	106,6	—	96,4	—	—	—	—	96,4	—	—	—
127,00	9,19	108,62	Q135	1	5	105,44	141,30	—	92,2	116,6	127,1	131,8	—	117,8	—	—	—	—	117,8	—	117,7	—
127,00	10,70	105,60	Q135	1	5	102,42	141,30	—	117,9	135,2	146,3	155,1	—	125,7	—	—	—	—	118,0	—	126,2	—
127,00	11,10	104,80	Q135	1	5	101,62	141,30	—	124,5	140,1	151,4	161,4	—	125,7	—	—	—	—	118,0	—	126,2	—
139,70	6,20	127,30	H40	2	12,5	124,12	153,67	—	18,4	21,3	23,7	23,4	21,4	—	—	—	—	—	21,4	—	—	—
139,70	6,98	125,74	H40	2	12,5	122,56	153,67	—	22,1	24,0	26,6	26,4	24,1	24,1	—	—	—	—	24,1	—	—	—
139,70	7,72	124,26	H40	2	12,5	121,08	153,67	—	25,5	26,5	29,3	29,3	26,7	26,7	—	—	—	—	26,7	—	—	—
139,70	9,17	121,36	H40	2	12,5	118,18	153,67	—	31,6	31,4	34,4	35,0	—	31,0	—	—	—	—	31,7	—	31,7	—
139,70	10,54	118,62	H40	2	12,5	115,44	153,67	—	37,3	36,0	39,2	40,5	—	31,0	—	—	—	—	32,1	—	34,3	—
139,70	6,20	127,30	J55	2	12,5	124,12	153,67	—	22,3	29,3	32,6	29,4	29,4	—	—	—	—	—	29,4	29,4	—	—
139,70	6,98	125,74	J55	2	12,5	122,56	153,67	149,22	27,5	33,0	36,5	33,3	33,1	33,1	33,1	33,1	32,6	33,1	33,1	33,1	—	—
139,70	7,72	124,26	J55	2	12,5	121,08	153,67	149,22	32,3	36,4	40,2	36,9	36,7	36,7	36,7	36,7	32,6	36,7	36,7	34,0	—	—
139,70	9,17	121,36	J55	2	12,5	118,18	153,67	149,22	41,0	43,2	47,3	44,3	—	—	—	—	—	—	43,5	34,0	43,5	37,2
139,70	10,54	118,62	J55	2	12,5	115,44	153,67	149,22	49,0	49,5	53,8	51,2	—	—	—	—	—	—	44,1	34,0	47,2	37,2
139,70	12,70	114,30	J55	2	12,5	111,12	153,67	149,22	61,1	59,3	63,9	62,3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
139,70	6,20	127,30	K55	2	12,5	124,12	153,67	—	22,3	29,3	32,6	37,3	29,4	—	—	—	—	—	29,4	29,4	—	—
139,70	6,98	125,74	K55	2	12,5	122,56	153,67	149,22	27,5	33,0	36,5	42,2	33,1	33,1	33,1	33,1	32,6	33,1	33,1	33,1	—	—

Продолжение таблицы I.1

Наружный диаметр D, мм	Толщина стенки t, мм	Внутренний диаметр d, мм	Группа прочности	Переменная/искусственный дефект (надрез)		Диаметр оправки, мм	Наружный диаметр муфты, мм		Соответствующий номер раздела или формулы													
									Раздел 8	(9)	(8)	(14)	(10) (65)									
									Минимальное внутреннее давление возникновения текучести, МПа													
									Стойкость к смятию, МПа	Тело трубы			Тип соединения									
										Внутренняя текучесть. Формула Ламе—фон Мизеса		Пластическое разрушение	SC	LC	Баттрёсс				ОТТМ		ОТТГ	
															Обычная муфта		Специальная муфта					
				k_h	a_h, %		Обычная муфта D_M	Специальная муфта D_C		Открытый торец	Торцевое уплотнение	Торцевое уплотнение			Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Обычная муфта	Специальная муфта	Обычная муфта	Специальная муфта
139,70	7,72	124,26	K55	2	12,5	121,08	153,67	149,22	32,3	36,4	40,2	46,7	36,7	36,7	36,7	36,7	32,6	36,7	36,7	34,0	—	—
139,70	9,17	121,36	K55	2	12,5	118,18	153,67	149,22	41,0	43,2	47,3	56,1	—	43,5	—	—	—	—	43,5	34,0	43,5	37,2
139,70	10,54	118,62	K55	2	12,5	115,44	153,67	149,22	49,0	49,5	53,8	64,9	—	46,8	—	—	—	—	44,1	34,0	47,2	37,2
139,70	12,70	114,30	K55	2	12,5	111,12	153,67	149,22	61,1	59,3	63,9	79,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
139,70	6,20	127,30	M65	2	12,5	124,12	153,67	—	24,20	34,7	38,5	33,5	34,8	—	—	—	—	—	34,8	34,8	—	—
139,70	6,98	125,74	M65	2	12,5	122,56	153,67	149,22	30,5	39,0	43,2	37,9	39,2	39,2	39,2	—	39,2	—	39,2	39,2	—	—
139,70	7,72	124,26	M65	2	12,5	121,08	153,67	149,22	36,2	43,1	47,5	42,0	—	43,3	43,3	—	43,3	—	43,3	40,2	—	—
139,70	9,17	121,36	M65	2	12,5	118,18	153,67	149,22	46,9	51,0	55,9	50,2	—	51,5	51,5	—	47,4	—	51,5	40,2	51,5	43,9
139,70	10,54	118,62	M65	2	12,5	115,44	153,67	149,22	56,4	58,5	63,7	58,2	—	59,1	59,1	—	47,4	—	52,1	40,2	55,7	43,9
139,70	6,20	127,30	M65	1	12,5	124,12	153,67	—	24,3	34,7	38,5	40,4	34,8	—	—	—	—	—	34,8	34,8	—	—
139,70	6,98	125,74	M65	1	12,5	122,56	153,67	149,22	30,5	39,0	43,2	45,7	39,2	39,2	39,2	—	39,2	—	39,2	39,2	—	—
139,70	7,72	124,26	M65	1	12,5	121,08	153,67	149,22	36,2	43,1	47,5	50,8	—	43,3	43,3	—	43,3	—	43,3	40,2	—	—
139,70	9,17	121,36	M65	1	12,5	118,18	153,67	149,22	46,9	51,0	55,9	60,8	—	51,5	51,5	—	47,4	—	51,5	40,2	51,5	43,9
139,70	10,54	118,62	M65	1	12,5	115,44	153,67	149,22	56,4	58,5	63,7	70,5	—	59,1	59,1	—	47,4	—	52,1	40,2	55,7	43,9
139,70	6,98	125,74	L80 9Cr	2	12,5	122,56	153,67	149,22	33,3	48,0	53,2	42,8	—	48,3	—	—	—	—	48,3	48,3	—	—
139,70	7,72	124,26	L80 9Cr	2	12,5	121,08	153,67	149,22	40,2	53,0	58,4	47,3	—	53,3	53,3	—	47,4	—	53,4	49,5	—	—
139,70	9,17	121,36	L80 9Cr	2	12,5	118,18	153,67	149,22	52,9	62,8	68,8	56,6	—	63,3	61,9	—	47,4	—	63,4	49,5	63,4	54,1
139,70	10,54	118,62	L80 9Cr	2	12,5	115,44	153,67	149,22	64,3	72,0	78,3	65,5	—	68,1	61,9	—	47,4	—	64,2	49,5	68,7	54,1
139,70	12,70	114,30	L80 9Cr	2	12,5	111,12	—	—	81,4	86,4	93,1	79,9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
139,70	6,98	125,74	L80	1	12,5	122,56	153,67	149,22	33,8	48,0	53,2	51,7	—	48,3	—	—	—	—	48,3	48,3	—	—
139,70	7,72	124,26	L80	1	12,5	121,08	153,67	149,22	40,9	53,0	58,4	57,2	—	53,3	53,3	—	47,4	—	53,4	49,5	—	—
139,70	9,17	121,36	L80	1	12,5	118,18	153,67	149,22	54,2	62,8	68,8	68,5	—	63,3	61,9	—	47,4	—	63,4	49,5	63,4	54,1
139,70	10,54	118,62	L80	1	12,5	115,44	153,67	149,22	65,9	72,0	78,3	79,3	—	68,1	61,9	—	47,4	—	64,2	49,5	68,7	54,1
139,70	12,70	114,30	L80	1	12,5	111,12	—	—	83,6	86,4	93,1	97,1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
139,70	6,20	127,30	N80	2	12,5	124,12	153,67	149,22	26,5	42,7	47,5	39,8	42,9	—	—	—	—	—	42,9	42,9	—	—
139,70	6,98	125,74	N80	2	12,5	122,56	153,67	149,22	34,1	48,0	53,2	45,0	48,3	48,3	—	—	—	—	48,3	48,3	—	—
139,70	7,72	124,26	N80	2	12,5	121,08	153,67	149,22	41,4	53,0	58,4	49,8	—	53,3	53,3	—	47,4	—	53,4	49,5	—	—

Продолжение таблицы I.1

Наружный диаметр D, мм	Толщина стенки t, мм	Внутренний диаметр d, мм	Группа прочности	Переменная/искусственный дефект (надрез)		Диаметр оправки, мм	Наружный диаметр муфты, мм		Соответствующий номер раздела или формулы													
									Раздел 8	(9)	(8)	(14)	(10) (65)									
									Минимальное внутреннее давление возникновения текучести, МПа													
									Стойкость к смятию, МПа	Тело трубы			Тип соединения									
										Внутренняя текучесть. Формула Ламе—фон Мизеса		Пластическое разрушение	SC	LC	Баттресс				ОТТМ		ОТТГ	
															Обычная муфта		Специальная муфта					
				k_h	a_N, %		Обычная муфта D_M	Специальная муфта D_C		Открытый торец	Торцевое уплотнение	Торцевое уплотнение			Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Обычная муфта	Специальная муфта	Обычная муфта	Специальная муфта
139,70	9,17	121,36	N80	2	12,5	118,18	153,67	149,22	*54,9*	62,8	68,8	59,5	—	63,3	61,9	—	47,4	—	63,4	49,5	63,4	54,1
139,70	10,54	118,62	N80	2	12,5	115,44	153,67	149,22	*66,9*	72,0	78,3	68,9	—	68,1	61,9	—	47,4	—	64,2	49,5	68,7	54,1
139,70	*12,70*	*114,30*	*N80*	*2*	*12,5*	*111,12*	—	—	*85,0*	*86,4*	*93,1*	*84,1*	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
139,70	*6,20*	*127,30*	*N80*	*1*	*12,5*	*124,12*	153,67	149,22	*26,5*	*42,7*	*47,5*	*48,1*	*42,9*	—	—	—	—	—	*42,9*	*42,9*	—	—
139,70	*6,98*	*125,74*	*N80*	*1*	*12,5*	*122,56*	153,67	149,22	*34,1*	*46,0*	*53,2*	*54,3*	*48,3*	*48,3*	—	—	—	—	*48,3*	*48,3*	—	—
139,70	7,72	124,26	N80	1	12,5	121,08	153,67	149,22	*41,4*	53,0	58,4	60,2	—	53,3	53,3	53,3	47,4	53,3	53,4	49,5	—	—
139,70	9,17	121,36	N80	1	12,5	118,18	153,67	149,22	*54,9*	62,8	68,8	72,1	—	63,3	61,9	63,3	47,4	63,3	63,4	49,5	63,4	54,1
139,70	10,54	118,62	N80	1	12,5	115,44	153,67	149,22	*66,9*	72,0	78,3	83,5	—	68,1	61,9	72,8	47,4	65,2	64,2	49,5	68,7	54,1
139,70	*12,70*	*114,30*	*N80*	*1*	*12,5*	*111,12*	—	—	*85,0*	*86,4*	*93,1*	*102,1*	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
139,70	*6,98*	*125,74*	*C90*	*1*	*5*	*122,56*	153,67	149,22	*35,8*	*54,0*	*59,8*	*60,0*	—	*54,3*	—	—	—	—	*54,3*	*54,3*	—	—
139,70	7,72	124,26	C90	1	5	121,08	153,67	149,22	*43,8*	59,6	65,7	66,8	—	60,0	60,0	—	53,3	—	60,1	55,7	—	—
139,70	9,17	121,36	C90	1	5	118,18	153,67	149,22	*59,0*	70,6	77,4	80,1	—	71,2	69,7	—	53,3	—	71,3	55,7	71,3	60,9
139,70	10,54	118,62	C90	1	5	115,44	153,67	149,22	*72,4*	81,0	88,1	92,9	—	76,5	69,7	—	53,3	—	72,2	55,7	77,3	60,9
139,70	12,70	114,30	C90	1	5	111,12	—	—	*92,6*	97,1	104,7	113,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
139,70	14,27	111,16	C90	1	5	107,98	—	—	*106,8*	108,7	116,4	128,8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
139,70	15,88	107,94	C90	1	5	104,76	—	—	*121,2*	120,2	127,9	144,8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
139,70	17,45	104,80	C90	1	5	101,62	—	—	*135,1*	131,5	139,1	160,7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
139,70	19,05	101,60	C90	1	5	98,42	—	—	*149,4*	142,7	150,2	177,3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
139,70	20,62	98,46	C90	1	5	95,28	—	—	*163,4*	153,5	160,8	194,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
139,70	22,22	95,26	C90	1	5	92,08	—	—	*177,7*	164,3	171,3	211,4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
139,70	*6,98*	*125,74*	*R95*	*1*	*12,5*	*122,56*	153,67	149,22	*36,5*	*57,0*	*63,1*	*57,5*	—	*57,3*	*57,3*	*47,0*	—	—	*57,3*	*57,3*	—	—
139,70	7,72	124,26	R95	1	12,5	121,08	153,67	149,22	*44,9*	62,9	69,4	63,7	—	63,3	63,3	—	56,3	—	63,3	58,7	—	—
139,70	9,17	121,36	R95	1	12,5	118,18	153,67	149,22	*60,8*	74,5	81,6	76,3	—	75,2	73,6	—	56,3	—	75,2	58,7	75,2	64,2
139,70	10,54	118,62	R95	1	12,5	115,44	153,67	149,22	*75,0*	85,5	93,0	88,3	—	80,8	73,6	—	56,3	—	76,2	58,7	81,5	64,2
139,70	*12,70*	*114,30*	*R95*	*1*	*12,5*	*111,12*	*153,67*	*149,22*	*96,1*	*102,5*	*110,5*	*108,0*	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
139,70	*6,98*	*125,74*	*T95*	*1*	*5*	*122,56*	*153,67*	*149,22*	*36,8*	*57,0*	*63,1*	*63,5*	—	*57,3*	—	—	—	—	*57,3*	*57,3*	—	—
139,70	7,72	124,26	T95	1	5	121,08	153,67	149,22	45,1	62,9	69,4	70,3	—	63,3	63,3	—	56,3	—	63,3	58,7	—	—

Продолжение таблицы I 1

Наружный диаметр D, мм	Толщина стенки t, мм	Внутренний диаметр d, мм	Группа прочности	Переменная/искусственный дефект (надрез)		Диаметр оправки, мм	Наружный диаметр муфты, мм		Соответствующий номер раздела или формулы													
									Раздел 8	(9)	(8)	(14)	(10) (65)									
									Минимальное внутреннее давление возникновения текучести, МПа													
										Тело трубы			Тип соединения									
									Стойкость к смятию, МПа	Внутренняя текучесть. Формула Ламе—фон Мизеса		Пластическое разрушение	SC	LC	Баттрёсс				ОТТМ		ОТТГ	
															Обычная муфта		Специальная муфта					
				k_h	a_h, %		Обычная муфта D_M	Специальная муфта D_C		Открытый торец	Торцевое уплотнение	Торцевое уплотнение			Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Обычная муфта	Специальная муфта	Обычная муфта	Специальная муфта
139,70	9,17	121,36	T95	1	5	118,18	153,67	149,22	60,8	74,5	81,6	84,3	—	75,2	73,6	—	56,3	—	75,2	58,7	75,2	64,2
139,70	10,54	118,62	T95	1	5	115,44	153,67	149,22	74,6	85,5	93,0	97,8	—	80,8	73,6	—	56,3	—	76,2	58,7	81,5	64,2
139,70	12,70	114,30	T95	1	5	111,12	—	—	95,2	102,5	110,4	119,4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
139,70	14,27	111,16	T95	1	5	107,98	—	—	109,7	114,6	122,8	135,6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
139,70	15,88	107,94	T95	1	5	104,76	–	–	124,4	126,9	135,1	152,3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
139,70	17,45	104,80	T95	1	5	101,62	-	-	138,6	138,8	146,9	169,2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
139,70	19,05	101,60	T95	1	5	98,42	–	–	153,2	150,6	158,5	186,7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
139,70	20,62	98,46	T95	1	5	95,28	–	–	167,5	162,1	169,7	204,3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
139,70	22,22	95,26	T95	1	5	92,08	-	-	182,1	173,5	180,8	222,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
139,70	*6,98*	*125,74*	*P110*	*1*	*12,5*	*122,56*	153,67	149,22	39,0	*66,0*	*73,0*	*68,8*	*66,3*	—	—	—	—	—	*66,3*	*66,3*	—	—
139,70	7,72	124,26	P110	1	12,5	121,08	153,67	149,22	48,8	72,9	80,3	76,4	—	73,3	73,3	73,3	65,2	73,3	73,3	68,0	—	—
139,70	9,17	121,36	P110	1	12,5	118 18	153,67	149,22	68,2	86,3	94,5	91,4	—	87,1	85,2	87,1	65,2	74,0	87,1	68,0	87,1	87,1
139,70	10,54	118,62	P110	1	12,5	115,44	153,67	149,22	85,5	98,9	107,7	106,0	—	93,6	85,2	96,8	65,2	74,0	88,2	68,0	94,3	74,3
139,70	*12,70*	*114,30*	*P110*	*1*	*12,5*	*111 12*	153,67	149,22	111,1	*118,7*	*127,90*	*129,4*	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
139,70	*6,98*	*125,74*	*P110*	*1*	*5*	*122,56*	153,67	149,22	39,0	*66,0*	*73,0*	*76,0*	*66,3*	—	—	—	—	—	*66,3*	*66,3*	—	—
139,70	7,72	124,26	P110	1	5	121,08	153,67	149,22	48,8	72,9	80,3	84,4	—	73,3	73,3	73 3	65,2	73,3	73,3	68,0	—	—
139,70	9,17	121,36	P110	1	5	118,18	153,67	149,22	68,2	86,3	94,5	101,1	—	87,1	85,2	87,1	65,2	74 0	87,1	68,0	87,1	87,1
139,70	10,54	118,62	P110	1	5	115,44	153,67	149,22	85,5	98,9	107,7	117,3	—	93,6	85,2	96,8	65,2	74,0	88,2	68 0	94,3	74,3
139,70	*12,70*	*114,30*	*P110*	*1*	*5*	*111,12*	153,67	—	111,1	*118,7*	*142,2*	*143,4*	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
139,70	*7,72*	*124,26*	*Q125*	*1*	*5*	*121,08*	153,67	—	51,7	*82,9*	*91,4*	*91,8*	—	*83,4*	—	—	—	—	*83,4*	—	—	—
139,70	*9,17*	*121,36*	*Q125*	*1*	*5*	*118,18*	153,67	—	73,4	*98,2*	*107,5*	*110,0*	—	*99,0*	—	—	—	—	*99,0*	—	*99,0*	—
139,70	10,54	118,62	Q125	1	5	115,44	153,67	—	92,9	*112,4*	*122,4*	*127,6*	—	106,3	96,8	—	—	—	100,2	—	107,3	—
139,70	*7,72*	*124,26*	*Q135*	*1*	*5*	*121,08*	153,67	—	53,3	*69,4*	*98,6*	*99,2*	—	*89,9*	—	—	—	—	*89,9*	—	—	—
139,70	*9,17*	*121,36*	*Q135*	*1*	*5*	*118,18*	153,67	—	76,8	*105,9*	*116,0*	*118,9*	—	*106,8*	—	—	—	—	*106,8*	—	*106,8*	—
139,70	*10,54*	*118,62*	*Q135*	*1*	*5*	*115,44*	153,67	—	98,2	*121,4*	*132,1*	*137,8*	—	*114,8*	—	—	—	—	*108,2*	—	*115,7*	—
146,05	*6,50*	*133,05*	*H40*	*2*	*12,5*	*129,87*	*166,00*	—	18,5	*21,4*	*23,8*	*23,4*	*21,5*	—	—	—	—	—	*21,5*	—	—	—
146,05	*7,00*	*132,05*	*H40*	*2*	*12,5*	*128,87*	*166,00*	—	20,8	*23,0*	*25,5*	*25,3*	*23,1*	*23,1*	—	—	—	—	*23,1*	—	—	—

Продолжение таблицы I 1

Наружный диаметр D, мм	Толщина стенки t, мм	Внутренний диаметр d, мм	Группа прочности	Переменная/искусственный дефект (надрез)		Диаметр оправки, мм	Наружный диаметр муфты, мм		Соответствующий номер раздела или формулы															
									Раздел 8	(9)	(8)	(14)	(10) (65)											
									Минимальное внутреннее давление возникновения текучести, МПа															
									Стойкость к смятию, МПа	Тело трубы			Тип соединения											
							Обычная муфта D_M	Специальная муфта D_C		Внутренняя текучесть. Формула Ламе—фон Мизеса		Пластическое разрушение	SC	LC	Баттрёсс				ОТТМ		ОТТГ			
															Обычная муфта		Специальная муфта							
				k_h	a_N, %					Открытый торец	Торцевое уплотнение	Торцевое уплотнение			Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Обычная муфта	Специальная муфта	Обычная муфта	Специальная муфта		
146,05	7,70	130,65	H40	2	12,5	127,47	166,00	—	23,8	25,3	28,0	27,9	25,5	25,5	—	—	—	—	25,5	—	—	—		
146,05	8,50	129,05	H40	2	12,5	125,87	166,00	—	27,2	27,9	30,7	30,9	—	28,1	—	—	—	—	28,1	—	28,1	—		
146,05	9,50	127,05	H40	2	12,5	123,87	166,00	—	31,2	31,2	34,1	34,7	—	31,4	—	—	—	—	31,4	—	31,4	—		
146,05	6,50	133,05	J55	2	12,5	129,87	166,00	156,00	22,5	29,4	32,7	29,6	29,4	—	29,5	29,5	29,5	29,5	29,5	29,5	—	—		
146,05	7,00	132,05	J55	2	12,5	128,87	166,00	156,00	25,7	31,6	35,1	31,9	31,6	31,8	31,8	31,8	31,8	31,8	31,8	31,8	—	—		
146,05	7,70	130,65	J55	2	12,5	127,47	166,00	156,00	30,0	34,8	38,4	35,2	34,8	35,0	35,0	35,0	32,5	35,0	35,0	33,6	—	—		
146,05	8,50	129,05	J55	2	12,5	125,87	166,00	156,00	34,8	38,3	42,2	39,0	—	28,6	38,6	38,6	32,5	38,6	38,6	33,6	38,6	36,6		
146,05	9,50	127,05	J55	2	12,5	123,87	166,00	156,00	40,6	42,8	46,9	43,8	—	43,1	43,1	43,1	32,5	43,1	43,1	33,6	43,1	36,6		
146,05	10,70	124,65	J55	2	12,5	121,47	166,00	156,00	47,2	48,1	52,4	49,6	—	48,6	48,6	48,6	32,5	47,3	48,6	33,6	45,8	36,6		
146,05	6,50	133,05	K55	2	12,5	129,87	166,00	156,00	22,5	29,4	32,7	29,6	29,4	—	29,5	29,5	29,5	29,5	29,5	29,5	—	—		
146,05	7,00	132,05	K55	2	12,5	128,87	166,00	156,00	25,7	31,6	35,1	31,9	31,6	31,8	31,8	31,8	31,8	31,8	31,8	31,8	—	—		
146,05	7,70	130,65	K55	2	12,5	127,47	166,00	156,00	30,0	34,8	38,4	35,2	34,8	35,0	35,0	35,0	32,5	35,0	35,0	33,6	—	—		
146,05	8,50	129,05	K55	2	12,5	125,87	166,00	156,00	34,8	38,3	42,2	39,0	—	28,6	38,6	38,6	32,5	38,6	38,6	33,6	38,6	36,6		
146,05	9,50	127,05	K55	2	12,5	123,87	166,00	156,00	40,6	42,8	46,9	43,8	—	43,1	43,1	43,1	32,5	43,1	43,1	33,6	43,1	36,6		
146,05	10,70	124,65	K55	2	12,5	121,47	166,00	156,00	47,2	48,1	52,4	49,6	—	48,6	48,6	48,6	32,5	47,3	48,6	33,6	45,8	36,6		
146,05	6,50	133,05	M65	2	12,5	129,87	166,00	156,00	24,4	34,7	38,6	33,5	34,9	—	34,9	—	34,9	—	34,9	34,9	—	—		
146,05	7,00	132,05	M65	2	12,5	128,87	166,00	156,00	28,3	37,4	41,5	36,2	37,6	37,6	37,6	—	37,6	—	37,6	37,6	—	—		
146,05	7,70	130,65	M65	2	12,5	127,47	166,00	156,00	33,6	41,1	45,4	39,9	41,3	41,3	41,3	—	41,3	—	41,3	39,7	—	—		
146,05	8,50	129,05	M65	2	12,5	125,87	166,00	156,00	39,4	45,3	49,9	44,3	—	45,6	45,6	—	45,6	—	45,6	39,7	45,6	43,3		
146,05	9,50	127,05	M65	2	12,5	123,87	166,00	156,00	46,3	50,6	55,4	49,7	—	51,0	51,0	—	47,3	—	51,0	39,7	51,0	43,3		
146,05	10,70	124,65	M65	2	12,5	121,47	166,00	156,00	54,3	56,8	61,9	56,3	—	57,4	57,4	—	47,3	—	57,4	39,7	57,4	43,3		
146,05	6,50	133,05	M65	1	12,5	129,87	166,00	156,00	24,4	34,7	38,6	40,5	34,9	—	34,9	—	34,9	—	34,9	34,9	—	—		
146,05	7,00	132,05	M65	1	12,5	128,87	166,00	156,00	28,3	37,4	41,5	43,7	37,6	37,6	37,6	—	37,6	—	37,6	37,6	—	—		
146,05	7,70	130,65	M65	1	12,5	127,47	166,00	156,00	33,6	41,1	45,4	48,3	41,3	41,3	41,3	—	41,3	—	41,3	39,7	—	—		
146,05	8,50	129,05	M65	1	12,5	125,87	166,00	156,00	39,4	45,3	49,9	53,5	—	45,6	45,6	—	45,6	—	45,6	39,7	45,6	43,3		
146,05	9,50	127,05	M65	1	12,5	123,87	166,00	156,00	46,3	50,6	55,4	60,1	—	51,0	51,0	—	47,3	—	51,0	39,7	51,0	43,3		
146,05	10,70	124,65	M65	1	12,5	121,47	166,00	156,00	54,3	56,8	61,9	68,2	—	57,4	57,4	—	47,3	—	57,4	39,7	57,4	43,3		

Продолжение таблицы I.1

Наружный диаметр D, мм	Толщина стенки t, мм	Внутренний диаметр d, мм	Группа прочности	Переменная/искусственный дефект (надрез)		Диаметр оправки, мм	Наружный диаметр муфты, мм		Соответствующий номер раздела или формулы													
									Раздел 8	(9)	(8)	(14)	(10) (65)									
									Минимальное внутреннее давление возникновения текучести, МПа													
									Стойкость к смятию, МПа	Тело трубы			Тип соединения									
										Внутренняя текучесть		Пластическое разрушение	SC	LC	Баттрёсс				ОТТМ		ОТТГ	
										Формула Ламе—фон Мизеса					Обычная муфта		Специальная муфта					
				k_h	a_h, %		Обычная муфта D_M	Специальная муфта D_C		Открытый торец	Торцевое уплотнение	Торцевое уплотнение			Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Обычная муфта	Специальная муфта	Обычная муфта	Специальная муфта
146,05	7,00	132,05	L80 9Cr	2	12,5	128,87	166,00	156,00	30,6	46,1	51,1	41,0	—	46,3	46,3	—	46,3	—	46,3	46,3	—	—
146,05	7,70	130,65	L80 9Cr	2	12,5	127,47	166,00	156,00	36,9	50,7	56,0	45,2	—	50,9	50,9	—	47,3	—	50,9	48,9	—	—
146,05	8,50	129,05	L80 9Cr	2	12,5	125,87	166,00	156,00	43,9	55,9	61,5	50,1	—	56,2	56,2	—	47,3	—	56,2	48,9	56,2	53,3
146,05	9,50	127,05	L80 9Cr	2	12,5	123,87	166,00	156,00	52,2	62,3	68,3	56,2	—	62,8	62,8	—	47,3	—	62,8	48,9	62,8	53,3
146,05	10,70	124,65	L80 9Cr	2	12,5	121,47	166,00	156,00	61,8	70,0	76,3	63,7	—	70,7	70,7	—	47,3	—	63,4	48,9	66,7	53,3
146,05	7,00	132,05	L80	1	12,5	128,87	166,00	156,00	31,0	46,1	51,1	49,5	—	46,3	46,3	—	46,3	—	46,3	46,3	—	—
146,05	7,70	130,65	L80	1	12,5	127,47	166,00	156,00	37,5	50,6	55,9	54,6	—	50,9	50,9	—	47,3	—	50,9	48,9	—	—
146,05	8,50	129,05	L80	1	12,5	125,87	166,00	156,00	44,8	55,8	61,4	60,5	—	56,2	56,2	—	47,3	—	56,2	48,9	56,2	53,3
146,05	9,50	127,05	L80	1	12,5	123,87	166,00	156,00	53,4	62,3	68,2	68,0	—	62,8	62,8	—	47,3	—	62,8	48,9	62,8	53,3
146,05	10,70	124,65	L80	1	12,5	121,47	166,00	156,00	63,3	70,0	76,3	77,1	—	70,7	70,7	—	47,3	—	63,4	48,9	66,7	53,3
146,05	6,50	133,05	N80	2	12,5	129,87	166,00	156,00	26,6	42,8	47,6	39,9	43,0	—	—	—	—	—	43,0	34,0	—	—
146,05	7,00	132,05	N80	2	12,5	128,87	166,00	156,00	31,3	46,1	51,1	43,1	46,3	46,3	46,3	—	46,3	—	46,3	46,3	—	—
146,05	7,70	130,65	N80	2	12,5	127,47	166,00	156,00	37,9	50,6	55,9	47,6	50,9	50,9	50,9	—	47,3	—	50,9	48,9	—	—
146,05	8,50	129,05	N80	2	12,5	125,87	166,00	156,00	45,3	55,8	61,4	52,7	—	56,2	56,2	—	47,3	—	56,2	48,9	56,2	53,3
146,05	9,50	127,05	N80	2	12,5	123,87	166,00	156,00	54,1	62,3	68,2	59,2	—	62,8	62,8	—	47,3	—	62,8	48,9	62,8	53,3
146,05	10,70	124,65	N80	2	12,5	121,47	166,00	156,00	64,3	70,0	76,3	67,0	—	70,7	70,7	—	47,3	—	63,4	48,9	66,7	53,3
146,05	6,50	133,05	N80	1	12,5	129,87	166,00	156,00	26,6	42,8	47,6	48,2	43,0	—	—	—	—	—	43,0	34,0	—	—
146,05	7,00	132,05	N80	1	12,5	128,87	166,00	156,00	31,3	46,1	51,1	52,0	46,3	46,3	46,3	46,3	46,3	46,3	46,3	46,3	—	—
146,05	7,70	130,65	N80	1	12,5	127,47	166,00	156,00	37,9	50,7	56,0	57,5	50,9	50,9	50,9	50,9	47,3	50,9	50,9	48,9	—	—
146,05	8,50	129,05	N80	1	12,5	125,87	166,00	156,00	45,3	55,9	61,5	63,7	—	56,2	56,2	56,2	47,3	56,2	56,2	48,9	56,2	53,3
146,05	9,50	127,05	N80	1	12,5	123,87	166,00	156,00	54,1	62,3	68,3	71,6	—	62,8	62,8	62,8	47,3	62,8	62,8	48,9	62,8	53,3
146,05	10,70	124,65	N80	1	12,5	121,47	166,00	156,00	64,3	70,0	76,3	81,2	—	70,7	70,7	70,7	47,3	64,9	63,4	48,9	66,7	53,3
146,05	7,00	132,05	C90	1	5	128,87	166,00	156,00	32,7	51,9	57,5	57,5	—	52,1	—	—	—	—	52,1	52,1	—	—
146,05	7,70	130,65	C90	1	5	127,47	166,00	156,00	39,9	57,0	63,0	63,5	—	57,3	57,3	—	53,2	—	57,3	55,0	—	—
146,05	8,50	129,05	C90	1	5	125,87	166,00	156,00	47,9	62,8	69,2	70,5	—	63,2	63,2	—	53,2	—	63,2	55,0	63,2	60,0
146,05	9,50	127,05	C90	1	5	123,87	166,00	156,00	57,6	70,1	76,8	79,5	—	70,7	70,7	—	53,2	—	70,7	55,0	70,7	60,0
146,05	10,70	124,65	C90	1	5	121,47	166,00	156,00	68,5	78,8	85,8	89,9	—	79,6	79,6	—	53,2	—	79,6	55,0	79,6	60,0

Продолжение таблицы I.1

Наружный диаметр D, мм	Толщина стенки t, мм	Внутренний диаметр d, мм	Группа прочности	Переменная/искусственный дефект (надрез)		Диаметр оправки, мм	Наружный диаметр муфты, мм		Соответствующий номер раздела или формулы															
									Раздел 8	(9)		(8)	(14)	(10) (65)										
									Минимальное внутреннее давление возникновения текучести, МПа															
									Стойкость к смятию, МПа	Тело трубы				Тип соединения										
										Внутренняя текучесть			Пластическое разрушение	SC	LC	Баттресс				ОТТМ		ОТТГ	
										Формула Ламе—фон Мизеса						Обычная муфта		Специальная муфта					
				k_a	a_N, %		Обычная муфта D_M	Специальная муфта D_c		Открытый торец	Торцевое уплотнение	Торцевое уплотнение				Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Обычная муфта	Специальная муфта	Обычная муфта	Специальная муфта
146,05	12,70	120,65	С90	1	5	117,47	—	—	85,8	93,1	100,6	108,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
146,05	14,27	117,51	С90	1	5	114,33	—	—	98,9	104,2	111,9	123,1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
146,05	15,88	114,29	С90	1	5	111,11	—	—	112,2	115,4	123,2	138,4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
146,05	17,45	111,15	С90	1	5	107,97	—	—	125,1	126,2	134,0	153,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
146,05	19,05	107,95	С90	1	5	104,77	—	—	138,3	137,1	144,7	169,3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
146,05	20,62	104,81	С90	1	5	101,63	—	—	151,2	147,5	154,9	185,1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
146,05	22,22	101,61	С90	1	5	98,43	—	—	164,4	158,0	165,1	201,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
146,05	7,00	132,05	R95	1	12,5	128,87	166,00	156,00	33,3	54,7	60,6	57,6	—	54,9	—	—	—	—	54,9	—	—	—
146,05	7,70	130,65	R95	1	12,5	127,47	166,00	156,00	40,9	60,1	66,4	63,6	—	60,4	60,4	—	56,1	—	60,4	—	—	—
146,05	8,50	129,05	R95	1	12,5	125,87	166,00	156,00	49,5	66,3	72,9	70,5	—	66,7	66,7	—	56,1	—	66,7	—	66,7	—
146,05	9,50	127,05	R95	1	12,5	123,87	166,00	156,00	60,0	73,9	81,0	79,2	—	74,5	74,5	—	56,1	—	74,6	—	74,6	—
146,05	10,70	124,65	R95	1	12,5	121,47	166,00	156,00	72,0	83,1	90,5	89,8	—	83,9	83,9	—	56,1	—	84,0	—	84,0	—
146,05	7,00	132,05	T95	1	5	128,87	166,00	156,00	33,5	54,7	56,5	60,8	—	54,9	—	—	—	—	54,9	—	—	—
146,05	7,70	130,65	T95	1	5	127,47	166,00	156,00	41,1	60,1	66,4	67,1	—	60,4	60,4	—	56,1	—	60,4	—	—	—
146,05	8,50	129,05	T95	1	5	125,87	166,00	156,00	49,6	66,3	72,9	74,4	—	66,7	66,7	—	56,1	—	66,7	—	66,7	—
146,05	9,50	127,05	T95	1	5	123,87	166,00	156,00	59,9	73,9	81,0	83,7	—	74,5	74,5	—	56,1	—	74,6	—	74,6	—
146,05	10,70	124,65	T95	1	5	121,47	166,00	156,00	71,6	83,1	90,5	94,9	—	83,9	83,9	—	56,1	—	84,0	—	84,0	—
146,05	12,70	120,65	T95	1	5	117,47	—	—	90,0	98,2	106,1	114,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
146,05	14,27	117,51	T95	1	5	114,33	—	—	104,0	109,9	118,0	129,4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
146,05	15,88	114,29	T95	1	5	111,11	—	—	118,1	121,7	129,9	145,4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
146,05	17,45	111,15	T95	1	5	107,97	—	—	131,7	133,1	141,3	161,3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
146,05	19,05	107,95	T95	1	5	104,77	—	—	145,6	144,6	152,6	177,9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
146,05	20,62	104,81	T95	1	5	101,63	—	—	159,2	155,6	163,4	194,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
146,05	22,22	101,61	T95	1	5	98,43	—	—	173,2	166,6	174,2	211,8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
146,05	7,00	132,05	P110	1	12,5	128,87	166,00	156,00	35,3	63,4	70,3	65,9	—	63,6	63,6	63,6	63,6	63,6	63,9	—	—	—	—
146,05	7,70	130,65	P110	1	12,5	127,47	166,00	156,00	44,1	69,7	76,9	72,8	—	69,9	69,9	69,9	64,9	69,9	69,9	67,2	—	—
146,05	8,50	129,05	P110	1	12,5	125,87	166,00	156,00	54,3	76,8	84,5	80,7	—	77,2	77,2	77,2	64,9	73,8	77,2	67,2	77,2	73,2

Продолжение таблицы I.1

Наружный диаметр D, мм	Толщина стенки t, мм	Внутренний диаметр d, мм	Группа прочности	Переменная/искусственный дефект (надрез)		Диаметр оправки, мм	Наружный диаметр муфты, мм		Соответствующий номер раздела или формулы															
									Раздел 8	(9)	(8)	(14)	(10) (65)											
									Минимальное внутреннее давление возникновения текучести, МПа															
									Стойкость к смятию, МПа	Тело трубы			Тип соединения											
										Внутренняя текучесть		Пластическое разрушение	SC	LC	Баттресс				ОТТМ		ОТТГ			
										Формула Ламе—фон Мизеса					Обычная муфта		Специальная муфта							
				k_h	a_h, %		Обычная муфта D_M	Специальная муфта D_C		Открытый торец	Торцевое уплотнение	Торцевое уплотнение			Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Обычная муфта	Специальная муфта	Обычная муфта	Специальная муфта		
146,05	9,50	127,05	Р110	1	12,5	123,87	166,00	156,00	67,0	85,7	93,9	90,7	—	86,3	86,3	86,3	64,9	73,8	86,3	67,2	86,3	73,2		
146,05	10,70	124,65	Р110	1	12,5	121,47	166,00	156,00	81,7	96,3	104,9	102,8	—	97,1	97,1	97,1	64,9	73,8	87,0	67,2	91,6	73,2		
146,05	7,00	132,05	Р110	1	5	128,87	166,00	156,00	35,3	63,4	70,3	72,8	—	63,6	63,6	63,6	63,6	63,9	—	—	—	—		
146,05	7,70	130,65	Р110	1	5	127,47	166,00	156,00	44,1	69,7	76,9	80,4	—	69,9	69,9	69,9	64,9	69,9	69,9	67,2	—	—		
146,05	8,50	129,05	Р110	1	5	125,87	166,00	156,00	54,3	76,8	84,5	89,2	—	77,2	77,2	77,2	64,9	73,8	77,2	67,2	77,2	73,2		
146,05	9,50	127,05	Р110	1	5	123,87	166,00	156,00	67,0	85,7	93,9	100,3	—	86,3	86,3	86,3	64,9	73,8	86,3	67,2	86,3	73,2		
146,05	10,70	124,65	Р110	1	5	121,47	166,00	156,00	81,7	96,3	104,9	113,7	—	97,1	97,1	97,1	64,9	73,8	87,0	67,2	91,6	73,2		
146,05	8,50	129,05	Q125	1	5	125,87	166,00	—	57,8	87,2	96,0	96,9	—	87,8	87,8	—	—	—	87,8	—	87,8	—		
146,05	9,50	127,05	Q125	1	5	123,87	166,00	—	72,1	97,3	106,6	109,0	—	98,1	98,1	—	—	—	98,1	—	98,1	—		
146,05	10,70	124,65	Q125	1	5	121,47	166,00	—	88,6	109,4	119,2	123,6	—	110,5	110,5	—	—	—	110,5	—	110,5	—		
146,05	8,50	129,05	Q135	1	5	125,87	166,00	—	59,9	94,1	103,6	104,7	—	94,7	—	—	—	—	94,7	—	94,7	—		
146,05	9,50	127,05	Q135	1	5	123,87	166,00	—	75,4	105,0	115,0	117,8	—	105,8	—	—	—	—	105,9	—	105,9	—		
146,05	10,70	124,65	Q135	1	5	121,47	166,00	—	93,5	118,0	128,6	133,6	—	119,2	—	—	—	—	119,2	—	119,2	—		
168,28	7,32	153,64	Н40	2	12,5	150,46	187,71	—	57,8	20,9	23,2	22,9	20,9	21,0	21,0	—	—	—	21,0	—	—	—		
168,28	8,00	152,28	Н40	2	12,5	149,10	187,71	—	72,1	22,9	25,4	25,1	23,0	23,0	23,0	—	—	—	23,0	—	—	—		
168,28	8,94	150,40	Н40	2	12,5	147,22	187,71	—	88,6	25,5	28,2	28,1	25,7	25,7	25,7	—	—	—	25,7	—	25,7	—		
168,28	10,59	147,10	Н40	2	12,5	143,92	187,71	—	59,9	30,2	33,1	33,5	—	30,4	30,4	—	—	—	30,4	—	30,4	—		
168,28	7,32	153,64	J55	2	12,5	150,46	187,71	177,80	75,4	28,7	32,0	28,8	28,8	28,8	28,8	28,8	28,0	28,8	28,9	28,9	—	—		
168,28	8,00	152,28	J55	2	12,5	149,10	187,71	177,80	93,5	31,4	34,8	31,7	31,5	31,5	31,5	31,5	28,0	31,5	31,5	29,1	31,5	31,5		
168,28	8,94	150,40	J55	2	12,5	147,22	187,71	177,80	57,8	35,1	38,7	35,4	35,2	35,2	35,2	35,2	28,0	35,2	35,2	29,1	35,2	31,8		
168,28	10,59	147,10	J55	2	12,5	143,92	187,71	177,80	72,1	41,4	45,4	42,4	—	41,7	41,5	41,5	28,0	40,8	41,7	29,1	41,7	31,8		
168,28	12,06	144,16	J55	2	12,5	140,98	187,71	177,80	88,6	47,1	51,3	48,5	—	47,5	46,5	47,5	28,0	40,8	47,5	29,1	47,5	31,8		
168,28	7,32	153,64	K55	2	12,5	150,46	187,71	177,80	59,9	28,7	32,0	36,4	28,8	28,8	28,8	28,8	28,0	28,8	28,9	28,9	—	—		
168,28	8,00	152,28	K55	2	12,5	149,10	187,71	177,80	75,4	31,4	34,8	40,1	31,5	31,5	31,5	31,5	28,0	31,5	31,5	29,1	31,5	31,5		
168,28	8,94	150,40	K55	2	12,5	147,22	187,71	177,80	93,5	35,1	38,7	44,9	35,2	35,2	35,2	35,2	28,0	35,2	35,2	29,1	35,2	31,8		
168,28	10,59	147,10	K55	2	12,5	143,92	187,71	177,80	57,8	41,4	45,4	53,7	—	41,7	41,5	41,5	28,0	40,8	41,7	29,1	41,7	31,8		
168,28	12,06	144,16	K55	2	12,5	140,98	187,71	177,80	72,1	47,1	51,3	61,5	—	47,5	46,5	47,5	28,0	40,8	47,5	29,1	47,5	31,8		

Продолжение таблицы I 1

Наружный диаметр D, мм	Толщина стенки t, мм	Внутренний диаметр d, мм	Группа прочности	Переменная/искусственный дефект (надрез)		Диаметр оправки, мм	Наружный диаметр муфты, мм		Соответствующий номер раздела или формулы													
									Раздел 8	(9)	(8)	(14)	(10) (65)									
									Минимальное внутреннее давление возникновения текучести, МПа													
									Стойкость к смятию, МПа	Тело трубы			Тип соединения									
										Внутренняя текучесть		Пластическое разрушение			Баттресс				ОТТМ		ОТТГ	
										Формула Ламе—фон Мизеса			SC	LC	Обычная муфта		Специальная муфта					
				k_a	a_N, %		Обычная муфта D_{sj}	Специальная муфта D_c		Открытый торец	Торцевое уплотнение	Торцевое уплотнение			Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Обычная муфта	Специальная муфта	Обычная муфта	Специальная муфта
168,28	7,32	153,64	M65	2	12,5	150,46	187,71	177,80	23,3	34,0	37,8	32,8	34,0	34,0	34,0	—	34,0	—	34,1	34,1	—	—
168,28	*8,00*	*152,28*	*M65*	*2*	*12,5*	*149,10*	187,71	177,80	27,9	*37,1*	*41,1*	*35,9*	—	*37,3*	*37,3*	—	*37,3*	—	*37,3*	37,3	—	—
168,28	8,94	150,40	M65	2	12,5	147,22	187,71	177,80	34,0	41,4	45,7	40,4	—	41,6	41,6	—	40,7	—	41,7	41,7	41,7	41,7
168,28	10,59	147,10	M65	2	12,5	143,92	187,71	177,80	44,2	48,9	53,7	48,1	—	49,3	49,3	—	40,7	—	49,3	42,4	49,3	46,3
168,28	*12,06*	*144,16*	*M65*	*2*	*12,5*	*140,98*	187,71	177,80	52,8	*55,6*	*60,7*	*55,0*	—	*56,2*	*56,2*	—	*40,7*	—	*56,2*	42,4	*56,2*	46,3
168,28	7,32	153,64	M65	1	12,5	150,46	187,71	177,80	23,3	34,0	37,8	39,6	34,0	34,0	34,0	—	34,0	—	34,1	34,1	—	—
168,28	*8,00*	*152,28*	*M65*	*1*	*12,5*	*149,10*	187,71	177,80	27,9	*37,1*	*41,1*	*43,4*	—	*37,3*	*37,3*	—	*37,3*	—	*37,3*	37,3	—	—
168,28	8,94	150,40	M65	1	12,5	147,22	187,71	177,80	34,0	41,4	45,7	48,7	—	41,6	41,6	—	40,7	—	41,7	41,7	41,7	41,7
168,28	10,59	147,10	M65	1	12,5	143,92	187,71	177,80	44,2	48,9	53,7	58,2	—	49,3	49,3	—	40,7	—	49,3	42,4	49,3	46,3
168,28	*12,06*	*144,16*	*M65*	*1*	*12,5*	*140,98*	187,71	177,80	52,8	*55,6*	*60,7*	*66,6*	—	*56,2*	*56,2*	—	*40,7*	—	*56,2*	42,4	*56,2*	46,3
168,28	*7,32*	*153,64*	*L80 9Cr*	*2*	*12,5*	*150,46*	187,71	177,80	*24,8*	*41,9*	*46,6*	*39,0*	—	*42,0*	*42,0*	—	*40,7*	—	*42,0*	42,0	—	—
168,28	*8,00*	*152,28*	*L80 9Cr*	*2*	*12,5*	*149,10*	187,71	177,80	*30,1*	*45,7*	*50,7*	*42,7*	—	*45,9*	*45,9*	—	*40,7*	—	*45,9*	42,4	45,9	*45,9*
168,28	8,94	150,40	L80 9Cr	2	12,5	147,22	187,71	177,80	*37,4*	51,0	56,3	45,4	—	51,3	51,3	—	40,7	—	51,3	42,4	51,3	46,3
168,28	10,59	147,10	L80 9Cr	2	12,5	143,92	187,71	177,80	*49,7*	60,2	66,1	54,2	—	60,7	60,7	—	40,7	—	69,2	42,4	69,2	46,3
168,28	12,06	144,16	L80 9Cr	2	12,5	140,98	187,71	177,80	*60,0*	68,5	74,7	62,1	—	69,2	67,7	—	40,7	—	56,0	42,4	58,3	46,3
168,28	*7,32*	*153,64*	*L80*	*1*	*12,5*	*150,46*	187,71	177,80	25,1	*41,9*	*46,6*	*47,1*	—	*42,0*	*42,0*	—	*40,7*	—	*42,0*	42,0	—	—
168,28	*8,00*	*152,28*	*L80*	*1*	*12,5*	*149,10*	187,71	177,80	30,5	*45,7*	*50,7*	*51,6*	—	*45,9*	*45,9*	—	*40,7*	—	*45,9*	42,4	45,9	*45,9*
168,28	8,94	150,40	L80	1	12,5	147,22	187,71	177,80	38,1	51,0	56,3	54,9	—	51,3	51,3	—	40,7	—	51,3	42,4	51,3	46,3
168,28	10,59	147,10	L80	1	12,5	143,92	187,71	177,80	50,8	60,2	66,1	65,5	—	60,7	60,7	—	40,7	—	69,2	42,4	69,2	46,3
168,28	12,06	144,16	L80	1	12,5	140,98	187,71	177,80	61,5	68,5	74,7	75,2	—	69,2	67,7	—	40,7	—	56,0	42,4	58,3	46,3
168,28	*7,32*	*153,64*	*N80*	*2*	*12,5*	*150,46*	187,71	177,80	25,3	*41,9*	*46,6*	*39,0*	*42,0*	*42,0*	*42,0*	—	*40,7*	—	*42,0*	42,0	—	—
168,28	*8,00*	*152,28*	*N80*	*2*	*12,5*	*149,10*	187,71	177,80	30,8	*45,7*	*50,7*	*42,7*	*45,9*	*45,9*	*45,9*	—	*40,7*	—	*45,9*	42,4	45,9	*45,9*
168,28	8,94	150,40	N80	2	12,5	147,22	187,71	177,80	38,5	51,0	56,3	47,8	51,3	51,3	51,3	—	40,7	—	51,3	42,4	51,3	46,3
168,28	10,59	147,10	N80	2	12,5	143,92	187,71	177,80	51,5	60,2	66,1	57,0	—	60,7	60,7	—	40,7	—	69,2	42,4	69,2	46,3
168,28	12,06	144,16	N80	2	12,5	140,98	187,71	177,80	62,4	68,5	74,7	65,3	—	69,2	67,7	—	40,7	—	56,0	42,4	58,3	46,3
168,28	*7,32*	*153,64*	*N80*	*1*	*12,5*	*150,46*	187,71	177,80	25,3	*41,9*	*46,6*	*47,1*	*42,0*	*42,0*	*42,0*	*42,0*	*40,7*	*42,0*	*42,0*	42,0	—	—
168,28	*8,00*	*152,28*	*N80*	*1*	*12,5*	*149,10*	187,71	177,80	30,8	*45,7*	*50,7*	*51,6*	*45,9*	*45,9*	*45,9*	*45,9*	*40,7*	*45,9*	*45,9*	42,4	45,9	*45,9*

Продолжение таблицы I.1

Наружный диаметр D, мм	Толщина стенки t, мм	Внутренний диаметр d, мм	Группа прочности	Переменная/искусственный дефект (надрез)		Диаметр оправки, мм	Наружный диаметр муфты, мм		Соответствующий номер раздела или формулы													
									Раздел 8	(9)	(8)	(14)	(10) (65)									
									Минимальное внутреннее давление возникновения текучести, МПа													
										Тело трубы			Трубосоединения									
										Внутренняя текучесть		Пластическое разрушение			Баттресс				ОТТМ		ОТТГ	
										Формула Ламе—фон Мизеса					Обычная муфта		Специальная муфта					
				k_h	a_N, %		Обычная муфта D_M	Специальная муфта D_c	Стойкость к смятию, МПа	Открытый торец	Торцевое уплотнение	Торцевое уплотнение	SC	LC	Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Обычная муфта	Специальная муфта	Обычная муфта	Специальная муфта
168,28	8,94	150,40	N80	1	12,5	147,22	187,71	177,80	25,3	51,0	56,3	57,8	51,3	51,3	51,3	51,3	40,7	51,3	51,3	42,4	51,3	46,3
168,28	10,59	147,10	N80	1	12,5	143,92	187,71	177,80	30,8	60,2	66,1	69,0	—	60,7	60,7	60,7	40,7	55,9	69,2	42,4	69,2	46,3
168,28	12,06	144,16	N80	1	12,5	140,98	187,71	177,80	38,5	68,5	74,7	79,1	—	69,2	67,7	69,2	40,7	55,9	56,0	42,4	58,3	46,3
168,28	8,94	150,40	C90	1	5	147,22	187,71	177,80	40,5	57,3	63,3	64,1	—	57,7	57,7	—	45,8	—	57,7	47,7	57,7	52,0
168,28	10,59	147,10	C90	1	5	143,92	187,71	177,80	54,7	67,8	74,3	76,6	—	68,3	68,3	—	45,8	—	68,4	47,7	68,4	52,0
168,28	12,06	144,16	C90	1	5	140,98	187,71	177,80	66,4	77,0	84,0	88,0	—	77,8	76,1	—	45,8	—	77,9	47,7	77,9	52,0
168,28	*12,70*	*142,90*	*C90*	*1*	*5*	*139,72*	—	—	71,4	*81,1*	*88,3*	*97,4*	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
168,28	*14,27*	*139,76*	*C90*	*1*	*5*	*136,58*	—	—	83,2	*90,9*	*98,3*	*110,3*	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
168,28	*15,88*	*136,54*	*C90*	*1*	*5*	*133,36*	—	—	94,9	*100,8*	*108,4*	*123,6*	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
168,28	*17,45*	*133,40*	*C90*	*1*	*5*	*130,22*	—	—	106,2	*110,4*	*118,1*	*137,2*	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
168,28	*19,05*	*130,20*	*C90*	*1*	*5*	*127,02*	—	—	117,7	*120,0*	*127,7*	*151,1*	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
168,28	*20,62*	*127,06*	*C90*	*1*	*5*	*123,88*	—	—	128,9	*129,3*	*137,0*	*165,0*	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
168,28	*22,22*	*123,86*	*C90*	*1*	*5*	*120,68*	—	—	140,3	*138,6*	*146,2*	*179,1*	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
168,28	*7,32*	*153,64*	R95	*1*	*12,5*	*150,46*	187,71	177,80	*26,5*	*49,7*	*55,3*	*49,8*	—	*49,0*	*49,9*	—	*48,4*	—	*49,9*	49,9	—	—
168,28	*8,00*	*152,28*	R95	*1*	*12,5*	*149,10*	187,71	177,80	*32,7*	*54,3*	*60,2*	*54,6*	—	*54,5*	*54,5*	—	*48,4*	—	*54,5*	50,3	*54,5*	*54,3*
168,28	8,94	150,40	R95	1	12,5	147,22	187,71	177,80	*41,5*	60,5	66,8	61,1	—	60,8	60,8	—	48,4	—	60,9	50,3	60,9	54,9
168,28	10,59	147,10	R95	1	12,5	143,92	187,71	177,80	*56,8*	71,5	78,5	73,0	—	72,1	72,1	—	48,4	—	72,1	50,3	72,1	54,9
168,28	12,06	144,16	R95	1	12,5	140,98	187,71	177,80	*69,6*	81,3	88,7	83,7	—	82,1	80,3	—	48,4	—	82,1	50,3	82,1	54,9
168,28	8,94	150,40	T95	1	5	147,22	187,71	177,80	41,7	60,5	66,8	67,5	—	60,8	60,8	—	48,4	—	60,9	50,3	60,9	54,9
168,28	10,59	147,10	T95	1	5	143,92	187,71	177,80	56,8	71,5	78,5	80,7	—	72,1	72,1	—	48,4	—	72,1	50,3	72,1	54,9
168,28	12,06	144,16	T95	1	5	140,98	187,71	177,80	69,4	81,3	88,7	92,6	—	82,1	80,3	—	48,4	—	82,1	50,3	82,1	54,9
168,28	*12,70*	*142,90*	*T95*	*1*	*5*	*139,72*	—	—	*74,7*	*85,6*	*93,1*	*98,0*	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
68,28	*14,27*	*139,76*	*T95*	*1*	*5*	*136,58*	—	—	87,2	*95,8*	*103,7*	*111,0*	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Продолжение таблицы Г.1

Наружный диаметр D, мм	Толщина стенки t, мм	Внутренний диаметр d, мм	Группа прочности	Переменная/искусственный дефект (надрез)		Диаметр оправки, мм	Наружный диаметр муфты, мм		Соответствующий номер раздела или формулы													
									Раздел 8	(9)	(8)	(14)	(10) (65)									
									Минимальное внутреннее давление возникновения текучести, МПа													
									Стойкость к смятию, МПа	Тело трубы			Тип соединения									
										Внутренняя текучесть. Формула Ламе—фон Мизеса		Пластическое разрушение	SC	LC	Баттрёсс				ОТТМ		ОТТГ	
							Обычная муфта D_M	Специальная муфта D_C							Обычная муфта		Специальная муфта					
				k_h	a_N, %					Открытый торец	Торцевое уплотнение	Торцевое уплотнение			Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Обычная муфта	Специальная муфта	Обычная муфта	Специальная муфта
168,28	15,88	136,54	T95	1	5	133,36	—	—	99,7	106,3	114,3	124,6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
168,28	17,45	133,40	T95	1	5	130,22	—	—	111,7	116,4	124,5	138,1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
168,28	19,05	130,20	T95	1	5	127,02	—	—	123,8	126,6	134,7	152,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
168,28	20,62	127,06	T95	1	5	123,88	—	—	135,6	136,4	144,5	166,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
168,28	22,22	123,86	T95	1	5	120,68	—	—	147,7	146,2	154,2	180,2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
168,28	8,00	152,28	P110	1	12,5	149,10	187,71	177,80	34,7	62,6	69,4	65,4	—	—	63,1	—	55,9	—	63,1	58,2	63,1	63,1
168,28	8,94	150,40	P110	1	12,5	147,22	187,71	177,80	44,8	70,1	77,4	73,3	—	70,5	70,5	70,5	55,9	63,6	70,5	58,2	70,5	63,5
168,28	10,59	147,10	P110	1	12,5	143,92	187,71	177,80	63,2	82,8	90,9	87,5	—	83,5	83,5	83,5	55,9	63,6	83,5	58,2	83,5	63,5
168,28	12,06	144,16	P110	1	12,5	140,98	187,71	177,80	78,9	94,1	102,7	100,4	—	95,1	93,0	95,1	55,9	63,6	95,1	58,2	95,1	63,5
168,28	8,00	152,28	P110	1	5	149,10	187,71	—	34,7	62,6	69,4	72,2	—	—	63,1	63,1	55,9	63,1	63,1	58,2	63,1	63,1
168,28	8,94	150,40	P110	1	5	147,22	187,71	177,80	44,8	70,1	77,4	81,0	—	70,5	70,5	70,5	55,9	63,6	70,5	58,2	70,5	63,5
168,28	10,59	147,10	P110	1	5	143,92	187,71	177,80	63,2	82,8	90,9	96,7	—	83,5	83,5	83,5	55,9	63,6	83,5	58,2	83,5	63,5
168,28	12,06	144,16	P110	1	5	140,98	187,71	177,80	78,9	94,1	102,7	111,1	—	95,1	93,0	95,1	55,9	63,6	95,1	58,2	95,1	63,5
168,28	8,94	150,40	Q125	1	5	147,22	187,71	—	47,2	79,7	88,0	88,1	—	80,1	80,1	—	—	—	80,1	—	80,1	—
168,28	10,59	147,10	Q125	1	5	143,92	187,71	—	67,8	94,2	103,3	105,2	—	94,9	94,9	—	—	—	94,9	—	94,1	—
168,28	12,06	144,16	Q125	1	5	140,98	187,71	—	85,5	107,0	116,7	120,9	—	108,0	105,7	—	—	—	108,1	—	108,1	—
168,28	8,94	150,40	Q135	1	5	147,22	187,71	—	48,5	86,0	95,0	95,2	—	86,5	86,5	—	—	—	86,5	—	86,5	—
168,28	10,59	147,10	Q135	1	5	143,92	187,71	—	70,7	101,6	111,5	113,7	—	102,4	102,4	—	—	—	102,4	—	102,4	—
168,28	12,06	144,16	Q135	1	5	140,98	187,71	—	90,1	115,5	126,0	130,5	—	116,6	114,2	—	—	—	116,6	—	116,6	—
177,80	5,87	166,06	H40	2	12,5	162,88	194,46	—	10,5	15,9	17,8	17,2	15,9	—	—	—	—	—	—	—	—	—
177,80	6,91	163,98	H40	2	12,5	160,80	194,46	...	14,7	18,7	20,9	20,4	18,7	–	18,8	–	...	–	18,8	...	–	–
177,80	8,05	161,70	H40	2	12,5	158,75[a]	194,46	—	19,0	21,8	24,2	23,8	21,9	21,9	21,9	—	—	—	21,9	—	—	—
177,80	8,05	161,70	H40	2	12,5	158,52	194,46	—	19,0	21,8	24,2	23,8	21,9	21,9	21,9	—	—	—	21,9	—	—	—
177,80	9,19	159,42	H40	2	12,5	156,24	194,46	—	23,2	24,8	27,5	27,3	25,0	25,0	25,0	—	—	—	25,0	–	25,0	—
177,80	10,36	157,08	H40	2	12,5	153,90	194,46	—	27,2	28,0	30,8	30,9	—	28,1	28,1	—	—	—	28,1	—	28,1	—
177,80	11,51	154,78	H40	2	12,5	152,40[a]	194,46	...	31,1	31,0	34,0	34,5	–	–	29,2	–	...	–	29,9	...	–	–

Продолжение таблицы I.1

Наружный диаметр D, мм	Толщина стенки t, мм	Внутренний диаметр d, мм	Группа прочности	Переменная/искусственный дефект (надрез)		Диаметр оправки, мм	Наружный диаметр муфты, мм		Соответствующий номер раздела или формулы													
									Раздел 8	(9)	(8)	(14)	(10) (65)									
									Минимальное внутреннее давление возникновения текучести, МПа													
									Стойкость к смятию, МПа	Тело трубы			Тип соединения									
										Внутренняя текучесть		Пластическое разрушение			Баттресс				ОТТМ		ОТТГ	
										Формула Ламе—фон Мизеса					Обычная муфта		Специальная муфта					
							Обычная муфта D_M	Специальная муфта D_C		Открытый торец	Торцевое уплотнение	Торцевое уплотнение	SC	LC	Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Обычная муфта	Специальная муфта	Обычная муфта	Специальная муфта
				k_h	a_h, %																	
177,80	*11,51*	*154,78*	*H40*	*2*	*12,5*	*151,60*	*194,46*	—	*31,1*	*31,0*	*34,0*	*34,5*	—	—	*29,2*	—	—	—	*29,9*	—	—	—
177,80	*12,65*	*152,50*	*H40*	*2*	*12,5*	*149,32*	*194,46*	—	*34,8*	*34,0*	*37,1*	*38,1*	—	—	*29,2*	—	—	—	*29,9*	—	—	—
177,80	*5,87*	*166,06*	*J55*	*2*	*12,5*	*162,88*	*194,46*	—	*11,6*	*21,9*	*24,5*	*21,8*	*21,9*	- -	—	—	—	—	—	—	—	—
177,80	6,91	163,98	J55	2	12,5	160,80	194,46	—	17,1	25,7	28,7	25,7	25,8	—	—	—	—	—	25,8	25,8	—	—
177,80	*8,05*	*161,70*	*J55*	*2*	*12,5*	*158,75*[3]	*194,46*	*187,32*	*23,2*	*29,9*	*33,2*	*30,0*	*30,0*	*30,0*	*30,0*	*30,0*	*27,2*	*30,0*	*30,0*	*28,1*	—	—
177,80	8,05	161,70	J55	2	12,5	158,52	194,46	187,32	23,2	29,9	33,2	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	27,2	30,0	30,0	28,1	—	—
177,80	9,19	159,42	J55	2	12,5	156,24	194,46	187,32	29,1	34,1	37,7	34,5	34,3	34,3	34,3	34,3	27,2	34,3	34,3	*28,1*	34,3	30,6
177,80	*10,36*	*157,08*	*J55*	*2*	*12,5*	*153,90*	194,46	187,32	34,9	*38,4*	*42,3*	*39,1*	—	*38,6*	*38,6*	*38,6*	*27,2*	*38,6*	*38,6*	28,1	*38,6*	*30,6*
177,80	*11,51*	*154,78*	*J55*	*2*	*12,5*	*152,40*[3]	194,46	187,32	40,3	*42,6*	*46,7*	*43,6*	- -	*42,9*	*40,1*	*42,9*	*27,2*	*39,6*	*41,1*	*28,1*	*42,9*	30,6
177,80	*11,51*	*154,78*	*J55*	*2*	*12,5*	*151,60*	194,46	187,32	40,3	*42,6*	*46,7*	*43,6*	—	*42,9*	*40,1*	*42,9*	*27,2*	*39,6*	*41,1*	28,1	*43,5*	*30,6*
177,80	*12,65*	*152,50*	*J55*	*2*	*12,5*	*149,32*	194,46	187,32	45,6	*46,7*	*51,0*	*48,1*	—	*43,8*	*40,1*	*47,2*	*27,2*	*39,6*	*41,1*	*28,1*	*43,5*	30,6
177,80	*5,87*	*166,06*	*K55*	*2*	*12,5*	*162,88*	194,46	—	11,6	*21,9*	*24,5*	*27,6*	*21,9*	- -	—	—	—	—	- -	—	—	—
177,80	6,91	163,98	K55	2	12,5	160,80	194,46	—	17,1	25,7	28,7	32,5	25,8	—	25,8	25,8	25,8	25,8	25,8	25,8	—	—
177,80	*8,05*	*161,70*	*K55*	*2*	*12,5*	*158,75*[3]	*194,46*	*187,32*	*23,2*	*29,9*	*33,2*	*38,0*	*30,0*	*30,0*	*30,0*	*30,0*	*27,2*	*30,0*	*30,0*	*28,1*	—	—
177,80	8,05	161,70	K55	2	12,5	158,52	194,46	187,32	23,2	29,9	33,2	38,0	30,0	30,0	30,0	30,0	27,2	30,0	30,0	28,1	—	—
177,80	9,19	159,42	K55	2	12,5	156,24	194,46	187,32	29,1	34,1	37,7	43,6	34,3	34,3	34,3	34,3	27,2	34,3	34,3	*28,1*	34,3	30,6
177,80	*10,36*	*157,08*	*K55*	*2*	*12,5*	*153,90*	194,46	187,32	34,9	*38,4*	*42,3*	*49,5*	—	*38,6*	*38,6*	*38,6*	*27,2*	*38,6*	*38,6*	28,1	*38,6*	*30,6*
177,80	*11,51*	*154,78*	*K55*	*2*	*12,5*	*152,40*[3]	194,46	187,32	40,3	*42,6*	*46,7*	*55,3*	- -	*42,9*	*40,1*	*42,9*	*27,2*	*39,6*	*41,1*	*28,1*	*42,9*	30,6
177,80	*11,51*	*154,78*	*K55*	*2*	*12,5*	*151,60*	194,46	187,32	40,3	*42,6*	*46,7*	*55,3*	—	*42,9*	*40,1*	*42,9*	*27,2*	*39,6*	*41,1*	28,1	*43,5*	*30,6*
177,80	*12,65*	*152,50*	*K55*	*2*	*12,5*	*149,32*	194,46	187,32	45,6	*46,7*	*51,0*	*61,0*	—	*43,8*	*40,1*	*47,2*	*27,2*	*39,6*	*41,1*	*28,1*	*43,5*	30,6
177,80	6,91	163,98	M65	2	12,5	160,80	194,46	—	18,1	30,4	33,9	29,2	30,5	—	30,5	—	—	—	- -	—	—	—
177,80	*8,05*	*161,70*	*M65*	*2*	*12,5*	*158,75*[3]	*194,46*	*187,32*	*25,3*	*35,3*	*39,3*	*34,2*	—	*35,5*	*35,5*	—	*35,5*	—	*35,5*	*35,5*	—	—
177,80	8,05	161,70	M65	2	12,5	158,52	194,46	187,32	25,3	35,3	39,3	34,2	—	35,5	35,5	—	35,5	—	35,5	35,5	—	—
177,80	9,19	159,42	M65	2	12,5	156,24	194,46	187,32	32,5	40,3	44,6	39,2	- -	40,5	40,5	—	39,5	—	40,5	40,5	—	—
177,80	10,36	157,08	M65	2	12,5	153,90	194,46	187,32	39,4	45,4	50,0	44,4	—	45,7	45,7	—	39,5	—	45,7	40,9	45,7	44,6
177,80	*11,51*	*154,78*	*M65*	*2*	*12,5*	*152,40*[3]	*194,46*	*187,32*	46,0	*50,3*	*55,1*	*49,5*	—	*50,7*	*50,7*	—	*39,5*	—	*48,5*	*40,9*	*50,8*	*44,6*
177,80	11,51	154,78	M65	2	12,5	151,60	194,46	187,32	46,0	50,3	55,1	49,5	- -	50,7	50,7	—	39,5	—	48,5	40,9	51,4	44,6

Продолжение таблицы Г.1

Наружный диаметр D, мм	Толщина стенки t, мм	Внутренний диаметр d, мм	Группа прочности	Переменная/искусственный дефект (надрез)		Диаметр оправки, мм	Наружный диаметр муфты, мм		Соответствующий номер раздела или формулы													
									Раздел 8	(9)	(8)	(14)	(10) (65)									
									Минимальное внутреннее давление возникновения текучести, МПа													
									Стойкость к смятию, МПа	Тело трубы			Тип соединения									
										Внутренняя текучесть		Пластическое разрушение	SC	LC	Баттресс				ОТТМ		ОТТГ	
										Формула Ламе—фон Мизеса					Обычная муфта		Специальная муфта					
							Обычная муфта D_M	Специальная муфта D_C		Открытый торец	Торцевое уплотнение	Торцевое уплотнение			Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Обычная муфта	Специальная муфта	Обычная муфта	Специальная муфта
				k_h	σ_N, %																	
177,80	6,91	163,98	M65	1	12,5	160,80	194,46	—	18,1	30,4	33,9	35,3	30,5	—	30,5	—	—	—	—	—	—	—
177,80	*8,05*	*161,70*	*M65*	*1*	*12,5*	*158,75*[a]	*194,46*	*187,32*	*25,3*	*35,3*	*39,3*	*41,3*	—	*35,5*	*35,5*	—	*35,5*	—	*35,5*	*35,5*	—	—
177,80	8,05	161,70	M65	1	12,5	158,52	194,46	187,32	25,3	35,3	39,3	41,3	—	35,5	35,5	—	35,5	—	35,5	35,5	—	—
177,80	9,19	159,42	M65	1	12,5	156,24	194,46	187,32	32,5	40,3	44,6	47,4	—	40,5	40,5	—	39,5	—	40,5	40,5	—	—
177,80	10,36	157,08	M65	1	12,5	153,90	194,46	187,32	39,4	45,4	50,0	53,7	—	45,7	45,7	—	39,5	—	45,7	40,9	45,7	44,6
177,80	*11,51*	*154,78*	*M65*	*1*	*12,5*	*152,40*[a]	*194,46*	*187,32*	*46,0*	*50,3*	*55,1*	*59,9*	—	*50,7*	*50,7*	—	*39,5*	—	*48,5*	*40,9*	*50,8*	*44,6*
177,80	11,51	154,78	M65	1	12,5	151,60	194,46	187,32	46,0	50,3	55,1	59,9	—	50,7	50,7	—	39,5	—	48,5	40,9	51,4	44,6
177,80	*8,05*	*161,70*	*L80 9Cr*	*2*	*12,5*	*158,75*[a]	*194,46*	*187,32*	*27,1*	*43,5*	*48,3*	*38,5*	—	*43,7*	*43,7*	—	*39,5*	—	*43,7*	*40,9*	—	—
177,80	8,05	161,70	L80 9Cr	2	12,5	158,52	194,46	187,32	27,1	43,5	48,3	38,5	—	43,7	43,7	—	39,5	—	43,7	40,9	—	—
177,80	9,19	159,42	L80 9Cr	2	12,5	156,24	194,46	187,32	35,6	49,6	54,8	44,2	—	49,9	49,9	—	39,5	—	49,9	*40,9*	49,9	*44,6*
177,80	10,36	157,08	L80 9Cr	2	12,5	153,90	194,46	187,32	44,0	55,9	61,5	50,0	—	56,2	56,2	—	39,5	—	56,3	40,9	56,3	44,6
177,80	*11,51*	*154,78*	*L80 9Cr*	*2*	*12,5*	*152,40*[a]	*194,46*	*187,32*	*51,9*	*61,9*	*67,9*	*55,7*	—	*62,4*	*58,3*	—	*39,5*	—	*59,8*	*40,9*	*62,5*	*44,6*
177,80	11,51	154,78	L80 9Cr	2	12,5	151,60	194,46	187,32	51,9	61,9	67,9	55,7	—	62,4	58,3	—	39,5	—	59,8	40,9	62,5	44,6
177,80	12,65	152,50	L80 9Cr	2	12,5	149,32	194,46	187,32	59,4	67,9	74,1	61,5	—	63,7	58,3	—	39,5	—	59,8	*40,9*	63,4	*44,6*
177,80	13,72	150,36	L80 9Cr	2	12,5	147,18	194,46	187,32	66,2	73,6	79,9	67,0	—	63,7	58,3	—	39,5	—	59,8	40,9	63,4	44,6
177,80	*15,00*	*147,80*	*L80 9Cr*	*2*	*12,5*	*144,62*	*194,46*	*187,32*	*74,2*	*80,4*	*87,0*	*73,9*	—	*63,7*	*58,3*	—	*39,5*	—	*59,8*	*40,9*	*63,4*	*44,6*
177,80	*8,05*	*161,70*	*L80*	*1*	*12,5*	*158,75*[a]	*194,46*	*187,32*	*27,5*	*43,5*	*48,3*	*46,5*	—	*43,7*	*43,7*	—	*39,5*	—	*43,7*	*40,9*	—	—
177,80	8,05	161,70	L80	1	12,5	158,52	194,46	187,32	27,5	43,5	48,3	46,5	—	43,7	43,7	—	39,5	—	43,7	40,9	—	—
177,80	9,19	159,42	L80	1	12,5	156,24	194,46	187,32	36,2	49,6	54,8	53,4	—	49,9	49,9	—	39,5	—	49,9	*40,9*	49,9	*44,6*
177,80	10,36	157,08	L80	1	12,5	153,90	194,46	187,32	44,9	55,9	61,5	60,4	—	56,2	56,2	—	39,5	—	56,3	40,9	56,3	44,6
177,80	*11,51*	*154,78*	*L80*	*1*	*12,5*	*152,40*[a]	*194,46*	*187,32*	*53,1*	*61,9*	*67,9*	*67,5*	—	*62,4*	*58,3*	—	*39,5*	—	*59,8*	*40,9*	*62,5*	*44,6*
177,80	11,51	154,78	L80	1	12,5	151,60	194,46	187,32	53,1	61,9	67,9	67,5	—	62,4	58,3	—	39,5	—	59,8	40,9	62,5	44,6
177,80	12,65	152,50	L80	1	12,5	149,32	194,46	187,32	60,9	67,9	74,1	74,5	—	63,7	58,3	—	39,5	—	59,8	*40,9*	63,4	*44,6*
177,80	13,72	150,36	L80	1	12,5	147,18	194,46	187,32	67,9	73,6	79,9	81,2	—	63,7	58,3	—	39,5	—	59,8	40,9	63,4	44,6
177,80	*15,00*	*147,80*	*L80*	*1*	*12,5*	*144,62*	*194,46*	*187,32*	*76,2*	*80,4*	*87,0*	*89,6*	—	*63,7*	*58,3*	—	*39,5*	—	*59,8*	*40,9*	*63,4*	*44,6*
177,80	*5,87*	*166,06*	*N80*	*2*	*12,5*	*162,88*	*194,46*	*187,32*	*12,5*	*31,8*	*35,7*	*29,4*	*31,9*	—	—	—	—	—	—	—	—	—
177,80	*6,91*	*163,98*	*N80*	*2*	*12,5*	*160,80*	*194,46*	*187,32*	*19,2*	*37,4*	*41,8*	*34,8*	*37,5*	—	—	—	—	—	*37,5*	—	—	—

Продолжение таблицы I.1

Наружный диаметр D, мм	Толщина стенки t, мм	Внутренний диаметр d, мм	Группа прочности	Переменная/искусственный дефект (надрез)		Диаметр оправки, мм	Наружный диаметр муфты, мм		Соответствующий номер раздела или формулы													
									Раздел 8	(9)	(8)	(14)	(10) (65)									
									Минимальное внутреннее давление возникновения текучести, МПа													
									Стойкость к смятию, МПа	Тело трубы			Тип соединения									
										Внутренняя текучесть		Пластическое разрушение	SC	LC	Баттрёсс				ОТТМ		ОТТГ	
										Формула Ламе—фон Мизеса					Обычная муфта		Специальная муфта					
				k_h	a_h, %		Обычная муфта D_M	Специальная муфта D_C		Открытый торец	Торцевое уплотнение	Торцевое уплотнение			Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Обычная муфта	Специальная муфта	Обычная муфта	Специальная муфта
177,80	*8,05*	*161,70*	*N80*	*2*	*12,5*	*158,75*[a]	*194,46*	*187,32*	*27,7*	*43,5*	*48,3*	*40,6*	—	*43,7*	*43,7*	—	*39,5*	—	*43,7*	*40,9*	—	—
177,80	8,05	161,70	N80	2	12,5	158,52	194,46	187,32	27,7	43,5	48,3	40,6	—	43,7	43,7	—	39,5	—	43,7	40,9	—	—
177,80	9,19	159,42	N80	2	12,5	156,24	194,46	187,32	36,5	49,6	54,8	46,5	—	49,9	49,9	—	39,5	—	49,9	*40,9*	49,9	*44,6*
177,80	10,36	157,08	N80	2	12,5	153,90	194,46	187,32	45,4	55,9	61,5	52,6	—	56,2	56,2	—	39,5	—	56,3	40,9	56,3	44,6
177,80	*11,51*	*154,78*	*N80*	*2*	*12,5*	*152,40*[b]	*194,46*	187,32	53,8	*61,9*	*67,9*	*58,7*	—	*62,4*	*58,3*	—	*39,5*	—	*59,8*	*40,9*	*62,5*	*44,6*
177,80	11,51	154,78	N80	2	12,5	151,60	194,46	187,32	53,8	61,9	67,9	58,7	—	62,4	58,3	—	39,5	—	59,8	40,9	62,5	44,6
177,80	12,65	152,50	N80	2	12,5	149,32	194,46	187,32	61,7	67,9	74,1	64,8	—	63,7	58,3	—	39,5	—	*59,8*	*40,9*	63,4	*44,6*
177,80	13,72	150,36	N80	2	12,5	147,18	194,46	187,32	69,0	73,6	79,9	70,6	—	63,7	58,3	—	39,5	—	59,8	40,9	63,4	44,6
177,80	*5,87*	*166,06*	*N80*	*1*	*12,5*	*162,88*	194,46	187,32	12,5	*31,8*	*35,7*	*35,4*	*31,9*	—	—	—	—	—	—	—	—	—
177,80	*6,91*	*163,98*	*N80*	*1*	*12,5*	*160,80*	194,46	187,32	19,2	*37,4*	*41,8*	*41,9*	*37,5*	—	—	—	—	—	—	—	—	—
177,80	*8,05*	*161,70*	*N80*	*1*	*12,5*	*158,75*[a]	*194,46*	187,32	27,7	*43,5*	*48,3*	*48,9*	*43,7*	*43,7*	*43,7*	*43,7*	*39,5*	*43,7*	*43,7*	*40,9*	—	—
177,80	8,05	161,70	N80	1	12,5	158,52	194,46	187,32	27,7	43,5	48,3	48,9	43,7	43,7	43,7	43,7	39,5	43,7	43,7	40,9	—	—
177,80	9,19	159,42	N80	1	12,5	156,24	194,46	187,32	36,5	49,6	54,8	56,2	49,9	49,9	49,9	49,9	39,5	49,9	49,9	*40,9*	49,9	*44,6*
177,80	10,36	157,08	N80	1	12,5	153,90	194,46	187,32	45,4	55,9	61,5	63,7	—	56,2	56,2	56,2	39,5	54,4	56,3	40,9	56,3	44,6
177,80	*11,51*	*154,78*	*N80*	*1*	*12,5*	*152,40*	*194,46*	187,32	53,8	*61,9*	*67,9*	*71,0*	—	*62,4*	*58,3*	*62,4*	*39,5*	*54,4*	*59,8*	*40,9*	*62,5*	*44,6*
177,80	11,51	154,78	N80	1	12,5	151,60	194,46	187,32	53,8	61,9	67,9	71,0	—	62,4	58,3	62,4	39,5	54,4	59,8	40,9	62,5	44,6
177,80	12,65	152,50	N80	1	12,5	149,32	194,46	187,32	61,7	67,9	74,1	78,5	—	63,7	58,3	68,6	39,5	54,4	59,8	*40,9*	63,4	*44,6*
177,80	13,72	150,36	N80	1	12,5	147,18	194,46	187,32	69,0	73,6	79,9	85,5	—	63,7	58,3	74,4	39,5	54,4	59,8	40,9	63,4	44,6
177,80	*8,05*	*161,70*	*C90*	*1*	*5*	*158,75*[a]	*194,46*	187,32	28,8	*48,9*	*54,4*	*54,3*	—	*49,1*	*49,1*	—	*44,5*	—	*49,2*	—	—	—
177,80	8,05	161,70	C90	1	5	158,52	194,46	187,32	28,8	48,9	54,4	54,3	—	49,1	49,1	—	44,5	—	49,2	—	—	—
177,80	9,19	159,42	C90	1	5	156,24	194,46	187,32	38,4	55,8	61,7	62,4	—	56,2	56,2	—	44,5	—	56,2	—	—	—
177,80	10,36	157,08	C90	1	5	153,90	194,46	187,32	48,1	62,8	69,2	70,7	—	63,3	63,3	—	44,5	—	63,3	—	63,3	—
177,80	*11,51*	*154,78*	*C90*	*1*	*5*	*152,40*	*194,46*	187,32	57,2	*69,7*	*76,3*	*78,9*	—	*70,2*	*65,6*	—	*44,5*	—	*67,3*	—	*70,4*	—
177,80	11,51	154,78	C90	1	5	151,60	194,46	187,32	57,2	69,7	76,3	78,9	—	70,2	65,6	—	44,5	—	67,3	—	70,4	—
177,80	12,65	152,50	C90	1	5	149,32	194,46	187,32	65,8	76,5	83,4	87,2	—	71,6	65,6	—	44,5	—	67,3	—	71,3	—
177,80	13,72	150,36	C90	1	5	147,18	194,46	187,32	73,6	82,7	89,9	95,1	—	71,6	65,6	—	44,5	—	67,3	—	71,3	—
177,80	15,88	146,04	C90	1	5	142,86	—	—	88,7	95,4	102,9	111,3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Продолжение таблицы I.1

Наружный диаметр D, мм	Толщина стенки t, мм	Внутренний диаметр d, мм	Группа прочности	Переменная/искусственный дефект (надрез)		Диаметр оправки, мм	Наружный диаметр муфты, мм		Соответствующий номер раздела или формулы													
									Раздел 8	(9)	(8)	(14)	(10) (65)									
									Минимальное внутреннее давление возникновения текучести, МПа													
									Стойкость к смятию, МПа	Тело трубы			Тип соединения									
										Внутренняя текучесть		Пластическое разрушение	SC	LC	Баттресс				ОТТМ		ОТТГ	
										Формула Ламе—фон Мизеса					Обычная муфта		Специальная муфта					
				k_h	a_N, %		Обычная муфта D_M	Специальная муфта D_C		Открытый торец	Торцевое уплотнение	Торцевое уплотнение			Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Обычная муфта	Специальная муфта	Обычная муфта	Специальная муфта
177,80	17,45	142,90	C90	1	5	139,72	—	—	99,5	104,5	112,2	123,3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
177,80	19,05	139,70	C90	1	5	136,52	—	—	110,4	113,6	121,4	135,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
177,80	20,62	136,56	C90	1	5	133,38	—	—	121,0	122,6	130,4	148,1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
177,80	22,22	133,36	C90	1	5	130,18	—	—	131,8	131,6	139,2	160,9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
177,80	*8,05*	*161,70*	R95	*1*	*12,5*	*158,75*[3]	*194,46*	*187,32*	*29,2*	*51,7*	*57,4*	*51,8*	—	*51,9*	*51,9*	—	*46,9*	—	*51,9*	—	—	—
177,80	8,05	161,70	R95	1	12,5	158,52	194,46	187,32	29,2	51,7	57,4	51,8	—	51,9	51,9	—	46,9	—	51,9	—	—	—
177,80	9,19	159,42	R95	1	12,5	156,24	194,46	187,32	39,2	58,9	65,2	59,5	—	59,3	59,3	—	46,9	—	59,2	—	59,2	—
177,80	10,36	157,08	R95	1	12,5	153,90	194,46	187,32	49,6	66,4	73,0	67,3	—	66,8	66,8	—	46,9	—	66,8	—	66,8	—
177,80	*11,51*	*154,78*	R95	*1*	*12,5*	*152,40*	*194,46*	*187,32*	*59,5*	*73,5*	*80,5*	*75,1*	—	*74,1*	*69,2*	—	*46,9*	—	*71,0*	—	*74,2*	—
177,80	11,51	154,78	R95	1	12,5	151,60	194,46	187,32	59,5	73,5	80,5	75,1	—	74,1	69,2	—	46,9	—	71,0	—	74,2	—
177,80	12,65	152,50	R95	1	12,5	149,32	194,46	187,32	68,9	80,7	88,1	83,0	—	75,6	69,2	—	46,9	—	71,0	—	75,2	—
177,80	13,72	150,36	R95	1	12,5	147,18	194,46	187,32	77,4	87,4	94,9	90,5	—	75,6	69,2	—	46,9	—	71,0	—	75,2	—
177,80	*15,00*	*147,80*	R95	*1*	*12,5*	*144,62*	194,46	187,32	*87,3*	*95,4*	*103,2*	*99,7*	—	*75,6*	*69,2*	—	*46,9*	—	*71,0*	—	*75,2*	—
177,80	*8,05*	*161,70*	T95	*1*	*5*	*158,75*[3]	*194,46*	187,32	29,4	*51,7*	*57,4*	*57,2*	—	*51,9*	*51,9*	—	*46,9*	—	*51,9*	—	—	—
177,80	8,05	161,70	T95	1	5	158,52	194,46	187,32	29,4	51,7	57,4	57,2	—	51,9	51,9	—	46,9	—	51,9	—	—	—
177,80	9,19	159,42	T95	1	5	156,24	194,46	187,32	39,4	58,9	65,2	65,7	—	59,3	59,3	—	46,9	—	59,2	—	—	—
177,80	10,36	157,08	T95	1	5	153,90	194,46	187,32	49,8	66,4	73,0	74,4	—	66,8	66,8	—	46,9	—	66,8	—	66,8	—
177,80	*11,51*	*154,78*	*T95*	*1*	*5*	*152,40*	*194,46*	187,32	59,5	*73,5*	*80,5*	*83,1*	—	*74,1*	*69,2*	—	*46,9*	—	*71,0*	—	*74,2*	—
177,80	11,51	154,78	T95	1	5	151,60	194,46	187,32	59,5	73,5	80,5	83,1	—	74,1	69,2	—	46,9	—	71,0	—	74,2	—
177,80	12,65	152,50	T95	1	5	149,32	194,46	187,32	68,7	80,7	88,1	91,8	—	75,6	69,2	—	46,9	—	71,0	—	75,2	—
177,80	13,72	150,36	T95	1	5	147,18	194,46	187,32	77,0	87,4	94,9	100,1	—	75,6	69,2	—	46,9	—	71,0	—	75,2	—
177,80	15,88	146,04	T95	1	5	142,86	–	–	93,1	100,7	108,7	117,1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
177,80	17,45	142,90	T95	1	5	139,72	–	–	104,6	110,3	118,4	129,7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
177,80	19,05	139,70	T95	1	5	136,52	–	–	116,1	120,0	128,2	142,8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
177,80	20,62	136,56	T95	1	5	133,38	–	–	127,3	129,4	137,6	155,9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
177,80	22,22	133,36	T95	1	5	130,18	–	–	138,7	138,9	147,0	169,4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
177,80	9,19	159,42	P110	1	12,5	156,24	194,46	187,33	42,2	68,2	75,4	71,3	—	68,6	68,6	68,6	54,4	61,8	68,6	56,2	68,6	61,2

Продолжение таблицы I 1

Наружный диаметр D, мм	Толщина стенки t, мм	Внутренний диаметр d, мм	Группа прочности	Переменная/искусственный дефект (надрез)		Диаметр оправки, мм	Наружный диаметр муфты, мм		Соответствующий номер раздела или формулы													
									Раздел 8	(9)	(8)	(14)	(10) (65)									
									Минимальное внутреннее давление возникновения текучести, МПа													
									Стойкость к смятию, МПа	Тело трубы			Тип соединения									
										Внутренняя текучесть. Формула Ламе—фон Мизеса		Пластическое разрушение	SC	LC	Баттрёс				ОТТМ		ОТТГ	
															Обычная муфта		Специальная муфта					
				k_h	a_h, %		Обычная муфта D_M	Специальная муфта D_c		Открытый торец	Торцевое уплотнение	Торцевое уплотнение			Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Обычная муфта	Специальная муфта	Обычная муфта	Специальная муфта
177,80	10,36	157,08	P110	1	12,5	153,90	194,46	187,33	54,5	76,8	84,5	80,8	—	77,3	77,3	77,3	54,4	61,8	77,3	56,2	77,3	61,2
177,80	*11,51*	*154,78*	*P110*	*1*	*12,5*	*152,40*	*194,46*	*187,33*	66,5	*85,2*	*93,3*	*90,1*	—	*85,8*	*80,2*	*85,8*	*54,4*	*61,8*	*82,1*	56,2	*85,9*	61,2
177,80	11,51	154,78	P110	1	12,5	151,60	194,46	187,33	66,5	85,2	93,3	90,1	—	85,8	80,2	85,8	54,4	61,8	82,1	56,2	85,9	61,2
177,80	12,65	152,50	P110	1	12,5	149,32	194,46	187,33	78,0	93,4	102,0	99,6	—	87,5	80,2	91,1	54,4	61,8	82,1	56,2	87,0	61,2
177,80	13,72	150,36	P110	1	12,5	147,18	194,46	187,33	88,4	101,1	109,9	108,5	—	87,5	80,2	91,1	54,4	61,8	82,1	56,2	87,0	61,2
177,80	*15,00*	*147,80*	*P110*	*1*	*12,5*	*144,62*	—	—	100,5	*110,4*	*119,4*	*119,4*	—	*87,5*	*80,6*	*91,1*	*54,6*	*61,8*	*82,1*	56,2	*87,0*	61,2
177,80	9,19	159,42	P110	1	5	156,24	194,46	187,33	42,2	68,2	75,4	78,8	—	68,6	68,6	68,6	54,4	61,8	68,6	56,2	68,6	61,2
177,80	10,36	157,08	P110	1	5	153,90	194,46	187,33	54,5	76,8	84,5	89,2	—	77,3	77,3	77,3	54,4	61,8	77,3	56,2	77,3	61,2
177,80	*11,51*	*154,78*	*P110*	*1*	*5*	*152,40*	*194,46*	*187,33*	66,5	*85,2*	*93,3*	*99,6*	—	*85,8*	*80,2*	*85,8*	*54,4*	*61,8*	*82,1*	56,2	*85,9*	61,2
177,80	11,51	154,78	P110	1	5	151,60	194,46	187,33	66,5	85,2	93,3	99,6	—	85,8	80,2	85,8	54,4	61,8	82,1	56,2	85,9	61,2
177,80	12,65	152,50	P110	1	5	149,32	194,46	187,33	78,0	93,4	102,0	110,2	—	87,5	80,2	91,1	54,4	61,8	82,1	56,2	87,0	61,2
177,80	13,72	150,36	P110	1	5	147,18	194,46	187,33	88,4	101,1	109,9	120,1	—	87,5	80,2	91,1	54,4	61,8	82,1	56,2	87,0	61,2
177,80	*15,00*	*147,80*	*P110*	*1*	*5*	*144,62*	*194,46*	*187,33*	100,5	*110,4*	*119,4*	*132,3*	—	*87,5*	*80,6*	*91,1*	*54,6*	*61,8*	*82,1*	56,2	*87,0*	61,2
177,80	*9,19*	*159,42*	*Q125*	*1*	*5*	*156,24*	*194,46*	—	44,3	*77,6*	*85,8*	*85,6*	—	*78,0*	*78,0*	—	—	—	*78,0*	—	—	—
177,80	*10,36*	*157,08*	*Q125*	*1*	*5*	*153,90*	*194,46*	—	58,0	*87,3*	*96,1*	*97,0*	—	*87,9*	*87,9*	—	—	—	*87,9*	—	*87,9*	—
177,80	*11,51*	*154,78*	*Q125*	*1*	*5*	*152,40*	*194,46*	—	71,5	*96,9*	*106,1*	*108,4*	—	*97,7*	*91,1*	—	—	—	*93,4*	—	*97,7*	—
177,80	*11,51*	*154,78*	*Q125*	*1*	*5*	*151,60*	*194,46*	—	71,5	*96,9*	*106,1*	*108,4*	—	*97,7*	*91,1*	—	—	—	*93,4*	—	*97,7*	—
177,80	12,65	152,50	Q125	1	5	149,32	194,46	—	84,5	106,2	115,8	119,9	—	99,4	91,1	—	—	—	93,4	—	98,9	—
177,80	13,72	150,36	Q125	1	5	147,18	194,46	—	96,2	114,9	124,9	130,6	—	99,4	91,1	—	—	—	93,4	—	98,9	—
177,80	*9,19*	*159,42*	*Q135*	*1*	*5*	*156,24*	*194,46*	—	45,4	*83,7*	*92,5*	*92,5*	—	*84,1*	*84,1*	—	—	—	*84,1*	—	*84,1*	—
177,80	*10,36*	*157,08*	*Q135*	*1*	*5*	*153,90*	*194,46*	—	60,1	*94,2*	*103,7*	*104,9*	—	*94,8*	*94,8*	—	—	—	*94,8*	—	*94,8*	—
177,80	*11,51*	*154,78*	*Q135*	*1*	*5*	*152,40*	*194,46*	—	74,7	*104,5*	*114,5*	*117,2*	—	*105,4*	*98,4*	—	—	—	*100,8*	—	*105,4*	—
177,80	*11,51*	*157,48*	*Q135*	*1*	*5*	*151,60*	*194,46*	—	74,7	*104,5*	*114,5*	*117,2*	—	*105,4*	*98,4*	—	—	—	*100,8*	—	*105,4*	—
177,80	*12,65*	*152,50*	*Q135*	*1*	*5*	*149,32*	*194,46*	—	89,0	*114,7*	*125,1*	*129,5*	—	*107,3*	*98,4*	—	—	—	*100,8*	—	*106,7*	—
177,80	*13,72*	*150,36*	*Q135*	*1*	*5*	*147,18*	*194,46*	—	101,8	*124,1*	*134,9*	*141,2*	—	*107,3*	*98,4*	—	—	—	*100,8*	—	*106,7*	—
177,80	*15,00*	*147,80*	*Q135*	*1*	*5*	*144,62*	*194,46*	—	116,6	*135,4*	*146,5*	*155,3*	—	*107,3*	*98,4*	—	—	—	*100,8*	—	*106,7*	—
193,68	7,62	178,44	H40	2	12,5	175,26	215,90	—	15,0	18,9	21,1	20,7	18,9	—	19,0	—	—	—	19,0	—	—	—

Продолжение таблицы I.1

Наружный диаметр D, мм	Толщина стенки t, мм	Внутренний диаметр d, мм	Группа прочности	Переменная/искусственный дефект (надрез)		Диаметр оправки, мм	Наружный диаметр муфты, мм		Соответствующий номер раздела или формулы															
									Раздел 8	(9)	(8)	(14)	(10) (65)											
									Минимальное внутреннее давление возникновения текучести, МПа															
									Стойкость к смятию, МПа	Тело трубы			Тип соединения											
							Обычная муфта $D_{ш}$	Специальная муфта D_c		Внутренняя текучесть. Формула Ламе—фон Мизеса		Пластическое разрушение	SC	LC	Баттрёсс				ОТТМ		ОТТГ	
															Обычная муфта		Специальная муфта					
				k_a	a_N, %					Открытый торец	Торцевое уплотнение	Торцевое уплотнение			Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Обычная муфта	Специальная муфта	Обычная муфта	Специальная муфта
193,68	8,33	177,02	H40	2	12,5	173,84	215,90	—	17,5	20,7	23,0	22,6	—	—	20,8	—	—	—	20,8	—	—	—
193,68	9,52	174,64	H40	2	12,5	171,46	215,90	—	21,6	23,6	26,2	25,9	—	—	23,7	—	—	—	23,7	—	—	—
193,68	10,92	171,84	H40	2	12,5	168,66	215,90	—	26,1	27,1	29,8	29,9	—	—	27,2	—	—	—	27,2	—	—	—
193,68	12,70	168,28	H40	2	12,5	165,10	215,90	—	31,6	31,4	34,4	35,0	—	—	31,7	—	—	—	31,7	—	—	—
193,68	7,62	178,44	J55	2	12,5	175,26	215,90	206,38	17,5	26,0	29,0	26,1	26,1	—	26,1	26,1	26,1	26,1	26,1	26,1	—	—
193,68	8,33	177,02	J55	2	12,5	173,84	215,90	206,38	20,0	28,5	31,6	28,5	28,5	28,5	28,5	28,5	28,5	28,5	28,5	28,5	—	—
193,68	9,52	174,64	J55	2	12,5	171,46	215,90	206,38	26,8	32,4	35,9	32,8	—	32,6	32,6	32,6	32,6	32,6	32,6	31,9	32,6	32,6
193,68	10,92	171,84	J55	2	12,5	168,66	215,90	206,38	33,3	37,2	41,0	37,8	—	37,4	37,4	37,8	31,0	37,8	37,4	31,9	37,4	34,2
193,68	12,70	168,28	J55	2	12,5	165,10	215,90	206,38	41,0	43,1	47,2	44,2	—	43,5	43,5	43,5	31,0	43,5	43,5	31,9	43,5	34,2
193,68	7,62	178,44	K55	2	12,5	175,26	215,90	206,38	17,5	26,0	29,0	33,0	26,1	—	26,1	26,1	26,1	26,1	26,1	26,1	—	—
193,68	8,33	177,02	K55	2	12,5	173,84	215,90	206,38	20,0	28,5	31,6	36,1	28,5	28,5	28,5	28,5	28,5	28,5	28,5	28,5	—	—
193,68	9,52	174,64	K55	2	12,5	171,46	215,90	206,38	26,8	32,4	35,9	41,5	—	32,6	32,6	32,6	32,6	32,6	32,6	31,9	32,6	32,6
193,68	10,92	171,84	K55	2	12,5	168,66	215,90	206,38	33,3	37,2	41,0	47,9	—	37,4	37,4	37,8	31,0	37,8	37,4	31,9	37,4	34,2
193,68	12,70	168,28	K55	2	12,5	165,10	215,90	206,38	41,0	43,1	47,2	56,0	—	43,5	43,5	43,5	31,0	43,5	43,5	31,9	43,5	34,2
193,68	8,33	177,02	M65	2	12,5	173,84	215,90	206,38	22,8	33,6	37,3	32,5	33,7	33,7	33,7	—	33,7	—	33,7	—	—	—
193,68	9,52	174,64	M65	2	12,5	171,46	215,90	206,38	29,7	38,4	42,5	37,3	—	38,5	38,5	—	38,5	—	38,5	38,5	38,5	38,5
193,68	10,92	171,84	M65	2	12,5	168,66	215,90	206,38	37,5	44,0	48,4	42,9	—	44,2	44,2	—	44,2	—	44,2	44,2	44,2	44,2
193,68	8,33	177,02	M65	1	12,5	173,84	215,90	206,38	22,8	33,6	37,3	39,1	33,7	33,7	33,7	—	33,7	—	33,7	—	—	—
193,68	9,52	174,64	M65	1	12,5	171,46	215,90	206,38	29,7	38,4	42,5	45,0	—	38,5	38,5	—	38,5	—	38,5	38,5	38,5	38,5
193,68	10,92	171,84	M65	1	12,5	168,66	215,90	206,38	37,5	44,0	48,4	51,9	—	44,2	44,2	—	44,2	—	44,2	44,2	44,2	44,2
193,68	8,33	177,02	L80 9Cr	2	12,5	173,84	215,90	206,38	24,2	41,3	46,0	36,5	—	41,5	41,5	—	41,5	—	41,5	41,5	—	—
193,68	9,52	174,64	L80 9Cr	2	12,5	171,46	215,90	206,38	32,2	47,2	52,3	42,0	—	47,5	47,5	—	45,1	—	47,5	45,4	47,5	47,5
193,68	10,92	171,84	L80 9Cr	2	12,5	168,66	215,90	206,38	41,6	54,1	59,6	48,3	—	54,4	54,4	—	45,1	—	54,5	45,4	54,5	49,7
193,68	12,70	168,28	L80 9Cr	2	12,5	165,10	215,90	206,38	52,9	62,7	68,7	56,5	—	63,3	63,3	—	45,1	—	63,3	45,4	63,3	49,7
193,68	14,27	165,14	L80 9Cr	2	12,5	161,96	215,90	206,38	62,3	70,3	76,6	63,9	—	71,1	67,5	—	45,1	—	68,6	45,4	71,2	49,7
193,68	15,11	163,46	L80 9Cr	2	12,5	160,28	215,90	206,38	67,2	74,4	80,8	67,8	—	72,3	67,5	—	45,1	—	68,6	45,4	71,8	49,7
193,68	15,88	161,92	L80 9Cr	2	12,5	158,74	215,90	206,38	71,6	78,1	84,5	71,4	—	72,3	67,5	—	45,1	—	68,6	45,4	71,8	49,7

Продолжение таблицы I.1

Наружный диаметр D, мм	Толщина стенки t, мм	Внутренний диаметр d, мм	Группа прочности	Переменная/искусственный дефект (надрез)		Диаметр оправки, мм	Наружный диаметр муфты, мм		Соответствующий номер раздела или формулы													
									Раздел 8	(9)	(8)	(14)	(10) (65)									
									Минимальное внутреннее давление возникновения текучести, МПа													
									Стойкость к смятию, МПа	Тело трубы			Тип соединения									
										Внутренняя текучесть		Пластическое разрушение	SC	LC	Баттресс				ОТТМ		ОТТГ	
										Формула Ламе—фон Мизеса					Обычная муфта		Специальная муфта					
				k_h	a_h, %		Обычная муфта D_M	Специальная муфта D_C		Открытый торец	Торцевое уплотнение	Торцевое уплотнение			Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Обычная муфта	Специальная муфта	Обычная муфта	Специальная муфта
193,68	8,33	177,02	L80	1	12,5	173,84	215,90	206,38	24,5	41,3	46,0	44,1	—	41,5	41,5	—	41,5	—	41,5	41,5	—	—
193,68	9,52	174,64	L80	1	12,5	171,46	215,90	206,38	32,7	47,2	52,3	50,6	—	47,5	47,5	—	45,1	—	47,5	45,4	47,5	47,5
193,68	10,92	171,84	L80	1	12,5	168,66	215,90	206,38	42,4	54,1	59,6	58,4	—	54,4	54,4	—	45,1	—	54,4	45,4	54,5	49,7
193,68	12,70	168,28	L80	1	12,5	165,10	215,90	206,38	54,1	62,7	68,7	68,4	—	63,3	63,3	—	45,1	—	54,9	45,4	63,3	49,7
193,68	14,27	165,14	L80	1	12,5	161,96	215,90	206,38	63,9	70,3	76,6	77,4	—	71,1	67,5	—	45,1	—	54,9	45,4	71,2	49,7
193,68	15,11	163,46	L80	1	12,5	160,28	215,90	206,38	68,9	74,4	80,8	82,2	—	72,3	67,5	—	45,1	—	54,9	45,4	71,8	49,7
193,68	15,88	161,92	L80	1	12,5	158,74	215,90	206,38	73,5	78,1	84,5	86,6	—	72,3	67,5	—	45,1	—	54,9	45,4	71,8	49,7
193,68	8,33	177,02	N80	2	12,5	173,84	215,90	206,38	24,6	41,3	46,0	38,4	—	41,5	41,5	—	41,5	—	41,5	41,5	—	—
193,68	9,52	174,64	N80	2	12,5	171,46	215,90	206,38	33,0	47,2	52,3	44,2	—	47,5	47,5	—	45,1	—	47,5	45,4	47,5	47,5
193,68	10,92	171,84	N80	2	12,5	168,66	215,90	206,38	42,9	54,1	59,6	50,8	—	54,4	54,4	—	45,1	—	54,4	45,4	54,5	49,7
193,68	12,70	168,28	N80	2	12,5	165,10	215,90	206,38	54,8	62,7	68,7	59,5	—	63,3	63,3	—	45,1	—	54,9	45,4	63,3	49,7
193,68	14,27	165,14	N80	2	12,5	161,96	215,90	206,38	64,8	70,3	76,6	67,2	—	71,1	67,5	—	45,1	—	54,9	45,4	71,2	49,7
193,68	15,11	163,46	N80	2	12,5	160,28	215,90	206,38	70,0	74,4	80,8	71,4	—	72,3	67,5	—	45,1	—	54,9	45,4	71,8	49,7
193,68	15,88	161,92	N80	2	12,5	158,74	215,90	206,38	74,7	78,1	84,5	75,2	—	72,3	67,5	—	45,1	—	54,9	45,4	71,8	49,7
193,68	8,33	177,02	N80	1	12,5	173,84	215,90	206,38	24,6	41,3	46,0	46,4	—	41,5	41,5	41,5	41,5	41,5	41,5	41,5	—	—
193,68	9,52	174,64	N80	1	12,5	171,46	215,90	206,38	33,0	47,2	52,3	53,3	—	47,5	47,5	47,5	45,1	47,5	47,5	45,4	47,5	47,5
193,68	10,92	171,84	N80	1	12,5	168,66	215,90	206,38	42,9	54,1	59,6	61,5	—	54,4	54,4	54,4	45,1	54,4	54,4	45,4	54,5	49,7
193,68	12,70	168,28	N80	1	12,5	165,10	215,90	206,38	54,8	62,7	68,7	72,0	—	63,3	63,3	63,3	45,1	62,0	54,9	45,4	63,3	49,7
193,68	14,27	165,14	N80	1	12,5	161,96	215,90	206,38	64,8	70,3	76,6	81,4	—	71,1	67,5	71,1	45,1	62,0	54,9	45,4	71,2	49,7
193,68	15,11	163,46	N80	1	12,5	160,28	215,90	206,38	70,0	74,4	80,8	86,5	—	72,3	67,5	75,2	45,1	62,0	54,9	45,4	71,8	49,7
193,68	15,88	161,92	N80	1	12,5	158,74	215,90	206,38	74,7	78,1	84,5	91,2	—	72,3	67,5	79,1	45,1	62,0	54,9	45,4	71,8	49,7
193,68	8,33	177,02	C90	1	5	173,84	215,90	206,38	25,5	46,5	51,7	51,5	—	46,7	46,7	—	46,7	—	46,7	41,8	—	—
193,68	9,52	174,64	C90	1	5	171,46	215,90	206,38	34,6	53,1	58,8	59,2	—	53,4	53,4	—	50,8	—	53,4	52,2	53,4	53,4
193,68	10,92	171,84	C90	1	5	168,66	215,90	206,38	45,3	60,8	67,0	68,3	—	61,2	61,2	—	50,8	—	61,3	52,2	61,3	56,0
193,68	12,70	168,28	C90	1	5	165,10	215,90	206,38	58,3	70,6	77,3	80,0	—	71,2	71,2	—	50,8	—	77,2	52,2	71,3	56,0
193,68	14,27	165,14	C90	1	5	161,96	215,90	206,38	69,1	79,2	86,2	90,6	—	80,0	75,9	—	50,8	—	77,2	52,2	80,1	56,0
193,68	15,11	163,46	C90	1	5	160,28	215,90	206,38	74,6	83,7	90,9	96,3	—	81,4	75,9	—	50,8	—	77,2	52,2	80,8	56,0

Продолжение таблицы I.1

Наружный диаметр D, мм	Толщина стенки t, мм	Внутренний диаметр d, мм	Группа прочности	Переменная/искусственный дефект (надрез)		Диаметр оправки, мм	Наружный диаметр муфты, мм		Соответствующий номер раздела или формулы													
									Раздел 8	(9)	(8)	(14)	(10) (65)									
									Минимальное внутреннее давление возникновения текучести, МПа													
									Стойкость к смятию, МПа	Тело трубы			Тип соединения									
										Внутренняя текучесть		Пластическое разрушение	SC	LC	Баттресс				ОТТМ		ОТТГ	
										Формула Ламе—фон Мизеса					Обычная муфта		Специальная муфта					
				k_h	σ_N, %		Обычная муфта D_M	Специальная муфта D_C		Открытый торец	Торцевое уплотнение	Торцевое уплотнение			Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Обычная муфта	Специальная муфта	Обычная муфта	Специальная муфта
193,68	15,88	161,92	С90	1	5	158,74	215,90	206,38	79,7	87,8	95,2	101,5	—	81,4	75,9	—	50,8	—	77,2	52,2	80,8	56,0
193,68	17,45	158,78	С90	1	5	155,60	—	—	89,7	96,3	103,8	112,4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
193,68	19,05	155,58	С90	1	5	152,40	—	—	99,8	104,7	112,4	123,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
193,68	8,33	177,02	R95	1	12,5	173,84	215,90	206,38	25,7	49,1	54,6	49,1	—	49,3	49,3	—	49,3	—	49,3	49,3	—	—
193,68	9,52	174,64	R95	1	12,5	171,46	215,90	206,38	35,2	56,1	62,1	56,4	—	56,4	56,4	—	53,6	—	56,3	55,1	56,4	56,4
193,68	10,92	171,84	R95	1	12,5	168,66	215,90	206,38	46,7	64,2	70,8	65,0	—	64,6	64,6	—	53,6	—	64,6	55,1	64,6	59,0
193,68	12,70	168,28	R95	1	12,5	165,10	215,90	206,38	60,7	74,5	81,6	76,2	—	75,1	75,1	—	53,6	—	75,2	55,1	75,2	59,0
193,68	14,27	165,14	R95	1	12,5	161,96	215,90	206,38	72,5	83,5	91,0	86,2	—	84,4	80,1	—	53,6	—	81,5	55,1	84,5	59,0
193,68	15,11	163,46	R95	1	12,5	160,28	215,90	206,38	78,6	88,3	96,0	91,6	—	85,8	80,1	—	53,6	—	81,5	55,1	85,3	59,0
193,68	15,88	161,92	R95	1	12,5	158,74	215,90	206,38	84,1	92,7	100,4	96,5	—	85,8	80,1	—	53,6	—	81,5	55,1	85,3	59,0
193,68	8,33	177,02	T95	1	5	173,84	215,90	206,38	25,9	49,1	54,6	54,2	—	49,3	49,3	—	49,3	—	49,3	49,3	—	—
193,68	9,52	174,64	T95	1	5	171,46	215,90	206,38	35,4	56,1	62,1	62,3	—	56,4	56,4	—	53,6	—	56,3	55,1	56,4	56,4
193,68	10,92	171,84	T95	1	5	168,66	215,90	206,38	46,8	64,2	70,8	71,9	—	64,6	64,6	—	53,6	—	64,6	55,1	64,6	59,0
193,68	12,70	168,28	T95	1	5	165,10	215,90	206,38	60,7	74,5	81,6	84,3	—	75,1	75,1	—	53,6	—	75,2	55,1	75,2	59,0
193,68	14,27	165,14	T95	1	5	161,96	215,90	206,38	72,2	83,5	91,0	95,4	—	84,4	80,1	—	53,6	—	81,5	55,1	84,5	59,0
193,68	15,11	163,46	T95	1	5	160,28	215,90	206,38	78,1	88,3	96,0	101,4	—	85,8	80,1	—	53,6	—	81,5	55,1	85,3	59,0
193,68	15,88	161,92	T95	1	5	158,74	215,90	206,38	83,5	92,7	100,4	106,8	—	85,8	80,1	—	53,6	—	81,5	55,1	85,3	59,0
193,68	17,45	158,78	T95	1	5	155,60	—	—	94,2	101,6	109,6	118,2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
193,68	19,05	155,58	T95	1	5	152,40	—	—	104,8	110,6	118,6	130,1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
193,68	*8,33*	*177,02*	*P110*	*1*	*12,5*	*173,84*	215,90	206,38	27,0	*56,8*	*63,2*	*58,9*	—	*57,1*	*57,1*	*57,1*	*57,1*	*57,1*	*57,1*	*57,1*	—	—
193,68	9,52	174,64	P110	1	12,5	171,45	215,90	206,38	37,6	64,9	71,9	67,7	—	65,2	65,2	65,2	62,0	65,2	65,2	65,2	65,2	65,2
193,68	10,92	171,84	P110	1	12,5	168,66	215,90	206,38	51,0	74,3	81,9	78,0	—	74,8	74,8	74,8	62,0	70,5	74,8	63,7	74,8	68,3
193,68	12,70	168,28	P110	1	12,5	165,10	215,90	206,38	68,0	86,3	94,5	91,4	—	87,0	87,0	87,0	62,0	70,5	87,0	63,7	87,0	68,3
193,68	14,27	165,14	P110	1	12,5	161,96	215,90	206,38	82,4	96,7	105,3	103,4	—	97,8	92,7	97,8	62,0	70,5	94,3	63,7	97,7	68,3
193,68	15,11	163,46	P110	1	12,5	160,28	215,90	206,38	89,9	102,2	111,1	109,8	—	99,4	92,7	103,5	62,0	70,5	94,3	63,7	98,7	68,3
193,68	15,88	161,92	P110	1	12,5	158,74	215,90	206,38	96,6	107,3	116,3	115,7	—	99,4	92,7	105,3	62,0	70,5	94,3	63,7	98,7	68,3
193,68	*8,33*	*177,02*	*P110*	*1*	*5*	*173,84*	215,90	206,38	27,0	*56,8*	*63,2*	*65,0*	—	*57,1*	*57,1*	*57,1*	*57,1*	*57,1*	*57,1*	*57,1*	—	—

Продолжение таблицы I.1

Наружный диаметр D, мм	Толщина стенки t, мм	Внутренний диаметр d, мм	Группа прочности	Переменная/искусственный дефект (надрез)		Диаметр оправки, мм	Наружный диаметр муфты, мм		Соответствующий номер раздела или формулы													
									Раздел 8	(9)	(8)	(14)	(10) (65)									
									Минимальное внутреннее давление возникновения текучести, МПа													
									Стойкость к смятию, МПа	Тело трубы			Тип соединения									
										Внутренняя текучесть		Пластическое разрушение	SC	LC	Баттресс				ОТТМ		ОТТГ	
										Формула Ламе—фон Мизеса					Обычная муфта		Специальная муфта					
				k_h	a_h, %		Обычная муфта D_M	Специальная муфта D_C		Открытый торец	Торцевое уплотнение	Торцевое уплотнение			Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Обычная муфта	Специальная муфта	Обычная муфта	Специальная муфта
193,68	9,52	174,64	P110	1	5	171,45	215,90	206,38	37,6	64,9	71,9	74,7	—	65,2	65,2	65,2	62,0	65,2	65,2	65,2	65,2	65,2
193,68	10,92	171,84	P110	1	5	168,66	215,90	206,38	51,0	74,3	81,9	86,2	—	74,8	74,8	74,8	62,0	70,5	74,8	63,7	74,8	68,3
193,68	12,70	168,28	P110	1	5	165,10	215,90	206,38	68,0	86,3	94,5	101,0	—	87,0	87,0	87,0	62,0	70,5	87,0	63,7	87,0	68,3
193,68	14,27	165,14	P110	1	5	161,96	215,90	206,38	82,4	96,7	105,3	114,4	—	97,8	92,7	97,8	62,0	70,5	94,3	63,7	97,7	68,3
193,68	15,11	163,46	P110	1	5	160,28	215,90	206,38	89,9	102,2	111,1	121,5	—	99,4	92,7	103,5	62,0	70,5	94,3	63,7	98,7	68,3
193,68	15,88	161,92	P110	1	5	158,74	215,90	206,38	96,6	107,3	116,3	128,2	—	99,4	92,7	15,3	62,0	70,5	94,3	63,7	98,7	68,3
193,68	*8,33*	*177,02*	*Q125*	*1*	*5*	*173,84*	215,90	—	27,7	*64,6*	*71,9*	*70,7*	—	*59,3*	*59,3*	—	*59,3*	—	*64,9*	*59,30*	—	—
193,68	*9,52*	*174,64*	*Q125*	*1*	*5*	*171,46*	215,90	—	39,2	*73,8*	*81,7*	*81,2*	—	*64,9*	*64,9*	—	*64,9*	—	*74,1*	*72,5*	—	—
193,68	*10,92*	*171,84*	*Q125*	*1*	*5*	*168,66*	215,90	—	54,0	*84,5*	*93,1*	*93,7*	—	*74,1*	*74,1*	—	*70,6*	—	*85,1*	*72,5*	*85,1*	*77,7*
193,68	12,70	168,28	Q125	1	5	165,10	215,90	—	73,2	98,0	107,3	110,0	—	98,8	98,8	—	70,6	—	98,9	*72,5*	98,9	*77,7*
193,68	14,27	165,14	Q125	1	5	161,96	215,90	—	89,4	109,9	119,7	124,4	—	111,1	105,3	—	70,6	—	107,2	*72,5*	111,1	*77,7*
193,68	15,11	163,46	Q125	1	5	160,28	215,90	—	97,8	116,2	126,2	132,3	—	113,0	105,3	—	70,6	—	107,2	*72,5*	112,2	*77,7*
193,68	15,88	161,92	Q125	1	5	158,74	215,90	—	105,2	122,0	132,2	139,4	—	113,0	105,3	—	70,6	—	107,2	*72,5*	112,2	*77,7*
193,68	*8,33*	*177,02*	*Q135*	*1*	*5*	*173,84*	215,90	—	28,1	*69,7*	*77,6*	*76,4*	—	*70,0*	*70,0*	—	*70,0*	—	*70,0*	*70,0*	—	—
193,68	*9,52*	*174,64*	*Q135*	*1*	*5*	*171,46*	215,90	—	40,0	*79,6*	*88,2*	*87,8*	—	*80,0*	*80,0*	—	*76,2*	—	*80,0*	*78,2*	*80,0*	*80,0*
193,68	*10,92*	*171,84*	*Q135*	*1*	*5*	*168,66*	215,90	—	55,8	*91,2*	*100,5*	*101,3*	—	*91,8*	*91,8*	—	*76,2*	—	*91,8*	*78,2*	*91,8*	*83,8*
193,68	*12,70*	*168,28*	*Q135*	*1*	*5*	*165,10*	215,90	—	76,6	*105,8*	*115,9*	*118,8*	—	*106,7*	*106,7*	—	*76,2*	—	*106,7*	*78,2*	*106,7*	*83,8*
193,68	*14,27*	*165,14*	*Q135*	*1*	*5*	*161,96*	215,90	—	94,4	*118,7*	*129,2*	*134,4*	—	*119,9*	*113,8*	—	*76,2*	—	*115,7*	*78,2*	*119,9*	*83,8*
193,68	*15,11*	*163,46*	*Q135*	*1*	*5*	*160,28*	215,90	—	103,6	*125,5*	*136,3*	*142,8*	—	*122,0*	*113,8*	—	*76,2*	—	*115,7*	*78,2*	*121,0*	*83,8*
193,68	*15,88*	*161,92*	*Q135*	*1*	*5*	*158,74*	215,90	—	111,8	*131,7*	*142,7*	*150,7*	—	*122,0*	*113,8*	—	*76,2*	—	*115,7*	*78,2*	*121,0*	*83,8*
196,85	*15,11*	*166,63*	*L80 9Cr*	*2*	*12,5*	*165,10*[a]	—	—	65,8	*73,2*	*79,6*	*66,7*	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
196,85	15,11	166,63	L80 9Cr	2	12,5	163,45	—	—	65,8	73,2	79,6	66,7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
196,85	*15,11*	*166,62*	*L80*	*1*	*12,5*	*165,10*[a]	—	—	67,5	*73,2*	*79,6*	*80,8*	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
196,85	15,11	166,62	L80	1	12,5	163,45	—	—	67,5	73,2	79,6	80,8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
196,85	*15,11*	*166,62*	*N80*	*2*	*12,5*	*165,10*[a]	—	—	68,5	*73,2*	*79,6*	*70,1*	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
196,85	15,11	166,62	N80	2	12,5	163,45	—	—	68,5	73,2	79,6	70,1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
196,85	*15,11*	*166,62*	*N80*	*1*	*12,5*	*165,10*[a]	—	—	68,5	*73,2*	*79,6*	*85,1*	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Продолжение таблицы I.1

Наружный диаметр D, мм	Толщина стенки t, мм	Внутренний диаметр d, мм	Группа прочности	Переменная/искусственный дефект (надрез)		Диаметр оправки, мм	Наружный диаметр муфты, мм		Соответствующий номер раздела или формулы													
									Раздел 8	(9)	(8)	(14)	(10) (65)									
									Минимальное внутреннее давление возникновения текучести, МПа													
									Стойкость к смятию, МПа	Тело трубы			Тип соединения									
										Внутренняя текучесть		Пластическое разрушение	SC	LC	Баттрёсс				ОТТМ		ОТТГ	
										Формула Ламе—фон Мизеса					Обычная муфта		Специальная муфта					
				k_h	a_N, %		Обычная муфта D_M	Специальная муфта D_C		Открытый торец	Торцевое уплотнение	Торцевое уплотнение			Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Обычная муфта	Специальная муфта	Обычная муфта	Специальная муфта
196,85	15,11	166,62	N80	1	12,5	163,45	—	—	68,5	73,2	79,6	85,1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
196,85	*15,11*	*166,62*	*C90*	*1*	*5*	*165,10*[a]	—	—	73,0	*82,3*	*89,6*	*94,6*	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
196,85	15,11	166,62	C90	1	5	163,45	—	—	73,0	82,3	89,6	94,6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
196,85	*15,11*	*166,62*	*C95*	*1*	*12,5*	*165,10*[a]	—	—	*76,9*	*87,0*	*94,5*	*90,0*	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
196,85	15,11	166,62	C95	1	12,5	163,45	—	—	76,9	87,0	94,5	90,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
196,85	*15,11*	*166,62*	*T95*	*1*	*5*	*165,10*[a]	—	—	76,4	*87,0*	*94,5*	*99,6*	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
196,85	15,11	166,62	T95	1	5	163,45	—	—	76,4	87,0	94,5	99,6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
196,85	*15,11*	*166,62*	*P110*	*1*	*12,5*	*165,10*[a]	—	—	87,7	*100,7*	*109,4*	*108,0*	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
196,85	15,11	166,62	P110	1	12,5	163,45	—	—	87,7	100,7	109,4	108,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
196,85	*15,11*	*166,62*	*P110*	*1*	*5*	*165,10*[a]	—	—	87,7	*100,7*	*109,4*	*119,5*	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
196,85	15,11	166,62	P110	1	5	163,45	—	—	95,4	100,7	109,4	119,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
196,85	*15,11*	*166,62*	*Q125*	*1*	*5*	*165,10*[a]	—	—	95,4	*114,4*	*124,4*	*130,0*	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
196,85	15,11	166,62	Q125	1	5	163,45	—	—	67,5	114,4	124,4	130,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
219,08	*6,71*	*205,66*	*H40*	*2*	*12,5*	*202,48*	*244,48*	—	8,8	*14,8*	*16,6*	*16,0*	*14,8*	—	—	—	—	—	—	—	—	—
219,08	7,72	203,64	H40	2	12,5	200,46	244,48	—	12,1	16,9	18,9	18,5	17,0	—	17,0	—	—	—	17,0	—	—	—
219,08	*8,94*	*201,20*	*H40*	*2*	*12,5*	*200,02*[a]	*244,48*	—	16,0	*19,6*	*21,8*	*21,4*	*19,7*	—	*19,7*	—	—	—	*19,7*	—	—	—
219,08	8,94	201,20	H40	2	12,5	198,02	244,48	—	16,0	19,6	21,8	21,4	19,7	—	19,7	—	—	—	19,7	—	—	—
219,08	*10,16*	*198,76*	*H40*	*2*	*12,5*	*195,58*	244,48	—	19,8	*22,3*	*24,8*	*24,4*	—	—	*22,4*	—	—	—	*22,4*	—	—	—
219,08	*11,43*	*196,22*	*H40*	*2*	*12,5*	*193,68*[a]	244,48	—	23,5	*25,1*	*27,7*	*27,6*	—	—	*25,2*	—	—	—	*25,2*	—	—	—
219,08	*11,43*	*196,22*	*H40*	*2*	*12,5*	*193,04*	244,48	—	23,5	*25,1*	*27,7*	*27,6*	—	—	*25,2*	—	—	—	*28,0*	—	—	—
219,08	*12,70*	*193,68*	*H40*	*2*	*12,5*	*190,50*	244,48	—	27,0	*27,8*	*30,6*	*30,8*	—	—	*28,0*	—	—	—	*31,2*	—	—	—
219,08	6,71	205,66	J55	2	12,5	202,48	244,48	231,78	9,6	20,3	22,7	20,1	20,3	—	—	—	—	—	—	—	—	—
219,08	*7,72*	*203,64*	*J55*	*2*	*12,5*	*200,46*	*244,48*	*231,78*	13,6	*23,3*	*26,1*	*23,3*	*23,4*	—	*23,4*	*23,4*	*23,4*	*23,4*	*23,4*	*23,4*	—	—
219,08	*8,94*	*201,20*	*J55*	*2*	*12,5*	*200,02*[a]	*244,48*	*231,78*	18,9	*27,0*	*30,0*	*27,0*	*27,1*	*27,1*	*27,1*	*27,1*	*27,1*	*27,1*	*27,1*	*27,1*	*27,1*	*27,1*
219,08	8,94	201,20	J55	2	12,5	198,02	244,48	231,78	18,9	27,0	30,0	27,0	27,1	27,1	27,1	27,1	27,1	27,1	27,1	27,1	27,1	27,1
219,08	10,16	198,76	J55	2	12,5	195,58	244,48	231,78	24,2	30,7	34,0	30,8	30,7	30,7	30,7	30,7	28,0	30,7	30,8	29,0	30,8	30,8
219,08	*11,43*	*196,22*	*J55*	*2*	*12,5*	*193,68*	*244,48*	*231,78*	29,6	*34,4*	*38,0*	*34,9*	—	*34,6*	*34,6*	*34,6*	*28,0*	*34,6*	*34,6*	*29,0*	*34,6*	*31,0*

Продолжение таблицы I.1

Наружный диаметр D, мм	Толщина стенки t, мм	Внутренний диаметр d, мм	Группа прочности	Переменная/искусственный дефект (надрез)		Диаметр оправки, мм	Наружный диаметр муфты, мм		Соответствующий номер раздела или формулы													
									Раздел 8	(9)	(8)	(14)	(10) (65)									
									Минимальное внутреннее давление возникновения текучести, МПа													
									Стойкость к смятию, МПа	Тело трубы			Тип соединения									
							Обычная муфта D_M	Специальная муфта D_C		Внутренняя текучесть. Формула Ламе—фон Мизеса		Пластическое разрушение	SC	LC	Баттрёсс				ОТТМ		ОТТГ	
															Обычная муфта		Специальная муфта					
				k_h	a_h, %					Открытый торец	Торцевое уплотнение	Торцевое уплотнение			Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Обычная муфта	Специальная муфта	Обычная муфта	Специальная муфта
219,08	11,43	196,22	J55	2	12,5	193,04	244,48	231,78	29,6	34,4	38,0	34,9	—	34,6	34,6	34,6	28,0	34,6	38,4	29,0	38,4	31,0
219,08	12,70	193,68	J55	2	12,5	190,50	244,48	231,78	34,6	38,2	42,0	38,9	—	38,4	38,4	38,4	28,0	38,4	42,8	29,0	42,8	31,0
219,08	6,71	205,66	K55	2	12,5	202,48	244,48	231,78	9,6	20,3	22,7	25,5	20,3	—	—	—	—	—	—	—	—	—
219,08	7,72	203,64	K55	2	12,5	200,46	244,48	231,78	13,6	23,3	26,1	29,5	23,4	—	23,4	23,4	23,4	23,4	23,4	23,4	—	—
219,08	8,94	201,20	K55	2	12,5	200,02	244,48	231,78	18,9	27,0	30,0	34,2	27,1	27,1	27,1	27,1	27,1	27,1	27,1	27,1	27,1	27,1
219,08	8,94	201,20	K55	2	12,5	198,02	244,48	231,78	18,9	27,0	30,0	34,2	27,1	27,1	27,1	27,1	27,1	27,1	27,1	27,1	27,1	27,1
219,08	10,16	198,76	K55	2	12,5	195,58	244,48	231,78	24,2	30,7	34,0	39,0	30,7	30,7	30,7	30,7	28,0	30,7	30,8	29,0	30,8	30,8
219,08	11,43	196,22	K55	2	12,5	193,68	244,48	231,78	29,6	34,4	38,0	44,2	—	34,6	34,6	34,6	28,0	34,6	34,6	29,0	34,6	31,0
219,08	11,43	196,22	K55	2	12,5	193,04	244,48	231,78	29,6	34,4	38,0	44,2	—	34,6	34,6	34,6	28,0	34,6	38,4	29,0	38,4	31,0
219,08	12,70	193,68	K55	2	12,5	190,50	244,48	231,78	34,6	38,2	42,0	49,3	—	38,4	38,4	38,4	28,0	38,4	42,8	29,0	42,8	31,0
219,08	6,71	205,66	M65	2	12,5	202,48	244,48	231,78	9,9	24,0	26,9	22,9	24,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—
219,08	7,72	203,64	M65	2	12,5	200,46	244,48	231,78	14,3	27,6	30,9	26,5	27,6	—	—	—	—	—	—	—	—	—
219,08	8,94	201,20	M65	2	12,5	200,02	244,48	231,78	20,3	31,9	35,6	30,7	32,0	32,0	32,0	—	32,0	—	32,0	32,0	32,0	32,0
219,08	8,94	201,20	M65	2	12,5	198,02	244,48	231,78	20,3	31,9	35,6	30,7	32,0	32,0	32,0	—	32,0	—	32,0	32,0	32,0	32,0
219,08	10,16	198,76	M65	2	12,5	195,58	244,48	231,78	26,6	36,2	40,2	35,1	36,4	36,4	36,4	—	36,4	—	36,4	36,4	36,4	36,4
219,08	11,43	196,22	M65	2	12,5	193,68	244,48	231,78	33,0	40,7	44,9	39,6	—	40,9	40,9	—	40,7	—	40,9	40,9	40,9	40,9
219,08	11,43	196,22	M65	2	12,5	193,04	244,48	231,78	33,0	40,7	44,9	39,6	—	40,9	40,9	—	40,7	—	40,9	40,9	40,9	40,9
219,08	6,71	205,66	M65	1	12,5	202,48	244,48	231,78	9,9	24,0	26,9	27,6	24,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—
219,08	7,72	203,64	M65	1	12,5	200,46	244,48	231,78	14,3	27,6	30,9	31,9	27,6	—	—	—	—	—	—	—	—	—
219,08	8,94	201,20	M65	1	12,5	200,02	244,48	231,78	20,3	31,9	35,6	37,1	32,0	32,0	32,0	—	32,0	—	32,0	32,0	32,0	32,0
219,08	8,94	201,20	M65	1	12,5	198,02	244,48	231,78	20,3	31,9	35,6	37,1	32,0	32,0	32,0	—	32,0	—	32,0	32,0	32,0	32,0
219,08	10,16	198,76	M65	1	12,5	195,58	244,48	231,78	26,6	36,2	40,2	42,3	36,4	36,4	36,4	—	36,4	—	36,4	36,4	36,4	36,4
219,08	11,43	196,22	M65	1	12,5	193,68	244,48	231,78	33,0	40,7	44,9	47,8	—	40,9	40,9	—	40,7	—	40,9	40,9	40,9	40,9
219,08	11,43	196,22	M65	1	12,5	193,04	244,48	231,78	33,0	40,7	44,9	47,8	—	40,9	40,9	—	40,7	—	40,9	40,9	40,9	40,9
219,08	8,94	201,20	L80 9Cr	2	12,5	200,02	244,48	231,78	21,4	39,3	43,8	34,7	—	—	39,4	—	39,4	—	39,4	39,4	39,4	39,4
219,08	8,94	201,20	L80 9Cr	2	12,5	198,02	244,48	231,78	21,4	39,3	43,8	34,7	—	—	39,4	—	39,4	—	39,4	39,4	39,4	39,4
219,08	10,16	198,76	L80 9Cr	2	12,5	195,58	244,48	231,78	28,6	44,6	49,5	39,5	—	44,7	44,7	—	40,7	—	44,8	42,2	44,8	44,8

Продолжение таблицы I 1

Наружный диаметр D, мм	Толщина стенки t, мм	Внутренний диаметр d, мм	Группа прочности	Переменная/искусственный дефект (надрез)		Диаметр оправки, мм	Наружный диаметр муфты, мм		Соответствующий номер раздела или формулы													
									Раздел 8	(9)	(8)	(14)	(10) (65)									
									Минимальное внутреннее давление возникновения текучести, МПа													
									Стойкость к смятию, МПа	Тело трубы			Тип соединения									
										Внутренняя текучесть		Пластическое разрушение			Баттрёсс				ОТТМ		ОТТГ	
										Формула Ламе—фон Мизеса			SC	LC	Обычная муфта		Специальная муфта					
				k_a	a_N, %		Обычная муфта D_M	Специальная муфта D_c		Открытый торец	Торцевое уплотнение	Торцевое уплотнение			Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Обычная муфта	Специальная муфта	Обычная муфта	Специальная муфта
219,08	*11,43*	*196,22*	*L80 9Cr*	*2*	*12,5*	*193,68*	*244,48*	*231,78*	*38,2*	*50,1*	*55,3*	*44,6*	—	*50,3*	*50,3*	—	*40,7*	—	*50,4*	*42,2*	*50,4*	*45,2*
219,08	11,43	196,22	L80 9Cr	2	12,5	193,04	244,48	231,78	38,2	50,1	55,3	44,6	—	50,3	50,3	—	40,7	—	50,3	*42,2*	50,3	*45,2*
219,08	12,70	193,68	L80 9Cr	2	12,5	190,50	244,48	231,78	43,6	55,5	61,2	49,7	—	55,9	55,9	—	40,7	—	56,0	*42,2*	56,0	*45,2*
219,08	14,15	190,78	L80 9Cr	2	12,5	187,60	244,48	231,78	51,7	61,8	67,7	55,6	—	62,3	62,3	—	40,7	—	62,4	*42,2*	62,4	*45,2*
219,08	*8,94*	*201,20*	*L80*	*1*	*12,5*	*200,02*	244,48	231,78	21,6	*39,3*	*43,8*	*41,9*	—	—	*39,4*	—	*39,4*	—	*39,4*	*39,4*	39,4	39,4
219,08	*8,94*	*201,20*	*L80*	*1*	*12,5*	*198,02*	244,48	231,78	21,6	*39,3*	*43,8*	*41,9*	—	—	*39,4*	—	*39,4*	—	*39,4*	*39,4*	39,4	39,4
219,08	10,16	198,76	L80	1	12,5	195,58	244,48	231,78	29,0	44,6	49,5	47,7	—	44,7	44,7	—	40,7	—	44,8	*42,2*	44,8	*44,8*
219,08	*11,43*	*196,22*	*L80*	*1*	*12,5*	*193,68*	*244,48*	*231,78*	36,8	*50,1*	*55,3*	*53,9*	—	*50,3*	*50,3*	—	*40,7*	—	*50,4*	*42,2*	*50,4*	*45,2*
219,08	11,43	196,22	L80	1	12,5	193,04	244,48	231,78	36,8	50,1	55,3	53,9	—	50,3	50,3	—	40,7	—	50,3	*42,2*	50,3	*45,2*
219,08	12,70	193,68	L80	1	12,5	190,50	244,48	231,78	44,5	55,5	61,2	60,1	—	55,9	55,9	—	40,7	—	56,0	*42,2*	56,0	*45,2*
219,08	14,15	190,78	L80	1	12,5	187,60	244,48	231,78	52,9	61,8	67,7	67,3	—	62,3	62,3	—	40,7	—	62,4	*42,2*	62,4	*45,2*
219,08	*6,71*	*205,66*	*N80*	*2*	*12,5*	*202,48*	244,48	231,78	10,2	*29,5*	*33,2*	*27,2*	*29,6*	—	—	—	—	—	—	—	—	—
219,08	*7,72*	*203,64*	*N80*	*2*	*12,5*	*200,46*	244,48	231,78	14,9	*34,0*	*38,0*	*31,4*	*34,0*	—	*34,0*	—	*34,0*	—	*34,0*	*34,0*	—	—
219,08	*8,94*	*201,20*	*N80*	*2*	*12,5*	—	244,48	231,78	21,7	*39,3*	*43,8*	*36,5*	*39,4*	—	*39,4*	—	*39,4*	—	*39,4*	*39,4*	*39,4*	39,4
219,08	*8,94*	*201,20*	*N80*	*2*	*12,5*	—	244,48	231,78	21,7	*39,3*	*43,8*	*36,5*	*39,4*	—	*39,4*	—	*39,4*	—	*39,4*	*39,4*	*39,4*	39,4
219,08	10,16	198,76	N80	2	12,5	195,58	244,48	231,78	29,2	44,6	49,5	41,5	—	44,7	44,7	—	40,7	—	44,8	*42,2*	44,8	*44,8*
219,08	*11,43*	*196,22*	*N80*	*2*	*12,5*	*193,68*	*244,48*	*231,78*	37,2	*50,1*	*55,3*	*46,9*	—	*50,3*	*50,3*	—	*40,7*	—	*50,4*	*42,2*	*50,4*	*45,2*
219,08	11,43	196,22	N80	2	12,5	193,04	244,48	231,78	37,2	50,1	55,3	46,9	—	50,3	50,3	—	40,7	—	50,3	*42,2*	50,3	*45,2*
219,08	12,70	193,68	N80	2	12,5	190,50	244,48	231,78	45,0	55,5	61,2	52,4	—	55,9	55,9	—	40,7	—	56,0	*42,2*	56,0	*45,2*
219,08	14,15	190,78	N80	2	12,5	187,60	244,48	231,78	53,6	61,8	67,7	58,6	—	62,3	62,3	—	40,7	—	62,4	*42,2*	62,4	*45,2*
219,08	*6,71*	*205,66*	*N80*	*1*	*12,5*	*202,48*	244,48	231,78	10,2	*29,5*	*33,2*	*32,8*	*29,6*	—	—	—	—	—	—	—	—	—
219,08	*7,72*	*203,64*	*N80*	*1*	*12,5*	*200,46*	244,48	231,78	14,9	*34,0*	*38,0*	*37,9*	*34,0*	—	—	—	—	—	*34,0*	*34,0*	—	—
219,08	*8,94*	*201,20*	*N80*	*1*	*12,5*	*200,02*	244,48	231,78	21,7	*39,3*	*43,8*	*44,1*	*39,4*	*39,4*	*39,4*	*39,4*	*39,4*	*39,4*	*39,4*	*39,4*	*39,4*	*39,4*
219,08	*8,94*	*201,20*	*N80*	*1*	*12,5*	*198,02*	244,48	231,78	21,7	*39,3*	*43,8*	*44,1*	*39,4*	*39,4*	*39,4*	*39,4*	*39,4*	*39,4*	*39,4*	*39,4*	*39,4*	*39,4*
219,08	10,16	198,76	N80	1	12,5	195,58	244,48	231,78	29,2	44,6	49,5	50,2	44,8	44,7	44,7	44,7	40,7	44,7	44,8	*42,2*	44,8	*44,8*
219,08	*11,43*	*196,22*	*N80*	*1*	*12,5*	*193,68*	*244,48*	*231,78*	37,2	*50,1*	*55,3*	*56,7*	—	*50,3*	*50,3*	*50,3*	*40,7*	*50,3*	*50,4*	*42,2*	*50,4*	*45,2*
219,08	11,43	196,22	N80	1	12,5	193,04	244,48	231,78	37,2	50,1	55,3	56,7	—	50,3	50,3	50,3	40,7	50,3	50,3	*42,2*	50,3	*45,2*

Продолжение таблицы I.1

Наружный диаметр D, мм	Толщина стенки t, мм	Внутренний диаметр d, мм	Группа прочности	Переменная/искусственный дефект (надрез)		Диаметр оправки, мм	Наружный диаметр муфты, мм		Соответствующий номер раздела или формулы													
									Раздел 8	(9)	(8)	(14)	(10) (65)									
									Минимальное внутреннее давление возникновения текучести, МПа													
									Стойкость к смятию, МПа	Тело трубы			Тип соединения									
										Внутренняя текучесть		Пластическое разрушение	SC	LC	Баттресс				ОТТМ		ОТТГ	
										Формула Ламе—фон Мизеса					Обычная муфта		Специальная муфта					
				k_h	a_h, %		Обычная муфта D_M	Специальная муфта D_C		Открытый торец	Торцевое уплотнение	Торцевое уплотнение			Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Обычная муфта	Специальная муфта	Обычная муфта	Специальная муфта
219,08	12,70	193,68	N80	1	12,5	190,50	244,48	231,78	45,0	55,5	61,2	63,3	—	55,9	55,9	55,9	40,7	55,9	56,0	42,2	56,0	45,2
219,08	14,15	190,78	N80	1	12,5	187,60	244,48	231,78	53,6	61,8	67,7	70,8	—	62,3	62,3	62,3	40,7	55,9	62,4	42,2	62,4	45,2
219,08	*8,94*	*201,20*	*C90*	*1*	*5*	*200,02*	*244,48*	*231,78*	*22,4*	*44,2*	*49,3*	*48,6*	—	*44,3*	*44,3*	—	*44,3*	—	*44,3*	*44,3*	—	—
219,08	*8,94*	*201,20*	*C90*	*1*	*5*	*198,02*	*244,48*	*231,78*	*22,4*	*44,2*	*49,3*	*48,6*	—	*44,3*	*44,3*	—	*44,3*	—	*44,3*	*44,3*	—	—
219,08	10,16	198,76	C90	1	5	195,58	244,48	231,78	30,4	50,1	55,6	55,7	—	50,3	50,3	—	45,7	—	50,4	47,5	50,4	50,4
219,08	*11,43*	*196,22*	*C90*	*1*	*5*	*193,68*	*244,48*	*231,78*	*39,1*	*56,3*	*62,2*	*62,9*	—	*56,6*	*56,6*	—	*45,7*	—	*56,7*	*47,5*	*56,7*	*50,8*
219,08	11,43	196,22	C90	1	5	193,04	244,48	231,78	39,1	56,3	62,2	62,9	—	56,6	56,6	—	45,7	—	56,7	47,5	56,7	50,8
219,08	12,70	193,68	C90	1	5	190,50	244,48	231,78	47,6	62,5	68,8	70,3	—	62,9	62,9	—	45,7	—	63,0	47,5	63,0	50,8
219,08	14,15	190,78	C90	1	5	187,60	244,48	231,78	57,0	69,5	76,2	78,8	—	70,1	70,1	—	45,7	—	70,2	47,5	70,2	50,8
219,08	*8,94*	*201,20*	*R95*	*1*	*12,5*	*200,02*	*244,48*	*231,78*	*22,6*	*46,6*	*52,0*	*48,8*	—	—	*46,8*	—	*46,8*	—	*46,8*	46,8	*46,8*	*46,8*
219,08	*8,94*	*201,20*	*R95*	*1*	*12,5*	*198,02*	*244,48*	*231,78*	*22,6*	*46,6*	*52,0*	*48,8*	—	—	*46,8*	—	*46,8*	—	*46,8*	46,8	*46,8*	*46,8*
219,08	10,16	198,76	*R95*	1	12,5	195,58	244,48	231,78	30,8	52,9	58,7	53,1	—	53,1	53,1	—	48,3	—	53,2	50,1	53,2	53,2
219,08	*11,43*	*196,22*	*R95*	*1*	*12,5*	*193,68*	*244,48*	*231,78*	*40,0*	*59,5*	*65,7*	*60,0*	—	*59,7*	*59,7*	—	*48,3*	—	*59,8*	*50,1*	*59,8*	*53,6*
219,08	11,43	196,22	*R95*	1	12,5	193,04	244,48	231,78	40,0	59,5	65,7	60,0	—	59,7	59,7	—	48,3	—	59,8	50,1	59,8	53,6
219,08	12,70	193,68	*R95*	1	12,5	190,50	244,48	231,78	49,1	65,9	72,6	67,0	—	66,4	66,4	—	48,3	—	66,4	50,1	66,4	53,6
219,08	14,15	190,78	*R95*	1	12,5	187,60	244,48	231,78	59,3	73,4	80,4	75,0	—	74,0	74,0	—	48,3	—	74,0	50,1	74,0	53,6
219,08	*8,94*	*201,20*	*T95*	*1*	*5*	*200,02*	*244,48*	*231,78*	*22,7*	*46,6*	*52,0*	*53,8*	—	*46,8*	*46,8*	—	*46,8*	—	*46,8*	46,8	—	—
219,08	*8,94*	*201,20*	*T95*	*1*	*5*	*198,02*	*244,48*	*231,78*	*22,7*	*46,6*	*52,0*	*53,8*	—	*46,8*	*46,8*	—	*46,8*	—	*46,8*	46,8	—	—
219,08	10,16	198,76	T95	1	5	195,58	244,48	231,78	31,1	52,9	58,7	58,6	—	53,1	53,1	—	48,3	—	53,2	50,1	53,2	53,2
219,08	*11,43*	*196,22*	*T95*	*1*	*5*	*193,68*	*244,48*	*231,78*	*40,2*	*59,5*	*65,7*	*66,2*	—	*59,7*	*59,7*	—	*48,3*	—	*59,8*	*50,1*	*59,8*	*53,6*
219,08	11,43	196,22	T95	1	5	193,04	244,48	231,78	40,2	59,5	65,7	66,2	—	59,7	59,7	—	48,3	—	59,8	50,1	59,8	53,6
219,08	12,70	193,68	T95	1	5	190,50	244,48	231,78	49,3	65,9	72,6	74,0	—	66,4	66,4	—	48,3	—	66,4	50,1	66,4	53,6
219,08	14,15	190,78	T95	1	5	187,60	244,48	231,78	59,2	73,4	80,4	82,9	—	74,0	74,0	—	48,3	—	74,0	50,1	74,0	53,6
219,08	*8,94*	*201,20*	*P110*	*1*	*12,5*	*200,02*	*244,48*	*231,78*	*23,5*	*54,0*	*60,1*	*55,8*	—	*54,1*	*54,1*	—	*54,1*	—	*54,1*	*54,1*	*54,1*	54,1
219,08	*8,94*	*201,20*	*P110*	*1*	*12,5*	*198,02*	*244,48*	*231,78*	*23,5*	*54,0*	*60,1*	*55,8*	—	*54,1*	*54,1*	—	*54,1*	—	*54,1*	*54,1*	*54,1*	54,1
219,08	*10,16*	*198,76*	*P110*	*1*	*12,5*	*195,58*	*244,48*	*231,78*	*32,6*	*61,3*	*68,0*	*63,7*	—	*61,5*	*61,5*	—	*55,9*	—	*61,5*	*58,0*	*61,5*	61,5
219,08	*11,43*	*196,22*	*P110*	*1*	*12,5*	*193,68*	*244,48*	*231,78*	*43,1*	*68,8*	*76,1*	*71,9*	—	*69,2*	*69,2*	—	*55,9*	—	*69,2*	*58,0*	*69,2*	62,0

Продолжение таблицы I 1

Наружный диаметр D, мм	Толщина стенки t, мм	Внутренний диаметр d, мм	Группа прочности	Переменная/искусственный дефект (надрез)		Диаметр оправки, мм	Наружный диаметр муфты, мм		Соответствующий номер раздела или формулы													
									Раздел 8	(9)	(8)	(14)	(10) (65)									
									Минимальное внутреннее давление возникновения текучести, МПа													
									Стойкость к смятию, МПа	Тело трубы			Тип соединения									
										Внутренняя текучесть. Формула Ламе—фон Мизеса		Пластическое разрушение	SC	LC	Баттрёсс				ОТТМ		ОТТГ	
															Обычная муфта		Специальная муфта					
				k_h	a_N, %		Обычная муфта D_M	Специальная муфта D_C		Открытый торец	Торцевое уплотнение	Торцевое уплотнение			Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Обычная муфта	Специальная муфта	Обычная муфта	Специальная муфта
219,08	11,43	196,22	P110	1	12,5	193,04	244,48	231,78	43,1	68,8	76,1	71,9	—	69,2	69,2	69,2	55,9	63,5	69,2	58,0	69,2	62,0
219,08	12,70	193,68	P110	1	12,5	190,50	244,48	231,78	53,9	76,4	84,1	80,3	—	76,9	76,9	76,9	55,9	63,5	76,9	58,0	76,9	62,0
219,08	14,15	190,78	P110	1	12,5	187,60	244,48	231,78	66,2	85,0	93,1	89,9	—	85,6	85,6	85,6	55,9	63,5	85,7	58,0	85,7	62,0
219,08	*8,94*	*201,20*	*P110*	*1*	*5*	*200,02*	244,48	231,78	23,5	*54,0*	*60,1*	*61,6*	—	*54,1*	*54,1*	*54,1*	*54,1*	*54,1*	*54,1*	*54,1*	*54,1*	*54,1*
219,08	*8,94*	*201,20*	*P110*	*1*	*5*	*198,02*	244,48	231,78	23,5	*54,0*	*60,1*	*61,6*	—	*54,1*	*54,1*	*54,1*	*54,1*	*54,1*	*54,1*	*54,1*	*54,1*	*54,1*
219,08	*10,16*	*198,76*	*P110*	*1*	*5*	*195,58*	244,48	231,78	32,6	*61,3*	*68,0*	*70,3*	—	*61,5*	*61,5*	*61,5*	55,9	*61,5*	*61,5*	*58,0*	*61,5*	*61,5*
219,08	*11,43*	*196,22*	*P110*	*1*	*5*	*193,68*	244,48	231,78	43,1	*68,8*	*76,1*	*79,4*	—	*69,2*	*69,2*	*69,2*	*55,9*	*63,5*	*69,2*	*58,0*	*69,2*	*62,0*
219,08	11,43	196,22	P110	1	5	193,04	244,48	231,78	43,1	68,8	76,1	79,4	—	69,2	69,2	69,2	55,9	63,5	69,2	58,0	69,2	62,0
219,08	12,70	193,68	P110	1	5	190,50	244,48	231,78	53,9	76,4	84,1	88,7	—	76,9	76,9	76,9	55,9	63,5	76,9	58,0	76,9	62,0
219,08	14,15	190,78	P110	1	5	187,60	244,48	231,78	66,2	85,0	93,1	99,4	—	85,6	85,6	85,6	55,9	63,5	85,7	58,0	85,7	62,0
219,08	*8,94*	*201,20*	*Q125*	*1*	*5*	*200,02*	244,48	231,78	24,1	*61,4*	*68,4*	*66,9*	—	—	*61,6*	—	*61,6*	—	—	—	—	—
219,08	*8,94*	*201,20*	*Q125*	*1*	*5*	*198,02*	244,48	231,78	24,1	*61,4*	*68,4*	*66,9*	—	—	*61,6*	—	*61,6*	—	*61,6*	—	—	—
219,08	*10,16*	*198,76*	*Q125*	*1*	*5*	*195,58*	244,48	231,78	33,8	*69,7*	*77,3*	*76,4*	—	*70,0*	*70,0*	—	*63,6*	—	*70,0*	—	*70,0*	—
219,08	*11,43*	*196,22*	*Q125*	*1*	*5*	*193,68*	244,48	231,78	45,3	*78,3*	*86,5*	*86,4*	—	*78,7*	*78,7*	—	*63,6*	—	*78,7*	—	*78,7*	—
219,08	*11,43*	*196,22*	*Q125*	*1*	*5*	*193,04*	244,48	231,78	45,3	*78,3*	*86,5*	*86,4*	—	*78,7*	*78,7*	—	*63,6*	—	*78,7*	—	*78,7*	—
219,08	*12,70*	*193,68*	*Q125*	*1*	*5*	*190,50*	244,48	231,78	57,4	*86,9*	*95,6*	*96,5*	—	*87,4*	*87,4*	—	*63,6*	—	*87,4*	—	*87,4*	—
219,08	14,15	190,78	Q125	1	5	187,60	244,48	231,78	71,2	96,5	105,8	108,2	—	97,4	97,4	—	63,6	—	97,4	—	97,4	—
219,08	*8,94*	*201,20*	*Q135*	*1*	*5*	*200,02*	244,48	231,78	24,4	*66,2*	*73,6*	*72,3*	—	*66,4*	*6649*	—	*66,4*	—	*66,4*	—	—	—
219,08	*8,94*	*201,20*	*Q135*	*1*	*5*	*198,02*	244,48	231,78	24,4	*66,2*	*73,8*	*72,3*	—	*66,4*	*66,4*	—	*66,4*	—	*66,4*	—	—	—
219,08	*10,16*	*198,76*	*Q135*	*1*	*5*	*195,58*	244,48	231,78	34,4	*75,2*	*83,4*	*82,6*	—	*75,5*	*75,5*	—	*68,6*	—	*75,5*	—	*75,5*	—
219,08	*11,43*	*196,22*	*Q135*	*1*	*5*	*193,68*	244,48	231,78	46,5	*84,5*	*93,4*	*93,4*	—	*84,9*	*84,9*	—	*68,6*	—	*84,9*	—	*84,9*	—
219,08	*11,43*	*196,22*	*Q135*	*1*	*5*	*193,04*	244,48	231,78	46,5	*84,5*	*93,4*	*93,4*	—	*84,9*	*84,9*	—	*68,6*	—	*84,9*	—	*84,9*	—
219,08	*12,70*	*193,68*	*Q135*	*1*	*5*	*190,50*	244,48	231,78	59,4	*93,7*	*103,2*	*104,3*	—	*94,3*	*94,3*	—	*68,6*	—	*94,9*	—	*94,9*	—
219,08	*14,15*	*190,78*	*Q135*	*1*	*5*	*187,60*	244,48	231,78	74,4	*104,3*	*114,3*	*116,9*	—	*105,1*	*105,1*	—	*68,6*	—	*105,1*	—	*105,1*	—
244,48	7,92	228,60	H40	2	12,5	224,66	269,88	—	10,1	15,6	17,5	16,9	15,6	—	15,6	—	15,6	—	15,6	—	—	—
244,48	8,94	226,60	H40	2	12,5	222,63	269,88	—	13,0	17,6	19,6	19,2	17,6	—	17,6	—	17,6	—	17,6	—	17,6	—
244,48	*10,03*	*224,40*	*H40*	*2*	*12,5*	*222,25*	269,88	—	16,2	*19,8*	*22,0*	*21,5*	*19,8*	—	*19,8*	—	*18,4*	—	*19,8*	—	*19,8*	—

Продолжение таблицы I.1

Наружный диаметр D, мм	Толщина стенки t, мм	Внутренний диаметр d, мм	Группа прочности	Переменная/искусственный дефект (надрез)		Диаметр оправки, мм	Наружный диаметр муфты, мм		Соответствующий номер раздела или формулы													
									Раздел 8	(9)	(8)	(14)	(10) (65)									
									Минимальное внутреннее давление возникновения текучести, МПа													
										Тело трубы			Тип соединения									
									Стойкость к смятию, МПа	Внутренняя текучесть. Формула Ламе—фон Мизеса		Пластическое разрушение	SC	LC	Баттрёсс				ОТТМ		ОТТГ	
															Обычная муфта		Специальная муфта					
				k_h	a_h, %		Обычная муфта D_M	Специальная муфта D_C		Открытый торец	Торцевое уплотнение	Торцевое уплотнение			Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Обычная муфта	Специальная муфта	Обычная муфта	Специальная муфта
244,48	10,03	224,40	H40	2	12,5	220,45	269,88	—	16,2	19,8	22,0	21,5	19,8	—	19,8	—	—	—	19,8	—	19,8	—
244,48	11,05	222,40	H40	2	12,5	218,41	269,88	—	19,0	21,7	24,2	23,8	—	—	21,8	—	—	—	21,8	—	21,8	—
244,48	11,99	220,50	H40	2	12,5	216,54	269,88	—	21,5	23,6	26,1	25,9	--	--	23,7	--	—	—	23,7	—	23,7	—
244,48	13,84	216,80	H40	2	12,5	215,90	269,88	—	26,2	27,2	29,9	30,0	—	—	27,3	—	—	—	27,3	—	27,3	—
244,48	13,84	216,80	H40	2	12,5	212,83	269,88	—	26,2	27,2	29,9	30,0	—	—	27,3	—	—	—	27,3	—	27,3	—
244,48	7,92	228,60	J55	2	12,5	224,66	269,88	257,18	11,1	21,4	24,0	21,4	21,5	--	21,5	21,5	21,5	21,5	21,5	21,5	—	—
244,48	8,94	226,60	J55	2	12,5	222,63	269,88	257,18	14,9	24,2	27,0	24,1	24,3	24,3	24,3	24,3	24,3	24,3	24,3	24,5	24,3	24,3
244,48	10,03	224,40	J55	2	12,5	222,25	269,88	257,18	19,1	27,1	30,2	27,1	27,2	27,2	27,2	27,2	25,2	27,2	27,2	26,1	27,2	27,2
244,48	10,03	224,40	J55	2	12,5	220,45	269,88	257,18	19,1	27,1	30,2	27,1	27,2	27,2	27,2	27,2	25,2	27,2	27,2	26,1	27,2	27,2
244,48	11,05	222,40	J55	2	12,5	218,41	269,88	257,18	23,1	29,9	33,2	30,1	—	30,0	30,5	30,5	25,2	30,0	30,0	26,1	30,0	28,0
244,48	11,99	220,50	J55	2	12,5	216,54	269,88	257,18	26,7	32,4	35,9	32,7	—	32,5	32,5	32,5	25,2	32,5	32,5	26,1	32,5	28,0
244,48	13,84	216,80	J55	2	12,5	215,90	269,88	257,18	33,5	37,3	41,1	37,9	--	37,5	37,5	37,5	25,2	36,7	37,5	26,1	37,5	28,0
244,48	13,84	216,80	J55	2	12,5	212,83	269,88	257,18	33,5	37,3	41,1	37,9	—	37,5	37,5	37,5	25,2	36,7	37,5	26,1	37,5	28,0
244,48	7,92	228,60	K55	2	12,5	224,66	269,88	257,18	11,1	21,4	24,0	27,0	21,5	—	21,5	21,5	21,5	21,5	21,5	21,5	—	—
244,48	8,94	226,60	K55	2	12,5	222,63	269,88	257,18	14,9	24,2	27,0	30,5	24,3	24,3	24,3	24,3	24,3	24,3	24,3	24,5	24,3	24,3
244,48	10,03	224,40	K55	2	12,5	222,25	269,88	257,18	19,1	27,1	30,2	34,4	27,2	27,2	27,2	27,2	25,2	27,2	27,2	26,1	27,2	27,2
244,48	10,03	224,40	K55	2	12,5	220,45	269,88	257,18	19,1	27,1	30,2	34,4	27,2	27,2	27,2	27,2	25,2	27,2	27,2	26,1	27,2	27,2
244,48	11,05	222,40	K55	2	12,5	218,41	269,88	257,18	23,1	29,9	33,2	38,1	--	30,0	30,5	30,5	25,2	30,0	30,0	26,1	30,0	28,0
244,48	11,99	220,50	K55	2	12,5	216,54	269,88	257,18	26,7	32,4	35,9	41,4	—	32,5	32,5	32,5	25,2	32,5	32,5	26,1	32,5	28,0
244,48	13,84	216,80	K55	2	12,5	215,90	269,88	257,18	33,5	37,3	41,1	48,1	—	37,5	37,5	37,5	25,2	36,7	37,5	26,1	37,5	28,0
244,48	13,84	216,80	K55	2	12,5	212,83	269,88	257,18	33,5	37,3	41,1	48,1	—	37,5	37,5	37,5	25,2	36,7	37,5	26,1	37,5	28,0
244,48	8,94	226,60	M65	2	12,5	222,63	269,88	257,18	15,7	28,6	32,0	27,5	28,7	28,7	28,7	—	28,7	—	28,7	28,7	28,7	28,7
244,48	10,03	224,40	M65	2	12,5	222,25	269,88	257,18	20,5	32,0	35,7	30,9	32,2	32,2	32,2	—	32,2	—	32,2	32,2	32,2	32,2
244,48	10,03	224,40	M65	2	12,5	220,45	269,88	257,18	20,5	32,0	35,7	30,9	32,2	32,2	32,2	--	32,2	—	32,2	32,2	32,2	32,2
244,48	11,05	222,40	M65	2	12,5	218,41	269,88	257,18	25,2	35,3	39,2	34,2	—	35,4	35,4	—	35,4	—	35,4	35,4	35,4	35,4
244,48	11,99	220,50	M65	2	12,5	216,54	269,88	257,18	29,5	38,2	42,4	37,1	—	38,4	38,4	—	36,7	—	38,4	38,0	38,4	38,4
244,48	8,94	226,60	M65	1	12,5	222,63	269,88	257,18	15,7	28,6	32,0	33,1	28,7	28,7	28,7	--	28,7	—	28,7	28,7	28,7	28,7

Продолжение таблицы I 1

Наружный диаметр D, мм	Толщина стенки t, мм	Внутренний диаметр d, мм	Группа прочности	Переменная/искусственный дефект (надрез)		Диаметр оправки, мм	Наружный диаметр муфты, мм		Соответствующий номер раздела или формулы													
									Раздел 8	(9)	(8)	(14)	(10) (65)									
									Минимальное внутреннее давление возникновения текучести, МПа													
									Стойкость к смятию, МПа	Тело трубы			Тип соединения									
										Внутренняя текучесть		Пластическое разрушение	SC	LC	Баттрёсс				ОТТМ		ОТТГ	
										Формула Ламе—фон Мизеса					Обычная муфта		Специальная муфта					
				k_h	a_N, %		Обычная муфта D_M	Специальная муфта D_C		Открытый торец	Торцевое уплотнение	Торцевое уплотнение			Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Обычная муфта	Специальная муфта	Обычная муфта	Специальная муфта
244,48	10,03	224,40	M65	1	12,5	222,25	269,88	257,18	20,5	32,0	35,7	37,3	32,2	32,2	32,2	—	32,2	—	32,2	32,2	32,2	32,2
244,48	10,03	224,40	M65	2	12,5	220,45	269,88	257,18	20,5	32,0	35,7	30,9	32,2	32,2	32,2	—	32,2	—	32,2	32,2	32,2	32,2
244,48	11,05	222,40	M65	1	12,5	218,41	269,88	257,18	25,2	35,3	39,2	41,2	—	35,4	35,4	—	35,4	—	35,4	35,4	35,4	35,4
244,48	11,99	220,50	M65	1	12,5	216,54	269,88	257,18	29,5	38,2	42,4	44,9	—	38,4	38,4	—	36,7	—	38,4	38,0	38,4	38,4
244,48	8,94	226,60	L80 9Cr	2	12,5	222,63	269,88	257,18	16,3	35,2	39,4	31,0	—	35,3	35,3	—	35,3	—	35,3	35,3	35,3	35,3
244,48	10,03	224,40	L80 9Cr	2	12,5	222,25	269,88	257,18	21,7	39,5	44,0	34,8	—	39,6	39,6	—	36,7	—	39,6	38,0	39,6	39,6
244,48	10,03	224,40	L80 9Cr	2	12,5	220,45	269,88	257,18	21,7	39,5	44,0	34,8	—	39,6	39,6	—	36,7	—	39,6	38,0	39,6	40,7
244,48	11,05	222,40	L80 9Cr	2	12,5	218,41	269,88	257,18	27,0	43,4	48,2	38,4	—	43,6	43,6	—	36,7	—	43,7	38,0	43,7	40,7
244,48	11,99	220,50	L80 9Cr	2	12,5	216,54	269,88	257,18	32,1	47,1	52,2	41,8	—	47,3	47,3	—	36,7	—	47,4	38,0	47,4	40,7
244,48	13,84	216,80	L80 9Cr	2	12,5	215,90	269,88	257,18	41,9	54,3	59,8	48,5	—	54,6	54,6	—	36,7	—	54,7	38,0	54,7	40,7
244,48	13,84	216,80	L80 9Cr	2	12,5	212,83	269,88	257,18	41,9	54,3	59,8	48,5	—	54,6	54,6	—	36,7	—	54,7	38,0	54,7	40,7
244,48	15,11	214,25	L80 9Cr	2	12,5	212,72	269,88	257,18	48,3	59,2	65,0	53,1	—	59,6	59,6	—	36,7	—	59,7	38,0	59,7	40,7
244,48	15,11	214,25	L80 9Cr	2	12,5	210,29	269,88	257,18	48,3	59,2	65,0	53,1	—	59,6	59,6	—	36,7	—	59,7	38,0	59,7	40,7
244,48	15,90	212,68	L80 9Cr	2	12,5	208,71	269,88	257,18	52,2	62,3	68,3	56,2	—	62,8	61,0	—	36,7	—	62,2	38,0	62,8	40,7
244,48	8,94	226,60	L80	1	12,5	222,63	269,88	257,18	16,4	35,2	39,4	37,4	—	35,3	35,3	—	35,3	—	35,3	35,3	35,3	35,3
244,48	10,03	224,40	L80	1	12,5	222,25	269,88	257,18	21,9	39,5	44,0	42,0	—	39,6	39,6	—	36,7	—	39,6	38,0	39,6	39,6
244,48	10,03	224,40	L80	1	12,5	220,45	269,88	257,18	21,9	39,5	44,0	42,0	—	39,6	39,6	—	36,7	—	39,6	38,0	39,6	40,7
244,48	11,05	222,40	L80	1	12,5	218,41	269,88	257,18	27,4	43,4	48,2	46,4	—	43,6	43,6	—	36,7	—	43,7	38,0	43,7	40,7
244,48	11,99	220,50	L80	1	12,5	216,54	269,88	257,18	32,6	47,1	52,2	50,5	—	47,3	47,3	—	36,7	—	47,4	38,0	47,4	40,7
244,48	13,84	216,80	L80	1	12,5	215,90	269,88	257,18	42,7	54,3	59,8	58,6	—	54,6	54,6	—	36,7	—	54,7	38,0	54,7	40,7
244,48	13,84	216,80	L80	1	12,5	212,83	269,88	257,18	42,7	54,3	59,8	58,6	—	54,6	54,6	—	36,7	—	54,7	38,0	54,7	40,7
244,48	15,11	214,25	L80	1	12,5	212,72	269,88	257,18	49,4	59,2	65,0	64,3	—	59,6	59,6	—	36,7	—	59,7	38,0	59,7	40,7
244,48	15,11	214,25	L80	1	12,5	210,29	269,88	257,18	49,4	59,2	65,0	64,3	—	59,6	59,6	—	36,7	—	59,7	38,0	59,7	40,7
244,48	15,90	212,68	L80	1	12,5	208,71	269,88	257,18	53,4	62,3	68,3	68,0	—	62,8	61,0	—	36,7	—	62,2	38,0	62,8	40,7
244,48	7,92	228,60	N80	2	12,5	224,66	—	—	11,9	31,2	35,0	28,8	—	31,3	31,3	—	31,3	—	31,3	31,3	31,3	31,3
244,48	8,94	226,60	N80	2	12,5	222,63	269,88	257,18	16,4	35,2	39,4	32,6	—	35,3	35,3	—	35,3	—	35,3	35,3	35,3	35,3

Продолжение таблицы I.1

Наружный диаметр D, мм	Толщина стенки t, мм	Внутренний диаметр d, мм	Группа прочности	Переменная/искусственный дефект (надрез)		Диаметр оправки, мм	Наружный диаметр муфты, мм		Соответствующий номер раздела или формулы													
									Раздел 8	(9)	(8)	(14)	(10) (65)									
									Минимальное внутреннее давление возникновения текучести, МПа													
									Стойкость к смятию, МПа	Тело трубы			Тип соединения									
										Внутренняя текучесть		Пластическое разрушение	SC	LC	Баттресс				ОТТМ		ОТТГ	
										Формула Ламе—фон Мизеса					Обычная муфта		Специальная муфта					
				k_h	a_h, %		Обычная муфта D_M	Специальная муфта D_C		Открытый торец	Торцевое уплотнение	Торцевое уплотнение			Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Обычная муфта	Специальная муфта	Обычная муфта	Специальная муфта
244,48	*10,03*	*224,40*	*N80*	*2*	*12,5*	*222,25*	*269,88*	*257,18*	22,0	*39,5*	*44,0*	*36,7*	—	39,6	*39,6*	—	*36,7*	—	*39,6*	38,0	39,6	39,6
244,48	10,03	224,40	N80	2	12,5	220,45	269,88	257,18	22,0	39,5	44,0	36,7	—	39,6	39,6	—	36,7	—	39,6	38,0	39,6	40,7
244,48	11,05	222,40	N80	2	12,5	218,41	269,88	257,18	27,6	43,4	48,2	40,4	—	43,6	43,6	—	36,7	—	43,7	38,0	43,7	40,7
244,48	11,99	220,50	N80	2	12,5	216,54	269,88	257,18	32,9	47,1	52,2	44,0	—	47,3	47,3	—	36,7	—	47,4	38,0	47,4	40,7
244,48	*13,84*	*216,80*	*N80*	*2*	*12,5*	*215,90*	*269,88*	*257,18*	43,2	*54,3*	*59,8*	*51,1*	—	*54,6*	*54,6*	—	*36,7*	—	*54,7*	38,0	*54,7*	40,7
244,48	13,84	216,80	N80	2	12,5	212,83	269,88	257,18	43,2	54,3	59,8	51,1	—	54,6	54,6	—	36,7	—	54,7	38,0	54,7	40,7
244,48	*15,11*	*214,25*	*N80*	*2*	*12,5*	*212,72*	*269,88*	*257,18*	50,0	*59,2*	*65,0*	*55,9*	—	*59,6*	*59,6*	—	*36,7*	—	59,7	38,0	59,7	40,7
244,48	15,11	214,25	N80	2	12,5	210,29	269,88	257,18	50,0	59,2	65,0	55,9	—	59,6	59,6	—	36,7	—	59,7	38,0	59,7	40,7
244,48	*7,92*	*228,60*	*N80*	*1*	*12,5*	*224,66*	—	—	11,9	*31,2*	*35,0*	*34,8*	—	*31,3*	*31,3*	*31,3*	*31,3*	*31,3*	*31,3*	31,3	*31,3*	31,3
244,48	*8,94*	*226,60*	*N80*	*1*	*12,5*	*222,63*	269,88	257,18	16,4	*35,2*	*39,4*	*39,4*	—	*35,3*	*35,3*	*35,3*	*35,3*	*35,3*	*35,3*	35,3	*35,3*	35,3
244,48	*10,03*	*224,40*	*N80*	*1*	*12,5*	*222,25*	*269,88*	*257,18*	22,0	*39,5*	*44,0*	*44,2*	—	*39,6*	*39,6*	*39,6*	*36,7*	*39,6*	*39,6*	38,0	*39,6*	39,6
244,48	10,03	224,40	N80	1	12,5	220,45	269,88	257,18	22,0	39,5	44,0	44,2	—	39,6	39,6	39,6	36,7	39,6	39,6	38,0	39,6	40,7
244,48	11,05	222,40	N80	1	12,5	218,41	269,88	257,18	27,6	43,4	48,2	48,9	—	43,6	43,6	43,6	36,7	43,6	43,7	38,0	43,7	40,7
244,48	11,99	220,50	N80	1	12,5	216,54	269,88	257,18	32,9	47,1	52,2	53,2	—	47,3	47,3	47,3	36,7	47,3	47,4	38,0	47,4	40,7
244,48	*13,84*	*216,80*	*N80*	*1*	*12,5*	*215,90*	*269,88*	*257,18*	43,2	*54,3*	*59,8*	*61,7*	—	*54,6*	*54,6*	*54,6*	*36,7*	*50,4*	*54,7*	38,0	*54,7*	40,7
244,48	13,84	216,80	N80	1	12,5	212,83	269,88	257,18	43,2	54,3	59,8	61,7	—	54,6	54,6	54,6	36,7	50,4	54,7	38,0	54,7	40,7
244,48	*15,11*	*214,25*	*N80*	*1*	*12,5*	*212,72*	*269,88*	*257,18*	50,0	*59,2*	*65,0*	*67,7*	—	*59,6*	*59,6*	*59,6*	*36,7*	*50,4*	59,7	38,0	59,7	40,7
244,48	15,11	214,25	N80	1	12,5	210,29	269,88	257,18	50,0	59,2	65,0	67,7	—	59,6	59,6	59,6	36,7	50,4	59,7	38,0	59,7	40,7
244,48	*8,94*	*226,60*	*C90*	*1*	*5*	*222,63*	*269,88*	*257,18*	16,8	*39,6*	*44,3*	*43,4*	—	*39,7*	*39,7*	—	*39,7*	*39,7*	*39,7*	*39,7*	*39,7*	*39,7*
244,48	*10,03*	*224,40*	*C90*	*1*	*5*	*222,25*	*269,88*	*257,18*	22,7	*44,4*	*49,5*	*49,1*	—	*44,5*	*44,5*	—	*41,2*	—	*44,6*	*42,8*	*44,6*	*44,6*
244,48	10,03	224,40	C90	1	5	220,45	269,88	257,18	22,7	44,4	49,5	49,1	—	44,5	44,5	—	41,2	—	44,6	42,8	44,6	44,6
244,48	11,05	222,40	C90	1	5	218,41	269,88	257,18	28,7	48,9	54,3	54,2	—	49,1	49,1	—	41,2	—	49,1	42,8	49,1	45,8
244,48	11,99	220,50	C90	1	5	216,54	269,88	257,18	34,4	53,0	58,7	59,0	—	53,2	53,2	—	41,2	—	53,2	42,8	53,2	45,8
244,48	*13,84*	*216,80*	*C90*	*1*	*5*	*215,90*	*269,88*	*257,18*	45,7	*61,0*	*67,2*	*68,6*	—	*61,5*	*61,5*	—	*41,2*	—	*61,5*	*42,8*	*61,5*	*45,8*
244,48	13,84	216,80	C90	1	5	212,83	269,88	257,18	45,7	61,0	67,2	68,6	—	61,5	61,5	—	41,2	—	61,5	42,8	61,5	45,8
244,48	*15,11*	*214,25*	*C90*	*1*	*5*	*212,72*	*269,88*	*257,18*	53,1	*66,6*	*73,1*	*75,2*	—	*67,1*	*67,1*	—	*41,2*	—	*67,2*	*42,8*	*67,2*	*45,8*

Продолжение таблицы I.1

Наружный диаметр D, мм	Толщина стенки t, мм	Внутренний диаметр d, мм	Группа прочности	Переменная/искусственный дефект (надрез)		Диаметр оправки, мм	Наружный диаметр муфты, мм		Соответствующий номер раздела или формулы															
									Раздел 8	(9)	(8)	(14)	(10) (65)											
									Стойкость к смятию, МПа	Минимальное внутреннее давление возникновения текучести, МПа														
										Тело трубы			Тип соединения											
										Внутренняя текучесть		Пластическое разрушение	SC	LC	Баттресс				ОТТМ		ОТТГ			
										Формула Ламе—фон Мизеса					Обычная муфта		Специальная муфта							
				k_a	a_N, %		Обычная муфта D_M	Специальная муфта D_c		Открытый торец	Торцевое уплотнение	Торцевое уплотнение			Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Обычная муфта	Специальная муфта	Обычная муфта	Специальная муфта		
244,48	15,11	214,25	С90	1	5	210,29	269,88	257,18	53,1	66,6	73,1	75,2	—	67,1	67,1	—	41,2	—	67,2	42,8	67,2	45,8		
244,48	15,47	213,50	С90	1	5	209,58	—	—	55,1	68,1	74,8	77,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
244,48	17,07	210,30	С90	1	5	206,38	—	—	64,0	75,0	81,9	85,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
244,48	18,64	207,20	С90	1	5	203,23	—	—	72,4	81,9	88,9	93,9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
244,48	20,24	204,00	С90	1	5	200,02	—	—	80,7	88,7	96,0	102,6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
244,48	*8,94*	*226,60*	*R95*	*1*	*12,5*	*222,63*	*269,88*	*257,18*	*16,9*	*41,8*	*46,7*	*41,6*	—	*41,9*	*41,9*	—	*41,9*	—	*41,9*	*41,9*	*41,9*	*41,9*		
244,48	*10,03*	*224,40*	*R95*	*1*	*12,5*	*222,25*	*269,88*	*257,18*	*22,9*	*46,9*	*52,2*	*46,8*	—	*47,0*	*47,0*	—	*43,5*	—	*47,0*	*45,1*	*47,0*	*48,3*		
244,48	10,03	224,40	R95	1	12,5	220,45	269,88	257,18	22,9	46,9	52,2	46,8	—	47,0	47,0	—	43,5	—	47,0	45,1	47,0	48,3		
244,48	11,05	222,40	R95	1	12,5	218,41	269,88	257,18	29,0	51,5	57,3	51,7	—	51,7	51,7	—	43,5	—	51,8	45,1	51,8	48,3		
244,48	11,99	220,50	R95	1	12,5	216,54	269,88	257,18	35,0	55,9	61,9	56,2	—	56,2	56,2	—	43,5	—	56,2	45,1	56,2	48,3		
244,48	*13,84*	*216,80*	*R95*	*1*	*12,5*	*215,90*	*269,88*	*257,18*	*47,0*	*64,5*	*71,0*	*65,3*	—	*64,8*	*64,8*	—	*43,5*	—	*64,9*	*45,1*	*64,9*	*48,3*		
244,48	13,84	216,80	R95	1	12,5	212,83	269,88	257,18	47,0	64,5	71,0	65,3	—	64,8	64,8	—	43,5	—	64,9	45,1	64,9	48,3		
244,48	*15,11*	*214,25*	*R95*	*1*	*12,5*	*212,72*	*269,88*	*257,18*	*55,1*	*70,3*	*77,2*	*71,6*	—	*70,8*	*70,8*	—	*43,5*	—	*70,8*	*45,1*	*70,8*	*48,3*		
244,48	15,11	214,25	R95	1	12,5	210,29	269,88	257,18	55,1	70,3	77,2	71,6	—	70,8	70,8	—	43,5	—	70,8	45,1	70,8	48,3		
244,48	*15,90*	*212,68*	*R95*	*1*	*12,5*	*208,71*	269,88	257,18	*59,9*	*73,9*	*81,0*	*75,7*	—	*74,5*	*72,3*	—	*43,5*	—	*74,5*	*45,1*	*74,5*	*48,3*		
244,48	*8,94*	*226,60*	*T95*	*1*	*5*	*222,63*	269,88	257,18	17,0	*41,8*	*46,7*	*45,9*	—	*41,9*	*41,9*	—	*41,9*	—	*41,9*	*41,9*	—	—		
244,48	*10,03*	*224,40*	*T95*	*1*	*5*	*222,25*	*269,88*	*257,18*	23,0	*46,9*	*52,2*	*51,6*	—	*47,0*	*47,0*	—	*43,5*	—	*47,0*	*45,1*	*47,0*	*47,0*		
244,48	10,03	224,40	T95	1	5	220,45	269,88	257,18	23,0	46,9	52,2	51,6	—	47,0	47,0	—	43,5	—	47,0	45,1	47,0	48,3		
244,48	11,05	222,40	T95	1	5	218,41	269,88	257,18	29,3	51,5	57,3	57,0	—	51,7	51,7	—	43,5	—	51,8	45,1	51,8	48,3		
244,48	11,99	220,50	T95	1	5	216,54	269,88	257,18	35,3	55,9	61,9	62,1	—	56,2	56,2	—	43,5	—	56,2	45,1	56,2	48,3		
244,48	*13,84*	*216,80*	*T95*	*1*	*5*	*215,90*	*269,88*	*257,18*	47,2	*64,5*	*71,0*	*72,2*	—	*64,8*	*64,8*	—	*43,5*	—	*64,9*	*45,1*	*64,9*	*48,3*		
244,48	13,84	216,80	T95	1	5	212,83	269,88	257,18	47,2	64,5	71,0	72,2	—	64,8	64,8	—	43,5	—	64,9	45,1	64,9	48,3		
244,48	*15,11*	*214,25*	*T95*	*1*	*5*	*212,72*	*269,88*	*257,18*	55,1	*70,3*	*77,2*	*79,2*	—	*70,8*	*70,8*	—	*43,5*	—	*70,8*	*45,1*	*70,8*	*48,3*		
244,48	15,11	214,25	T95	1	5	210,29	269,88	257,18	55,1	70,3	77,2	79,2	—	70,8	70,8	—	43,5	—	70,8	45,1	70,8	48,3		
244,48	15,47	213,50	T95	1	5	209,58	—	—	57,3	71,9	78,9	81,1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
244,48	17,07	210,30	T95	1	5	206,38	—	—	66,8	79,2	86,5	90,1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		

Продолжение таблицы 11

Наружный диаметр D, мм	Толщина стенки t, мм	Внутренний диаметр d, мм	Группа прочности	Переменная/искусственный дефект (надрез)		Диаметр оправки, мм	Наружный диаметр муфты, мм		Соответствующий номер раздела или формулы													
									Раздел 8	(9)	(8)	(14)	(10) (65)									
									Минимальное внутреннее давление возникновения текучести, МПа													
									Стойкость к смятию, МПа	Тело трубы			Тип соединения									
										Внутренняя текучесть. Формула Ламе—фон Мизеса		Пластическое разрушение	SC	LC	Баттресс				ОТТМ		ОТТГ	
							Обычная муфта D_M	Специальная муфта D_C		Открытый торец	Торцевое уплотнение	Торцевое уплотнение			Обычная муфта		Специальная муфта		Обычная муфта	Специальная муфта	Обычная муфта	Специальная муфта
				k_h	a_h, %										Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Низкие группы прочности	Высокие группы прочности				
244,48	18,64	207,20	T95	1	5	203,23	—	—	75,7	86,4	93,9	98,9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
244,48	20,24	204,00	T95	1	5	200,02	—	—	84,5	93,6	101,4	108,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
244,48	*8,94*	*226,60*	*P110*	*1*	*12,5*	*222,63*	269,88	257,18	17,4	*48,4*	*54,1*	*49,9*	—	*48,5*	*48,5*	*48,5*	*48,5*	*48,5*	*48,5*	*48,5*	*48,5*	*48,5*
244,48	*10,03*	*224,40*	*P110*	*1*	*12,5*	*222,25*	269,88	257,18	23,8	*54,2*	*60,4*	*56,1*	—	*54,4*	*54,4*	*54,4*	*50,4*	*54,4*	*54,4*	*52,2*	*54,4*	*54,4*
244,48	*10,03*	*224,40*	*P110*	*1*	*12,5*	*220,45*	269,88	257,18	23,8	*54,2*	*60,4*	*56,1*	—	*54,4*	*54,4*	*54,4*	*50,4*	*54,4*	*54,4*	*52,2*	*54,4*	*54,4*
244,48	11,05	222,40	P110	1	12,5	218,41	269,88	257,18	30,6	59,7	66,4	62,0	—	59,9	59,9	59,9	50,4	57,3	59,5	52,2	59,5	55,9
244,48	11,99	220,50	P110	1	12,5	216,54	269,88	257,18	37,4	64,8	71,7	67,5	—	65,0	65,0	65,0	50,4	57,3	65,0	52,2	65,0	55,9
244,48	*13,84*	*216,80*	*P110*	*1*	*12,5*	*215,90*	*269,88*	*257,18*	51,4	*74,6*	*82,2*	*78,3*	—	*75,1*	*75,1*	*75,1*	*50,4*	*57,3*	*75,1*	*52,2*	*75,1*	*55,9*
244,48	13,84	216,80	P110	1	12,5	212,83	269,88	257,18	51,4	74,6	82,2	78,3	—	75,1	75,1	75,1	50,4	57,3	75,1	52,2	75,1	55,9
244,48	*15,11*	*214,25*	*P110*	*1*	*12,5*	*212,72*	*269,88*	*257,18*	61,1	*81,4*	*89,4*	*85,9*	—	*82,0*	*82,0*	*82,0*	*50,4*	*57,3*	*82,0*	*52,2*	*82,0*	*55,9*
244,48	15,11	214,25	P110	1	12,5	210,29	269,88	257,18	61,1	81,4	89,4	85,9	—	82,0	82,0	82,0	50,4	57,3	82,0	52,2	82,0	55,9
244,48	*15,90*	*212,68*	*P110*	*1*	*12,5*	*208,71*	269,88	257,18	67,1	*85,6*	*93,7*	*90,7*	—	*85,4*	*83,7*	*86,3*	*50,4*	*57,3*	*85,4*	*52,2*	*86,3*	*55,9*
244,48	*8,94*	*226,60*	*P110*	*1*	*5*	*222,63*	269,88	257,18	17,4	*48,4*	*54,1*	*56,0*	—	*48,5*	*48,5*	*48,5*	*48,5*	*48,5*	*48,5*	*48,5*	*48,5*	*48,5*
244,48	*10,03*	*224,40*	*P110*	*1*	*5*	*222,25*	269,88	257,18	23,8	*54,2*	*60,4*	*61,9*	—	*54,4*	*54,4*	*54,4*	*50,4*	*54,4*	*54,4*	*52,2*	*54,4*	*54,4*
244,48	*10,03*	*224,40*	*P110*	*1*	*5*	*220,45*	269,88	257,18	23,8	*54,2*	*60,4*	*61,9*	—	*54,4*	*54,4*	*54,4*	*50,4*	*54,4*	*54,4*	*52,2*	*54,4*	*54,4*
244,48	11,05	222,40	P110	1	5	218,41	269,88	257,18	30,6	59,7	66,4	68,4	—	59,9	59,9	59,9	50,4	57,3	59,5	52,2	59,5	55,9
244,48	11,99	220,50	P110	1	5	216,54	269,88	257,18	37,4	64,8	71,7	74,5	—	65,0	65,0	65,0	50,4	57,3	65,0	52,2	65,0	55,9
244,48	*13,84*	*216,80*	*P110*	*1*	*5*	*215,90*	*269,88*	*257,18*	51,4	*74,6*	*82,2*	*86,5*	—	*75,1*	*75,1*	*75,1*	*50,4*	*57,3*	*75,1*	*52,2*	*75,1*	*55,9*
244,48	13,84	216,80	P110	1	5	212,83	269,88	257,18	51,4	74,6	82,2	86,5	—	75,1	75,1	75,1	50,4	57,3	75,1	52,2	75,1	55,9
244,48	*15,11*	*214,25*	*P110*	*1*	*5*	*212,72*	*269,88*	*257,18*	61,1	*81,4*	*89,4*	*94,9*	—	*82,0*	*82,0*	*82,0*	*50,4*	*57,3*	*82,0*	*52,2*	*82,0*	*55,9*
244,48	15,11	214,25	P110	1	5	210,29	269,88	257,18	61,1	81,4	89,4	94,9	—	82,0	82,0	82,0	50,4	57,3	82,0	52,2	82,0	55,9
244,48	*15,90*	*212,68*	*P110*	*1*	*5*	*208,71*	269,88	—	67,1	*85,6*	*93,7*	*100,2*	—	*85,4*	*83,7*	*86,3*	*50,4*	*57,3*	*85,4*	*52,2*	*86,3*	*55,9*
244,48	*8,94*	*226,60*	*Q125*	*1*	*5*	*222,63*	269,88	—	17,7	*55,0*	*61,5*	*59,8*	—	—	*55,2*	—	*55,2*	—	*55,2*	—	*71,2*	—
244,48	*10,03*	*224,40*	*Q125*	*1*	*5*	*222,25*	269,88	—	24,4	*61,7*	*68,7*	*67,3*	—	*61,9*	*61,9*	—	*57,3*	—	*61,9*	—	*61,9*	—
244,48	*10,03*	*224,40*	*Q125*	*1*	*5*	*220,45*	269,88	—	24,4	*61,7*	*68,7*	*67,3*	—	*61,9*	*61,9*	—	*57,3*	—	*61,9*	—	*61,9*	—
244,48	*11,05*	*222,40*	*Q125*	*1*	*5*	*218,41*	269,88	—	31,6	*67,9*	*75,4*	*74,4*	—	*68,2*	*68,2*	—	*57,3*	—	*68,2*	—	*68,2*	—

Продолжение таблицы I.1

Наружный диаметр D, мм	Толщина стенки t, мм	Внутренний диаметр d, мм	Группа прочности	Переменная/искусственный дефект (надрез)		Диаметр оправки, мм	Наружный диаметр муфты, мм		Соответствующий номер раздела или формулы													
									Раздел 8	(9)	(8)	(14)	(10) (65)									
									Минимальное внутреннее давление возникновения текучести, МПа													
									Стойкость к смятию, МПа	Тело трубы			Тип соединения									
										Внутренняя текучесть		Пластическое разрушение	SC	LC	Баттрёсс				ОТТМ		ОТТГ	
										Формула Ламе—фон Мизеса					Обычная муфта		Специальная муфта					
				k_h	σ_N, %		Обычная муфта D_M	Специальная муфта D_C		Открытый торец	Торцевое уплотнение	Торцевое уплотнение			Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Обычная муфта	Специальная муфта	Обычная муфта	Специальная муфта
244,48	11,99	220,50	Q125	1	5	216,54	269,88	—	39,0	73,6	81,5	81,0	—	73,9	73,9	—	57,3	—	74,0	—	74,0	—
244,48	13,84	216,80	Q125	1	5	215,90	269,88	—	54,5	84,8	93,4	94,2	—	85,4	85,4	—	57,3	—	85,4	—	85,4	—
244,48	13,84	216,80	Q125	1	5	212,83	269,88	—	54,5	84,8	93,4	94,2	—	85,4	85,4	—	57,3	—	85,4	—	85,4	—
244,48	15,11	214,25	Q125	1	5	212,72	269,88	—	65,4	92,5	101,6	103,3	—	93,2	93,2	—	57,3	—	93,2	—	93,2	—
244,48	15,11	214,25	Q125	1	5	210,29	269,88	—	65,4	92,5	101,6	103,3	—	93,2	93,2	—	57,3	—	93,2	—	93,2	—
244,48	8,94	226,60	Q135	1	5	222,63	269,88	—	17,9	59,4	66,4	64,6	—	—	59,5	—	59,5	—	59,5	—	59,5	—
244,48	10,03	224,40	Q135	1	5	222,25	269,88	—	24,7	66,6	74,2	72,7	—	66,8	66,8	—	66,8	—	66,8	—	66,8	—
244,48	10,03	224,40	Q135	1	5	220,45	269,88	—	24,7	66,6	74,2	72,7	—	66,8	66,8	—	66,8	—	66,8	—	66,8	—
244,48	11,05	222,40	Q135	1	5	218,41	269,88	—	32,2	79,4	88,0	87,6	—	73,6	73,6	—	73,6	—	73,6	—	73,6	—
244,48	11,99	220,50	Q135	1	5	216,54	269,88	—	39,8	79,4	88,0	87,6	—	79,8	79,8	—	61,9	—	79,8	—	79,8	—
244,48	13,84	216,80	Q135	1	5	215,90	269,88	—	56,3	91,6	101,0	101,7	—	92,1	92,1	—	61,9	—	92,1	—	92,1	—
244,48	13,84	216,80	Q135	1	5	212,83	269,88	—	56,3	91,6	101,0	101,7	—	92,1	92,1	—	61,9	—	92,1	—	92,1	—
244,48	15,11	214,25	Q135	1	5	212,72	269,88	—	68,1	99,8	109,6	111,6	—	100,6	100,6	—	61,9	—	100,6	—	100,6	—
244,48	15,11	214,25	Q135	1	5	210,29	269,88	—	68,1	99,8	109,6	111,6	—	100,6	100,6	—	61,9	—	100,6	—	100,6	—
244,48	15,90	212,68	Q135	1	5	208,71	269,88	—	75,4	105,0	115,0	117,7	—	104,8	102,7	—	61,9	—	104,8	—	105,8	—
250,83	15,88	219,07	N80	2	12,5	215,10	269,88	—	52,6	60,7	66,6	57,5	—	—	—	—	—	—	—	—	61,2	—
250,83	15,88	219,07	N80	1	12,5	215,10	269,88	—	52,6	60,7	66,6	69,6	—	—	—	—	—	—	—	—	61,2	—
250,83	15,88	219,07	C90	1	5	215,10	269,88	—	56,4	68,3	74,9	76,9	—	—	—	—	—	—	—	—	68,8	—
250,83	15,88	219,07	T95	1	5	215,10	269,88	—	58,8	72,0	79,0	81,3	—	—	—	—	—	—	—	—	72,6	—
250,83	15,88	219,07	P110	1	12,5	215,10	269,88	—	63,9	83,3	91,4	88,1	—	—	—	—	—	—	—	—	84,0	—
250,83	15,88	219,07	P110	1	5	215,10	269,88	—	63,9	83,3	91,4	97,4	—	—	—	—	—	—	—	—	84,0	—
250,83	15,88	219,07	Q125	1	5	215,10	269,88	—	69,7	94,8	103,9	105,9	—	—	—	—	—	—	—	—	95,5	—
250,83	15,88	219,07	Q135	1	5	215,10	269,88	—	72,7	102,2	112,1	114,4	—	—	—	—	—	—	—	—	103,0	—
273,05	7,09	258,90	H40	2	12,5	254,91	298,45	285,75	5,9	12,5	14,1	13,5	12,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—
273,05	8,89	255,30	H40	2	12,5	251,31	298,45	285,75	10,2	15,6	17,6	17,0	15,7	—	15,7	—	15,7	—	15,7	15,7	—	—
273,05	10,16	252,70	H40	2	12,5	250,82	298,45	285,75	13,5	17,9	20,0	19,5	—	—	18,0	—	16,5	—	18,0	17,1	—	—

Продолжение таблицы I.1

Наружный диаметр D, мм	Толщина стенки t, мм	Внутренний диаметр d, мм	Группа прочности	Переменная/искусственный дефект (надрез)		Диаметр оправки, мм	Наружный диаметр муфты, мм		Соответствующий номер раздела или формулы															
									Раздел 8	(9)	(8)	(14)	(10) (65)											
									Минимальное внутреннее давление возникновения текучести, МПа															
									Стойкость к смятию, МПа	Тело трубы			Тип соединения											
							Обычная муфта D_M	Специальная муфта D_C		Внутренняя текучесть		Пластическое разрушение	SC	LC	Баттресс				ОТТМ		ОТТГ	
										Формула Ламе—фон Мизеса					Обычная муфта		Специальная муфта							
				k_h	a_h, %					Открытый торец	Торцевое уплотнение	Торцевое уплотнение			Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Обычная муфта	Специальная муфта	Обычная муфта	Специальная муфта
273,05	10,16	252,70	H40	2	12,5	248,77	298,45	285,75	13,5	17,9	20,0	19,5	—	—	18,0	—	16,5	—	18,0	17,1	—	—
273,05	11,43	250,20	H40	2	12,5	246,23	298,45	285,75	16,7	20,2	22,4	22,0	—	—	20,2	—	16,5	—	20,2	17,1	—	—
273,05	12,57	247,90	H40	2	12,5	244,48	298,45	285,75	19,5	22,1	24,6	24,2	—	—	22,2	—	16,5	—	22,2	17,1	—	—
273,05	12,57	247,90	H40	2	12,5	243,94	298,45	285,75	19,5	22,1	24,6	24,2	—	—	22,2	—	16,5	—	22,2	17,1	—	—
273,05	13,84	254,40	H40	2	12,5	241,40	298,45	285,75	22,5	24,4	27,0	26,8	—	—	24,5	—	16,5	—	24,5	17,1	—	—
273,05	7,09	258,90	J55	2	12,5	254,91	298,45	285,75	6,2	17,2	19,4	17,1	17,2	—	—	—	—	—	—	—	—	—
273,05	8,89	255,30	J55	2	12,5	251,31	298,45	285,75	11,2	21,6	24,2	21,4	21,6	—	21,6	21,6	21,6	21,6	21,6	21,6	21,6	21,6
273,05	10,16	252,70	J55	2	12,5	250,82	298,45	285,75	15,5	24,6	27,5	24,5	24,7	—	24,7	24,7	22,7	24,7	24,7	23,5	24,7	24,7
273,05	10,16	252,70	J55	2	12,5	248,77	298,45	285,75	15,5	24,6	27,5	24,5	24,7	—	24,7	24,7	22,7	24,7	24,7	23,5	24,7	25,2
273,05	11,43	250,20	J55	2	12,5	246,23	298,45	285,75	19,9	27,7	30,8	27,7	27,8	—	27,8	27,8	22,7	27,8	27,8	23,5	27,8	25,2
273,05	12,57	247,90	J55	2	12,5	244,48	298,45	285,75	23,9	30,4	33,8	30,7	30,5	—	30,5	30,5	22,7	30,5	30,5	23,5	30,5	25,2
273,05	12,57	247,90	J55	2	12,5	243,94	298,45	285,75	23,9	30,4	33,8	30,7	30,5	—	30,5	30,5	22,7	30,5	30,5	23,5	30,5	25,2
273,05	13,84	254,40	J55	2	12,5	241,40	298,45	285,75	28,2	33,5	37,0	33,8	33,6	—	33,6	33,6	22,7	33,0	33,6	23,5	33,6	25,2
273,05	16,50	240,05	J55	2	12,5	236,08	—	—	36,7	39,8	43,7	40,6	—	—	—	—	—	—	36,7	23,5	36,7	25,2
273,05	7,09	258,90	K55	2	12,5	254,91	298,45	285,75	6,2	17,2	19,4	21,6	17,2	—	—	—	—	—	—	—	—	—
273,05	8,89	255,30	K55	2	12,5	251,31	298,45	285,75	11,2	21,6	24,2	27,1	21,6	—	21,6	21,6	21,6	21,6	21,6	21,6	21,6	21,6
273,05	10,16	252,70	K55	2	12,5	250,82	298,45	285,75	15,5	24,6	27,5	31,1	24,7	—	24,7	24,7	22,7	24,7	24,7	23,5	24,7	24,7
273,05	10,16	252,70	K55	2	12,5	248,77	298,45	285,75	15,5	24,6	27,5	31,1	24,7	—	24,7	24,7	22,7	24,7	24,7	23,5	24,7	25,2
273,05	11,43	250,20	K55	2	12,5	246,23	298,45	285,75	19,9	27,7	30,8	35,1	27,8	—	27,8	27,8	22,7	27,8	27,8	23,5	27,8	25,2
273,05	12,57	247,90	K55	2	12,5	244,48	298,45	285,75	23,9	30,4	33,8	38,8	30,5	—	30,5	30,5	22,7	30,5	30,5	23,5	30,5	25,2
273,05	12,57	247,90	K55	2	12,5	243,94	298,45	285,75	23,9	30,4	33,8	38,8	30,5	—	30,5	30,5	22,7	30,5	30,5	23,5	30,5	25,2
273,05	13,84	254,40	K55	2	12,5	241,40	298,45	285,75	28,2	33,5	37,0	42,9	33,6	—	33,6	33,6	22,7	33,0	33,6	23,5	33,6	25,2
273,05	16,50	240,05	K55	2	12,5	236,08	—	—	36,7	39,8	43,7	51,4	—	—	—	—	—	—	36,7	23,5	36,7	25,2
273,05	8,89	255,30	M65	2	12,5	251,31	298,45	285,75	11,7	25,5	28,5	24,4	25,5	—	25,5	—	25,5	—	25,5	25,5	25,5	25,5
273,05	10,16	252,70	M65	2	12,5	250,82	298,45	285,75	16,4	29,1	32,5	28,0	29,1	—	29,1	—	29,1	—	29,2	29,2	29,2	29,2
273,05	10,16	252,70	M65	2	12,5	248,77	298,45	285,75	16,4	29,1	32,5	28,0	29,1	—	29,1	—	29,1	—	29,2	29,2	29,2	29,2

Продолжение таблицы I.1

Наружный диаметр D, мм	Толщина стенки t, мм	Внутренний диаметр d, мм	Группа прочности	Переменная/искусственный дефект (надрез)		Диаметр оправки, мм	Наружный диаметр муфты, мм		Соответствующий номер раздела или формулы													
									Раздел 8	(9)	(8)	(14)	(10) (65)									
									Минимальное внутреннее давление возникновения текучести, МПа													
										Тело трубы			Тип соединения									
									Стойкость к смятию, МПа	Внутренняя текучесть. Формула Ламе—фон Мизеса		Пластическое разрушение	SC	LC	Баттрёсс				ОТТМ		ОТТГ	
															Обычная муфта		Специальная муфта					
				k_h	σ_N, %		Обычная муфта D_M	Специальная муфта D_C		Открытый торец	Торцевое уплотнение	Торцевое уплотнение			Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Обычная муфта	Специальная муфта	Обычная муфта	Специальная муфта
273,05	11,43	250,20	M65	2	12,5	246,23	298,45	285,75	21,5	32,7	36,4	31,6	32,8	—	32,8	—	32,8	—	32,8	32,8	32,8	32,8
273,05	12,57	247,90	M65	2	12,5	244,48	298,45	285,75	26,2	36,0	39,9	34,8	36,1	—	36,1	—	33,0	—	36,1	34,3	36,1	36,1
273,05	12,57	247,90	M65	2	12,5	243,94	298,45	285,75	26,2	36,0	39,9	34,8	36,1	—	36,1	—	33,0	—	36,1	34,3	36,1	36,1
273,05	8,89	255,30	M65	1	12,5	251,31	298,45	285,75	11,7	25,5	28,5	29,4	25,5	—	25,5	—	25,5	—	25,5	25,5	25,5	25,5
273,05	10,16	252,70	M65	1	12,5	250,82	298,45	285,75	16,4	29,1	32,5	33,7	29,1	—	29,1	—	29,1	—	29,1	—	29,2	29,2	29,2	29,2
273,05	10,16	252,70	M65	1	12,5	248,77	298,45	285,75	16,4	29,1	32,5	33,7	29,1	—	29,1	—	29,1	—	29,2	29,2	29,2	29,2
273,05	11,43	250,20	M65	1	12,5	246,23	298,45	285,75	21,5	32,7	36,4	38,1	32,8	—	32,8	—	32,8	—	32,8	32,8	32,8	32,8
273,05	12,57	247,90	M65	1	12,5	244,48	298,45	285,75	26,2	36,0	39,9	42,0	36,1	—	36,1	—	33,0	—	36,1	34,3	36,1	36,1
273,05	12,57	247,90	M65	1	12,5	243,94	298,45	285,75	26,2	36,0	39,9	42,0	36,1	—	36,1	—	33,0	—	36,1	34,3	36,1	36,1
273,05	8,89	255,30	L80 9Cr	2	12,5	251,31	298,45	285,75	12,0	31,4	35,2	27,6	31,5	—	31,5	—	31,5	—	31,5	31,5	31,5	31,5
273,05	10,16	252,70	L80 9Cr	2	12,5	250,82	298,45	285,75	17,0	35,8	40,1	31,6	35,9	—	35,9	—	33,0	—	35,9	34,3	35,9	35,9
273,05	10,16	252,70	L80 9Cr	2	12,5	248,77	298,45	285,75	17,0	35,8	40,1	31,6	35,9	—	35,9	—	33,0	—	35,9	34,3	35,9	35,9
273,05	11,43	250,20	L80 9Cr	2	12,5	246,23	298,45	285,75	22,7	40,2	44,8	35,6	40,4	—	40,4	—	33,0	—	40,4	34,3	40,4	36,7
273,05	12,57	247,90	L80 9Cr	2	12,5	244,48	298,45	285,75	28,1	44,2	49,1	39,2	44,4	—	44,4	—	33,0	—	44,4	34,3	44,4	36,7
273,05	12,57	247,90	L80 9Cr	2	12,5	243,94	298,45	285,75	28,1	44,2	49,1	39,2	44,4	—	44,4	—	33,0	—	44,4	34,3	46,9	36,7
273,05	13,84	245,40	L80 9Cr	2	12,5	241,40	298,45	285,75	34,2	48,7	53,9	43,4	49,0	—	49,0	—	33,0	—	49,0	34,3	49,0	36,7
273,05	15,11	242,80	L80 9Cr	2	12,5	238,86	298,45	285,75	40,3	53,1	58,6	47,5	53,5	—	53,5	—	33,0	—	53,5	34,3	53,5	36,7
273,05	16,50	240,05	L80 9Cr	2	12,5	236,08	298,45	285,75	46,6	58,0	63,7	52,1	56,4	—	55,1	—	33,0	—	56,3	34,3	58,4	36,7
273,05	8,89	255,30	L80	1	12,5	251,31	298,45	285,75	12,1	31,4	35,2	33,2	31,5	—	31,5	—	31,5	—	31,5	31,5	31,5	31,5
273,05	10,16	252,70	L80	1	12,5	250,82	298,45	285,75	17,2	35,8	40,1	38,1	35,9	—	35,9	—	33,0	—	35,9	34,3	35,9	35,9
273,05	10,16	252,70	L80	1	12,5	248,77	298,45	285,75	17,2	35,8	40,1	38,1	35,9	—	35,9	—	33,0	—	35,9	34,3	35,9	35,9
273,05	11,43	250,20	L80	1	12,5	246,23	298,45	285,75	23,0	40,2	44,8	42,9	40,4	—	40,4	—	33,0	—	40,4	34,3	40,4	36,7
273,05	12,57	247,90	L80	1	12,5	244,48	298,45	285,75	28,5	44,2	49,1	47,3	44,4	—	44,4	—	33,0	—	44,4	34,3	44,4	36,7
273,05	12,57	247,90	L80	1	12,5	243,94	298,45	285,75	28,5	44,2	49,1	47,3	44,4	—	44,4	—	33,0	—	44,4	34,3	46,9	36,7
273,05	13,84	245,40	L80	1	12,5	241,40	298,45	285,75	34,8	48,7	53,9	52,4	49,0	—	49,0	—	33,0	—	49,0	34,3	49,0	36,7
273,05	15,11	242,80	L80	1	12,5	238,86	298,45	285,75	41,0	53,1	58,6	57,5	53,5	—	53,5	—	33,0	—	53,5	34,3	53,5	36,7

Продолжение таблицы I.1

Наружный диаметр D, мм	Толщина стенки t, мм	Внутренний диаметр d, мм	Группа прочности	Переменная/искусственный дефект (надрез)		Диаметр оправки, мм	Наружный диаметр муфты, мм		Соответствующий номер раздела или формулы													
									Раздел 8	(9)	(8)	(14)	(10) (65)									
									Минимальное внутреннее давление возникновения текучести, МПа													
									Стойкость к смятию, МПа	Тело трубы			Тип соединения									
										Внутренняя текучесть		Пластическое разрушение			Баттрёсс				ОТТМ		ОТТГ	
										Формула Ламе—фон Мизеса					Обычная муфта		Специальная муфта					
				k_h	a_h, %		Обычная муфта D_M	Специальная муфта D_C		Открытый торец	Торцевое уплотнение	Торцевое уплотнение	SC	LC	Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Обычная муфта	Специальная муфта	Обычная муфта	Специальная муфта
273,05	16,50	240,05	L80	1	12,5	236,08	298,45	285,75	47,6	58,0	63,7	63,0	56,4	—	55,1	—	33,0	—	56,3	34,3	58,4	36,7
273,05	8,89	255,30	N80	2	12,5	251,31	298,45	285,75	12,1	31,4	35,2	29,0	31,5	—	—	—	—	—	31,5	31,5	31,5	31,5
273,05	10,16	252,70	N80	2	12,5	250,82	298,45	285,75	17,2	35,8	40,1	33,2	35,9	—	—	—	—	—	35,9	34,3	35,9	35,9
273,05	10,16	252,70	N80	2	12,5	248,77	298,45	285,75	17,2	35,8	40,1	33,2	35,9	—	35,9	—	33,0	—	35,9	34,3	35,9	35,9
273,05	11,43	250,20	N80	2	12,5	246,23	298,45	285,75	23,1	40,2	44,8	37,4	40,4	—	40,4	—	33,0	—	40,4	34,3	40,4	36,7
273,05	12,57	247,90	N80	2	12,5	244,48	298,45	285,75	28,7	44,2	49,1	41,3	44,4	—	44,4	—	33,0	—	44,4	34,3	44,4	36,7
273,05	12,57	247,90	N80	2	12,5	243,94	298,45	285,75	28,7	44,2	49,1	41,3	44,4	—	44,4	—	33,0	—	44,4	34,3	46,9	36,7
273,05	13,84	245,40	N80	2	12,5	241,40	298,45	285,75	35,1	48,7	53,9	45,7	49,0	—	—	—	—	—	49,0	34,3	49,0	36,7
273,05	15,11	242,80	N80	2	12,5	238,86	298,45	285,75	41,5	53,1	58,6	50,0	53,0	—	—	—	—	—	53,5	34,3	53,5	36,7
273,05	8,89	255,30	N80	1	12,5	251,31	298,45	285,75	12,1	31,4	35,2	34,9	31,5	—	—	—	—	—	31,5	31,5	31,5	31,5
273,05	10,16	252,70	N80	1	12,5	250,82	298,45	285,75	17,2	35,8	40,1	40,1	35,9	—	—	—	—	—	35,9	34,3	35,9	35,9
273,05	10,16	252,70	N80	1	12,5	248,77	298,45	285,75	17,2	35,8	40,1	40,1	35,9	—	35,9	35,9	33,0	35,9	35,9	34,3	35,9	35,9
273,05	11,43	250,20	N80	1	12,5	246,23	298,45	285,75	23,1	40,2	44,8	45,1	40,4	—	40,4	40,4	33,0	40,4	40,4	34,3	40,4	36,7
273,05	12,57	247,90	N80	1	12,5	244,48	298,45	285,75	28,7	44,2	49,1	49,8	44,4	—	44,4	44,4	33,0	44,4	44,4	34,3	44,4	36,7
273,05	12,57	247,90	N80	1	12,5	243,94	298,45	285,75	28,7	44,2	49,1	49,8	44,4	—	44,4	44,4	33,0	44,4	44,4	34,3	46,9	36,7
273,05	13,84	245,40	N80	1	12,5	241,40	298,45	285,75	35,1	48,7	53,9	55,2	49,0	—	—	—	—	—	49,0	34,3	49,0	36,7
273,05	15,11	242,80	N80	1	12,5	238,86	298,45	285,75	41,5	53,1	58,6	60,4	53,50	—	—	—	—	—	53,5	34,3	53,5	36,7
273,05	8,89	255,30	C90	1	5	251,31	298,45	285,75	12,3	35,3	39,6	38,5	35,4	—	35,4	—	35,4	—	35,4	35,4	—	—
273,05	10,16	252,70	C90	1	5	250,82	298,45	285,75	17,6	40,3	45,1	44,2	40,4	—	40,4	—	37,1	—	40,4	38,6	40,4	40,4
273,05	10,16	252,70	C90	1	5	248,77	298,45	285,75	17,6	40,3	45,1	44,2	40,4	—	40,4	—	37,1	—	40,4	38,6	40,4	40,4
273,05	11,43	250,20	C90	1	5	246,23	298,45	285,75	23,9	45,3	50,4	50,0	45,4	—	45,4	—	37,1	—	45,5	38,6	45,5	41,3
273,05	12,57	247,90	C90	1	5	244,48	298,45	285,75	29,9	49,7	55,3	55,3	50,0	—	50,0	—	37,1	—	50,0	38,6	50,0	41,3
273,05	12,57	247,90	C90	1	5	243,94	298,45	285,75	29,9	49,7	55,3	55,3	50,0	—	50,0	—	37,1	—	50,0	38,6	50,0	41,3
273,05	13,84	245,40	C90	1	5	241,40	298,45	285,75	36,9	54,8	60,6	61,0	55,0	—	55,0	—	37,1	—	55,1	38,6	55,1	41,3
273,05	15,11	242,80	C90	1	5	238,86	298,45	285,75	43,8	59,7	65,9	67,0	60,1	—	60,1	—	37,1	—	60,1	38,6	60,1	41,3
273,05	17,07	238,90	C90	1	5	234,95	—	—	54,1	67,3	73,9	76,1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Продолжение таблицы Г.1

Наружный диаметр D, мм	Толщина стенки t, мм	Внутренний диаметр d, мм	Группа прочности	Переменная/искусственный дефект (надрез)		Диаметр оправки, мм	Наружный диаметр муфты, мм		Соответствующий номер раздела или формулы													
									Раздел 8	(9)	(8)	(14)	(10) (65)									
									Минимальное внутреннее давление возникновения текучести, МПа													
									Стойкость к смятию, МПа	Тело трубы			Тип соединения									
										Внутренняя текучесть		Пластическое разрушение	SC	LC	Баттресс				ОТТМ		ОТТГ	
										Формула Ламе—фон Мизеса					Обычная муфта		Специальная муфта					
										Открытый торец	Торцевое уплотнение	Торцевое уплотнение			Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Обычная муфта	Специальная муфта	Обычная муфта	Специальная муфта
				k_h	σ_N, %		D_M	D_C														
273,05	18,64	235,80	C90	1	5	231,80	—	—	61,9	73,4	80,3	83,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
273,05	20,24	232,60	C90	1	5	228,60	—	—	69,6	79,6	86,7	91,2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
273,05	*8,89*	*255,30*	*R95*	*1*	*12,5*	*251,31*	*298,45*	*285,75*	*12,3*	*37,2*	*41,8*	*38,7*	*37,3*	—	*37,3*	—	*37,3*	—	*37,3*	*37,3*	*37,3*	*37,3*
273,05	*10,16*	*252,70*	*R95*	*1*	*12,5*	*250,82*	*298,45*	*285,75*	*17,7*	*42,5*	*47,5*	*44,4*	*42,7*	—	*42,7*	—	*39,1*	—	*42,7*	*40,7*	*42,7*	*42,7*
273,05	*10,16*	*252,70*	*R95*	*1*	*12,5*	*248,77*	*298,45*	*285,75*	*17,7*	*42,5*	*47,5*	*44,4*	*42,7*	—	*42,7*	—	*39,1*	—	*42,7*	*40,7*	*42,7*	*42,7*
273,05	11,43	250,20	*R95*	1	12,5	246,23	298,45	285,75	24,1	47,8	53,2	47,7	48,0	—	48,0	—	39,1	—	48,0	*40,7*	48,0	43,5
273,05	*12,57*	*247,90*	*R95*	*1*	*12,5*	*244,48*	*298,45*	*285,75*	*30,3*	*52,5*	*58,3*	*52,7*	*52,8*	—	*52,8*	—	*39,1*	—	*52,8*	*40,7*	*52,8*	*43,5*
273,05	12,57	247,90	*R95*	1	12,5	243,94	298,45	285,75	30,3	52,5	58,3	52,7	52,8	—	52,8	—	39,1	—	52,8	*40,7*	52,8	43,5
273,05	*13,84*	*245,40*	*R95*	*1*	*12,5*	*241,40*	*298,45*	*285,75*	*37,6*	*57,8*	*64,0*	*61,1*	*58,1*	—	*58,1*	—	*39,1*	—	*58,1*	*40,7*	*58,1*	*43,5*
273,05	*15,11*	*242,80*	*R95*	*1*	*12,5*	*238,86*	*298,45*	*285,75*	*45,0*	*63,0*	*69,5*	*66,9*	*63,4*	—	*63,4*	—	*39,1*	—	*63,4*	*40,7*	*63,4*	*43,5*
273,05	*16,50*	*240,05*	*R95*	*1*	*12,5*	*236,08*	*298,45*	*285,75*	*53,0*	*66,8*	*75,6*	*73,4*	*66,9*	—	*65,4*	—	*39,1*	—	*69,3*	*40,7*	*69,3*	*43,5*
273,05	*8,89*	*255,27*	*T95*	*1*	*5*	*251,31*	*298,45*	*285,75*	12,4	*37,2*	*41,8*	*40,7*	*37,3*	—	*37,3*	—	*37,3*	—	*37,3*	*37,3*	*37,3*	*37,3*
273,05	*10,16*	*252,27*	*T95*	*1*	*5*	*248,77*	*298,45*	*285,75*	17,8	*42,5*	*47,5*	*46,7*	*42,7*	—	*42,7*	—	*39,1*	—	*42,7*	*40,7*	*42,7*	*43,5*
273,05	11,43	250,19	T95	1	5	246,23	298,45	285,75	24,2	47,8	53,2	52,7	48,0	—	48,0	—	39,1	—	48,0	*40,7*	48,0	*43,5*
273,05	12,57	247,90	T95	1	5	243,94	298,45	285,75	30,5	52,5	58,3	58,2	52,8	—	52,8	—	39,1	—	52,8	*40,7*	52,8	43,5
273,05	13,84	245,36	T95	1	5	241,40	298,45	285,75	37,9	57,8	63,9	64,3	58,1	—	58,1	—	39,1	—	58,1	*40,7*	58,1	*43,5*
273,05	15,11	242,82	T95	1	5	238,86	298,45	285,75	45,2	63,0	69,5	70,5	63,4	—	63,4	—	39,1	—	63,4	*40,7*	63,4	43,5
273,05	17,07	238,91	T95	1	5	234,95	—	—	56,2	71,0	78,0	80,1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
273,05	18,64	235,76	T95	1	5	231,80	—	—	64,6	77,5	84,7	87,9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
273,05	20,24	232,56	T95	1	5	228,60	—	—	72,8	84,0	91,5	96,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
273,05	*8,89*	*255,30*	*P110*	*1*	*12,5*	*251,31*	*298,45*	*285,75*	12,6	*43,1*	*48,3*	*44,3*	*43,2*	—	*43,2*	*43,2*	*43,2*	*43,2*	*43,2*	*43,2*	*43,2*	*43,2*
273,05	*10,16*	*252,70*	*P110*	*1*	*12,5*	*250,82*	*298,45*	*285,75*	18,3	*49,2*	*55,0*	*50,8*	*49,4*	—	*49,4*	*49,4*	*45,3*	*49,4*	*49,4*	*47,1*	*49,4*	*49,4*
273,05	*10,16*	*252,70*	*P110*	*1*	*12,5*	*248,77*	*298,45*	*285,75*	18,3	*49,2*	*55,0*	*50,8*	*49,4*	—	*49,4*	*49,4*	*45,3*	*51,5*	*49,4*	*47,1*	*49,4*	*49,4*
273,05	11,43	250,20	P110	1	12,5	246,23	298,45	285,75	25,1	55,3	61,6	57,3	55,5	—	55,5	55,5	45,3	51,5	55,5	*47,1*	55,5	*50,4*
273,05	*12,57*	*247,90*	*P110*	*1*	*12,5*	*244,48*	*298,45*	*285,75*	32,1	*60,8*	*67,5*	*63,2*	*61,0*	—	*61,0*	*61,0*	*45,3*	*51,5*	*61,0*	*47,1*	*61,0*	*50,4*
273,05	12,57	247,90	P110	1	12,5	243,94	298,45	285,75	32,1	60,8	67,5	63,2	61,0	—	61,0	61,0	45,3	51,5	61,0	*47,1*	61,0	*50,4*

Продолжение таблицы I.1

Наружный диаметр D, мм	Толщина стенки t, мм	Внутренний диаметр d, мм	Группа прочности	Переменная/искусственный дефект (надрез)		Диаметр оправки, мм	Наружный диаметр муфты, мм		Соответствующий номер раздела или формулы													
									Раздел 8	(9)	(8)	(14)	(10) (65)									
									Минимальное внутреннее давление возникновения текучести, МПа													
									Стойкость к смятию, МПа	Тело трубы			Тип соединения									
							Обычная муфта D_M	Специальная муфта D_c		Внутренняя текучесть		Пластическое разрушение	SC	LC	Баттресс				ОТТМ		ОТТГ	
										Формула Ламе—фон Мизеса					Обычная муфта		Специальная муфта					
				k_h	a_h, %					Открытый торец	Торцевое уплотнение	Торцевое уплотнение			Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Обычная муфта	Специальная муфта	Обычная муфта	Специальная муфта
273,05	13,84	245,40	P110	1	12,5	241,40	298,45	285,75	40,3	66,9	74,0	69,8	67,2	—	67,2	67,2	45,3	51,5	67,2	47,1	67,2	50,4
273,05	15,11	242,80	P110	1	12,5	238,86	298,45	285,75	49,0	73,0	80,5	76,5	73,4	—	73,4	73,4	45,3	51,5	73,4	47,1	73,4	50,4
273,05	16,50	240,05	P110	1	12,5	236,08	298,45	285,75	58,5	79,6	87,5	83,9	77,5	—	—	—	—	—	61,9	47,1	64,4	50,4
273,05	8,89	255,30	P110	1	5	251,31	298,45	285,75	12,6	43,1	48,3	48,8	43,2	—	43,2	43,2	43,2	43,2	43,2	43,2	43,2	43,2
273,05	10,16	252,70	P110	1	5	250,82	298,45	285,75	18,3	49,2	55,0	56,0	49,4	—	49,4	49,4	45,3	49,4	49,4	47,1	49,4	49,4
273,05	10,16	252,70	P110	1	5	248,77	298,45	285,75	18,3	49,2	55,0	56,0	49,4	—	49,4	49,4	45,3	51,5	49,4	47,1	49,4	49,4
273,05	11,43	250,20	P110	1	5	246,23	298,45	285,75	25,1	55,3	61,6	63,2	55,5	—	55,5	55,5	45,3	51,5	55,5	47,1	55,5	50,4
273,05	12,57	247,90	P110	1	5	244,48	298,45	285,75	32,1	60,8	67,5	69,7	61,0	—	61,0	61,0	45,3	51,5	61,0	47,1	61,0	50,4
273,05	12,57	247,90	P110	1	5	243,94	298,45	285,75	32,1	60,8	67,5	69,7	61,0	—	61,0	61,0	45,3	51,5	61,0	47,1	61,0	50,4
273,05	13,84	245,40	P110	1	5	241,40	298,45	285,75	40,3	66,9	74,0	77,1	67,2	—	67,2	67,2	45,3	51,5	67,2	47,1	67,2	50,4
273,05	15,11	242,80	P110	1	5	238,86	298,45	285,75	49,0	73,0	80,5	84,5	73,4	—	73,4	73,4	45,3	51,5	73,4	47,1	73,4	50,4
273,05	16,50	240,05	P110	1	5	236,08	298,45	—	58,5	79,6	87,5	92,8	77,5	—	—	—	—	—	61,9	47,1	64,4	50,4
273,05	10,16	252,70	Q125	1	5	250,82	298,45	—	18,6	56,0	62,6	60,8	39,2	—	39,2	—	39,2	—	39,2	39,2	39,2	39,2
273,05	10,16	252,70	Q125	1	5	248,77	298,45	—	18,6	56,0	62,6	60,8	39,2	—	39,2	—	39,2	—	39,2	39,2	39,2	39,2
273,05	11,43	250,20	Q125	1	5	246,23	298,45	—	25,8	62,9	70,1	68,7	63,1	—	63,1	—	51,6	—	63,1	53,5	63,1	57,3
273,05	12,57	247,90	Q125	1	5	244,48	298,45	—	33,2	69,2	76,8	75,9	69,4	—	69,4	—	51,6	—	69,4	53,5	69,4	57,3
273,05	12,57	247,90	Q125	1	5	243,94	298,45	—	33,2	69,2	76,8	75,9	69,4	—	69,4	—	51,6	—	69,4	53,5	69,4	57,3
273,05	13,84	245,40	Q125	1	5	241,40	298,45	—	42,3	76,0	84,1	83,9	76,4	—	76,4	—	—	—	76,5	53,5	76,5	57,3
273,05	15,11	242,80	Q125	1	5	238,86	298,45	—	51,8	83,0	91,4	92,0	83,4	—	83,4	—	—	—	83,5	53,5	83,5	57,3
273,05	10,16	252,70	Q135	1	5	250,82	298,45	—	18,8	60,4	67,5	65,8	60,6	—	60,6	—	55,7	—	60,6	57,8	60,6	60,6
273,05	10,16	252,70	Q135	1	5	248,77	298,45	—	18,8	60,4	67,5	65,8	60,6	—	60,6	—	55,7	—	60,6	57,8	60,6	60,6
273,05	11,43	250,20	Q135	1	5	246,23	298,45	—	26,1	67,9	75,6	74,3	68,1	—	68,1	—	55,7	—	68,1	57,8	68,1	61,8
273,05	12,57	247,90	Q135	1	5	244,48	298,45	—	33,8	74,6	82,8	82,0	74,9	—	74,9	—	55,7	—	74,9	57,8	74,9	61,8
273,05	12,57	247,90	Q135	1	5	243,94	298,45	—	33,8	74,6	82,8	82,0	74,9	—	74,9	—	55,7	—	74,9	57,8	74,9	61,8
273,05	13,84	245,40	Q135	1	5	241,40	298,45	—	43,3	82,1	90,8	90,6	82,5	—	82,5	—	55,7	—	82,5	57,8	82,5	61,8
273,05	15,11	242,80	Q135	1	5	238,86	298,45	—	53,4	89,5	98,7	99,3	90,1	—	90,1	—	55,7	—	90,1	57,8	90,1	61,8

Продолжение таблицы I.1

Наружный диаметр D, мм	Толщина стенки t, мм	Внутренний диаметр d, мм	Группа прочности	Переменная/искусственный дефект (надрез)		Диаметр оправки, мм	Наружный диаметр муфты, мм		Соответствующий номер раздела или формулы															
									Раздел 8	(9)	(8)	(14)	(10) (65)											
									Минимальное внутреннее давление возникновения текучести, МПа															
									Стойкость к смятию, МПа	Тело трубы			Тип соединения											
										Внутренняя текучесть		Пластическое разрушение	SC	LC	Баттресс				ОТТМ		ОТТГ			
										Формула Ламе—фон Мизеса					Обычная муфта		Специальная муфта							
				k_h	σ_N, %		Обычная муфта D_M	Специальная муфта D_C		Открытый торец	Торцевое уплотнение	Торцевое уплотнение			Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Обычная муфта	Специальная муфта	Обычная муфта	Специальная муфта		
273,05	16,50	240,05	Q135	1	5	236,08	298,45	—	65,0	97,7	107,3	109,0	98,3	—	—	—	—	—	94,8	57,8	98,3	61,8		
298,45	8,46	281,50	H40	2	12,5	279,40	323,85	—	7,3	13,6	15,4	14,7	13,6	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
298,45	8,46	281,50	H40	2	12,5	277,50	323,85	—	7,3	13,6	15,4	14,7	13,6	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
298,45	8,46	281,50	J55	2	12,5	279,40	323,85	—	7,8	18,8	21,1	18,7	18,9	—	18,9	18,9	—	—	18,8	—	—	—		
298,45	8,46	281,50	J55	2	12,5	277,50	323,85	—	7,8	18,8	21,1	18,7	18,9	—	18,9	18,9	—	—	18,8	—	—	—		
298,45	9,52	279,41	J55	2	12,5	275,44	323,85	—	10,7	21,2	23,7	21,0	21,2	—	21,2	21,2	—	—	21,2	—	—	—		
298,45	11,05	276,40	J55	2	12,5	272,39	323,85	—	15,3	24,5	27,4	24,4	24,5	—	24,5	24,5	—	—	24,6	—	—	—		
298,45	12,42	273,60	J55	2	12,5	269,88	323,85	—	19,7	27,5	30,7	27,6	27,6	—	27,6	27,6	—	—	27,6	—	—	—		
298,45	12,42	273,60	J55	2	12,5	269,65	323,85	—	19,7	27,5	30,7	27,6	27,6	—	27,6	27,6	—	—	27,6	—	—	—		
298,45	13,56	271,30	J55	2	12,5	269,88	323,85	—	23,4	30,0	33,3	30,2	—	—	—	—	—	—	30,1	—	—	—		
298,45	13,56	271,30	J55	2	12,5	267,36	323,85	—	23,4	30,0	33,3	30,2	—	—	—	—	—	—	30,1	—	—	—		
298,45	14,78	268,90	J55	2	12,5	264,92	323,85	—	27,2	32,7	36,2	33,0	—	—	—	—	—	—	32,8	—	—	—		
298,45	8,46	281,50	K55	2	12,5	279,40	323,85	—	7,8	18,8	21,1	23,6	18,9	—	—	—	—	—	18,9	—	—	—		
298,45	8,46	281,50	K55	2	12,5	277,50	—	—	7,8	18,8	21,1	23,6	18,9	—	—	—	—	—	18,9	—	—	—		
298,45	9,52	279,41	K55	2	12,5	275,44	323,85	—	10,7	21,2	23,7	26,6	21,2	—	21,2	21,2	—	—	21,2	—	—	—		
298,45	11,05	276,40	K55	2	12,5	272,39	323,85	—	15,3	24,5	27,4	30,9	24,5	—	24,5	24,5	—	—	24,5	—	—	—		
298,45	12,42	273,60	K55	2	12,5	269,88	323,85	—	19,7	27,5	30,7	34,9	27,6	—	27,6	27,6	—	—	27,6	—	—	—		
298,45	12,42	273,60	K55	2	12,5	269,65	323,85	—	19,7	27,5	30,7	34,9	27,6	—	27,6	27,6	—	—	27,6	—	—	—		
298,45	13,56	271,30	K55	2	12,5	269,88	—	—	23,4	30,0	33,3	38,3	—	—	—	—	—	—	30,1	—	—	—		
298,45	13,56	271,30	K55	2	12,5	267,36	—	—	23,4	30,0	33,3	38,3	—	—	—	—	—	—	30,1	—	—	—		
298,45	14,78	268,90	K55	2	12,5	264,92	323,85	—	27,2	32,7	36,2	41,9	—	—	—	—	—	—	32,8	—	—	—		
298,45	9,52	279,41	M65	2	12,5	275,44	323,85	—	11,1	24,9	28,0	23,9	25,0	—	25,0	—	—	—	25,0	—	—	—		
298,45	11,05	276,40	M65	2	12,5	272,39	323,85	—	16,2	28,9	32,3	27,8	29,0	—	29,0	—	—	—	29,0	—	—	—		
298,45	12,42	273,60	M65	2	12,5	269,88	323,85	—	21,2	32,5	36,2	31,3	32,6	—	32,6	—	—	—	32,6	—	—	—		
298,45	12,42	273,60	M65	2	12,5	269,65	323,85	—	21,2	32,5	36,2	31,3	32,6	—	32,6	—	—	—	32,6	—	—	—		
298,45	9,52	279,41	M65	1	12,5	275,44	323,85	—	11,1	24,9	28,0	28,8	25,0	—	25,0	—	—	—	25,0	—	—	—		

Продолжение таблицы I.1

Наружный диаметр D, мм	Толщина стенки t, мм	Внутренний диаметр d, мм	Группа прочности	Переменная/искусственный дефект (надрез)		Диаметр оправки, мм	Наружный диаметр муфты, мм		Соответствующий номер раздела или формулы															
									Раздел 8	(9)	(8)	(14)	(10) (65)											
									Минимальное внутреннее давление возникновения текучести, МПа															
									Стойкость к смятию, МПа	Тело трубы			Тип соединения											
							Обычная муфта D_M	Специальная муфта D_C		Внутренняя текучесть. Формула Ламе—фон Мизеса		Пластическое разрушение	SC	LC	Баттресс				ОТТМ		ОТТГ			
															Обычная муфта		Специальная муфта							
				k_h	a_h, %					Открытый торец	Торцевое уплотнение	Торцевое уплотнение			Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Обычная муфта	Специальная муфта	Обычная муфта	Специальная муфта		
298,45	11,05	276,40	M65	1	12,5	272,39	323,85	—	16,2	28,9	32,3	33,6	29,0	—	29,0	—	—	—	29,0	—	—	—		
298,45	12,42	273,60	M65	1	12,5	269,88	323,85	—	21,2	32,5	36,2	37,8	32,6	—	32,6	—	—	—	32,6	—	—	—		
298,45	12,42	273,60	M65	1	12,5	269,65	323,85	—	21,2	32,5	36,2	37,8	32,6	—	32,6	—	—	—	32,6	—	—	—		
298,45	9,52	279,41	L80 9Cr	2	12,5	275,44	323,85	—	11,3	30,8	34,5	27,0	—	—	30,8	—	—	—	30,8	—	—	—		
298,45	11,05	276,40	L80 9Cr	2	12,5	272,39	323,85	—	16,8	35,7	39,9	31,4	—	—	35,8	—	—	—	35,8	—	—	—		
298,45	12,42	273,60	L80 9Cr	2	12,5	269,88	323,85	—	22,4	40,0	44,6	35,3	40,2	—	40,2	—	—	—	40,2	—	—	—		
298,45	12,42	273,60	L80 9Cr	2	12,5	269,65	323,85	—	22,4	40,0	44,6	35,3	40,2	—	40,2	—	—	—	40,2	—	—	—		
298,45	13,56	271,30	L80 9Cr	2	12,5	269,88	—	—	27,3	43,7	48,5	38,7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
298,45	13,56	271,30	L80 9Cr	2	12,5	267,36	—	—	27,3	43,7	48,5	38,7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
298,45	14,78	268,90	L80 9Cr	2	12,5	264,92	323,85	—	32,7	47,5	52,6	42,2	47,8	—	—	—	—	—	47,8	—	—	—		
298,45	9,52	279,41	L80	1	12,5	275,44	323,85	—	11,4	30,8	34,5	32,5	—	—	—	—	—	—	30,8	—	—	—		
298,45	11,05	276,40	L80	1	12,5	272,39	323,85	—	17,0	35,7	39,9	37,9	35,8	—	35,8	—	—	—	35,8	—	—	—		
298,45	12,42	273,60	L80	1	12,5	269,88	323,85	—	22,7	40,0	44,6	42,6	40,2	—	40,2	—	—	—	40,2	—	—	—		
298,45	12,42	273,60	L80	1	12,5	269,65	323,85	—	22,7	40,0	44,6	42,6	40,2	—	40,2	—	—	—	40,2	—	—	—		
298,45	13,56	271,30	L80	1	12,5	269,88	—	—	27,7	43,7	48,5	46,6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
298,45	13,56	271,30	L80	1	12,5	267,36	—	—	27,7	43,7	48,5	46,6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
298,45	14,78	268,90	L80	1	12,5	264,92	323,85	—	33,2	47,5	52,6	51,1	47,8	—	—	—	—	—	47,8	—	—	—		
298,45	9,52	279,41	N80	2	12,5	275,44	323,85	—	11,4	30,8	34,5	28,4	—	—	—	—	—	—	30,8	—	—	—		
298,45	11,05	276,40	N80	2	12,5	272,39	323,85	—	17,0	35,7	39,9	33,1	35,8	—	35,8	35,8	—	—	35,8	—	—	—		
298,45	12,42	273,60	N80	2	12,5	269,88	323,85	—	22,8	40,0	44,6	37,2	40,2	—	40,2	40,2	—	—	40,2	—	—	—		
298,45	12,42	273,60	N80	2	12,5	269,65	323,85	—	22,8	40,0	44,6	37,2	40,2	—	40,2	40,2	—	—	40,2	—	—	—		
298,45	13,56	271,30	N80	2	12,5	269,88	—	—	27,9	43,7	48,5	40,7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
298,45	13,56	271,30	N80	2	12,5	267,36	—	—	27,9	43,7	48,5	40,7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
298,45	14,78	268,90	N80	2	12,5	264,92	323,85	—	33,5	47,5	52,6	44,5	47,8	—	—	—	—	—	47,8	—	—	—		
298,45	9,52	279,41	N80	1	12,5	275,44	323,85	—	11,4	30,8	34,5	34,2	—	—	—	—	—	—	30,8	—	—	—		
298,45	11,05	276,40	N80	1	12,5	272,39	323,85	—	17,0	35,7	39,9	39,9	35,8	—	35,8	35,8	—	—	35,8	—	—	—		

Продолжение таблицы I.1

Наружный диаметр D, мм	Толщина стенки t, мм	Внутренний диаметр d, мм	Группа прочности	Переменная/искусственный дефект (надрез)		Диаметр оправки, мм	Наружный диаметр муфты, мм		Соответствующий номер раздела или формулы															
									Раздел 8	(9)	(8)	(14)	(10) (65)											
									Стойкость к смятию, МПа	Минимальное внутреннее давление возникновения текучести, МПа														
										Тело трубы			Тип соединения											
										Внутренняя текучесть		Пластическое разрушение	SC	LC	Баттресс				ОТТМ		ОТТГ			
										Формула Ламе—фон Мизеса					Обычная муфта		Специальная муфта							
				k_h	a_N, %		Обычная муфта D_M	Специальная муфта D_C		Открытый торец	Торцевое уплотнение	Торцевое уплотнение			Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Обычная муфта	Специальная муфта	Обычная муфта	Специальная муфта
298,45	12,42	273,60	N80	1	12,5	269,88	323,85	—	22,8	40,0	44,6	44,9	40,2	—	40,2	40,2	—	—	40,2	—	—	—
298,45	12,42	273,60	N80	1	12,5	269,65	323,85	—	22,8	40,0	44,6	44,9	40,2	—	40,2	40,2	—	—	40,2	—	—	—
298,45	13,56	271,30	N80	1	12,5	269,88	—	—	27,9	43,7	48,5	49,1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
298,45	13,56	271,30	N80	1	12,5	267,36	—	—	27,9	43,7	48,5	49,1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
298,45	14,78	268,90	N80	1	12,5	264,92	323,85	—	33,5	47,5	52,6	53,7	47,8	—	—	—	—	—	47,8	—	—	—
298,45	11,05	276,40	C90	1	5	272,39	323,85	—	17,4	40,1	44,8	44,0	40,2	—	—	—	—	—	40,2	—	—	—
298,45	12,42	273,60	C90	1	5	269,88	323,85	—	23,5	45,0	50,2	49,7	45,1	—	45,1	—	—	—	45,2	—	—	—
298,45	12,42	273,60	C90	1	5	269,65	323,85	—	23,5	45,0	50,2	49,7	45,1	—	45,1	—	—	—	45,2	—	—	—
298,45	13,56	271,30	C90	1	5	269,88	—	—	29,0	49,1	54,6	54,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
298,45	13,56	271,30	C90	1	5	267,36	—	—	29,0	49,1	54,6	54,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
298,45	14,78	268,88	C90	1	5	264,92	323,85	—	35,1	53,5	59,3	59,6	53,8	—	—	—	—	—	53,8	—	—	—
298,45	9,52	279,41	R95	1	12,5	275,44	323,85	—	11,6	36,5	40,9	37,9	—	—	—	—	—	—	36,6	—	—	—
298,45	11,05	276,40	R95	1	12,5	272,39	323,85	—	17,5	42,3	47,3	44,1	42,4	—	—	—	—	—	42,4	—	—	—
298,45	12,42	273,60	R95	1	12,5	269,88	323,85	—	23,7	47,5	52,9	47,5	47,7	—	47,7	—	—	—	47,7	—	—	—
298,45	12,42	273,60	R95	1	12,5	269,65	323,85	—	23,7	47,5	52,9	47,5	47,7	—	47,7	—	—	—	47,7	—	—	—
298,45	13,56	271,30	R95	1	12,5	269,88	—	—	28,7	51,9	57,6	52,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
298,45	13,56	271,30	R95	1	12,5	267,36	—	—	29,4	51,9	57,6	52,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
298,45	14,78	268,90	R95	1	12,5	264,92	323,85	—	35,8	56,5	62,5	56,9	56,8	—	—	—	—	—	56,8	—	—	—
298,45	11,05	276,40	T95	1	5	272,39	323,85	—	17,6	42,3	47,3	46,5	40,2	—	—	—	—	—	42,4	—	—	—
298,45	12,42	273,60	T95	1	5	269,88	323,85	—	23,9	47,5	52,9	52,4	47,7	—	47,7	—	—	—	47,7	—	—	—
298,45	12,42	273,60	T95	1	5	269,65	323,85	—	23,9	47,5	52,9	52,4	47,7	—	47,7	—	—	—	47,7	—	—	—
298,45	13,56	271,30	T95	1	5	269,88	—	—	29,6	51,9	57,6	57,4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
298,45	13,56	271,30	T95	1	5	267,36	—	—	29,6	51,9	57,6	57,4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
298,45	14,78	268,90	T95	1	5	264,92	323,85	—	36,0	56,5	62,5	62,8	56,8	—	—	—	—	—	56,8	—	—	—
298,45	11,05	276,40	P110	1	12,5	272,39	323,85	—	18,0	48,0	54,7	50,5	49,1	—	49,1	49,1	—	—	49,1	—	—	—
298,45	12,42	273,60	P110	1	12,5	269,88	323,85	—	24,7	55,0	61,3	56,9	55,2	—	55,2	55,2	—	—	55,2	—	—	—

Продолжение таблицы I.1

Наружный диаметр D, мм	Толщина стенки t, мм	Внутренний диаметр d, мм	Группа прочности	Переменная/искусственный дефект (надрез)		Диаметр оправки, мм	Наружный диаметр муфты, мм		Соответствующий номер раздела или формулы															
									Раздел 8	(9)	(8)	(14)	(10) (65)											
									Минимальное внутреннее давление возникновения текучести, МПа															
									Стойкость к смятию, МПа	Тело трубы			Тип соединения											
							Обычная муфта D_M	Специальная муфта D_C		Внутренняя текучесть		Пластическое разрушение	SC	LC	Баттресс				ОТТМ		ОТТГ			
										Формула Ламе—фон Мизеса					Обычная муфта		Специальная муфта							
				k_h	a_h, %					Открытый торец	Торцевое уплотнение	Торцевое уплотнение			Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Обычная муфта	Специальная муфта	Обычная муфта	Специальная муфта		
298,45	12,42	273,60	P110	1	12,5	269,65	323,85	—	24,7	55,0	61,3	56,9	55,2	—	55,2	55,2	—	—	55,3	—	—	—		
298,45	13,56	271,30	P110	1	12,5	269,88	—	—	31,0	60,0	66,7	62,4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
298,45	13,56	271,30	P110	1	12,5	267,36	—	—	31,0	60,0	66,7	62,4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
298,45	14,78	268,90	P110	1	12,5	264,92	323,85	—	38,2	65,4	72,4	68,1	65,7	—	—	—	—	—	65,7	—	—	—		
298,45	11,05	276,40	P110	1	5	272,39	323,85	—	18,0	48,0	54,7	55,7	49,1	—	49,1	49,1	—	—	49,1	—	—	—		
298,45	12,42	273,60	P110	1	5	269,88	323,85	—	24,7	55,0	61,3	62,8	55,2	—	55,2	55,2	—	—	55,2	—	—	—		
298,45	12,42	273,60	P110	1	5	269,65	323,85	—	24,7	55,0	61,3	62,8	55,2	—	55,2	55,2	—	—	55,2	—	—	—		
298,45	13,56	271,30	P110	1	5	269,88	—	—	31,0	60,0	66,7	66,6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
298,45	13,56	271,30	P110	1	5	267,36	—	—	31,0	60,0	66,7	68,8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
298,45	14,78	268,90	P110	1	5	264,92	323,85	—	38,2	65,4	72,4	75,2	65,7	—	—	—	—	—	65,7	—	—	—		
298,45	12,42	273,60	Q125	1	5	269,88	323,85	—	25,4	62,5	69,6	68,3	62,7	—	62,7	—	—	—	62,8	—	—	—		
298,45	12,42	273,60	Q125	1	5	269,65	323,85	—	25,4	62,5	69,6	68,3	62,7	—	62,7	—	—	—	62,8	—	—	—		
298,45	13,56	271,32	Q125	1	5	269,88	—	—	32,1	68,2	75,8	74,9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
298,45	13,56	271,32	Q125	1	5	267,36	—	—	32,1	68,2	75,8	74,9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
298,45	14,78	268,90	Q125	1	5	264,92	323,85	—	39,9	74,3	82,3	81,9	74,7	—	—	—	—	—	68,5	—	—	—		
298,45	12,42	273,60	Q135	1	5	269,88	323,85	—	25,7	67,5	75,2	73,2	67,7	—	67,7	—	—	—	67,7	—	—	—		
298,45	12,42	273,60	Q135	1	5	269,65	323,85	—	25,7	67,5	75,2	73,2	67,7	—	67,7	—	—	—	67,7	—	—	—		
298,45	14,78	268,90	Q135	1	5	264,92	323,85	—	40,8	80,2	88,8	88,5	80,6	—	—	—	—	—	80,6	—	—	—		
323,85	7,70	308,45	H40	2	12,5	304,48	351,00	—	4,6	11,5	13,0	12,3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
323,85	8,50	306,85	H40	2	12,5	302,88	351,00	—	6,0	12,7	14,3	13,6	—	—	12,7	12,7	—	—	12,7	—	—	—		
323,85	9,50	304,85	H40	2	12,5	300,88	351,00	—	8,0	14,1	15,9	15,3	—	—	14,2	14,2	—	—	14,2	—	—	—		
323,85	11,00	301,85	H40	2	12,5	297,88	351,00	—	11,4	16,4	18,5	17,8	—	—	16,6	16,6	—	—	16,4	—	—	—		
323,85	12,40	299,05	H40	2	12,5	295,08	351,00	—	14,3	18,4	20,6	20,1	—	—	18,5	18,5	—	—	18,5	—	—	—		
323,85	14,00	295,85	H40	2	12,5	291,88	351,00	—	17,7	20,8	23,1	22,7	—	—	20,9	20,9	—	—	20,9	—	—	—		
323,85	7,70	308,45	J55	2	12,5	304,48	351,00	—	4,8	15,8	17,8	15,6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
323,85	8,50	306,85	J55	2	12,5	302,88	351,00	—	6,3	17,4	19,6	17,3	17,4	—	17,4	17,4	—	—	17,4	—	—	—		

Продолжение таблицы I.1

Наружный диаметр D, мм	Толщина стенки t, мм	Внутренний диаметр d, мм	Группа прочности	Переменная/искусственный дефект (надрез)		Диаметр оправки, мм	Наружный диаметр муфты, мм		Соответствующий номер раздела или формулы															
									Раздел 8	(9)	(8)	(14)	(10) (65)											
									Минимальное внутреннее давление возникновения текучести, МПа															
									Стойкость к смятию, МПа	Тело трубы			Тип соединения											
										Внутренняя текучесть		Пластическое разрушение	SC	LC	Баттресс				ОТТМ		ОТТГ			
										Формула Ламе—фон Мизеса					Обычная муфта		Специальная муфта							
				k_h	a_N, %		Обычная муфта D_M	Специальная муфта D_C		Открытый торец	Торцевое уплотнение	Торцевое уплотнение			Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Обычная муфта	Специальная муфта	Обычная муфта	Специальная муфта		
323,85	9,50	304,85	J55	2	12,5	300,88	351,00	—	8,6	19,4	21,8	19,3	19,5	—	19,5	19,5	—	—	19,5	—	19,5	—		
323,85	11,00	301,85	J55	2	12,5	297,88	351,00	—	12,8	22,5	25,2	22,4	22,5	—	22,5	22,5	—	—	22,5	—	22,5	—		
323,85	12,40	299,05	J55	2	12,5	295,08	351,00	—	16,5	25,3	28,3	25,4	25,4	—	25,4	25,4	—	—	25,4	—	25,4	—		
323,85	14,00	295,85	J55	2	12,5	291,88	351,00	—	21,3	28,6	31,8	28,7	28,7	—	28,7	28,7	—	—	28,7	—	28,7	—		
323,85	7,70	308,45	K55	2	12,5	304,48	351,00	—	4,8	15,8	17,8	19,8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
323,85	8,50	306,85	K55	2	12,5	302,88	351,00	—	6,3	17,4	19,6	21,9	17,4	—	17,4	—	—	—	17,4	—	—	—		
323,85	9,50	304,85	K55	2	12,5	300,88	351,00	—	8,6	19,4	21,8	24,5	19,5	—	19,5	19,5	—	—	19,5	—	19,5	—		
323,85	11,00	301,85	K55	2	12,5	297,88	351,00	—	12,8	22,5	25,2	28,4	22,5	—	22,5	22,5	—	—	22,5	—	22,5	—		
323,85	12,40	299,05	K55	2	12,5	295,08	351,00	—	16,5	25,3	28,3	32,1	25,4	—	25,4	25,4	—	—	25,4	—	25,4	—		
323,85	14,00	295,85	K55	2	12,5	291,88	351,00	—	21,3	28,6	31,8	36,4	28,7	—	28,7	28,7	—	—	28,7	—	28,7	—		
323,85	8,50	306,85	M65	2	12,5	302,88	351,00	—	6,5	20,6	23,2	19,6	20,6	—	20,6	—	—	—	—	—	—	—		
323,85	9,50	304,85	M65	2	12,5	300,88	351,00	—	8,8	23,0	25,8	21,9	23,0	—	23,0	—	—	—	23,0	—	23,0	—		
323,85	11,00	301,85	M65	2	12,5	297,88	351,00	—	13,3	26,6	29,8	25,4	26,9	—	26,6	—	—	—	26,6	—	26,6	—		
323,85	12,40	299,05	M65	2	12,5	295,08	351,00	—	17,5	29,9	33,4	28,7	30,0	—	30,0	—	—	—	30,0	—	30,0	—		
323,85	14,00	295,85	M65	2	12,5	291,88	351,00	—	23,0	33,8	37,6	32,6	33,9	—	33,9	—	—	—	33,9	—	33,9	—		
323,85	8,50	306,85	M65	1	12,5	302,88	351,00	—	6,5	20,6	23,2	23,5	20,6	—	20,6	—	—	—	20,6	—	20,6	—		
323,85	9,50	304,85	M65	1	12,5	300,88	351,00	—	8,8	23,0	25,8	26,4	23,0	—	23,0	—	—	—	23,0	—	23,0	—		
323,85	11,00	301,85	M65	1	12,5	297,88	351,00	—	13,3	26,6	29,8	30,7	26,9	—	26,6	—	—	—	26,6	—	26,6	—		
323,85	12,40	299,05	M65	1	12,5	295,08	351,00	—	17,5	29,9	33,4	34,7	30,0	—	30,0	—	—	—	30,0	—	30,0	—		
323,85	14,00	295,85	M65	1	12,5	291,88	351,00	—	23,0	33,8	37,6	39,3	33,9	—	33,9	—	—	—	33,9	—	33,9	—		
323,85	8,50	306,85	L80 9Cr	2	12,5	302,88	351,00	—	6,5	25,3	28,5	22,1	—	—	—	—	—	—	25,4	—	—	—		
323,85	9,50	304,85	L80 9Cr	2	12,5	300,88	351,00	—	9,0	28,3	31,8	24,8	28,3	—	28,3	—	—	—	28,3	—	28,3	—		
323,85	11,00	301,85	L80 9Cr	2	12,5	297,88	351,00	—	13,4	32,7	36,7	28,8	32,8	—	32,8	—	—	—	32,8	—	32,8	—		
323,85	12,40	299,05	L80 9Cr	2	12,5	295,08	351,00	—	18,3	36,9	41,2	32,5	37,0	—	37,0	—	—	—	37,0	—	37,0	—		
323,85	14,00	295,85	L80 9Cr	2	12,5	291,88	351,00	—	24,5	41,6	46,3	36,8	41,8	—	41,8	—	—	—	41,8	—	41,8	—		
323,85	8,50	306,85	L80	1	12,5	302,88	351,00	—	6,6	25,3	28,5	26,6	—	—	—	—	—	—	25,4	—	—	—		

Продолжение таблицы I.1

Наружный диаметр D, мм	Толщина стенки t, мм	Внутренний диаметр d, мм	Группа прочности	Переменная/искусственный дефект (надрез)		Диаметр оправки, мм	Наружный диаметр муфты, мм		Соответствующий номер раздела или формулы															
									Раздел 8	(9)	(8)	(14)	(10) (65)											
									Минимальное внутреннее давление возникновения текучести, МПа															
									Стойкость к смятию, МПа	Тело трубы			Тип соединения											
							Обычная муфта D_M	Специальная муфта D_C		Внутренняя текучесть. Формула Ламе—фон Мизеса		Пластическое разрушение	SC	LC	Баттресс				ОТТМ		ОТТГ			
															Обычная муфта		Специальная муфта							
				k_h	a_h, %					Открытый торец	Торцевое уплотнение	Торцевое уплотнение			Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Обычная муфта	Специальная муфта	Обычная муфта	Специальная муфта		
323,85	9,50	304,85	L80	1	12,5	300,88	351,00	—	9,0	28,3	31,8	29,4	28,3	—	28,3	—	—	—	28,3	—	28,3	—		
323,85	11,00	301,85	L80	1	12,5	297,88	351,00	—	13,7	32,7	34,7	28,8	32,8	—	32,8	—	—	—	32,8	—	32,8	—		
323,85	12,40	299,05	L80	1	12,5	295,08	351,00	—	16,4	36,9	41,2	39,2	37,0	—	37,0	—	—	—	37,0	—	37,0	—		
323,85	14,00	295,85	L80	1	12,5	291,88	351,00	—	24,7	41,6	46,3	44,5	41,8	—	41,8	—	—	—	41,8	—	41,8	—		
323,85	9,50	304,85	N80	2	12,5	300,88	351,00	—	9,0	28,3	31,8	26,1	28,3	—	28,3	28,3	—	—	28,3	—	28,3	—		
323,85	11,00	301,85	N80	2	12,5	297,88	351,00	—	13,8	32,7	36,7	30,3	32,8	—	32,8	—	—	—	32,8	—	32,8	—		
323,85	12,40	299,05	N80	2	12,5	295,08	351,00	—	18,5	36,9	41,2	34,2	37,0	—	37,0	37,0	—	—	37,0	—	37,0	—		
323,85	14,00	295,85	N80	2	12,5	291,88	351,00	—	24,9	41,6	46,3	38,6	41,8	—	41,8	41,8	—	—	41,8	—	41,8	—		
323,85	9,50	304,85	N80	1	12,5	300,88	351,00	—	9,0	28,3	31,8	31,4	28,3	—	28,3	28,3	—	—	28,3	—	28,3	—		
323,85	11,00	301,85	N80	1	12,5	297,88	351,00	—	13,8	32,7	36,7	36,5	32,8	—	32,8	—	—	—	32,8	—	32,8	—		
323,85	12,40	299,05	N80	1	12,5	295,08	351,00	—	16,5	36,9	41,2	41,3	37,0	—	37,0	37,0	—	—	37,0	—	37,0	—		
323,85	14,00	295,85	N80	1	12,5	291,88	351,00	—	24,9	41,6	46,3	46,8	41,8	—	41,8	41,8	—	—	41,8	—	41,8	—		
323,85	9,50	304,85	C90	1	5	300,88	351,00	—	19,2	31,8	35,8	34,6	31,9	—	31,9	—	—	—	31,9	—	31,9	—		
323,85	11,00	301,85	C90	1	5	297,88	351,00	—	14,2	36,8	41,3	40,2	36,9	—	36,9	—	—	—	36,9	—	36,9	—		
323,85	12,40	299,05	C90	1	5	295,08	351,00	—	19,2	41,5	46,3	45,5	41,6	—	41,6	—	—	—	41,6	—	41,6	—		
323,85	8,50	306,85	R95	1	12,5	302,88	351,00	—	6,6	30,0	33,9	31,0	30,1	—	—	—	—	—	30,1	—	—	—		
323,85	9,50	304,85	R95	1	12,5	300,88	351,00	—	9,1	33,6	37,7	34,8	33,6	—	33,6	—	—	—	33,6	—	33,6	—		
323,85	11,00	301,85	R95	1	12,5	297,88	351,00	—	14,6	38,8	43,5	40,4	38,9	—	38,9	—	—	—	38,9	—	38,9	—		
323,85	12,40	299,05	R95	1	12,5	295,08	351,00	—	19,1	43,8	48,9	45,7	43,9	—	43,9	—	—	—	43,9	—	43,9	—		
323,85	14,00	295,85	R95	1	12,5	291,88	351,00	—	26,1	49,4	54,9	49,4	49,5	—	49,5	—	—	—	49,6	—	49,6	—		
323,85	9,50	304,85	T95	1	5	300,88	351,00	—	6,6	33,6	37,7	36,6	—	—	33,6	—	—	—	33,6	—	33,6	—		
323,85	11,00	301,85	T95	1	5	297,88	351,00	—	9,1	38,8	43,5	42,6	—	—	38,9	—	—	—	38,9	—	38,9	—		
323,85	12,40	299,05	T95	1	5	295,08	351,00	—	14,6	43,8	48,9	48,1	—	—	43,9	—	—	—	43,9	—	43,9	—		
323,85	8,50	306,85	P110	1	12,5	302,88	351,00	—	19,1	34,8	39,2	35,5	34,8	—	34,8	34,8	—	—	34,8	—	34,8	—		
323,85	9,50	304,85	P110	1	12,5	300,88	351,00	—	26,1	38,8	43,7	39,8	38,9	—	38,9	38,9	—	—	38,9	—	38,9	—		
323,85	11,00	301,85	P110	1	12,5	297,88	351,00	—	14,5	45,0	50,4	46,2	45,1	—	45,1	45,1	—	—	45,1	—	45,1	—		

Продолжение таблицы I.1

Наружный диаметр D, мм	Толщина стенки t, мм	Внутренний диаметр d, мм	Группа прочности	Переменная/искусственный дефект (надрез)		Диаметр оправки, мм	Наружный диаметр муфты, мм		Соответствующий номер раздела или формулы															
									Раздел 8	(9)	(8)	(14)	(10) (65)											
									Минимальное внутреннее давление возникновения текучести, МПа															
									Стойкость к смятию, МПа	Тело трубы			Тип соединения											
										Внутренняя текучесть		Пластическое разрушение	SC	LC	Баттресс				ОТТМ		ОТТГ			
										Формула Ламе—фон Мизеса					Обычная муфта		Специальная муфта							
				k_h	a_N, %		Обычная муфта D_M	Специальная муфта D_C		Открытый торец	Торцевое уплотнение	Торцевое уплотнение			Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Обычная муфта	Специальная муфта	Обычная муфта	Специальная муфта		
323,85	12,40	299,05	P110	1	12,5	295,08	351,00	—	19,7	50,6	56,5	52,3	50,8	—	50,8	50,8	—	—	50,8	—	50,8	—		
323,85	14,00	295,85	P110	1	12,5	291,88	351,00	—	27,2	57,1	63,5	59,2	57,3	—	57,3	57,3	—	—	57,3	—	57,3	—		
323,85	8,50	306,85	P110	1	5	302,88	351,00	—	6,7	34,6	39,2	39,1	34,8	—	34,8	34,8	—	—	34,8	—	34,8	—		
323,85	9,50	304,85	P110	1	5	300,88	351,00	—	9,3	38,8	43,7	43,8	38,9	—	38,9	38,9	—	—	38,9	—	38,9	—		
323,85	11,00	301,85	P110	1	5	297,88	351,00	—	14,5	45,4	51,0	51,4	45,5	—	45,5	45,5	—	—	45,5	—	45,5	—		
323,85	12,40	299,05	P110	1	5	295,08	351,00	—	19,7	50,6	56,5	57,7	50,8	—	50,8	50,8	—	—	50,8	—	50,8	—		
323,85	14,00	295,85	P110	1	5	291,88	351,00	—	27,2	57,1	63,5	65,4	57,3	—	57,3	57,3	—	—	57,3	—	57,3	—		
323,85	9,50	304,85	Q125	1	5	300,88	351,00	—	9,4	44,2	48,7	47,6	44,2	—	44,2	—	—	—	—	—	—	—		
323,85	11,00	301,85	Q125	1	5	297,88	351,00	—	14,8	51,1	57,3	55,4	51,2	—	51,2	—	—	—	—	—	—	—		
323,85	12,40	299,05	Q125	1	5	295,08	351,00	—	20,3	57,6	64,3	62,7	57,8	—	57,8	—	—	—	57,8	—	57,8	—		
323,85	14,00	295,85	Q125	1	5	291,88	351,00	—	28,3	65,0	72,3	71,0	65,2	—	65,2	—	—	—	65,2	—	65,2	—		
323,85	9,50	304,85	Q135	1	5	300,88	351,00	—	9,5	47,7	53,6	51,5	47,7	—	47,7	—	—	—	—	—	—	—		
323,85	11,10	301,65	Q135	1	5	297,68	351,00	—	14,9	55,7	62,4	60,4	55,8	—	55,8	—	—	—	—	—	—	—		
323,85	12,40	299,05	Q135	1	5	295,08	351,00	—	20,4	62,2	69,4	67,7	62,3	—	62,3	—	—	—	62,3	—	62,3	—		
323,85	14,00	295,85	Q135	1	5	291,88	351,00	—	28,7	70,2	78,1	76,8	70,3	—	70,3	—	—	—	70,4	—	70,4	—		
339,72	8,38	322,96	H40	2	12,5	318,99	365,12	—	5,1	11,9	13,4	12,8	11,9	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
339,72	9,65	302,42	H40	2	12,5	316,45	365,12	—	7,4	13,7	15,4	14,8	13,7	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
339,72	10,92	317,88	H40	2	12,5	313,91	365,12	—	9,9	15,5	17,4	16,8	15,5	—	15,5	—	—	—	15,5	—	—	—		
339,72	12,19	315,34	H40	2	12,5	311,37	365,12	—	12,6	17,3	19,3	18,8	17,3	—	17,3	—	—	—	17,3	—	—	—		
339,72	13,06	313,60	H40	2	12,5	311,15	365,12	—	14,4	18,5	20,7	20,1	18,6	—	18,6	—	—	—	18,6	—	—	—		
339,72	13,06	313,60	H40	2	12,5	309,63	365,12	—	14,4	18,5	20,7	20,1	18,6	—	18,6	—	—	—	18,6	—	—	—		
339,72	8,38	322,96	J55	2	12,5	318,99	365,12	—	5,3	16,3	18,4	16,2	16,4	—	16,4	—	—	—	16,4	—	—	—		
339,72	9,65	320,42	J55	2	12,5	316,45	365,12	—	7,9	18,8	21,2	18,7	18,8	—	18,8	18,8	—	—	18,8	—	—	—		
339,72	10,92	317,88	J55	2	12,5	313,91	365,12	—	10,9	21,3	23,8	21,2	21,3	—	21,3	21,3	—	—	21,3	—	—	—		
339,72	12,19	315,34	J55	2	12,5	311,37	365,12	—	14,2	23,8	26,5	23,6	23,8	—	23,8	23,8	—	—	23,8	—	—	—		
339,72	13,06	313,60	J55	2	12,5	311,15	365,12	—	16,7	25,4	28,4	32,3	25,5	—	25,5	25,5	—	—	25,5	—	—	—		

Продолжение таблицы I.1

Наружный диаметр D, мм	Толщина стенки t, мм	Внутренний диаметр d, мм	Группа прочности	Переменная/искусственный дефект (надрез)		Диаметр оправки, мм	Наружный диаметр муфты, мм		Соответствующий номер раздела или формулы															
									Раздел 8	(9)	(8)	(14)	(10) (65)											
									Минимальное внутреннее давление возникновения текучести, МПа															
									Стойкость к смятию, МПа	Тело трубы			Тип соединения											
							Обычная муфта D_M	Специальная муфта D_C		Внутренняя текучесть, формула Ламе—фон Мизеса		Пластическое разрушение	SC	LC	Баттресс				ОТТМ		ОТТГ			
															Обычная муфта		Специальная муфта							
				k_h	a_h, %					Открытый торец	Торцевое уплотнение	Торцевое уплотнение			Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Обычная муфта	Специальная муфта	Обычная муфта	Специальная муфта		
339,72	13,06	313,60	J55	2	12,5	309,63	365,12	—	16,7	25,4	28,4	32,3	25,5	—	25,5	25,5	—	—	25,5	—	—	—		
339,72	14,00	311,72	J55	2	12,5	307,75	365,12	—	19,3	27,2	30,4	34,7	27,3	—	—	—	—	—	27,3	—	—	—		
339,72	15,40	308,92	J55	2	12,5	304,95	365,12	—	23,3	30,0	33,3	38,2	30,1	—	—	—	—	—	30,1	—	—	—		
339,72	8,38	322,96	K55	2	12,5	318,99	365,12	—	5,3	16,3	18,4	20,5	16,4	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
339,72	9,65	320,42	K55	2	12,5	316,45	365,12	—	7,9	18,8	21,2	23,6	18,8	—	18,8	18,8	—	—	18,8	—	—	—		
339,72	10,92	317,88	K55	2	12,5	313,91	365,12	—	10,9	21,3	23,8	26,8	21,3	—	21,3	21,3	—	—	21,3	—	—	—		
339,72	12,19	315,34	K55	2	12,5	311,37	365,12	—	14,2	23,8	26,5	30,0	23,8	—	23,8	23,8	—	—	23,8	—	—	—		
339,72	13,06	313,60	K55	2	12,5	311,15	365,12	—	16,7	25,4	28,4	32,3	25,5	—	25,5	25,5	—	—	25,5	—	—	—		
339,72	13,06	313,60	K55	2	12,5	309,63	365,12	—	16,7	25,4	28,4	32,3	25,5	—	25,5	25,5	—	—	25,5	—	—	—		
339,72	14,00	311,72	K55	2	12,5	307,75	365,12	—	19,3	27,2	30,4	34,7	27,3	—	27,3	27,3	—	—	27,3	—	—	—		
339,72	15,40	308,92	K55	2	12,5	304,95	365,12	—	23,3	30,0	33,3	38,2	30,1	—	—	—	—	—	30,1	—	—	—		
339,72	9,65	320,42	M65	2	12,5	316,45	365,12	—	8,1	22,3	25,0	21,2	22,3	—	22,3	—	—	—	22,3	—	—	—		
339,72	10,92	317,88	M65	2	12,5	313,91	365,12	—	11,3	25,1	28,2	24,1	25,2	—	25,2	—	—	—	25,2	—	—	—		
339,72	12,19	315,34	M65	2	12,5	311,37	365,12	—	15,0	28,0	31,3	26,9	28,1	—	28,1	—	—	—	28,1	—	—	—		
339,72	9,65	320,42	M65	1	12,5	316,45	365,12	—	8,1	22,3	25,0	25,6	22,3	—	22,3	—	—	—	22,3	—	—	—		
339,72	10,92	317,88	M65	1	12,5	313,91	365,12	—	11,3	25,1	28,2	29,0	25,2	—	25,2	—	—	—	25,2	—	—	—		
339,72	12,19	315,34	M65	1	12,5	311,37	365,12	—	15,0	28,0	31,3	32,5	28,1	—	28,1	—	—	—	28,1	—	—	—		
339,72	9,65	320,42	L80 9Cr	2	12,5	316,45	365,12	—	8,2	27,4	30,8	24,0	27,4	—	27,4	—	—	—	27,4	—	—	—		
339,72	10,92	317,88	L80 9Cr	2	12,5	313,91	365,12	—	11,5	31,0	34,8	27,2	31,1	—	31,1	—	—	—	31,1	—	—	—		
339,72	12,19	315,34	L80 9Cr	2	12,5	311,37	365,12	—	15,5	34,5	38,7	30,3	34,6	—	34,6	—	—	—	34,7	—	—	—		
339,72	13,06	313,60	L80 9Cr	2	12,5	311,15	365,12	—	18,5	36,9	41,3	32,5	37,1	—	37,1	—	—	—	37,1	—	—	—		
339,72	13,06	313,60	L80 9Cr	2	12,5	309,63	365,12	—	18,5	36,9	41,3	32,5	37,1	—	37,1	—	—	—	37,1	—	—	—		
339,72	14,00	311,72	L80 9Cr	2	12,5	307,75	365,12	—	21,9	39,7	44,2	35,1	39,8	—	—	—	—	—	39,8	—	—	—		
339,72	15,40	308,92	L80 9Cr	2	12,5	304,95	365,12	—	27,2	43,6	48,4	38,7	43,8	—	—	—	—	—	43,8	—	—	—		
339,72	9,65	320,42	L80	1	12,5	316,45	365,12	—	8,2	27,4	30,8	28,9	27,4	—	27,4	—	—	—	27,4	—	—	—		
339,72	10,92	317,88	L80	1	12,5	313,91	365,12	—	11,6	31,0	34,8	32,8	31,1	—	31,1	—	—	—	31,1	—	—	—		

Продолжение таблицы I.1

Наружный диаметр D, мм	Толщина стенки t, мм	Внутренний диаметр d, мм	Группа прочности	Переменная/искусственный дефект (надрез)		Диаметр оправки, мм	Наружный диаметр муфты, мм		Соответствующий номер раздела или формулы															
									Раздел 8	(9)	(8)	(14)	(10) (65)											
									Стойкость к смятию, МПа	Минимальное внутреннее давление возникновения текучести, МПа														
										Тело трубы			Тип соединения											
										Внутренняя текучесть		Пластическое разрушение	SC	LC	Баттресс				ОТТМ		ОТТГ			
										Формула Ламе—фон Мизеса					Обычная муфта		Специальная муфта							
				k_a	σ_N, %		Обычная муфта D_M	Специальная муфта D_c		Открытый торец	Торцевое уплотнение	Торцевое уплотнение			Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Обычная муфта	Специальная муфта	Обычная муфта	Специальная муфта
339,72	12,19	315,34	L80	1	12,5	311,37	365,12	—	15,6	34,5	38,7	36,6	34,6	—	34,6	—	—	—	34,7	—	—	—
339,72	13,06	313,60	L80	1	12,5	311,15	365,12	—	18,7	36,9	41,3	39,3	37,1	—	37,1	—	—	—	37,1	—	—	—
339,72	13,06	313,60	L80	1	12,5	309,63	365,12	—	18,7	36,9	41,3	39,3	37,1	—	37,1	—	—	—	37,1	—	—	—
339,72	14,00	311,72	L80	1	12,5	307,75	365,12	—	22,1	39,7	44,2	42,3	39,8	—	—	—	—	—	39,8	—	—	—
339,72	15,40	308,92	L80	1	12,5	304,95	365,12	—	27,6	43,6	48,4	46,7	43,8	—	—	—	—	—	43,8	—	—	—
339,72	9,65	320,42	N80	2	12,5	316,45	365,12	—	8,2	27,4	30,8	25,2	27,4	—	27,4	—	—	—	27,4	—	—	—
339,72	10,92	317,88	N80	2	12,5	313,91	365,12	—	11,6	31,0	34,8	28,6	31,1	—	31,1	—	—	—	31,1	—	—	—
339,72	12,19	315,34	N80	2	12,5	311,37	365,12	—	15,6	34,5	38,7	32,0	34,6	—	34,6	—	—	—	34,7	—	—	—
339,72	13,06	313,60	N80	2	12,5	311,15	365,12	—	18,7	36,9	41,3	34,2	37,1	—	37,1	—	—	—	37,1	—	—	—
339,72	13,06	313,60	N80	2	12,5	309,63	365,12	—	18,7	36,9	41,3	34,2	37,1	—	37,1	—	—	—	37,1	—	—	—
339,72	14,00	311,72	N80	2	12,5	307,75	365,12	—	22,2	39,7	44,2	36,9	39,8	—	39,8	—	—	—	39,8	—	—	—
339,72	9,65	320,42	N80	1	12,5	316,45	365,12	—	8,2	27,4	30,8	30,4	27,4	—	27,4	27,4	—	—	27,4	—	—	—
339,72	10,92	317,88	N80	1	12,5	313,91	365,12	—	11,6	31,0	34,8	34,5	31,1	—	31,1	31,1	—	—	31,1	—	—	—
339,72	12,19	315,34	N80	1	12,5	311,37	365,12	—	15,6	34,5	38,7	38,5	34,6	—	34,6	34,6	—	—	34,7	—	—	—
339,72	13,06	313,60	N80	1	12,5	311,15	365,12	—	18,7	36,9	41,3	41,3	37,1	—	37,1	37,1	—	—	37,1	—	—	—
339,72	13,06	313,60	N80	1	12,5	309,63	365,12	—	18,7	36,9	41,3	41,3	37,1	—	37,1	37,1	—	—	37,1	—	—	—
339,72	14,00	311,72	N80	1	12,5	307,75	365,12	—	22,2	39,7	44,2	44,5	39,8	—	39,8	39,8	—	—	39,8	—	—	—
339,72	9,65	320,42	C90	1	5	316,45	365,12	—	8,3	30,8	34,7	33,5	30,9	—	30,9	—	—	—	30,9	—	—	—
339,72	10,92	317,88	C90	1	5	313,91	365,12	—	11,8	34,9	39,1	38,0	34,9	—	34,9	—	—	—	34,9	—	—	—
339,72	12,19	315,34	C90	1	5	311,37	365,12	—	16,0	38,9	43,5	42,7	38,9	—	38,9	—	—	—	39,0	—	—	—
339,72	13,06	313,60	C90	1	5	311,15	365,12	—	19,2	41,6	46,4	45,8	41,7	—	41,7	—	—	—	41,8	—	—	—
339,72	13,06	313,60	C90	1	5	309,63	365,12	—	19,2	41,6	46,4	45,8	41,7	—	41,7	—	—	—	41,8	—	—	—
339,72	9,65	320,42	R95	1	12,5	316,45	365,12	—	8,3	32,5	36,6	31,2	32,6	—	32,6	—	—	—	32,6	—	—	—
339,72	10,92	317,88	R95	1	12,5	313,91	365,12	—	11,9	36,8	41,2	36,5	36,8	—	36,8	—	—	—	36,8	—	—	—
339,72	12,19	315,34	R95	1	12,5	311,37	365,12	—	16,1	41,0	45,9	40,7	41,1	—	41,1	—	—	—	41,1	—	—	—
339,72	13,06	313,60	R95	1	12,5	311,15	365,12	—	19,3	43,9	49,0	43,7	44,0	—	44,0	—	—	—	44,1	—	—	—

Продолжение таблицы I.1

Наружный диаметр D, мм	Толщина стенки t, мм	Внутренний диаметр d, мм	Группа прочности	Переменная/искусственный дефект (надрез)		Диаметр оправки, мм	Наружный диаметр муфты, мм		Соответствующий номер раздела или формулы															
									Раздел 8	(9)	(8)	(14)	(10) (65)											
									Стойкость к смятию, МПа	Минимальное внутреннее давление возникновения текучести, МПа														
										Тело трубы			Тип соединения											
										Внутренняя текучесть		Пластическое разрушение	SC	LC	Баттрёс				ОТТМ		ОТТГ			
										Формула Ламе—фон Мизеса					Обычная муфта		Специальная муфта							
				k_h	a_h, %		Обычная муфта D_M	Специальная муфта D_C		Открытый торец	Торцевое уплотнение	Торцевое уплотнение			Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Обычная муфта	Специальная муфта	Обычная муфта	Специальная муфта		
339,72	13,06	313,60	R95	1	12,5	309,63	365,12	—	19,3	43,9	49,0	43,7	44,0	—	44,0	—	—	—	44,1	—	—	—		
339,72	14,00	311,72	R95	1	12,5	307,75	365,12	—	23,1	47,1	52,5	47,1	47,2	—	47,2	—	—	—	47,2	—	—	—		
339,72	15,40	308,92	R95	1	12,5	304,95	365,12	—	29,3	51,8	57,5	51,9	52,0	—	52,0	—	—	—	52,0	—	—	—		
339,72	9,65	320,42	T95	1	5	316,45	365,12	—	8,2	32,5	36,6	35,4	32,6	—	32,6	—	—	—	32,6	—	—	—		
339,72	10,92	317,88	T95	1	5	313,91	365,12	—	11,6	36,8	41,2	40,2	36,8	—	36,8	—	—	—	36,8	—	—	—		
339,72	12,19	315,34	T95	1	5	311,37	365,12	—	15,6	41,0	45,9	44,9	41,1	—	41,1	—	—	—	41,1	—	—	—		
339,72	13,06	313,60	T95	1	5	311,15	365,12	—	18,7	43,9	49,0	48,2	44,0	—	44,0	—	—	—	44,1	—	—	—		
339,72	13,06	313,60	T95	1	5	309,63	365,12	—	18,7	43,9	49,0	48,2	44,0	—	44,0	—	—	—	44,1	—	—	—		
339,72	12,19	315,34	P110	1	12,5	311,37	365,12	—	16,5	47,5	53,1	48,9	47,6	—	47,6	47,6	—	—	47,6	—	—	—		
339,72	13,06	313,60	P110	1	12,5	311,15	365,12	—	20,0	50,8	56,8	52,4	51,0	—	51,0	51,0	—	—	51,0	—	—	—		
339,72	13,06	313,60	P110	1	12,5	309,63	365,12	—	20,0	50,8	56,8	52,4	51,0	—	51,0	51,0	—	—	51,0	—	—	—		
339,72	14,00	311,72	P110	1	12,5	307,75	365,12	—	24,1	54,5	60,7	62,2	54,7	—	54,7	54,7	—	—	—	—	—	—		
339,72	15,40	308,92	P110	1	12,5	304,95	365,12	—	30,8	59,9	66,5	68,7	60,1	—	60,1	60,1	—	—	—	—	—	—		
339,72	12,19	315,34	P110	1	5	311,37	365,12	—	16,5	47,5	53,1	53,9	47,6	—	47,6	47,6	—	—	—	—	—	—		
339,72	13,06	313,60	P110	1	5	311,15	365,12	—	20,0	50,8	56,8	57,8	51,0	—	51,0	51,0	—	—	—	—	—	—		
339,72	13,06	313,60	P110	1	5	309,63	365,12	—	20,0	50,8	56,8	57,8	51,0	—	51,0	51,0	—	—	—	—	—	—		
339,72	14,00	311,72	P110	1	5	307,75	365,12	—	24,1	54,5	60,7	62,2	54,7	—	54,7	54,7	—	—	—	—	—	—		
339,72	15,40	308,92	P110	1	5	304,95	365,12	—	30,8	59,9	66,5	68,7	60,1	—	60,1	60,1	—	—	—	—	—	—		
339,72	13,06	313,60	Q125	1	5	311,15	365,12	—	20,4	57,7	64,5	62,9	57,9	—	57,9	—	—	—	—	—	—	—		
339,72	13,06	313,60	Q125	1	5	309,63	365,12	—	20,4	57,7	64,5	62,9	57,9	—	57,9	—	—	—	—	—	—	—		
339,72	13,06	313,60	Q135	1	5	311,15	365,12	—	20,6	62,4	69,6	68,0	62,6	—	62,6	—	—	—	—	—	—	—		
339,72	13,06	313,60	Q135	1	5	309,63	365,12	—	20,6	62,4	69,6	68,0	62,6	—	62,6	—	—	—	—	—	—	—		
339,72	14,00	311,72	Q135	1	5	307,75	365,12	—	25,0	66,8	74,5	73,1	67,1	—	67,1	—	—	—	—	—	—	—		
339,72	15,40	308,92	Q135	1	5	304,95	365,12	—	32,4	73,5	81,6	80,7	73,8	—	73,8	—	—	—	—	—	—	—		
351,00	9,00	333,00	J55	2	12,5	328,24	—	—	5,9	17,0	19,1	16,9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
351,00	10,00	331,00	J55	2	12,5	326,24	—	—	7,9	18,9	21,2	18,8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		

Продолжение таблицы I.1

Наружный диаметр D, мм	Толщина стенки t, мм	Внутренний диаметр d, мм	Группа прочности	Переменная/искусственный дефект (надрез)		Диаметр оправки, мм	Наружный диаметр муфты, мм		Соответствующий номер раздела или формулы													
									Раздел 8	(9)	(8)	(14)	(10) (65)									
									Минимальное внутреннее давление возникновения текучести, МПа													
									Стойкость к смятию, МПа	Тело трубы			Тип соединения									
										Внутренняя текучесть. Формула Ламе—фон Мизеса		Пластическое разрушение	SC	LC	Баттресс				ОТТМ		ОТТГ	
							Обычная муфта D_M	Специальная муфта D_c							Обычная муфта		Специальная муфта		Обычная муфта	Специальная муфта	Обычная муфта	Специальная муфта
				k_a	a_N, %					Открытый торец	Торцевое уплотнение	Торцевое уплотнение			Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Низкие группы прочности	Высокие группы прочности				
351,00	11,00	329,00	J55	2	12,5	324,24	—	—	10,2	20,7	23,3	20,7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
351,00	12,00	327,00	J55	2	12,5	322,24	—	—	12,7	22,6	25,3	22,6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
351,00	9,00	333,00	K55	2	12,5	328,24	—	—	5,9	17,0	19,1	21,3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
351,00	10,00	331,00	K55	2	12,5	326,24	—	—	7,9	18,9	21,2	23,8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
351,00	11,00	329,00	K55	2	12,5	324,24	—	—	10,2	20,7	23,3	26,2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
351,00	12,00	327,00	K55	2	12,5	322,24	—	—	12,7	22,6	25,3	28,6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
377,00	9,00	359,00	J55	2	12,5	354,24	—	—	4,9	15,8	17,9	15,7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
377,00	10,00	357,00	J55	2	12,5	352,24	—	—	6,5	17,6	19,8	17,4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
377,00	11,00	355,00	J55	2	12,5	350,24	—	—	8,5	19,3	21,7	19,2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
377,00	12,00	353,00	J55	2	12,5	348,24	—	—	10,6	21,1	23,6	21,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
377,00	9,00	359,00	K55	2	12,5	354,24	—	—	4,9	15,8	17,9	19,9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
377,00	10,00	357,00	K55	2	12,5	352,24	—	—	6,5	17,6	19,8	22,1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
377,00	11,00	355,00	K55	2	12,5	350,24	—	—	8,5	19,3	21,7	24,3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
377,00	12,00	353,00	K55	2	12,5	348,24	—	—	10,6	21,1	23,6	26,6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
406,40	9,53	387,40	H40	2	12,5	382,57	431,80	—	4,5	11,3	12,7	12,2	11,3	—	—	—	—	—	—	—	—	—
406,40	11,13	384,10	J55	2	12,5	379,37	431,80	—	7,1	18,1	20,4	18,0	18,1	—	18,1	18,1	—	—	—	—	—	—
406,40	12,57	381,30	J55	2	12,5	376,48	431,80	—	9,9	20,5	23,0	20,3	20,5	—	20,5	20,5	—	—	—	—	—	—
406,40	16,66	373,10	J55	2	12,5	368,30	—	—	19,1	27,1	30,2	27,1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
406,40	11,13	384,10	K55	2	12,5	379,37	431,80	—	7,1	18,1	20,4	22,7	18,1	—	18,1	18,1	—	—	—	—	—	—
406,40	12,57	381,30	K55	2	12,5	376,48	431,80	—	9,9	20,5	23,0	25,8	20,5	—	20,5	20,5	—	—	—	—	—	—
406,40	16,66	373,10	K55	2	12,5	368,30	—	—	19,1	27,1	30,2	34,4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
406,40	11,13	384,10	M65	2	12,5	379,37	431,80	—	7,3	21,4	24,1	20,5	21,4	—	21,4	—	—	—	—	—	—	—
406,40	12,57	381,30	M65	2	12,5	376,48	431,80	—	10,2	24,2	27,1	23,2	24,3	—	24,3	—	—	—	—	—	—	—
406,40	11,13	384,10	M65	1	12,5	379,37	431,80	—	7,3	21,4	24,1	24,6	21,4	—	21,4	—	—	—	—	—	—	—
406,40	12,57	381,30	M65	1	12,5	376,48	431,80	—	10,2	24,2	27,1	27,9	24,3	—	24,3	—	—	—	—	—	—	—
406,40	16,66	373,10	L80 9Cr	2	12,5	368,30	—	—	21,9	39,4	43,9	34,8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Продолжение таблицы I.1

Наружный диаметр D, мм	Толщина стенки t, мм	Внутренний диаметр d, мм	Группа прочности	Переменная/искусственный дефект (надрез)		Диаметр оправки, мм	Наружный диаметр муфты, мм		Соответствующий номер раздела или формулы													
									Раздел 8	(9)	(8)	(14)	(10) (65)									
									Минимальное внутреннее давление возникновения текучести, МПа													
									Стойкость к смятию, МПа	Тело трубы			Тип соединения									
										Внутренняя текучесть		Пластическое разрушение	SC	LC	Баттрёсс				ОТТМ		ОТТГ	
										Формула Ламе—фон Мизеса					Обычная муфта		Специальная муфта					
				k_h	a_h, %		Обычная муфта D_M	Специальная муфта D_C		Открытый торец	Торцевое уплотнение	Торцевое уплотнение			Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Обычная муфта	Специальная муфта	Обычная муфта	Специальная муфта
406,40	16,66	373,10	L80	1	12,5	368,30	—	—	21,9	39,4	43,9	42,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
406,40	16,66	373,10	N80	2	12,5	368,30	—	—	21,9	39,4	43,9	36,6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
406,40	16,66	373,10	N80	1	12,5	368,30	—	—	21,9	39,4	43,9	44,2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
406,40	16,66	373,10	C95	1	12,5	368,30	—	—	23,0	46,8	52,2	46,7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
406,40	16,66	373,10	P110	1	12,5	368,30	—	—	23,8	54,2	60,4	56,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
406,40	16,66	373,10	P110	1	5	368,30	—	—	23,8	54,2	60,4	61,9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
406,40	16,66	373,10	Q125	1	5	368,30	—	—	24,4	61,6	68,6	67,3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
425,45	*8,00*	*409,45*	*H40*	*2*	*12,5*	*404,69*	*451,00*	—	*2,4*	*9,1*	*10,3*	*9,7*	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
425,45	*8,90*	*407,65*	*H40*	*2*	*12,5*	*402,89*	*451,00*	—	*3,2*	*10,1*	*11,4*	*10,8*	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
425,45	*10,00*	*405,45*	*H40*	*2*	*12,5*	*400,69*	*451,00*	—	*4,5*	*11,3*	*12,8*	*12,2*	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
425,45	*11,50*	*402,45*	*H40*	*2*	*12,5*	*397,69*	*451,00*	—	*6,5*	*13,0*	*14,7*	*14,0*	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
425,45	*10,00*	*405,45*	*J55*	*2*	*12,5*	*400,69*	*451,00*	—	*4,6*	*15,6*	*17,6*	*15,4*	—	—	*15,6*	*15,6*	—	—	—	—	—	—
425,45	*11,00*	*403,45*	*J55*	*2*	*12,5*	*398,69*	*451,00*	—	*6,1*	*17,1*	*19,3*	*17,0*	—	—	*17,1*	*17,1*	—	—	—	—	—	—
425,45	*11,50*	*402,45*	*J55*	*2*	*12,5*	*397,69*	*451,00*	—	*6,9*	*17,9*	*20,1*	*17,8*	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
425,45	*12,00*	*401,45*	*J55*	*2*	*12,5*	*396,69*	*451,00*	—	*7,7*	*18,7*	*21,0*	*18,5*	—	—	*18,7*	*18,7*	—	—	—	—	—	—
425,45	*10,00*	*405,45*	*K55*	*2*	*12,5*	*400,69*	*451,00*	—	*4,6*	*15,6*	*17,6*	*19,5*	—	—	*15,6*	*15,6*	—	—	—	—	—	—
425,45	*11,00*	*403,45*	*K55*	*2*	*12,5*	*398,69*	*451,00*	—	*6,1*	*17,1*	*19,3*	*21,5*	—	—	*17,1*	*17,1*	—	—	—	—	—	—
425,45	*11,50*	*402,45*	*K55*	*2*	*12,5*	*397,69*	*451,00*	—	*6,9*	*17,9*	*20,1*	*22,5*	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
425,45	*12,00*	*401,45*	*K55*	*2*	*12,5*	*396,69*	*451,00*	—	*7,7*	*18,7*	*21,0*	*23,5*	—	—	*18,7*	*18,7*	—	—	—	—	—	—
425,45	*11,50*	*402,45*	*M65*	*2*	*12,5*	*397,69*	*451,00*	—	*7,0*	*21,1*	*23,8*	*24,3*	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
425,45	*11,50*	*402,45*	*M65*	*1*	*12,5*	*397,69*	*451,00*	—	*7,0*	*21,1*	*23,8*	*20,2*	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
425,45	*10,00*	*405,45*	*L80 9Cr*	*2*	*12,5*	*400,69*	*451,00*	—	*4,8*	*22,7*	*25,6*	*19,8*	—	—	*22,7*	*22,7*	—	—	—	—	—	—
425,45	*11,00*	*403,45*	*L80 9Cr*	*2*	*12,5*	*398,69*	*451,00*	—	*6,3*	*24,9*	*28,1*	*21,8*	—	—	*24,9*	*24,9*	—	—	—	—	—	—
425,45	*12,00*	*401,45*	*L80 9Cr*	*2*	*12,5*	*396,69*	*451,00*	—	*8,0*	*27,2*	*30,6*	*23,8*	—	—	*27,2*	*27,2*	—	—	—	—	—	—
425,45	*10,00*	*405,45*	*L80*	*1*	*12,5*	*400,69*	*451,00*	—	*4,8*	*22,7*	*25,6*	*23,8*	—	—	*22,7*	*22,7*	—	—	—	—	—	—
425,45	*11,00*	*403,45*	*L80*	*1*	*12,5*	*398,69*	*451,00*	—	*6,3*	*24,9*	*28,1*	*26,2*	—	—	*24,9*	*24,9*	—	—	—	—	—	—

Продолжение таблицы Г.1

Наружный диаметр D, мм	Толщина стенки t, мм	Внутренний диаметр d, мм	Группа прочности	Переменная/искусственный дефект (надрез)		Диаметр оправки, мм	Наружный диаметр муфты, мм		Соответствующий номер раздела или формулы													
									Раздел 8	(9)	(8)	(14)	(10) (65)									
									Минимальное внутреннее давление возникновения текучести, МПа													
									Стойкость к смятию, МПа	Тело трубы			Тип соединения									
										Внутренняя текучесть		Пластическое разрушение	SC	LC	Баттресс				ОТТМ		ОТТГ	
										Формула Ламе—фон Мизеса					Обычная муфта		Специальная муфта					
				k_h	σ_N, %		Обычная муфта D_M	Специальная муфта D_C		Открытый торец	Торцевое уплотнение	Торцевое уплотнение			Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Обычная муфта	Специальная муфта	Обычная муфта	Специальная муфта
425,45	12,00	401,45	L80	1	12,5	396,69	451,00	—	8,0	26,2	30,57	28,6	—	—	27,2	27,2	—	—	—	—	—	—
425,45	10,00	405,45	N80	2	12,5	400,69	451,00	—	4,8	22,7	25,6	20,8	—	—	22,7	22,7	—	—	—	—	—	—
425,45	11,00	403,45	N80	2	12,5	398,69	451,00	—	6,3	24,9	28,1	22,9	—	—	24,9	24,9	—	—	—	—	—	—
425,45	12,00	401,45	N80	2	12,5	396,69	451,00	—	8,0	27,2	30,6	25,0	—	—	27,2	27,2	—	—	—	—	—	—
425,45	10,00	405,45	N80	1	12,5	400,69	451,00	—	4,8	22,7	25,6	25,0	—	—	22,7	22,7	—	—	—	—	—	—
425,45	11,00	403,45	N80	1	12,5	398,69	451,00	—	6,3	24,9	28,1	27,6	—	—	24,9	24,9	—	—	—	—	—	—
425,45	12,00	401,45	N80	1	12,5	396,69	451,00	—	8,0	27,2	30,6	30,1	—	—	27,2	27,2	—	—	—	—	—	—
425,45	10,00	405,45	C95	1	12,5	400,69	451,00	—	4,8	26,9	30,6	26,4	—	—	26,9	26,9	—	—	—	—	—	—
425,45	11,00	403,45	C95	1	12,5	398,69	451,00	—	6,4	29,6	33,3	29,1	—	—	29,6	29,6	—	—	—	—	—	—
425,45	12,00	401,45	C95	1	12,5	396,69	451,00	—	8,2	32,2	36,3	31,9	—	—	32,3	32,3	—	—	—	—	—	—
473,08	11,05	450,98	H40	2	12,5	446,22	508,00	—	4,4	11,2	12,7	12,1	11,2	—	—	—	—	—	—	—	—	—
473,08	11,05	450,98	J55	2	12,5	446,22	508,00	—	4,6	15,5	17,5	15,3	15,5	—	15,5	15,5	—	—	—	—	—	—
473,08	11,05	450,98	K55	2	12,5	446,22	508,00	—	4,6	15,5	17,5	19,4	15,5	—	15,5	15,5	—	—	—	—	—	—
473,08	11,05	450,98	M65	2	12,5	446,22	508,00	—	4,6	18,3	20,7	17,4	18,3	—	18,3	—	—	—	—	—	—	—
473,08	11,05	450,98	M65	1	12,5	446,22	508,00	—	4,6	18,3	20,7	20,9	18,3	—	18,3	—	—	—	—	—	—	—
508,00	11,13	485,70	H40	2	12,5	480,97	533,40	—	3,7	10,5	11,9	11,4	10,5	10,5	—	—	—	—	—	—	—	—
508,00	11,13	485,70	J55	2	12,5	480,97	533,40	—	3,8	14,5	16,4	14,3	14,5	14,5	14,5	14,5	—	—	—	—	—	—
508,00	12,70	482,60	J55	2	12,5	477,82	533,40	—	5,5	16,5	18,7	16,4	16,6	16,6	16,6	16,6	—	—	—	—	—	—
508,00	16,13	475,70	J55	2	12,5	470,97	533,40	—	10,5	21,0	23,6	20,9	21,1	21,1	21,1	21,1	—	—	—	—	—	—
508,00	11,13	485,70	K55	2	12,5	480,97	533,40	—	3,8	14,5	16,4	18,1	14,5	14,5	14,5	14,5	—	—	—	—	—	—
508,00	12,70	482,60	K55	2	12,5	477,82	533,40	—	5,5	16,5	18,7	20,7	16,6	16,6	16,6	16,6	—	—	—	—	—	—
508,00	16,13	475,70	K55	2	12,5	470,97	533,40	—	10,5	21,0	23,6	26,5	21,1	21,1	21,1	21,1	—	—	—	—	—	—
508,00	11,13	485,70	M65	2	12,5	480,97	533,40	—	3,9	17,2	19,4	16,3	17,2	17,2	17,2	—	—	—	—	—	—	—
508,00	12,70	482,60	M65	2	12,5	477,82	533,40	—	5,6	19,6	22,0	18,7	19,6	19,6	19,6	—	—	—	—	—	—	—
508,00	11,13	485,70	M65	1	12,5	480,97	533,40	—	3,9	17,2	19,4	19,6	17,2	17,2	17,2	—	—	—	—	—	—	—
508,00	12,70	482,60	M65	1	12,5	477,82	533,40	—	5,6	19,6	22,0	22,5	19,6	19,6	19,6	—	—	—	—	—	—	—

Окончание таблицы I.1

Наружный диаметр D, мм	Толщина стенки t, мм	Внутренний диаметр d, мм	Группа прочности	Переменная/искусственный дефект (надрез)		Диаметр оправки, мм	Наружный диаметр муфты, мм		Соответствующий номер раздела или формулы				
									Раздел 8	(9)	(8)	(14)	(10) (65)
									Стойкость к смятию, МПа	Минимальное внутреннее давление возникновения текучести, МПа			
										Тело трубы			Тип соединения
										Внутренняя текучесть		Пластическое разрушение	SC
										Формула Ламе—фон Мизеса			
										Открытый торец	Торцевое уплотнение	Торцевое уплотнение	
				k_0	a_N, %		Обычная муфта D_M	Специальная муфта D_C					

LC	Баттресс				ОТТМ		ОТТГ	
	Обычная муфта		Специальная муфта					
	Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	*Обычная муфта*	*Специальная муфта*	*Обычная муфта*	*Специальная муфта*

Примечания

1 Расчетные показатели в настоящей таблице указаны для эксплуатации труб, соответствующих требованиям *ГОСТ Р 53366*, в обычной окружающей среде. Эксплуатация труб в другой среде может потребовать дополнительного анализа, например описанного в приложении D.

2 *Первый массив данных для каждого размера групп прочности М65 и N80 относится к трубам, не подвергаемым закалке с отпуском, второй массив данных — к трубам, подвергаемым закалке с отпуском.*

3 *Первый массив данных для каждого размера группы прочности Р110 относится к трубам, подвергаемым контролю с искусственным дефектом глубиной 12,5 % второй массив данных — к трубам подвергаемым контролю с искусственным дефектом глубиной 5 %*

4 Обозначение L80 включает группы прочности L80 тип 1 и L80 тип 13Cr.

5 *Минимальное внутреннее давление возникновения текучести для труб с резьбой и муфтами представляет собой меньшее из внутренних давлений возникновения текучести трубы и муфты*

Таблица I.2 — Расчетное внутреннее давление потери герметичности для соединений обсадных труб

Наружный диаметр *D*, мм	Группа прочности	*Внутреннее давление потери герметичности для соединений, МПа*[1)]							
		SC	LC	BC		*OTTM*		*OTTГ*	
				Обычная муфта	Специальная муфта	Обычная муфта	Специальная муфта	Обычная муфта	Специальная муфта
101,60	Любая	—	—	—	—	*196,2*	*149,6*	—	—
114,30	Любая	123,5	123,5	119,7	95,8	*160,3*	*130,4*	*157,4*	*127,4*
127,00	Любая	110,2	110,2	134,9	98,1	*143,5*	*106,7*	*141,1*	*104,3*
139,70	Любая	90,7	90,7	110,9	81,9	*118,2*	*88,9*	*116,3*	*87,1*
146,05	*Любая*	*108,0*	*108,0*	*135,3*	*77,9*	*141,3*	*84,5*	*139,5*	*82,7*
168,28	Любая	81,5	81,5	101,8	57,3	*106,7*	*62,3*	*102,4*	*60,9*
177,80	Любая, *обычная муфта 194,46*	65,6	65,6	81,2	51,5	*85,8*	*55,2*	*84,6*	*54,7*
177,80	*Любая, обычная муфта 200,03*	*81,3*	*81,3*	*102,4*	*51,5*	—	—	—	—
193,68	Любая	81,3	81,3	102,4	55,3	*91,0*	*59,2*	*90,0*	*58,2*
219,08	Любая	81,3	81,3	87,4	55,3	*91,0*	*59,2*	*90,6*	*58,2*
244,48	R95, T95 и ниже	71,5	71,5	77,4	43,7	*80,3*	*46,7*	*79,5*	*45,9*
244,48	P110 и выше	58,3	58,3	63,1	35,4	*65,5*	*37,8*	*64,8*	*37,2*
250,83	*Любая*	—	—	—	—	—	—	*64,8*	—
273,05	R95, T95 и ниже	47,4	—	51,3	28,6	*53,3*	*30,6*	*52,8*	*30,0*
273,05	P110 и выше	54,4	—	51,3	28,6	*53,3*	*30,6*	*52,8*	*30,0*
298,45	R95, T95 и ниже	40,1	—	43,4	28,6	*45,0*	—	—	—
298,45	P110 и выше	46,0	—	43,4	—	*45,0*	—	—	—
323,85	*Любая*	*36,2*	—	*39,4*	—	*45,0*	—	*40,3*	—
339,73	R95, T95 и ниже	31,3	—	34,0	—	*35,1*	—	—	—
339,73	P110 и выше	36,0	—	34,0	—	*35,1*	—	—	—
406,40	Любая	22,3	—	24,5	—	—	—	—	—
425,45	*Любая*	—	—	*22,1*	—	—	—	—	—
473,08	Любая	21,7	—	24,1	—	—	—	—	—
508,00	H40	14,5	14,5	16,0	—	—	—	—	—
508,00	J55 и выше	16,6	16,6	16,0	—	—	—	—	—

[1)] *Расчет по формуле (68).*

Примечания

1 Расчетные показатели в настоящей таблице указаны для эксплуатации труб, соответствующих требованиям *ГОСТ Р 53366*, в обычной окружающей среде. Эксплуатация труб в другой среде может потребовать дополнительного анализа, например описанного в приложении D.

2 Внутреннее давление потери герметичности в плоскости E_1 труб с треугольной резьбой или в плоскости E_7 труб с трапецеидальной резьбой может быть ниже минимального внутреннего давления достижения текучести в соединениях (см. таблицу I.1).

Таблица I.3 — Расчетные показатели для обсадных труб и их соединений при осевом растяжении

Наружный диаметр D, мм	Толщина стенки t, мм	Внутренний диаметр d, мм	Группа прочности	Переменная/искусственный дефект (надрез)		Соответствующий номер формулы										
						(10)	(54), (55), (56)		(60), (61)							
						Текучесть тела трубы без резьбы, МПа	Прочность соединения, МПа									
							SC	LC	Баттресс				ОТТМ		ОТТГ	
									Обычная муфта		Специальная муфта		Обычная муфта	Специальная муфта	Обычная муфта	Специальная муфта
				$k_д$	$a_н$, %				Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Низкие группы прочности	Высокие группы прочности
101,60	6,50	88,60	J55	2	12,5	736	—	—	—	—	—	—	908	908	—	—
101,60	6,50	88,60	K55	2	12,5	736	—	—	—	—	—	—	1121	1121	—	—
101,60	6,50	88,60	L80 9Cr	2	12,5	1071	—	—	—	—	—	—	1172	1172	—	—
101,60	6,50	88,60	L80	1	12,5	1071	—	—	—	—	—	—	1172	1172	—	—
101,60	6,50	88,60	N80	2	12,5	1071	—	—	—	—	—	—	1224	1224	—	—
101,60	6,50	88,60	N80	1	12,5	1071	—	—	—	—	—	—	1224	1224	—	—
101,60	6,50	88,60	C95	1	12,5	1271	—	—	—	—	—	—	1360	1360	—	—
101,60	6,50	88,60	P110	1	12,5	1471	—	—	—	—	—	—	1551	1551	—	—
101,60	6,50	88,60	P110	1	5	1471	—	—	—	—	—	—	1551	1551	—	—
114,30	5,21	103,88	H40	2	12,5	492	341	—	—	—	—	—	—	—	—	—
114,30	5,69	102,92	H40	2	12,5	536	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
114,30	6,35	101,60	H40	2	12,5	594	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
114,30	7,37	99,56	H40	2	12,5	683	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
114,30	8,56	97,18	H40	2	12,5	784	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
114,30	5,21	103,88	J55	2	12,5	677	451	—	—	—	—	—	—	—	—	—
114,30	5,69	102,92	J55	2	12,5	736	589	—	902	902	902	902	—	—	—	—
114,30	6,35	101,60	J55	2	12,5	817	684	721	1000	1000	1000	1000	1000	1000	—	—
114,30	7,37	99,56	J55	2	12,5	938	918	968	—	—	—	—	1149	1149	—	—
114,30	8,56	97,18	J55	2	12,5	1077	1102	1162	—	—	—	—	1320	1176	1320	1282
114,30	5,21	103,88	K55	2	12,5	677	498	—	—	—	—	—	—	—	—	—
114,30	5,69	102,92	K55	2	12,5	736	651	—	1109	1109	1109	1109	—	—	—	—
114,30	6,35	101,60	K55	2	12,5	817	757	799	1230	1230	1230	1230	1230	1230	—	—
114,30	7,37	99,56	K55	2	12,5	938	—	874	—	—	—	—	1414	1414	—	—
114,30	8,56	97,18	K55	2	12,5	1077	—	1048	—	—	—	—	1624	1490	1624	1624
114,30	5,21	103,88	M65	2	12,5	800	525	—	—	—	—	—	—	—	—	—
114,30	5,69	102,92	M65	2	12,5	870	684	—	1028	—	1028	—	—	—	—	—
114,30	6,35	101,60	M65	2	12,5	965	—	837	1141	—	1141	—	1141	1141	—	—
114,30	7,37	99,56	M65	2	12,5	1109	—	1015	1311	—	1311	—	1311	1311	—	—
114,30	8,56	97,18	M65	2	12,5	1273	—	1218	—	—	—	—	1505	1490	1505	1505
114,30	5,21	103,88	M65	1	12,5	800	525	—	—	—	—	—	—	—	—	—
114,30	5,69	102,92	M65	1	12,5	870	684	—	1028	—	1028	—	—	—	—	—
114,30	6,35	101,60	M65	1	12,5	965	—	837	1141	—	1141	—	1141	1141	—	—
114,30	7,37	99,56	M65	1	12,5	1109	—	1015	1311	—	1311	—	1311	1311	—	—
114,30	8,56	97,18	M65	1	12,5	1273	—	1218	—	—	—	—	1505	1490	1505	1505
114,30	6,35	101,60	L80 9Cr	2	12,5	1188	—	942	1293	—	1293	—	—	—	—	—
114,30	7,37	99,56	L80 9Cr	2	12,5	1365	—	1142	1486	—	1422	—	—	—	—	—
114,30	8,56	97,18	L80 9Cr	2	12,5	1569	—	1371	—	—	—	—	1707	1490	1707	1624
114,30	10,20	93,90	L80 9Cr	2	12,5	1840	—	1677	—	—	—	—	1882	1490	2002	1624

Продолжение таблицы I.3

Наружный диаметр D, мм	Толщина стенки t, мм	Внутренний диаметр d, мм	Группа прочности	Переменная/искусственный дефект (надрез)		Соответствующий номер формулы										
						(10)	(54) (55) (56)		(60) (61)							
						Текучесть тела трубы без резьбы, МПа	Прочность соединения, МПа									
							SC	LC	Баттресс				ОТТМ		ОТТГ	
									Обычная муфта		Специальная муфта		Обычная муфта	Специальная муфта	Обычная муфта	Специальная муфта
				k_a	a_N %				Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Низкие группы прочности	Высокие группы прочности
114,30	6,35	101,60	L80	1	12,5	1188	--	942	1293	—	1293	--	1293	1293	—	—
114,30	7,37	99,56	L80	1	12,5	1365	—	1142	1486	—	1422	--	1486	1486	--	—
114,30	*8,56*	*97,18*	*L80*	*1*	*12,5*	*1589*	—	*1371*	—	—	—	--	*1707*	*1490*	*1707*	*1624*
114,30	*10,20*	*93,90*	*L80*	*1*	*12,5*	*1840*	—	*1677*	—	—	—	—	*1882*	*1490*	*1707*	*1624*
114,30	*5,21*	*103,88*	*N80*	*2*	*12,5*	*985*	—	—	—	—	—	—	--	—	--	—
114,30	*5,69*	*102,92*	*N80*	*2*	*12,5*	*1071*	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
114,30	6,35	101,60	N80	2	12,5	1188	—	992	1351	1351	1351	-	1349	1349	—	—
114,30	7,37	99,56	N80	2	12,5	1365	--	1202	1552	1552	1497	-	1551	1551	—	—
114,30	*8,56*	*97,18*	*N80*	*2*	*12,5*	*1589*	—	1442	--	—	—	—	*1782*	*1567*	*1782*	*1709*
114,30	*10,20*	*93,90*	*N80*	*2*	*12,5*	*1840*	--	1764	--	—	—	—	*1979*	*1567*	*2090*	*1709*
114,30	*5,21*	*103,88*	*N80*	*1*	*12,5*	*985*	—	-	—	—	—	—	—	—	--	—
114,30	*5,69*	*102,92*	*N80*	*1*	*12,5*	*1071*	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
114,30	6,35	101,60	N80	1	12,5	1188	--	992	1351	1351	1351	1351	1349	1349	--	—
114,30	7,37	99,56	N80	1	12,5	1365	-	1202	1552	1552	1497	1552	1551	1551	—	—
114,30	*8,56*	*97,18*	*N80*	*1*	*12,5*	*1589*	—	—	--	—	—	--	*1782*	*1567*	*1782*	*1709*
114,30	*10,20*	*93,90*	*N80*	*1*	*12,5*	*1840*	—	--	--	—	—	--	*1979*	*1567*	*2090*	*1709*
114,30	6,35	101,60	C90	1	5	1336	-	992	1376	—	1376	—	1374	1376	--	—
114,30	7,37	99,56	C90	1	5	1536	--	1202	1581	—	1497	--	1580	1567	—	—
114,30	*8,56*	*97,18*	*C90*	*1*	*5*	*1765*	—	*1442*	—	—	—	--	*1815*	*1567*	*1815*	*1709*
114,30	*10,20*	*93,90*	*C90*	*1*	*5*	*2070*	—	*1764*	—	—	—	—	*1979*	*1567*	*2121*	*1709*
114,30	6,35	101,60	R95	1	12,5	1411	—	1090	1502	—	1502	—	1502	1502	—	—
114,30	7,37	99,56	R95	1	12,5	1621	—	1322	1727	—	1727	--	1727	1724	—	—
114,30	*8,56*	*97,18*	*R95*	*1*	*12,5*	*1862*	—	*1586*	—	—	—	—	*1983*	*1724*	*1956*	*1880*
114,30	*10,20*	*93,90*	*R95*	*1*	*12,5*	*2184*	—	*1941*	--	—	—	--	*2178*	*1724*	*2326*	*1880*
114,30	6,35	101,60	T95	1	5	1411	--	1041	1446	—	1446	—	1445	1445	—	—
114,30	7,37	99,56	T95	1	5	1621	—	1262	1662	--	1572	—	1662	1647	--	—
114,30	*8,56*	*97,18*	*T95*	*1*	*5*	*1862*	—	*1515*	—	—	—	--	*1908*	*1647*	*1908*	*1795*
114,30	*10,20*	*93,90*	*T95*	*1*	*5*	*2184*	—	*1854*	—	—	—	--	*2080*	*1647*	*2229*	*1795*
114,30	6,35	101,60	P110	1	12,5	1633	—	1240	1713	1713	1713	1713	1713	1713	—	—
114,30	7,37	99,56	P110	1	12,5	1877	—	1502	1969	1969	1871	1969	1969	1961	--	—
114,30	8,56	97,18	P110	1	12,5	2156	—	1804	2262	2262	1871	2021	2262	1961	2262	2138
114,30	*10,20*	*93,90*	*P110*	*1*	*12,5*	*2527*	—	*2207*	--	—	—	--	*2476*	*1961*	*2653*	*2138*
114,30	6,35	101,60	P110	1	5	1633	--	1240	1713	1713	1713	1713	1713	1713	--	—
114,30	7,37	99,56	P110	1	5	1877	—	1502	1969	1969	1871	1969	1969	1961	--	—
114,30	8,56	97,18	P110	1	5	2156	--	1804	2262	2262	1871	2021	2262	1961	2262	2138

Продолжение таблицы I.3

Наружный диаметр D, мм	Толщина стенки t, мм	Внутренний диаметр d, мм	Группа прочности	Переменная/искусственный дефект (надрез)		Соответствующий номер формулы										
						(10)	(54), (55), (56)		(60), (61)							
						Текучесть тела трубы без резьбы, МПа	Прочность соединения, МПа									
							SC	LC	Баттресс				ОТТМ		ОТТГ	
									Обычная муфта		Специальная муфта		Обычная муфта	Специальная муфта	Обычная муфта	Специальная муфта
				$k_д$	$a_н$ %				Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Низкие группы прочности	Высокие группы прочности
114,30	*10,20*	*93,90*	*P110*	*1*	*5*	*2527*	—	*2207*	—	—	—	—	*2476*	*1961*	*2653*	*2138*
114,30	*6,35*	*101,60*	*Q125*	*1*	*5*	*1855*	—	*1338*	—	—	—	—	*1866*	*1866*	—	—
114,30	*7,37*	*99,56*	*Q125*	*1*	*5*	*2133*	—	*1623*	—	—	—	—	*2145*	*2117*	—	—
114,30	8,56	97,18	Q125	1	5	2450	—	1949	2464	—	—	—	2463	2117	2463	2309
114,30	*10,20*	*93,90*	*Q125*	*1*	*5*	*2874*	—	2383	—	—	—	—	*2675*	*2117*	*2866*	*2309*
114,30	*6,35*	*101,60*	*Q135*	*1*	*5*	*2002*	—	*1438*	—	—	—	—	*2005*	*2005*	—	—
114,30	*7,37*	*99,56*	*Q135*	*1*	*5*	*2301*	—	*1744*	—	—	—	—	*2305*	*2274*	—	—
114,30	*8,56*	*97,18*	*Q135*	*1*	*5*	*2643*	—	*2093*	—	—	—	—	*2648*	*2274*	*2648*	*2480*
114,30	*10,20*	*93,90*	*Q135*	*1*	*5*	*3101*	—	*2560*	—	—	—	—	*2873*	*2274*	*3078*	*2480*
127,00	5,59	115,82	J55	2	12,5	808	592	—	—	—	—	—	—	—	—	—
127,00	6,43	114,14	J55	2	12,5	923	750	810	1123	1123	1123	1123	1122	1122	—	—
127,00	7,52	111,96	J55	2	12,5	1070	919	992	1301	1301	1278	1301	1301	1301	—	—
127,00	*9,19*	*108,62*	*J55*	*2*	*12,5*	*1288*	—	*1262*	—	—	—	—	*1567*	*1315*	*1567*	*1433*
127,00	*10,70*	*105,60*	*J55*	*2*	*12,5*	*1481*	—	*1500*	—	—	—	—	*1801*	*1315*	*1801*	*1433*
127,00	5,59	115,82	K55	2	12,5	808	652	—	—	—	—	—	—	—	—	—
127,00	6,43	114,14	K55	2	12,5	923	827	894	1376	1376	1376	1376	1376	1376	—	—
127,00	7,52	111,96	K55	2	12,5	1070	1013	1096	1595	1595	1595	1595	1594	1594	—	—
127,00	*9,19*	*108,62*	*K55*	*2*	*12,5*	*1288*	—	*1394*	—	—	—	—	*1921*	*1666*	*1921*	*1816*
127,00	*10,70*	*105,60*	*K55*	*2*	*12,5*	*1481*	—	*1657*	—	—	—	—	*2208*	*1666*	*2208*	*1816*
127,00	5,59	115,82	M65	2	12,5	955	689	—	—	—	—	—	—	—	—	—
127,00	6,43	114,14	M65	2	12,5	1091	872	941	1281	—	1281	—	1281	1281	—	—
127,00	7,52	111,96	M65	2	12,5	1265	—	1153	1485	—	1485	—	1484	1484	—	—
127,00	9,19	108,62	M65	2	12,5	1525	—	1471	1790	—	1619	—	1788	1666	1788	1788
127,00	11,10	104,80	M65	2	12,5	1811	—	1820	2126	—	1619	—	2125	1666	2125	1816
127,00	5,59	115,82	M65	1	12,5	955	689	—	—	—	—	—	—	—	—	—
127,00	6,43	114,14	M65	1	12,5	1091	872	941	1281	—	1281	—	1281	1281	—	—
127,00	7,52	111,96	M65	1	12,5	1265	—	1153	1485	—	1485	—	1484	1484	—	—
127,00	9,19	108,62	M65	1	12,5	1525	—	1471	1790	—	1619	—	1788	1666	1788	1788
127,00	11,10	104,80	M65	1	12,5	1811	—	1820	2126	—	1619	—	2125	1666	2125	1816
127,00	*6,43*	*114,14*	*L80 9Cr*	*2*	*12,5*	*1344*	—	—	—	—	—	—	*1455*	*1455*	—	—
127,00	7,52	111,96	L80 9Cr	2	12,5	1556	—	1313	1686	—	1619	—	1686	1666	—	—
127,00	9,19	108,62	L80 9Cr	2	12,5	1877	—	1674	2033	—	1619	—	2032	1666	2032	1816
127,00	*10,70*	*105,60*	*L80 9Cr*	*2*	*12,5*	*2157*	—	—	—	—	—	—	*2317*	*1666*	*2335*	*1816*
127,00	11,10	104,80	L80 9Cr	2	12,5	2229	—	2072	2267	—	1619	—	2317	1666	2414	1816
127,00	12,14	102,72	L80 9Cr	2	12,5	2417	—	2283	2267	—	1619	—	—	—	—	—

Продолжение таблицы I.3

Наружный диаметр D, мм	Толщина стенки t, мм	Внутренний диаметр d, мм	Группа прочности	Переменная/искусственный дефект (надрез)		Соответствующий номер формулы										
						(10)	(54) (55) (56)		(60) (61)							
						Текучесть тела трубы без резьбы, МПа	Прочность соединения, МПа									
							SC	LC	Баттресс				OTTM		OTTГ	
									Обычная муфта		Специальная муфта		Обычная муфта	Специальная муфта	Обычная муфта	Специальная муфта
				k_a	a_N %				Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Низкие группы прочности	Высокие группы прочности
127,00	12,70	101,60	L80 9Cr	2	12,5	2515	—	2395	2267	—	1619	—	—	—	—	—
127,00	*6,43*	*114,14*	*L80*	*1*	*12,5*	*1344*	—	—	—	—	—	—	*1455*	*1455*	—	—
127,00	7,52	111,96	L80	1	12,5	1556	—	1313	1686	—	1619	—	1686	1666	—	—
127,00	9,19	108,62	L80	1	12,5	1877	—	1674	2033	—	1619	—	2032	1666	2032	1816
127,00	*10,70*	*105,60*	*L80*	*1*	*12,5*	*2157*	—	—	—	—	—	—	*2317*	*1666*	*2335*	*1816*
127,00	11,10	104,80	L80	1	12,5	2229	—	2072	2267	—	1619	—	2317	1666	2414	1816
127,00	12,14	102,72	L80	1	12,5	2417	—	2283	2267	—	1619	—	—	—	—	—
127,00	12,70	101,60	L80	1	12,5	2515	—	2395	2267	—	1619	—	—	—	—	—
127,00	*6,43*	*114,14*	*N80*	*2*	*12,5*	*1344*	—	*1128*	—	—	—	—	*1517*	*1517*	—	—
127,00	7,52	111,96	N80	2	12,5	1556	—	1382	1759	1759	1704	—	1758	1753	—	—
127,00	9,19	108,62	N80	2	12,5	1877	—	1762	2122	2122	1704	—	2119	1753	2119	1910
127,00	*10,70*	*105,60*	*N80*	*2*	*12,5*	*2157*	—	*2092*	—	—	—	—	*2435*	*1753*	*2435*	*1910*
127,00	11,10	104,80	N80	2	12,5	2229	—	2181	2387	2520	1704	—	2438	1753	2518	1910
127,00	12,14	102,72	N80	2	12,5	2417	—	2403	2387	2732	1704	—	—	—	—	—
127,00	12,70	101,60	N80	2	12,5	2515	—	2521	2387	2844	1704	—	—	—	—	—
127,00	*6,43*	*114,14*	*N80*	*1*	*12,5*	*1344*	—	*1128*	—	—	—	—	*1517*	*1517*	—	—
127,00	7,52	111,96	N80	1	12,5	1556	—	1382	1759	1759	1704	1759	1758	1753	—	—
127,00	9,19	108,62	N80	1	12,5	1877	—	1762	2122	2122	1704	2122	2119	1753	2119	1910
127,00	*10,70*	*105,60*	*N80*	*1*	*12,5*	*2157*	—	*2092*	—	—	—	—	*2435*	*1753*	*2435*	*1910*
127,00	11,10	104,80	N80	1	12,5	2229	—	2181	2387	2520	1704	2130	2438	1753	2518	1910
127,00	12,14	102,72	N80	1	12,5	2417	—	2403	2387	2732	1704	2130	—	—	—	—
127,00	12,70	101,60	N80	1	12,5	2515	—	2521	2387	2844	1704	2130	—	—	—	—
127,00	*6,43*	*114,14*	*C90*	*1*	*5*	*1512*	—	*1128*	—	—	—	—	*1549*	*1549*	—	—
127,00	7,52	111,96	C90	1	5	1751	—	1382	1796	—	1704	—	1795	1753	—	—
127,00	9,19	108,62	C90	1	5	2112	—	1762	2166	—	1704	—	2163	1753	2163	1910
127,00	11,10	104,80	C90	1	5	2508	—	2181	2387	—	1704	—	2438	1753	2509	1910
127,00	12,14	102,72	C90	1	5	2719	—	2403	2387	—	1704	—	—	—	—	—
127,00	12,70	101,60	C90	1	5	2830	—	2521	2387	—	1704	—	—	—	—	—
127,00	*6,43*	*114,14*	*R95*	*1*	*12,5*	*1593*	—	—	—	—	—	—	*1691*	*1691*	—	—
127,00	7,52	111,96	R95	1	12,5	1848	—	1498	1960	—	1873	—	1960	1928	—	—
127,00	9,19	108,62	R95	1	12,5	2229	—	1903	2361	—	1873	—	2361	1928	2361	2102
127,00	*10,70*	*105,60*	R95	*1*	*12,5*	*2559*	—	*2301*	—	—	—	—	*2682*	*1928*	*2714*	*2102*
127,00	11,10	104,80	R95	1	12,5	2647	—	2397	2624	—	1873	—	2682	1928	2806	2102
127,00	12,14	102,72	R95	1	12,5	2870	—	2641	2624	—	1873	—	—	—	—	—
127,00	12,70	101,60	R95	1	12,5	2987	—	2770	2624	—	1873	—	—	—	—	—

Продолжение таблицы I.3

Наружный диаметр D, мм	Толщина стенки t, мм	Внутренний диаметр d, мм	Группа прочности	Переменная/ искусственный дефект (надрез)		Соответствующий номер формулы									
						(10)	(54), (55), (56)		(60), (61)						
						Текучесть тела трубы без резьбы, МПа	Прочность соединения, МПа								
							SC	LC	Баттресс				ОТТМ		ОТТГ
									Обычная муфта		Специальная муфта		Обычная муфта	Специальная муфта	Обычная муфта	Специальная муфта
				k_a	a_N %				Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Низкие группы прочности	Высокие группы прочности
127,00	*6,43*	*114,14*	*T95*	*1*	*5*	*1593*	—	*1185*	--	—	—	--	*1629*	*1629*	—	—
127,00	7,52	111,96	T95	1	5	1848	—	1451	1888	—	1789	--	1887	1842	—	—
127,00	9,19	108,62	T95	1	5	2229	—	1851	2277	—	1789	—	2274	1842	2274	2007
127,00	11,10	104,80	T95	1	5	2647	--	2290	2506	—	1789	—	2562	1842	2703	2007
127,00	12,14	102,72	T95	1	5	2870	—	2523	2506	—	1789	—	—	—	—	—
127,00	12,70	101,60	T95	1	5	2987	--	2647	2506	—	1789	--	—	—	—	—
127,00	*6,43*	*114,14*	*P110*	*1*	*12,5*	*1845*	—	*1411*	--	—	—	--	*1929*	*1929*	--	—
127,00	7,52	111,96	P110	1	12,5	2140	—	1728	2236	2236	2130	2236	2236	2193	—	—
127,00	9,19	108,62	P110	1	12,5	2581	—	2203	2697	2697	2130	2301	2694	2193	2694	2390
127,00	*10,70*	*105,60*	*P110*	*1*	*12,5*	*2962*	—	*2617*	--	—	—	—	*3050*	*2193*	*3096*	*2390*
127,00	11,10	104,80	P110	1	12,5	3065	—	2726	2983	3202	2130	2301	3050	2193	3201	2390
127,00	12,14	102,72	P110	1	12,5	3323	—	3004	2983	3222	2130	2301	—	—	—	—
127,00	12,70	101,60	P110	1	12,5	3459	—	3151	2983	3222	2130	2301	--	—	—	—
127,00	*6,43*	*114,14*	*P110*	*1*	*5*	*1845*	—	*1411*	—	—	—	—	*1929*	*1929*	—	—
127,00	7,52	111,96	P110	1	5	2140	—	1728	2236	2236	2130	2236	2236	2193	--	—
127,00	9,19	108,62	P110	1	5	2581	—	2203	2697	2697	2130	2301	2694	2193	2694	2390
127,00	*10,70*	*105,60*	*P110*	*1*	*5*	*2962*	—	*2617*	--	—	—	—	*3050*	*2193*	*3096*	*2390*
127,00	11,10	104,80	P110	1	5	3065	—	2726	2983	3202	2130	2301	3050	2193	3201	2390
127,00	12,14	102,72	P110	1	5	3323	—	3004	2983	3222	2130	2301	—	—	—	—
127,00	12,70	101,60	P110	1	5	3459	—	3151	2983	3222	2130	2301	—	—	—	—
127,00	9,19	108,62	Q125	1	5	2933	—	2379	2940	—	—	—	2937	2368	2937	2581
127,00	*10,70*	*150,60*	*Q125*	*1*	*5*	*3368*	—	*2827*	—	—	—	—	*2937*	*2368*	*3376*	*2581*
127,00	11,10	104,80	Q125	1	5	3483	--	2944	3222	—	—	--	2937	2368	3490	2581
127,00	12,14	102,72	Q125	1	5	3776	—	3244	3222	—	—	--	—	—	--	—
127,00	12,70	101,60	Q125	1	5	3930	—	3403	3 222	—	—	—	—	—	--	—
127,00	*7,52*	*111,96*	*Q135*	*1*	***5***	***2624***	—	***2004***	—	—	—	—	*2620*	*2544*	—	—
127,00	*9,19*	*108,62*	*Q135*	*1*	*5*	*3162*	—	*2554*	—	—	—	--	*3158*	*2544*	*3158*	*2773*
127,00	*10,70*	*105,60*	*Q135*	*1*	***5***	***3634***	—	***3036***	—	—	—	--	*3538*	*2544*	*3629*	*2773*
127,00	*11,10*	*104,80*	*Q135*	*1*	*5*	*3757*	—	*3162*	—	—	—	—	*3538*	*2544*	*3752*	*2772*
139,70	6,20	127,30	H40	2	12,5	717	577	—	—	—	—	—	938	938	--	—
139,70	*6,98*	*125,74*	*H40*	*2*	*12,5*	*803*	***676***	*622*	—	—	—	—	*1049*	*1049*	—	—
139,70	*7,72*	*124,26*	*H40*	*2*	*12,5*	*883*	***768***	*828*	--	—	—	--	*1154*	*1154*	--	—
139,70	*9,17*	*121,36*	*H40*	*2*	*12,5*	*1037*	—	*1019*	--	—	—	--	*1356*	*1177*	*1356*	*1281*
139,70	*10,54*	*118,62*	*H40*	*2*	*12,5*	*1180*	—	*1198*	--	—	—	—	*1542*	*1177*	*1542*	*1281*
139,70	6,20	127,30	J55	2	12,5	986	765	—	--	—	—	--	1189	1189	—	—

Продолжение таблицы I.3

Наружный диаметр D, мм	Толщина стенки t, мм	Внутренний диаметр d, мм	Группа прочности	Переменная/искусственный дефект (надрез)		Соответствующий номер формулы										
						(10)	(54), (55), (56)		(60), (61)							
						Текучесть тела трубы без резьбы, МПа	Прочность соединения, МПа									
							SC	LC	Баттресс				ОТТМ		ОТТГ	
									Обычная муфта		Специальная муфта		Обычная муфта	Специальная муфта	Обычная муфта	Специальная муфта
				k_a	a_N %				Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Низкие группы прочности	Высокие группы прочности
139,70	6,98	125,74	J55	2	12,5	1104	897	966	1333	1333	1333	1333	1331	1331	—	—
139,70	7,72	124,26	J55	2	12,5	1214	1019	1097	1465	1465	1413	1465	1464	1464	—	—
139,70	*9,17*	*121,36*	*J55*	*2*	*12,5*	*1424*	—	*1349*	—	—	—	—	*1720*	*1470*	*1720*	*1600*
139,70	*10,54*	*118,62*	*J55*	*2*	*12,5*	*1620*	—	*1583*	—	—	—	—	*1956*	*1470*	*1956*	*1600*
139,70	*12,70*	*114,30*	*J55*	*2*	*12,5*	*1919*	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
139,70	6,20	127,30	K55	2	12,5	986	840	—	—	—	—	—	1452	1452	—	—
139,70	6,98	125,71	K55	2	12,5	1104	985	1063	1628	1628	1628	1628	1626	1626	—	—
139,70	7,72	124,26	K55	2	12,5	1214	1119	1208	1789	1789	1789	1789	1788	1788	—	—
139,70	*9,17*	*121,36*	*K55*	*2*	*12,5*	*1424*	—	*1485*	—	—	—	—	*2100*	*1862*	*2100*	*2027*
139,70	*10,54*	*118,62*	*K55*	*2*	*12,5*	*1620*	—	*1742*	—	—	—	—	*2389*	*1862*	*2389*	*2027*
139,70	*12,70*	*114,30*	*K55*	*2*	*12,5*	*1919*	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
139,70	6,20	127,30	M65	2	12,5	1165	891	—	—	—	—	—	1358	1358	—	—
139,70	6,98	125,74	M65	2	12,5	1305	1044	1124	1522	—	1522	—	1520	1520	—	—
139,70	7,72	124,26	M65	2	12,5	1435	—	1277	1673	—	1673	—	1672	1672	—	—
139,70	9,17	121,36	M65	2	12,5	1685	—	1572	1965	—	1790	—	1964	1862	1964	1964
139,70	10,54	118,62	M65	2	12,5	1917	—	1845	2 235	—	1790	—	2234	1862	2234	2027
139,70	6,20	127,30	M65	1	12,5	1165	891	—	—	—	—	—	1358	1358	—	—
139,70	6,98	125,74	M65	1	12,5	1305	1044	1124	1522	—	1522	—	1520	1520	—	—
139,70	7,72	124,26	M65	1	12,5	1435	—	1277	1673	—	1673	—	1672	1672	—	—
139,70	9,17	121,36	M65	1	12,5	1685	—	1572	1965	—	1790	—	1964	1862	1964	1964
139,70	10,54	118,62	M65	1	12,5	1917	—	1845	2235	—	1790	—	2234	1862	2234	2027
139,70	*6,98*	*125,74*	*L80 9Cr*	*2*	*12,5*	*1606*	—	*1322*	—	—	—	—	*1730*	*1730*	—	—
139,70	7,72	124,26	L80 9Cr	2	12,5	1766	—	1504	1903	—	1790	—	1902	1862	—	—
139,70	9,17	121,36	L80 9Cr	2	12,5	2074	—	1852	2236	—	1790	—	2235	1862	2235	2027
139,70	10,54	118,62	L80 9Cr	2	12,5	2359	—	2173	2448	—	1790	—	2528	1862	2542	2027
139,70	*12,70*	*114,30*	*L80 9Cr*	*2*	*12,5*	*2796*	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
139,70	*6,98*	*125,74*	*L80*	*1*	*12,5*	*1606*	—	*1322*	—	—	—	—	*1730*	*1730*	—	—
139,70	7,72	124,26	L80	1	12,5	1766	—	1504	1903	—	1790	—	1902	1862	—	—
139,70	9,17	121,36	L80	1	12,5	2074	—	1852	2236	—	1790	—	2235	1862	2235	2027
139,70	10,54	118,62	L80	1	12,5	2359	—	2173	2448	—	1790	—	2528	1862	2542	2027
139,70	*12,70*	*114,30*	*L80*	*1*	*12,5*	*2796*	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
139,70	*6,20*	*127,30*	*N80*	*2*	*12,5*	*1435*	*1078*	—	—	—	—	—	*1610*	*1610*	—	—
139,70	*6,98*	*125,74*	*N80*	*2*	*12,5*	*1606*	*1262*	*1358*	—	—	—	—	*1802*	*1802*	—	—
139,70	7,72	124,26	N80	2	12,5	1768	—	1546	1984	1984	1885	—	1982	1959	—	—
139,70	9,17	121,36	N80	2	12,5	2074	—	1903	2331	2331	1885	—	2329	1959	2329	2132

Продолжение таблицы I.3

Наружный диаметр D, мм	Толщина стенки t, мм	Внутренний диаметр d, мм	Группа прочности	Переменная/искусственный дефект (надрез)		Соответствующий номер формулы										
						(10)	(54), (55), (56)		(60), (61)							
						Текучесть тела трубы без резьбы, МПа	Прочность соединения, МПа									
							SC	LC	Баттресс				ОТТМ		ОТТГ	
									Обычная муфта		Специальная муфта		Обычная муфта	Специальная муфта	Обычная муфта	Специальная муфта
				$k_д$	$a_д$, %				Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Низкие группы прочности	Высокие группы прочности
139,70	10,54	118,62	N80	2	12,5	2359	—	2234	2577	2651	1885	—	2648	1959	2648	2132
139,70	*12,70*	*114,30*	*N80*	*2*	*12,5*	*2796*	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
139,70	*6,20*	*127,30*	*N80*	*1*	*12,5*	*1435*	*1078*	—	—	—	—	—	*1610*	*1610*	—	—
139,70	*6,98*	*125,74*	*N80*	*1*	*12,5*	*1606*	*1262*	*1358*	—	—	—	—	*1802*	*1802*	—	—
139,70	7,72	124,26	N80	1	12,5	1766	—	1546	1984	1984	1885	1984	1982	1959	—	—
139,70	9,17	121,36	N80	1	12,5	2074	—	1903	2331	2331	1885	2331	2329	1959	2329	2132
139,70	10,54	118,62	N80	1	12,5	2359	—	2234	2577	2651	1885	2356	2648	1959	2648	2132
139,70	*12,70*	*114,30*	*N80*	*1*	*5*	*2796*	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
139,70	*6,98*	*125,74*	*C90*	*1*	*5*	*1806*	—	*1391*	—	—	—	—	*1844*	*1844*	—	—
139,70	7,72	124,26	C90	1	5	1986	—	1583	2030	—	1885	—	2028	1959	—	—
139,70	9,17	121,36	C90	1	5	2333	—	1949	2384	—	1885	—	2382	1959	2382	2132
139,70	10,54	118,62	C90	1	5	2654	—	2288	2577	—	1885	—	2659	1959	2710	2132
139,70	12,70	114,30	C90	1	5	3144	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
139,70	14,27	111,16	C90	1	5	3490	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
139,70	15,88	107,94	C90	1	5	3832	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
139,70	17,45	104,80	C90	1	5	4159	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
139,70	19,05	101,60	C90	1	5	4480	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
139,70	20,62	98,46	C90	1	5	4787	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
139,70	22,23	95,26	C90	1	5	5090	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
139,70	*6,98*	*125,74*	*R95*	*1*	*12,5*	*1905*	—	*1530*	—	—	—	—	*1797*	*1797*	—	—
139,70	7,72	124,26	R95	1	12,5	2097	—	1740	2212	—	2071	—	2012	2012	—	—
139,70	9,17	121,36	R95	1	12,5	2463	—	2142	2599	—	2071	—	2212	2155	2212	2212
139,70	10,54	118,62	R95	1	12,5	2802	—	2514	2956	—	2071	—	2925	2155	2956	2956
139,70	*12,70*	*114,30*	*R95*	*1*	*12,5*	*3317*	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
139,70	*6,98*	*125,74*	*T95*	*1*	*5*	*1905*	—	*1462*	—	—	—	—	*1939*	*1939*	—	—
139,70	7,72	124,26	T95	1	5	2097	—	1662	2134	—	1979	—	2133	2058	—	—
139,70	9,17	121,36	T95	1	5	2463	—	2047	2506	—	1979	—	2505	2058	2505	2241
139,70	10,54	118,62	T95	1	5	2802	—	2402	2706	—	1979	—	2794	2058	2849	2241
139,70	12,70	114,30	T95	1	5	3319	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
139,70	14,27	111,16	T95	1	5	3684	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
139,70	15,88	107,94	T95	1	5	4045	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
139,70	17,45	104,80	T95	1	5	4390	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
139,70	19,05	101,60	T95	1	5	4729	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
139,70	20,62	98,46	T95	1	5	5053	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
139,70	22,23	95,26	T95	1	5	5372	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Продолжение таблицы I.3

Наружный диаметр D, мм	Толщина стенки t, мм	Внутренний диаметр d, мм	Группа прочности	Переменная/искусственный дефект (надрез)		Соответствующий номер формулы										
						(10)	(54), (55), (56)		(60), (61)							
						Текучесть тела трубы без резьбы, МПа	Прочность соединения, МПа									
							SC	LC	Баттресс				ОТТМ		ОТТГ	
									Обычная муфта		Специальная муфта		Обычная муфта	Специальная муфта	Обычная муфта	Специальная муфта
				k_a	a_N %				Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Низкие группы прочности	Высокие группы прочности
139,70	6,98	125,74	P110	1	12,5	2205	1680	—	—	—	—	—	2295	2295	—	—
139,70	7,72	124,26	P110	1	12,5	2428	—	1979	2526	2526	2356	2526	2525	2451	—	—
139,70	9,17	121,36	P110	1	12,5	2852	—	2437	2967	2967	2356	2544	2966	2451	2966	2668
139,70	10,54	118,62	P110	1	12,5	3244	—	2860	3221	3375	2356	2544	3327	2451	3373	3668
139,70	12,70	114,30	P110	1	12,5	3839	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
139,70	6,98	125,74	P110	1	5	2205	1680	—	—	—	—	—	2295	2295	—	—
139,70	7,72	124,26	P110	1	5	2 428	—	1979	2526	2526	2356	2526	2525	2451	—	—
139,70	9,17	121,36	P110	1	5	2 852	—	2437	2967	2967	2356	2544	2966	2451	2966	2668
139,70	10,54	118,62	P110	1	5	3 244	—	2860	3221	3375	2356	2544	3327	2451	3373	3668
139,70	12,70	114,30	P110	1	5	3839	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
139,70	7,72	124,26	Q125	1	5	2758	—	2137	—	—	—	—	2755	2647	—	—
139,70	9,17	121,36	Q125	1	5	3240	—	2631	—	—	—	—	3237	2647	3237	2881
139,70	10,54	118,62	Q125	1	5	3 686	—	3088	3479	—	—	—	3593	2647	3681	2881
139,70	7,72	124,26	Q135	1	5	2758	—	2137	—	—	—	—	2755	2647	—	—
139,70	9,17	121,36	Q135	1	5	3240	—	2631	—	—	—	—	3237	2647	3237	2881
139,70	10,54	118,62	Q135	1	5	3685	—	3088	3480	—	2544	—	3593	2647	3681	2881
146,05	6,50	133,10	H40	2	12,5	786	641	—	—	—	—	—	1023	1023	—	—
146,05	7,00	132,10	H40	2	12,5	844	706	758	—	—	—	—	1098	1098	—	—
146,05	7,70	130,70	H40	2	12,5	924	798	856	—	—	—	—	1202	1202	—	—
146,05	8,50	129,10	H40	2	12,5	1014	—	967	—	—	—	—	1319	1273	1319	1319
146,05	9,50	127,10	H40	2	12,5	1125	—	1103	—	—	—	—	1463	1273	1463	1382
146,05	6,50	133,10	J55	2	12,5	1080	849	911	1299	1299	1299	1299	1299	1299	—	—
146,05	7,00	132,10	J55	2	12,5	1159	936	1004	1393	1393	1393	1393	1393	1394	—	—
146,05	7,70	130,70	J55	2	12,5	1268	1057	1134	1525	1525	1525	1538	1525	1525	—	—
146,05	8,50	129,10	J55	2	12,5	1392	—	1280	1674	1674	1538	1674	1674	1589	1674	1674
146,05	9,50	127,10	J55	2	12,5	1544	—	1461	1857	1857	1538	1857	1857	1587	1857	1726
146,05	10,70	124,70	J55	2	12,5	1724	—	1674	2073	2014	1538	1949	2073	1589	2073	1726
146,05	6,50	133,10	K55	2	12,5	1080	931	1001	1583	1583	1583	1583	1583	1583	—	—
146,05	7,00	132,10	K55	2	12,5	1159	1027	1104	1698	1698	1698	1698	1698	1698	—	—
146,05	7,70	130,70	K55	2	12,5	1268	1160	1246	1859	1859	1859	1859	1859	1859	—	—
146,05	8,50	129,10	K55	2	12,5	1392	—	1407	2040	2014	1949	1949	2040	2014	2040	2041
146,05	9,50	127,10	K55	2	12,5	1544	—	1606	2264	2264	1949	1949	2264	2014	2264	2186
146,05	10,70	124,70	K55	2	12,5	1724	—	1840	2527	2527	1949	1949	2528	2014	2527	2186
146,05	6,50	133,10	M65	2	12,5	1276	989	—	1483	—	1483	—	1483	1483	—	—
146,05	7,00	132,10	M65	2	12,5	1370	1090	1169	1592	—	1592	—	1592	1592	—	—

Продолжение таблицы I.3

Наружный диаметр D, мм	Толщина стенки t, мм	Внутренний диаметр d, мм	Группа прочности	Переменная/искусственный дефект (надрез)		Соответствующий номер формулы										
						(10)	(54), (55), (56)		(60), (61)							
						Текучесть тела трубы без резьбы, МПа	Прочность соединения, МПа									
							SC	LC	Баттресс				ОТТМ		ОТТГ	
									Обычная муфта		Специальная муфта		Обычная муфта	Специальная муфта	Обычная муфта	Специальная муфта
				k_a	a_N %				Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Низкие группы прочности	Высокие группы прочности
146,05	7,70	130,70	M65	2	12,5	1499	1231	1320	1742	—	1742	—	1742	1742	—	—
146,05	8,50	129,10	M65	2	12,5	1645	—	1490	1912	—	1912	—	1912	1912	1912	1912
146,05	9,50	127,10	M65	2	12,5	1826	—	1700	2121	—	1949	—	2121	2014	2121	2122
146,05	10,70	124,70	M65	2	12,5	2038	—	1948	2368	—	1949	—	2368	2014	2368	2186
146,05	6,50	133,10	M65	1	12,5	1276	989	–	1483	—	1483	—	1483	1483	—	—
146,05	7,00	132,10	M65	1	12,5	1370	1090	1169	1592	—	1592	—	1592	1592	—	—
146,05	7,70	130,70	M65	1	12,5	1499	1231	1320	1742	—	1742	—	1742	1742	—	—
146,05	8,50	129,10	M65	1	12,5	1645	—	1490	1912	—	1912	—	1912	1912	1912	1912
146,05	9,50	127,10	M65	1	12,5	1826	—	1700	2121	—	1949	—	2121	2014	2121	2122
146,05	10,70	124,70	M65	1	12,5	2038	—	1948	2368	—	1949	—	2368	2014	2368	2186
146,05	7,00	132,10	L80 9Cr	2	12,5	1688	—	1392	1813	—	1813	—	1813	1813	—	—
146,05	7,70	130,70	L80 9Cr	2	12,5	1847	—	1572	1984	—	1949	—	1984	1984	—	—
146,05	8,50	129,10	L80 9Cr	2	12,5	2027	—	1775	2178	—	1949	—	2178	2014	2178	2178
146,05	9,50	127,10	L80 9Cr	2	12,5	2249	—	2025	2416	—	1949	—	2416	2014	2416	2186
146,05	10,70	124,70	L80 9Cr	2	12,5	2511	—	2320	2697	—	1949	—	2697	2014	2697	2186
146,05	7,00	132,10	L80	1	12,5	1688	—	1392	1813	—	1813	—	1813	1813	—	—
146,05	7,70	130,70	L80	1	12,5	1847	—	1572	1984	—	1949	—	1984	1984	—	—
146,05	8,50	129,10	L80	1	12,5	2027	—	1775	2178	—	1949	—	2178	2014	2178	2178
146,05	9,50	127,10	L80	1	12,5	2249	—	2025	2416	—	1949	—	2416	2014	2416	2186
146,05	10,70	124,70	L80	1	12,5	2511	—	2320	2697	—	1949	—	2697	2014	2697	2186
146,05	6,50	133,10	N80	2	12,5	1573	1199	—	—	—	—	—	1760	1760	—	—
146,05	7,00	132,10	N80	2	12,5	1688	1322	1888	1888	1888	1888	—	1888	1888	—	—
146,05	7,70	130,70	N80	2	12,5	1847	1492	1599	2066	2066	2050	—	2066	2066	—	—
146,05	8,50	129,10	N80	2	12,5	2027	—	1806	2268	2268	2050	—	2268	2118	2268	2269
146,05	9,50	127,10	N80	2	12,5	2249	—	2061	2516	2516	2050	—	2516	2118	2516	2300
146,05	10,70	124,70	N80	2	12,5	2511	—	2361	2809	2809	2050	—	2809	2118	2809	2300
146,05	6,50	133,10	N80	1	12,5	1573	1199	—	—	—	—	—	1760	1760	—	—
146,05	7,00	132,10	N80	1	12,5	1688	1322	1889	1888	1888	1888	1889	1888	1888	—	—
146,05	7,70	130,70	N80	1	12,5	1847	1492	1599	2066	2066	2050	2067	2066	2066	—	—
146,05	8,50	129,10	N80	1	12,5	2027	—	1806	2268	2268	2050	2269	2268	2118	2268	2269
146,05	9,50	127,10	N80	1	12,5	2249	—	2061	2516	2516	2050	2517	2516	2118	2516	2300
146,05	10,70	124,70	N80	1	12,5	2511	—	2361	2809	2809	2050	2565	2809	2118	2809	2300
146,05	7,00	132,10	C90	1	5	1899	—	1465	1934	–	1934	—	1934	1934	—	—
146,05	7,70	130,70	C90	1	5	2078	—	1654	2116	—	2050	—	2116	2116	—	—
146,05	8,50	129,10	C90	1	5	2281	—	1867	2323	—	2050	—	2323	2118	2323	2300

Продолжение таблицы I.3

Наружный диаметр D, мм	Толщина стенки t, мм	Внутренний диаметр d, мм	Группа прочности	Переменная/искусственный дефект (надрез)		Соответствующий номер формулы										
						(10)	(54), (55), (56)		(60), (61)							
						Текучесть тела трубы без резьбы, МПа	Прочность соединения, МПа									
							SC	LC	Баттресс				ОТТМ		ОТТГ	
									Обычная муфта		Специальная муфта		Обычная муфта	Специальная муфта	Обычная муфта	Специальная муфта
				k_a	a_h, %				Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Низкие группы прочности	Высокие группы прочности
146,05	9,50	127,10	С90	1	5	2530	—	2130	2577	—	2050	—	2577	2118	2577	2300
146,05	10,70	124,70	С90	1	5	2825	—	2441	2877	—	2050	—	2877	2118	2877	2300
146,05	12,70	120,70	С90	1	5	3304	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
146,05	14,27	117,56	С90	1	5	3668	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
146,05	15,88	114,34	С90	1	5	4032	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
146,05	17,45	111,20	С90	1	5	4373	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
146,05	19,05	108,00	С90	1	5	4719	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
146,05	20,62	104,86	С90	1	5	5045	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
146,05	22,22	101,66	С90	1	5	5367	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
146,05	7,00	132,10	Р95	1	12,5	2003	—	1611	2109	—	2109	—	2109	2109	—	—
146,05	7,70	130,70	Р95	1	12,5	2192	—	1819	2308	—	2255	—	2308	2308	—	—
146,05	8,50	129,10	Р95	1	12,5	2406	—	2054	2533	—	2255	—	2533	2330	2533	2530
146,05	9,50	127,10	Р95	1	12,5	2669	—	2344	2810	—	2255	—	2810	2330	2810	2530
146,05	10,70	124,70	Р95	1	12,5	2980	—	2685	3138	—	2255	—	3138	2330	3138	2530
146,05	7,00	132,10	Т95	1	5	2003	—	1539	2034	—	2034	—	2034	2034	—	—
146,05	7,70	130,70	Т95	1	5	2192	—	1738	2226	—	2154	—	2226	2226	—	—
146,05	8,50	129,10	Т95	1	5	2406	—	1962	2443	—	2154	—	2443	2226	2443	2417
146,05	9,50	127,10	Т95	1	5	2669	—	2239	2711	—	2154	—	2711	2226	2711	2417
146,05	10,70	124,70	Т95	1	5	2980	—	2565	3027	—	2154	—	3027	2226	3027	2417
146,05	12,70	120,70	Т95	1	5	3484	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
146,05	14,27	117,56	Т95	1	5	3869	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
146,05	15,88	114,34	Т95	1	5	4253	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
146,05	17,45	111,20	Т95	1	5	4617	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
146,05	19,05	108,00	Т95	1	5	4978	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
146,05	20,62	104,86	Т95	1	5	5322	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
146,05	22,22	101,66	Т95	1	5	5661	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
146,05	7,00	132,10	Р110	1	12,5	2318	—	1832	2407	2407	2407	2407	—	—	—	—
146,05	7,70	130,70	Р110	1	12,5	2536	—	2069	2634	2634	2564	2634	2634	2634	—	—
146,05	8,50	129,10	Р110	1	12,5	2784	—	2336	2891	2891	2565	2770	2891	2650	2891	2877
146,05	9,50	127,10	Р110	1	12,5	3089	—	2665	3208	3208	2565	2770	3208	2650	3208	2877
146,05	10,70	124,70	Р110	1	12,5	3448	—	3054	3581	3581	2565	2770	3581	2650	3581	2877
146,05	7,00	132,10	Р110	1	5	2318	—	1832	2407	2407	2407	2407	—	—	—	—
146,05	7,70	130,70	Р110	1	5	2536	—	2069	2634	2634	2564	2634	2634	2634	—	—
146,05	8,50	129,10	Р110	1	5	2784	—	2336	2891	2891	2565	2770	2891	2650	2891	2877
146,05	9,50	127,10	Р110	1	5	3089	—	2665	3208	3208	2565	2770	3208	2650	3208	2877

Продолжение таблицы I.3

Наружный диаметр D, мм	Толщина стенки t, мм	Внутренний диаметр d, мм	Группа прочности	Переменная/искусственный дефект (надрез)		Соответствующий номер формулы											
						(10)	(54), (55), (56)		(60), (61)								
						Текучесть тела трубы без резьбы, МПа	Прочность соединения, МПа										
							SC	LC	Баттресс				ОТТМ		ОТТГ		
									Обычная муфта		Специальная муфта		Обычная муфта	Специальная муфта	Обычная муфта	Специальная муфта	
				k_a	a_N %				Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	
146,05	10,70	124,70	P110	1	5	3448	—	3054	3581	3581	2565	2770	3581	2650	3581	2877	
146,05	8,50	129,10	Q125	1	5	3166	—	2523	3157	—	2770	—	3157	2862	3157	3108	
146,05	9,50	127,10	Q125	1	5	3512	—	2879	3502	—	2770	—	3502	2862	3502	3108	
146,05	10,70	124,70	Q125	1	5	3921	—	3298	3910	—	2770	—	3910	2862	3910	3108	
146,05	8,50	129,10	Q135	1	5	3415	—	2710	—	—	—	—	3394	3074	3394	3338	
146,05	9,50	127,10	Q135	1	5	3790	—	3092	—	—	—	—	3766	3074	3766	3338	
146,05	10,70	124,70	Q135	1	5	4231	—	3547	—	—	—	—	4204	3074	4204	3338	
168,28	7,32	153,64	H40	2	12,5	1020	819	889	1308	—	1308	—	1308	1308	—	—	
168,28	8,00	152,28	H40	2	12,5	1111	916	995	1423	—	1388	—	1423	1423	-	-	
168,28	8,94	150,40	H40	2	12,5	1235	1049	1139	1581	—	1388	—	1581	1441	1581	1567	
168,28	10,59	147,10	H40	2	12,5	1447	1278	1388	1853	—	1388	—	1853	1441	1853	1567	
168,28	7,32	153,64	J55	2	12,5	1403	1088	1181	1665	1665	1665	1665	1665	1665	—	—	
168,28	8,00	152,28	J55	2	12,5	1526	1217	1320	1812	1812	1734	1812	1812	1800	—	—	
168,28	8,94	150,40	J55	2	12,5	1697	1395	1514	2014	2014	1735	2014	2013	1800	2013	1957	
168,28	10,59	147,10	J55	2	12,5	1987	—	1842	2359	2359	1734	2197	2359	1800	2359	1957	
168,28	12,06	144,16	J55	2	12,5	2242	—	2130	2662	2662	1734	2197	2662	1800	2662	1957	
168,28	7,32	153,64	K55	2	12,5	1403	1187	1291	2016	2016	2016	2016	2016	2016	—	—	
168,28	8,00	152,28	K55	2	12,5	1526	1327	1443	2194	2194	2194	2194	2194	2194	—	—	
168,28	8,94	150,40	K55	2	12,5	1697	1522	1656	2 439	2439	2198	2198	2437	2280	2437	2437	
168,28	10,59	147,10	K55	2	12,5	1987	—	2014	2857	2857	2197	2197	2857	2280	2857	2480	
168,28	12,06	144,16	K55	2	12,5	2242	—	2329	3223	3223	2197	2197	3223	2280	3223	2480	
168,28	7,32	153,64	M65	2	12,5	1658	1268	1376	1904	—	1904	—	1904	1904	—	—	
168,28	8,00	152,28	M65	2	12,5	1804	1418	1538	2072	—	2072	—	2072	2072	—	—	
168,28	8,94	150,40	M65	2	12,5	2006	—	1764	2303	—	2198	—	2302	2280	2302	2302	
168,28	10,59	147,10	M65	2	12,5	2351	—	2149	2701	—	2198	—	2698	2280	2698	2480	
168,28	12,06	144,16	M65	2	12,5	2650	—	2481	3044	—	2198	—	3044	2280	3044	2480	
168,28	7,32	153,64	M65	1	12,5	1658	1268	1376	1904	—	1904	—	1904	1904	—	—	
168,28	8,00	152,28	M65	1	12,5	1804	1418	1538	2072	—	2072	—	2072	2072	—	—	
168,28	8,94	150,40	M65	1	12,5	2006	—	1764	2303	—	2198	—	2302	2280	2302	2302	
168,28	10,59	147,10	M65	1	12,5	2351	—	2149	2701	—	2198	—	2698	2280	2698	2480	
168,28	12,06	144,16	M65	1	12,5	2650	—	2481	3044	—	2198	—	3044	2280	3044	2480	
168,28	7,32	153,64	L80 9Cr	2	12,5	2042	—	1640	2175	—	2175	—	2175	2175	—	—	
168,28	8,00	152,28	L80 9Cr	2	12,5	2222	—	1835	2367	—	2197	—	2367	2280	—	—	
168,28	8,94	150,40	L80 9Cr	2	12,5	2468	—	2103	2631	—	2198	—	2630	2280	2630	2480	
168,28	10,59	147,10	L80 9Cr	2	12,5	2894	—	2562	3085	—	2198	—	3083	2280	3083	2480	

Продолжение таблицы I.3

Наружный диаметр D, мм	Толщина стенки t, мм	Внутренний диаметр d, мм	Группа прочности	Переменная/искусственный дефект (надрез)		Соответствующий номер формулы										
						(10)	(54) (55) (56)		(60) (61)							
						Текучесть тела трубы без резьбы, МПа	Прочность соединения, МПа									
							SC	LC	Баттресс				ОТТМ		ОТТГ	
									Обычная муфта		Специальная муфта		Обычная муфта	Специальная муфта	Обычная муфта	Специальная муфта
				k_a	a_h %				Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Низкие группы прочности	Высокие группы прочности
168,28	12,06	144,16	L80 9Cr	2	12,5	3266	—	2964	3481	—	2198	—	3478	2280	3478	2480
168,28	7,32	153,64	L80	1	12,5	2042	—	1640	2175	—	2175	—	2175	2175	—	—
168,28	8,00	152,28	L80	1	12,5	2222	—	1835	2367	—	2197	—	2367	2280	—	—
168,28	8,94	150,40	L80	1	12,5	2468	—	2103	2631	—	2198	—	2630	2280	2630	2480
168,28	10,59	147,10	L80	1	12,5	2894	—	2562	3085	—	2198	—	3083	2280	3083	2480
168,28	12,06	144,16	L80	1	12,5	3266	—	2964	3481	—	2198	—	3478	2280	3478	2480
168,28	7,32	153,64	N80	2	12,5	2042	1538	1668	2262	2262	2262	—	2262	2262	—	—
168,28	8,00	152,28	N80	2	12,5	2222	1720	1865	2461	2461	2311	—	2461	2398	—	—
168,28	8,94	150,40	N80	2	12,5	2468	1970	2138	2737	2737	2314	—	2735	2398	2735	2608
168,28	10,59	147,10	N80	2	12,5	2894	—	2605	3209	3209	2314	—	3206	2398	3206	2608
168,28	12,06	144,16	N80	2	12,5	3266	—	3013	3621	3621	2314	—	3617	2398	3617	2608
168,28	7,32	153,64	N80	1	12,5	2042	1538	1668	2262	2262	2262	2262	2262	2262	—	—
168,28	8,00	152,28	N80	1	12,5	2222	1720	1865	2461	2461	2311	2461	2461	2398	—	—
168,28	8,94	150,40	N80	1	12,5	2468	1970	2138	2737	2737	2314	2737	2735	2398	2735	2608
168,28	10,59	147,10	N80	1	12,5	2894	—	2605	3209	3209	2314	2892	3206	2398	3206	2608
168,28	12,06	144,16	N80	1	12,5	3266	—	3013	3621	3621	2314	2892	3617	2398	3617	2608
168,28	8,94	150,40	C90	1	5	2777	—	2311	2814	—	2314	—	2812	2398	2812	2608
168,28	10,59	147,10	C90	1	5	3256	—	2817	3299	—	2314	—	3296	2398	3296	2608
168,28	12,06	144,16	C90	1	5	3674	—	3258	3723	—	2314	—	3718	2398	3718	2608
168,28	12,70	142,90	C90	1	5	3853	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
168,28	14,27	139,76	C90	1	5	4285	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
168,28	15,88	136,54	C90	1	5	4719	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
168,28	17,45	133,40	C90	1	5	5132	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
168,28	19,05	130,20	C90	1	5	5543	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
168,28	20,62	127,06	C90	1	5	5937	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
168,28	22,22	123,86	C90	1	5	6328	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
168,28	7,32	153,64	R95	1	12,5	2423	—	1931	2532	—	2532	—	2532	2532	—	—
168,28	8,00	152,28	R95	1	12,5	2637	—	2160	2756	—	2542	—	2756	2639	—	—
168,28	8,94	150,40	R95	1	12,5	2930	—	2474	3062	—	2542	—	3062	2639	3062	2870
168,28	10,59	147,10	R95	1	12,5	3435	—	3014	3589	—	2542	—	3589	2639	3589	2870
168,28	12,06	144,16	R95	1	12,5	3875	—	3486	4049	—	2542	—	4049	2639	4049	2870
168,28	8,94	150,40	T95	1	5	2931	—	2427	2959	—	2429	—	2957	2520	2957	2741
168,28	10,59	147,10	T95	1	5	3437	—	2958	3469	—	2429	—	3467	2520	3467	2741
168,28	12,06	144,16	T95	1	5	3878	—	3421	3914	—	2429	—	3911	2520	3911	2741
168,28	12,70	142,90	T95	1	5	4064	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Продолжение таблицы I.3

Наружный диаметр D, мм	Толщина стенки t, мм	Внутренний диаметр d, мм	Группа прочности	Переменная/искусственный дефект (надрез)		Соответствующий номер формулы										
						(10)	(54), (55), (56)		(60), (61)							
						Текучесть тела трубы без резьбы, МПа	Прочность соединения, МПа									
							SC	LC	Баттресс				ОТТМ		ОТТГ	
									Обычная муфта		Специальная муфта		Обычная муфта	Специальная муфта	Обычная муфта	Специальная муфта
				k_a	a_N %				Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Низкие группы прочности	Высокие группы прочности
168,28	*14,27*	*139,76*	*T95*	*1*	*5*	*4520*	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
168,28	*15,88*	*136,54*	*T95*	*1*	*5*	*4877*	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
168,28	*17,45*	*133,40*	*T95*	*1*	*5*	*5413*	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
168,28	*19,05*	*130,20*	*T95*	*1*	*5*	*5847*	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
168,28	*20,62*	*127,06*	*T95*	*1*	*5*	*6262*	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
168,28	*22,22*	*123,86*	*T95*	*1*	*5*	*6675*	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
168,28	*8,00*	*152,28*	*P110*	*1*	*12,5*	*3052*	—	—	3147	3147	2891	3123	3147	3001	3147	3147
168,28	8,94	150,40	P110	1	12,5	3394	—	2851	3498	3498	2892	3123	3496	3001	3496	3263
168,28	10,59	147,10	P110	1	12,5	3979	—	3475	4101	4101	2892	3123	4099	3001	4099	3263
168,28	12,06	144,16	P110	1	12,5	4490	—	4019	4628	4628	2892	3123	4624	3001	4624	3263
168,28	*8,00*	*152,28*	*P110*	*1*	*5*	*3052*	—	—	3147	3147	2891	3123	3147	3001	3147	3147
168,28	8,94	150,40	P110	1	5	3394	—	2851	3498	3498	2892	3123	3496	3001	3496	3263
168,28	10,59	147,10	P110	1	5	3979	—	3475	4101	4101	2892	3123	4099	3001	4099	3263
168,28	12,06	144,16	P110	1	5	4490	—	4019	4628	4628	2892	3123	4624	3001	4624	3263
168,28	*8,94*	*150,40*	*Q125*	*1*	*5*	*3856*	—	*3119*	*3825*	—	*3122*	—	*3825*	*3241*	*3825*	*3525*
168,28	*10,59*	*147,10*	*Q125*	*1*	*5*	*4520*	—	*3801*	*4484*	—	*3122*	—	*4484*	*3241*	*4484*	*3525*
168,28	12,06	144,16	Q125	1	5	5102	—	4398	5061	—	—	—	5058	3241	5058	3525
168,28	*8,94*	*150,40*	*Q135*	*1*	*5*	*4160*	—	*3351*	*4113*	—	*3354*	—	*4113*	*3481*	*4113*	*3786*
168,28	*10,59*	*147,10*	*Q135*	*1*	*5*	*4877*	—	*4083*	*4821*	—	*3354*	—	*4821*	*3481*	*4821*	*3786*
168,28	*12,06*	*144,16*	*Q135*	*1*	*5*	*5502*	—	*4721*	*5439*	—	*3354*	—	*5439*	*3481*	*5439*	*3786*
177,80	5,87	166,06	H40	2	12,5	874	542	—	—	—	—	—	—	—	—	—
177,80	6,91	163,98	H40	2	12,5	1023	781	—	—	—	—	—	1302	1302	—	—
177,80	*8,05*	*161,70*	*H40*	*2*	*12,5*	*1184*	*949*	*1045*	*1506*	—	*1497*	—	*1506*	*1506*	—	—
177,80	*9,19*	*159,42*	*H40*	*2*	*12,5*	*1343*	*1115*	*1228*	*1708*	—	*1497*	—	*1708*	*1545*	*1708*	*1679*
177,80	*10,36*	*157,08*	*H40*	*2*	*12,5*	*1503*	—	*1413*	*1912*	—	*1497*	—	*1912*	*1545*	*1912*	*1679*
177,80	*11,51*	*154,78*	*H40*	*2*	*12,5*	*1659*	—	—	*2110*	—	*1497*	—	*2110*	*1545*	—	—
177,80	*12,65*	*152,50*	*H40*	*2*	*12,5*	*1811*	—	—	*2303*	—	*1497*	—	*2303*	*1545*	—	—
177,80	*5,87*	*166,06*	*J55*	*2*	*12,5*	*1201*	*722*	—	—	—	—	—	—	—	—	—
177,80	6,91	163,98	J55	2	12,5	1406	1040	-	1659	1659	1659	1659	1659	1659	—	—
177,80	8,05	161,70	J55	2	12,5	1628	1264	1391	1922	1922	1872	1922	1920	1920	—	—
177,80	9,19	159,42	J55	2	12,5	1847	1486	1634	2180	2180	1872	2180	2177	1930	2177	2096
177,80	*10,36*	*157,08*	*J55*	*2*	*12,5*	*2064*	—	*1876*	*2437*	*2437*	*1870*	*2369*	*2437*	*1930*	*2497*	*2096*
177,80	*11,51*	*154,78*	*J55*	*2*	*12,5*	*2278*	—	*2113*	*2689*	*2689*	*1870*	*2369*	*2689*	*1930*	*2689*	*2096*
177,80	*12,65*	*152,50*	*J55*	*2*	*12,5*	*2486*	—	*2345*	*2935*	*2935*	*1870*	*2369*	*2935*	*1930*	*2935*	*2096*
177,80	*5,87*	*166,06*	*K55*	*2*	*12,5*	*1201*	*783*	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Продолжение таблицы I.3

Наружный диаметр D, мм	Толщина стенки t, мм	Внутренний диаметр d, мм	Группа прочности	Переменная/искусственный дефект (надрез)		Соответствующий номер формулы										
						(10)	(54), (55), (56)		(60) (61)							
						Текучесть тела трубы без резьбы, МПа	Прочность соединения, МПа									
							SC	LC	Баттресс				ОТТМ		ОТТГ	
									Обычная муфта		Специальная муфта		Обычная муфта	Специальная муфта	Обычная муфта	Специальная муфта
				k_a	a_N %				Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Низкие группы прочности	Высокие группы прочности
177,80	6,91	163,98	K55	2	12,5	1406	1132	—	2003	2003	2003	2003	2003	2003	—	—
177,80	8,05	161,70	K55	2	12,5	1628	1376	1518	2320	2320	2320	2320	2318	2318	—	—
177,80	9,19	159,42	K55	2	12,5	1847	1617	1783	2631	2 631	2372	2372	2628	2445	2628	2628
177,80	*10,36*	*157,08*	*K55*	*2*	*12,5*	*2064*	--	*2047*	*2942*	*2942*	*2369*	*2369*	*2942*	*2445*	*2942*	*2656*
177,80	*11,51*	*154,78*	*K55*	*2*	*12,5*	*2278*	—	*2306*	*3246*	*3246*	*3246*	*2369*	*3246*	*2445*	*3246*	*2656*
177,80	*12,65*	*152,50*	*K55*	*2*	*12,5*	*2486*	--	*2560*	*3544*	*3544*	*3544*	*2369*	*3544*	*2445*	*3455*	*2656*
177,80	6,91	163,98	M65	2	12,5	1662	1212	--	--	--	—	---	--	—	---	--
177,80	8,05	161,70	M65	2	12,5	1924	—	1621	2199	—	2199	—	2197	2197	--	—
177,80	9,19	159,42	M65	2	12,5	2183	—	1904	2494	—	2372	—	2491	2445	--	—
177,80	10,36	157,08	M65	2	12,5	2443	—	2190	2791	--	2372	—	2789	2445	2789	2656
177,80	11,51	154,78	M65	2	12,5	2694	—	2465	3078	—	2372	--	3077	2445	3077	2565
177,80	6,91	163,98	M65	1	12,5	1662	1212	—	--	--	—	—	—	—	—	—
177,80	8,05	161,70	M65	1	12,5	1924	—	1621	2199	—	2199	—	2197	2197	—	—
177,80	9,19	159,42	M65	1	12,5	2183	—	1904	2494	--	2372	—	2491	2445	—	—
177,80	10,36	157,08	M65	1	12,5	2443	--	2190	2791	---	2372	--	2789	2445	2789	2656
177,80	11,51	154,78	M65	1	12,5	2694	—	2465	3078	--	2372	---	3077	2445	3077	2565
177,80	8,05	161,70	L80 9Cr	2	12,5	2368	—	1934	2515	—	2372	—	2513	2445	--	—
177,80	9,19	159,42	L80 9Cr	2	12,5	2686	—	2272	2852	—	2372	--	2850	2445	2850	2565
177,80	10,36	157,08	L80 9Cr	2	12,5	3006	—	2613	3192	—	2372	---	3191	2445	3191	2565
177,80	11,51	154,78	L80 9Cr	2	12,5	3315	—	2941	3520	—	2372	—	3520	2445	3520	2565
177,80	12,65	152,50	L80 9Cr	2	12,5	3620	—	3266	3704	—	2372	—	3788	2445	3843	2565
177,80	13,72	150,36	L80 9Cr	2	12,5	3900	—	3563	3704	—	2372	—	3788	2445	3999	2565
177,80	*15,00*	*147,80*	*L80 9Cr*	*2*	*12,5*	*4233*	--	*3914*	*3700*	—	*2369*	--	*3788*	*2445*	*3999*	*2565*
177,80	8,05	161,70	L80	1	12,5	2368	—	1934	2515	—	2372	---	2513	2445	—	—
177,80	9,19	159,42	L80	1	12,5	2686	—	2272	2852	—	2372	--	2850	2445	2850	2565
177,80	10,36	157,08	L80	1	12,5	3006	—	2613	3192	—	2372	—	3191	2445	3191	2565
177,80	11,51	154,78	L80	1	12,5	3315	—	2941	3520	—	2372	---	3520	2445	3520	2565
177,80	12,65	152,50	L80	1	12,5	3620	—	3266	3704	—	2372	---	3788	2445	3843	2565
177,80	13,72	150,36	L80	1	12,5	3900	—	3563	3704	—	2372	—	3788	2445	3999	2565
177,80	*15,00*	*147,80*	*L80*	*1*	*12,5*	*4233*	—	*3914*	*3700*	—	*2369*	—	*3788*	*2445*	*3999*	*2565*
177,80	*5,87*	*166,06*	*N80*	*2*	*12,5*	*1749*	*1023*	—	—	—	—	—	—	—	—	—
177,80	*6,91*	*163,98*	*N80*	*2*	*12,5*	*2047*	*1470*	*1615*	*2257*	*2257*	*2257*	---	*2257*	*2257*	---	—
177,80	8,05	161,70	N80	2	12,5	2368	1786	1965	2614	2614	2496	---	2611	2572	—	—
177,80	9,19	159,42	N80	2	12,5	2686	2098	2309	2965	2965	2496	—	2961	2572	2961	2794
177,80	10,36	157,08	N80	2	12,5	3006	—	2656	3319	3319	2496	--	3315	2572	3315	2794

Продолжение таблицы I.3

Наружный диаметр D, мм	Толщина стенки t, мм	Внутренний диаметр d, мм	Группа прочности	Переменная/искусственный дефект (надрез)		Соответствующий номер формулы										
						(10)	(54), (55), (56)		(60), (61)							
						Текучесть тела трубы без резьбы, МПа	Прочность соединения, МПа									
							SC	LC	Баттресс				ОТТМ		ОТТГ	
									Обычная муфта		Специальная муфта		Обычная муфта	Специальная муфта	Обычная муфта	Специальная муфта
				k_a	a_N %				Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Низкие группы прочности	Высокие группы прочности
177,80	11,51	154,78	N80	2	12,5	3315	—	2990	3660	3660	2496	—	3658	2572	3658	2794
177,80	12,65	152,50	N80	2	12,5	3620	—	3319	3899	3995	2496	—	3984	2572	3992	2794
177,80	13,72	150,36	N80	2	12,5	3900	—	3622	3899	4305	2496	—	3984	2572	4206	2794
177,80	*5,87*	*166,06*	*N80*	*1*	*12,5*	*1749*	*1023*	—	—	—	—	—	—	—	—	—
177,80	*6,91*	*163,98*	*N80*	*1*	*12,5*	*2047*	*1470*	*1615*	*2257*	—	*2257*	—	*2257*	*2257*	—	—
177,80	8,05	161,70	N80	1	12,5	2368	1786	1965	2614	2614	2496	2614	2611	2572	—	—
177,80	9,19	159,42	N80	1	12,5	2686	2098	2309	2965	2965	2496	2965	2961	2572	2961	2794
177,80	10,36	157,08	N80	1	12,5	3006	—	2656	3319	3319	2496	3121	3315	2572	3315	2794
177,80	11,51	154,78	N80	1	12,5	3315	—	2990	3660	3660	2496	3121	3658	2572	3658	2794
177,80	12,65	152,50	N80	1	12,5	3620	—	3319	3899	3995	2496	3121	3984	2572	3992	2794
177,80	13,72	150,36	N80	1	12,5	3900	—	3622	3899	4305	2496	3121	3984	2572	4206	2794
177,80	8,05	161,70	C90	1	5	2665	—	2132	2692	—	2496	—	2689	2572	2689	2794
177,80	9,19	159,42	C90	1	5	3022	—	2505	3054	—	2496	—	3050	2572	3050	2794
177,80	10,36	157,08	C90	1	5	3382	—	2881	3418	—	2496	—	3414	2572	3414	2794
177,80	11,51	154,78	C90	1	5	3730	—	3243	3769	—	2496	—	3767	2572	3767	2794
177,80	12,65	152,50	C90	1	5	4072	—	3600	3899	—	2496	—	3984	2572	4112	2794
177,80	13,72	150,36	C90	1	5	4387	—	3928	3899	—	2496	—	3984	2572	4206	2794
177,80	15,88	146,04	C90	1	5	5011	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
177,80	17,45	142,90	C90	1	5	5454	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
177,80	19,05	139,70	C90	1	5	5895	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
177,80	20,62	136,56	C90	1	5	6319	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
177,80	22,22	133,36	C90	1	5	6740	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
177,80	8,05	161,70	*R95*	1	12,5	2813	—	2275	2827	—	2741	—	2827	2827	—	—
177,80	9,19	159,42	*R95*	1	12,5	3190	—	2672	3319	—	2741	—	3319	2829	3319	3073
177,80	10,36	157,08	*R95*	1	12,5	3570	—	3074	3716	—	2741	—	3716	2829	3716	3073
177,80	11,51	154,78	*R95*	1	12,5	3937	—	3463	4100	—	2741	—	4100	2829	4100	3073
177,80	12,65	152,50	*R95*	1	12,5	4298	—	3843	4282	—	2741	—	4383	2829	4475	3073
177,80	13,72	150,36	*R95*	1	12,5	4631	—	4195	4282	—	2741	—	4383	2829	4627	3073
177,80	*15,00*	*147,80*	*R95*	*1*	*12,5*	*5022*	—	*4609*	*4282*	—	*2741*	—	*4383*	*2829*	*4627*	*3073*
177,80	8,05	161,70	T95	1	5	2813	—	2247	2831	—	2621	—	2829	2702	—	—
177,80	9,19	159,42	T95	1	5	3190	—	2640	3211	—	2621	—	3208	2702	—	—
177,80	10,36	157,08	T95	1	5	3570	—	3036	3593	—	2621	—	3591	2702	3591	2936
177,80	11,51	154,78	T95	1	5	3937	—	3418	3963	—	2621	—	3962	2702	3962	2936
177,80	12,65	152,50	T95	1	5	4298	—	3794	4093	—	2621	—	4187	2702	4325	2936
177,80	13,72	150,36	T95	1	5	4631	—	4140	4093	—	2621	—	4187	2702	4420	2936

Продолжение таблицы I.3

Наружный диаметр D, мм	Толщина стенки t, мм	Внутренний диаметр d, мм	Группа прочности	Переменная/искусственный дефект (надрез)		Соответствующий номер формулы										
						(10)	(54), (55), (56)		(60), (61)							
						Текучесть тела трубы без резьбы, МПа	Прочность соединения, МПа									
							SC	LC	Баттресс				OTTM		OTTГ	
									Обычная муфта		Специальная муфта		Обычная муфта	Специальная муфта	Обычная муфта	Специальная муфта
				k_a	a_N %				Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Низкие группы прочности	Высокие группы прочности
177,80	15,88	146,04	T95	1	5	5289	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
177,80	17,45	142,90	T95	1	5	5757	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
177,80	19,05	139,70	T95	1	5	6223	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
177,80	20,62	136,56	T95	1	5	6670	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
177,80	22,22	133,36	T95	1	5	7115	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
177,80	9,19	159,42	P110	1	12,5	3694	—	3082	3795	3795	3121	3370	3791	3217	3791	3495
177,80	10,36	157,08	P110	1	12,5	4134	—	3545	4247	4247	3121	3370	4244	3217	4244	3495
177,80	11,51	154,78	P110	1	12,5	4559	—	3990	4684	4684	3121	3370	4683	3217	4683	3495
177,80	12,65	152,50	P110	1	12,5	4977	—	4430	4873	5113	3121	3370	4985	3217	5111	3495
177,80	13,72	150,36	P110	1	12,5	5362	—	4834	4873	5263	3121	3370	4985	3217	5262	3495
177,80	15,00	147,80	P110	1	12,5	5972	—	5290	4870	5259	3117	3367	4985	3217	5262	3495
177,80	9,19	159,42	P110	1	5	3694	—	3082	3795	3795	3121	3370	3791	3217	3791	3495
177,80	10,36	157,08	P110	1	5	4134	—	3545	4247	4247	3121	3370	4244	3217	4244	3495
177,80	11,51	154,78	P110	1	5	4559	—	3990	4684	4684	3121	3370	4683	3217	4683	3495
177,80	12,65	152,50	P110	1	5	4977	—	4430	4873	5113	3121	3370	4985	3217	5111	3495
177,80	13,72	150,36	P110	1	5	5362	—	4834	4873	5263	3121	3370	4985	3217	5262	3495
177,80	15,00	147,80	P110	1	5	5972	—	5290	4870	5259	3117	3367	4985	3217	5262	3495
177,80	9,19	159,42	Q125	1	5	4194	—	3445	4150	—	3367	—	4150	3475	—	—
177,80	10,36	157,08	Q125	1	5	4695	—	3611	4646	—	3367	—	4646	3475	4646	3775
177,80	11,51	154,78	Q125	1	5	5181	—	4464	5126	—	3367	—	5126	3475	5126	3775
177,80	12,65	152,50	Q125	1	5	5656	—	4918	5263	—	3367	—	5384	3475	5596	3775
177,80	13,72	150,36	Q125	1	5	6093	—	5367	5263	—	3367	—	5384	3475	5683	3775
177,80	9,19	159,42	Q135	1	5	4525	—	3712	4463	—	3616	—	4463	3733	4463	4055
177,80	10,36	157,08	Q135	1	5	5066	—	4270	4996	—	3616	—	4996	3733	4996	4055
177,80	11,51	154,78	Q135	1	5	5589	—	4810	5513	—	3616	—	5513	3733	5513	4055
177,80	12,65	152,50	Q135	1	5	6101	—	5338	5649	—	3616	—	5783	3733	6017	4055
177,80	13,72	150,36	Q135	1	5	6574	—	5827	5649	—	3616	—	5783	3733	6105	4055
177,80	15,00	147,80	Q135	1	5	7131	—	6137	5649	—	3616	—	5783	3733	6105	4055
193,68	7,62	178,44	H40	2	12,5	1228	941	—	1545	—	—	—	—	—	—	—
193,68	8,33	177,02	H40	2	12,5	1338	—	—	1682	—	1682	—	1682	1682	—	—
193,68	9,52	174,64	H40	2	12,5	1519	—	—	1910	—	1910	—	1910	1910	—	—
193,68	10,92	171,84	H40	2	12,5	1730	—	—	2174	—	2066	—	2174	2118	—	—
193,68	12,70	168,28	H40	2	12,5	1992	—	—	2504	—	2066	—	2504	2118	—	—
193,68	7,62	178,44	J55	2	12,5	1687	1252	—	1973	1973	1973	1973	1973	1973	—	—
193,68	8,33	177,02	J55	2	12,5	1839	1402	1539	2150	2150	2150	2150	2148	2148	—	—

Продолжение таблицы I.3

Наружный диаметр D, мм	Толщина стенки t, мм	Внутренний диаметр d, мм	Группа прочности	Переменная/искусственный дефект (надрез)		Соответствующий номер формулы											
						(10)	(54), (55), (56)		(60), (61)								
						Текучесть тела трубы без резьбы, МПа	Прочность соединения, МПа										
							SC	LC	Баттресс				ОТТМ		ОТТГ		
									Обычная муфта		Специальная муфта		Обычная муфта	Специальная муфта	Обычная муфта	Специальная муфта	
				k_a	a_N %				Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	
193,68	9,52	174,64	J55	2	12,5	2086	—	1806	2440	2440	2440	2440	2440	2440	2440	2440	
193,68	10,92	171,84	J55	2	12,5	2375	—	2117	2777	2777	2580	2777	2777	2645	2777	2777	
193,68	12,70	168,28	J55	2	12,5	2735	—	2510	3198	3198	2580	3198	3198	2645	3198	2827	
193,68	7,62	178,44	K55	2	12,5	1687	1359	—	2370	2370	2370	2370	2370	2370	—	—	
193,68	8,33	177,02	K55	2	12,5	1839	1521	1675	2583	2583	2583	2583	2581	2581	—	—	
193,68	9,52	174,64	K55	2	12,5	2086	—	1964	2931	2931	2931	2931	2931	2931	2931	2931	
193,68	10,92	171,84	K55	2	12,5	2375	—	2303	3336	3336	3269	3269	3336	3336	3336	3336	
193,68	12,70	168,28	K55	2	12,5	2735	—	2731	3842	3842	3269	3269	3842	3351	3842	3581	
193,68	8,33	177,02	M65	2	12,5	2174	1635	1795	2463	—	2463	—	2461	2461	2461	2461	
193,68	9,52	174,64	M65	2	12,5	2469	—	2109	2797	—	2797	—	2794	2794	2794	2794	
193,68	10,92	171,84	M65	2	12,5	2810	—	2472	3184	—	3184	—	3181	3181	3181	3181	
193,68	8,33	177,02	M65	1	12,5	2174	1635	1795	2463	—	2463	—	2461	2461	2461	2461	
193,68	9,52	174,64	M65	1	12,5	2469	—	2109	2797	—	2797	—	2794	2794	2794	2794	
193,68	10,92	171,84	M65	1	12,5	2810	—	2472	3184	—	3184	—	3181	3181	3181	3181	
193,68	8,33	177,02	L80 9Cr	2	12,5	2676	—	2144	2823	—	2823	—	2822	2822	—	—	
193,68	9,52	174,64	L80 9Cr	2	12,5	3039	—	2520	3207	—	3207	—	3204	3204	3204	3204	
193,68	10,92	171,84	L80 9Cr	2	12,5	3459	—	2953	3649	—	3268	—	3648	3351	3648	3581	
193,68	12,70	168,28	L80 9Cr	2	12,5	3983	—	3495	4202	—	3268	—	4201	3351	4201	3581	
193,68	14,27	165,14	L80 9Cr	2	12,5	4437	—	3965	4682	—	3268	—	4679	3351	4679	3581	
193,68	15,11	163,46	L80 9Cr	2	12,5	4676	—	4212	4934	—	3268	—	4931	3351	4931	3581	
193,68	15,88	161,92	L80 9Cr	2	12,5	4891	—	4434	5160	—	3268	—	5160	3351	5160	3581	
193,68	8,33	177,02	L80	1	12,5	2676	—	2144	2823	—	2823	—	2822	2822	—	—	
193,68	9,52	174,64	L80	1	12,5	3039	—	2520	3207	—	3207	—	3204	3204	3204	3204	
193,68	10,92	171,84	L80	1	12,5	3459	—	2953	3649	—	3268	—	3648	3351	3648	3581	
193,68	12,70	168,28	L80	1	12,5	3983	—	3495	4202	—	3268	—	4201	3351	4201	3581	
193,68	14,27	165,14	L80	1	12,5	4437	—	3 965	4682	—	3268	—	4679	3351	4679	3581	
193,68	15,11	163,46	L80	1	12,5	4676	—	4212	4934	—	3268	—	4931	3351	4931	3581	
193,68	15,88	161,92	L80	1	12,5	4891	—	4434	5160	—	3268	—	5160	3351	5160	3581	
193,68	8,33	177,02	N80	2	12,5	2676	—	2178	2931	2931	2931	—	2928	2928	—	—	
193,68	9,52	174,64	N80	2	12,5	3039	—	2559	3330	3330	3330	—	3325	3325	3325	3325	
193,68	10,92	171,84	N80	2	12,5	3459	—	3000	3789	3789	3440	—	3785	3525	3785	3767	
193,68	12,70	168,28	N80	2	12,5	3983	—	3550	4363	4363	3440	—	4359	3525	4359	3767	
193,68	14,27	165,14	N80	2	12,5	4437	—	4028	4861	4861	3440	—	4856	3525	4856	3767	
193,68	15,11	163,46	N80	2	12,5	4676	—	4278	5123	5123	3440	—	5118	3525	5118	3767	
193,68	15,88	161,92	N80	2	12,5	4891	—	4504	5358	5358	3440	—	5355	3525	5355	3767	

Продолжение таблицы I.3

Наружный диаметр D, мм	Толщина стенки t, мм	Внутренний диаметр d, мм	Группа прочности	Переменная/искусственный дефект (надрез)		Соответствующий номер формулы										
						(10)	(54) (55) (56)		(60) (61)							
						Текучесть тела трубы без резьбы, МПа	Прочность соединения, МПа									
							SC	LC	Баттресс				ОТТМ		ОТТГ	
									Обычная муфта		Специальная муфта		Обычная муфта	Специальная муфта	Обычная муфта	Специальная муфта
				k_a	a_N %				Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Низкие группы прочности	Высокие группы прочности
193,68	8,33	177,02	N80	1	12,5	2676	—	2178	2931	2931	2931	2931	2928	2928	—	—
193,68	9,52	174,64	N80	1	12,5	3039	—	2559	3330	3330	3330	3330	3325	3325	3325	3325
193,68	10,92	171,84	N80	1	12,5	3459	—	3000	3789	3789	3440	3789	3785	3525	3785	3767
193,68	12,70	168,28	N80	1	12,5	3983	—	3550	4363	4363	3440	4300	4359	3525	4359	3767
193,68	14,27	165,14	N80	1	12,5	4437	—	4028	4861	4861	3440	4300	4856	3525	4856	3767
193,68	15,11	163,46	N80	1	12,5	4676	—	4278	5123	5123	3440	4300	5118	3525	5118	3767
193,68	15,88	161,92	N80	1	12,5	4891	—	4504	5358	5358	3440	4300	5355	3525	5355	3767
193,68	8,33	177,02	C90	1	5	3010	—	2365	3027	—	3027	—	3024	3024	—	—
193,68	9,52	174,64	C90	1	5	3419	—	2780	3439	—	3439	—	3434	3434	3434	3434
193,68	10,92	171,84	C90	1	5	3891	—	3258	3913	—	3440	—	3909	3525	3909	3767
193,68	12,70	168,28	C90	1	5	4480	—	3856	4506	—	3440	—	4502	3525	4502	3767
193,68	14,27	165,14	C90	1	5	4992	—	4375	5020	—	3440	—	5015	3525	5015	3767
193,68	15,11	163,46	C90	1	5	5261	—	4647	5290	—	3440	—	5285	3525	5285	3767
193,68	15,88	161,92	C90	1	5	5502	—	4892	5508	—	3440	—	5531	3525	5531	3767
193,68	17,45	158,78	C90	1	5	5994	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
193,68	19,05	155,58	C90	1	5	6485	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
193,68	8,33	177,02	*R95*	1	12,5	3177	—	2523	3288	—	3288	—	3288	3288	—	—
193,68	9,52	174,64	*R95*	1	12,5	3609	—	2965	3734	—	3734	—	3734	3734	3734	3734
193,68	10,92	171,84	*R95*	1	12,5	4107	—	3476	4250	—	3783	—	4250	3878	4250	4145
193,68	12,70	168,28	*R95*	1	12,5	4729	—	4114	4895	—	3783	—	4895	3878	4895	4145
193,68	14,27	165 14	*R95*	1	12,5	5269	—	4666	5452	—	3783	—	5452	3878	5452	4145
193,68	15,11	163,46	*R95*	1	12,5	5553	—	4957	5746	—	3783	—	5746	3878	5748	4145
193,68	15,88	161,92	*R95*	1	12,5	5808	—	5221	6013	—	3783	—	6013	3878	6013	4145
193,68	8,33	177,02	T95	1	5	3177	—	2493	3183	—	3183	—	3182	3182	—	—
193,68	9,52	174,64	T95	1	5	3609	—	2930	3616	—	3612	—	3613	3613	3613	3613
193,68	10,92	171,84	T95	1	5	4107	—	3434	4115	—	3612	—	4112	3704	4112	3959
193,68	12,70	168,28	T95	1	5	4729	—	4064	4738	—	3612	—	4736	3704	4736	3959
193,68	14,27	165,14	T95	1	5	5269	—	4611	5279	—	3612	—	5276	3704	5276	3959
193,68	15,11	163,46	T95	1	5	5553	—	4898	5563	—	3612	—	5560	3704	5560	3959
193,68	15,88	161,92	T95	1	5	5808	—	5156	5784	—	3612	—	5818	3704	5818	3959
193,68	17,45	158,78	T95	1	5	6327	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
193,68	19,05	155,58	T95	1	5	6845	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
193,68	*8,33*	*177,02*	*P110*	*1*	*12,5*	*3675*	—	*2905*	*3758*	*3758*	*3758*	*3758*	*3758*	*3758*	—	—
193,68	9,52	174,64	P110	1	12,5	4179	—	3420	4271	4271	4271	4271	*4267*	4267	*4267*	4267
193,68	10,92	171,84	P110	1	12,5	4756	—	4008	4860	4860	4300	4644	*4857*	4411	*4857*	4713

Продолжение таблицы I.3

Наружный диаметр D, мм	Толщина стенки t, мм	Внутренний диаметр d, мм	Группа прочности	Переменная/искусственный дефект (надрез)		Соответствующий номер формулы										
						(*0)	(54), (55), (56)		(60), (61)							
						Текучесть тела трубы без резьбы, МПа	Прочность соединения, МПа									
							SC	LC	Баттресс				OTTM		OTTГ	
									Обычная муфта		Специальная муфта		Обычная муфта	Специальная муфта	Обычная муфта	Специальная муфта
				k_a	a_N %				Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Низкие группы прочности	Высокие группы прочности
193,68	12,70	168,28	P110	1	12,5	5476	—	4743	5597	5597	4300	4644	5594	4411	5594	4713
193,68	14,27	165,14	P110	1	12,5	6101	—	5381	6236	6236	4300	4644	6231	4411	6231	4713
193,68	15,11	163,46	P110	1	12,5	6430	—	5716	6571	6571	4300	4644	6567	4411	6567	4713
193,68	15,88	161,92	P110	1	12,5	6725	—	6018	6873	6873	4300	4644	6871	4411	6871	4713
193,68	8,33	177,02	P110	1	5	3675	—	2905	3758	3758	3758	3758	3758	3758	—	—
193,68	9,52	174,64	P110	1	5	4179	—	3420	4271	4271	4271	4271	4267	4267	4267	4267
193,68	10,92	171,84	P110	1	5	4756	—	4008	4860	4860	4300	4644	4857	4411	4857	4713
193,68	12,70	168,28	P110	1	5	5476	—	4743	5597	5597	4300	4644	5594	4411	5594	4713
193,68	14,27	165,14	P110	1	5	6101	—	5381	6236	6236	4300	4644	6231	4411	6231	4713
193,68	15,11	163,46	P110	1	5	6430	—	5716	6571	6571	4300	4644	6567	4411	6567	4713
193,68	15,88	161,92	P110	1	5	6725	—	6018	6873	6873	4300	4644	6871	4411	6871	4713
193,68	8,33	177,02	Q125	1	5	4179	—	3256	4119	—	—	—	4119	4119	—	—
193,68	9,52	174,64	Q125	1	5	4745	—	3625	4677	—	—	—	4677	4677	—	—
193,68	10,92	171,84	Q125	1	5	5402	—	4485	5324	—	—	—	5324	4764	5324	5091
193,68	12,70	168,28	Q125	1	5	6223	—	5312	6133	—	—	—	6131	4764	6131	5091
193,68	14,27	165,14	Q125	1	5	6933	—	6027	6833	—	—	—	6829	4764	6829	5091
193,68	15,11	163,46	Q125	1	5	7306	—	6402	7201	—	—	—	7198	4764	7198	5091
193,68	15,88	161,92	Q125	1	5	7642	—	6740	7436	—	—	—	7532	4764	7532	5091
193,68	8,33	177,02	Q135	1	5	4509	—	3508	4430	—	—	—	4430	4430	—	—
193,68	9,52	174,64	Q135	1	5	5120	—	4122	5030	—	—	—	5030	5030	5030	5030
193,68	10,92	171,84	Q135	1	5	5828	—	4833	5726	—	—	—	5726	5468	5726	5468
193,68	12,70	168,28	Q135	1	5	6712	—	5720	6594	—	—	—	6594	5468	6594	5468
193,68	14,27	165,14	Q135	1	5	7476	—	6487	7345	—	—	—	7345	5468	7345	5468
193,68	15,11	163,46	Q135	1	5	7879	—	6892	7741	—	—	—	7741	5468	7741	5468
193,68	15,88	161,92	Q135	1	5	8245	—	7259	7989	—	—	—	8100	5468	8100	5468
196,85	15,11	166,63	L80 9Cr	2	12,5	4759	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
196,85	15,11	166,63	L80	1	12,5	4759	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
196,85	15,11	166,63	N80	2	12,5	4759	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
196,85	15,11	166,63	N80	1	12,5	4759	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
196,85	15,11	166,63	C90	1	5	5354	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
196,85	15,11	166,63	C95	1	12,5	5651	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
196,85	15,11	166,63	T95	1	5	5651	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
196,85	15,11	166,63	P110	1	12,5	6544	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
196,85	15,11	166,63	P110	1	5	6544	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
196,85	15,11	166,63	Q125	1	5	7436	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Продолжение таблицы I.3

Наружный диаметр D, мм	Толщина стенки t, мм	Внутренний диаметр d, мм	Группа прочности	Переменная/искусственный дефект (надрез)		Соответствующий номер формулы										
						(10)	(54), (55), (56)		(60), (61)							
						Текучесть тела трубы без резьбы, МПа	Прочность соединения, МПа									
							SC	LC	Баттресс				ОТТМ		ОТТГ	
									Обычная муфта		Специальная муфта		Обычная муфта	Специальная муфта	Обычная муфта	Специальная муфта
				k_a	a_N %				Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Низкие группы прочности	Высокие группы прочности
219,08	6,71	205,66	H40	2	12,5	1235	813	—	—	—	—	—	—	—	—	—
219,08	7,72	203,64	H40	2	12,5	1414	1035	—	1744	—	1744	—	1744	1744	—	—
219,08	8,94	201,20	H40	2	12,5	1628	1241	1392	2009	—	2009	—	2009	2009	2009	2009
219,08	10,16	198,76	H40	2	12,5	1840	1517	1702	2269	—	2269	—	2269	2269	2269	2269
219,08	11,43	196,22	H40	2	12,5	2057	—	—	2537	—	2358	—	2537	2440	—	—
219,08	12,70	193,68	H40	2	12,5	2271	—	—	2802	—	2358	—	2802	2605	—	—
219,08	6,71	205,66	J55	2	12,5	1696	1086	—	—	—	—	—	—	—	—	—
219,08	7,72	203,64	J55	2	12,5	1942	1379	1545	2236	2236	2236	2236	2236	2236	—	—
219,08	8,94	201,20	J55	2	12,5	2238	1656	1856	2576	2576	2576	2576	2574	2574	2574	2574
219,08	10,16	198,76	J55	2	12,5	2529	1928	2161	2911	2911	2911	2911	2908	2908	2908	2908
219,08	11,43	196,22	J55	2	12,5	2825	—	2471	3252	3252	2944	2944	3252	3047	3252	3252
219,08	12,70	193,68	J55	2	12,5	3119	—	2780	3591	3591	2944	3591	3591	3047	3591	3253
219,08	6,71	205,66	K55	2	12,5	1696	1171	—	—	—	—	—	—	—	—	—
219,08	7,72	203,64	K55	2	12,5	1942	1490	1674	2664	2664	2664	2664	2664	2664	—	—
219,08	8,94	201,20	K55	2	12,5	2238	1790	2011	3070	3070	3070	3070	3067	3067	3067	3067
219,08	10,16	198,76	K55	2	12,5	2529	2083	2342	3468	3468	3468	3468	3466	3466	3466	3466
219,08	11,43	196,22	K55	2	12,5	2825	—	2677	3875	3875	3730	3730	3875	3860	3875	3875
219,08	12,70	193,68	K55	2	12,5	3119	—	3012	4279	4279	3730	3730	4279	3860	4279	4121
219,08	6,71	205,66	M65	2	12,5	2005	1267	—	—	—	—	—	—	—	—	—
219,08	7,72	203,64	M65	2	12,5	2298	1612	—	—	—	—	—	—	—	—	—
219,08	8,94	201,20	M65	2	12,5	2645	1933	2166	2955	—	2955	—	2953	2953	2953	2953
219,08	10,16	198,76	M65	2	12,5	2988	2251	2521	3339	—	3339	—	3336	3336	3336	3336
219,08	11,43	196,22	M65	2	12,5	3341	—	2887	3733	—	3730	—	3730	3454	3730	3687
219,08	6,71	205,66	M65	1	12,5	2005	1267	—	—	—	—	—	—	—	—	—
219,08	7,72	203,64	M65	1	12,5	2298	1612	—	—	—	—	—	—	—	—	—
219,08	8,94	201,20	M65	1	12,5	2645	1933	2166	2955	—	2955	—	2953	2953	2953	2953
219,08	10,16	198,76	M65	1	12,5	2988	2251	2521	3339	—	3339	—	3336	3336	3336	3336
219,08	11,43	196,22	M65	1	12,5	3341	—	2887	3733	—	3730	—	3730	3454	3730	3687
219,08	8,94	201,20	L80 9Cr	2	12,5	3256	—	—	3399	—	3399	—	3399	3399	3399	3399
219,08	10,16	198,76	L80 9Cr	2	12,5	3678	—	3016	3841	—	3730	—	3840	3840	3840	3840
219,08	11,43	196,22	L80 9Cr	2	12,5	4112	—	3454	4295	—	3730	—	4294	3860	4294	4121
219,08	12,70	193,68	L80 9Cr	2	12,5	4542	—	3886	4743	—	3730	—	4742	3860	4742	4121
219,08	14,15	190,78	L80 9Cr	2	12,5	5024	—	4371	5246	—	3730	—	5246	3860	5246	4121
219,08	8,94	201,20	L80	1	12,5	3256	—	—	3399	—	3399	—	3399	3399	3399	3399
219,08	10,16	198,76	L80	1	12,5	3678	—	3016	3841	—	3730	—	3840	3840	3840	3840

Продолжение таблицы I.3

Наружный диаметр D, мм	Толщина стенки t, мм	Внутренний диаметр d, мм	Группа прочности	Переменная/искусственный дефект (надрез)		Соответствующий номер формулы										
						(10)	(54), (55), (56)		(60), (61)							
						Текучесть тела трубы без резьбы, МПа	Прочность соединения, МПа									
							SC	LC	Баттресс				OTTM		OTTГ	
									Обычная муфта		Специальная муфта		Обычная муфта	Специальная муфта	Обычная муфта	Специальная муфта
				k_a	a_N %				Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Низкие группы прочности	Высокие группы прочности
219,08	11,43	196,22	L80	1	12,5	4112	—	3454	4295	—	3730	—	*4294*	3860	*4294*	4121
219,08	12,70	193,68	L80	1	12,5	4542	—	3886	4743	—	3730	—	*4742*	3860	*4742*	4121
219,08	14,15	190,78	L80	1	12,5	5024	—	4371	5246	—	3730	—	*5246*	3860	*5246*	4121
219,08	*6,71*	*205,66*	*N80*	*2*	*12,5*	*2470*	*1540*	—	—	—	—	—	—	—	—	—
219,08	*7,72*	*203,64*	*N80*	*2*	*12,5*	*2828*	*1957*	—	—	—	—	—	*3057*	*3057*	—	—
219,08	*8,94*	*201,20*	*N80*	*2*	*12,5*	*3256*	*2347*	*2628*	*3520*	*3520*	*3520*	—	*3520*	*3520*	*3520*	*3520*
219,08	10,16	198,76	N80	2	12,5	3678	—	3061	3 980	3980	3926	—	*3977*	*3977*	*3977*	*3977*
219,08	11,43	196,22	N80	2	12,5	4112	—	3505	4451	4451	3926	—	*4447*	*4061*	*4447*	*4335*
219,08	12,70	193,68	N80	2	12,5	4542	—	3944	4915	4915	3926	—	*4911*	*4061*	*4911*	*4335*
219,08	14,15	190,78	N80	2	12,5	5024	—	4436	5437	5437	3926	—	*5433*	*4061*	*5433*	*4335*
219,08	*6,71*	*205,66*	*N80*	*1*	*12,5*	*2470*	*1540*	—	—	—	—	—	—	—	—	—
219,08	*7,72*	*203,64*	*N80*	*1*	*12,5*	*2828*	*1957*	—	—	—	—	—	*3057*	*3057*	—	—
219,08	*8,94*	*201,20*	*N80*	*1*	*12,5*	*3256*	*2347*	*2628*	*3520*	*3520*	*3520*	—	*3520*	*3520*	*3520*	*3520*
219,08	10,16	198,76	N80	1	12,5	3678	—	3061	3980	3980	3926	3980	*3977*	*3977*	*3977*	*3977*
219,08	11,43	196,22	N80	1	12,5	4112	—	3505	4451	4451	3926	4451	*4447*	*4061*	*4447*	*4335*
219,08	12,70	193,68	N80	1	12,5	4542	—	3944	4915	4915	3926	4908	*4911*	*4061*	*4911*	*4335*
219,08	14,15	190,78	N80	1	12,5	5024	—	4436	5437	5437	3926	4908	*5433*	*4061*	*5433*	*4335*
219,08	*8,94*	*201,20*	*C90*	*1*	*5*	*3652*	—	*2860*	*3652*	—	*3652*	—	*3652*	*3652*	*3652*	*3652*
219,08	10,16	198,76	C90	1	5	4138	—	3331	4130	—	3926	—	*4127*	*4061*	*4127*	*4127*
219,08	11,43	196,22	C90	1	5	4626	—	3814	4617	—	3926	—	*4614*	*4061*	*4614*	*4335*
219,08	12,70	193,68	C90	1	5	5109	—	4291	5099	—	3926	—	*5096*	*4061*	*5096*	*4335*
219,08	14,15	190,78	C90	1	5	5652	—	4827	5641	—	3926	—	*5637*	*4061*	*5637*	*4335*
219,08	*8,94*	*201,20*	*R95*	*1*	*12,5*	*3864*	—	3051	3964	—	3964	—	*3964*	*3964*	*3964*	*3964*
219,08	10,16	198,76	*R95*	1	12,5	4368	—	3552	4479	—	4317	—	*4479*	*4467*	*4479*	*3379*
219,08	11,43	196,22	*R95*	1	12,5	4884	—	4068	5008	—	4317	—	*5008*	*4467*	*5008*	*4769*
219,08	12,70	193,68	*R95*	1	12,5	5393	—	4576	5531	—	4317	—	*5531*	*4467*	*5531*	*4769*
219,08	14,15	190,78	*R95*	1	12,5	5966	—	5149	6119	—	4317	—	*6119*	*4467*	*6119*	*4769*
219,08	*8,94*	*201,20*	*T95*	*1*	*5*	*3864*	—	*3013*	*3843*	—	*3843*	—	*3843*	*3843*	—	—
219,08	10,16	198,76	T95	1	5	4368	—	3511	4343	—	4122	—	*4342*	*4267*	*4342*	*4342*
219,08	11,43	196,22	T95	1	5	4884	—	4020	4857	—	4122	—	*4855*	*4267*	*4855*	*4555*
219,08	12,70	193,68	T95	1	5	5393	—	4523	5363	—	4122	—	*5361*	*4267*	*5361*	*4555*
219,08	14,15	190,78	T95	1	5	5966	—	5088	5933	—	4122	—	*5931*	*4267*	*5931*	*4555*
219,08	*8,94*	*201,20*	*P110*	*1*	*12,5*	*4471*	—	*3514*	*4533*	*4533*	*4533*	*4533*	*4533*	*4533*	*4533*	*4533*
219,08	*10,16*	*198,76*	*P110*	*1*	*12,5*	*5052*	—	*4091*	*5122*	*5133*	*4909*	*5133*	*5122*	*5080*	*5122*	*5122*
219,08	11,43	196,22	P110	1	12,5	5655	—	4691	5730	5730	4908	5300	*5727*	*5080*	*5727*	*5423*

Продолжение таблицы I.3

Наружный диаметр D, мм	Толщина стенки t, мм	Внутренний диаметр d, мм	Группа прочности	Переменная/искусственный дефект (надрез)		Соответствующий номер формулы										
						(10)	(54), (55), (56)		(60), (61)							
						Текучесть тела трубы без резьбы, МПа	Прочность соединения, МПа									
							SC	LC	Баттресс				ОТТМ		ОТТГ	
									Обычная муфта		Специальная муфта		Обычная муфта	Специальная муфта	Обычная муфта	Специальная муфта
				k_a	a_N %				Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Низкие группы прочности	Высокие группы прочности
219,08	12,70	193,68	P110	1	12,5	6245	—	5277	6328	6328	4908	5300	*6324*	*5080*	*6324*	*5423*
219,08	14,15	190,78	P110	1	12,5	6908	—	5936	7000	7000	4908	5300	*6997*	*5080*	*6997*	*5423*
219,08	*8,94*	*201,20*	*P110*	*1*	*5*	*4471*	—	*3514*	*4533*	*4533*	*4533*	*4533*	*4533*	*4533*	*4533*	*4533*
219,08	*10,16*	*198,76*	*P110*	*1*	*5*	*5052*	—	*4091*	*5122*	*5133*	*4909*	*5133*	*5122*	*5080*	*5122*	*5122*
219,08	11,43	196,22	P110	1	5	5655	—	4691	5730	5730	4908	5300	*5727*	*5080*	*5727*	*5423*
219,08	12,70	193,68	P110	1	5	6245	—	5277	6328	6328	4908	5300	*6324*	*5080*	*6324*	*5423*
219,08	14,15	190,78	P110	1	5	6908	—	5936	7000	7000	4908	5300	*6997*	*5080*	*6997*	*5423*
219,08	*8,94*	*201,20*	*Q125*	*1*	*5*	***5085***	—	*3941*	*4979*	—	—	—	*4979*	*4979*	—	—
219,08	*10,16*	*198,76*	*Q125*	*1*	*5*	***5745***	—	*4588*	*5626*	—	—	—	*5626*	*5487*	*5626*	*5626*
219,08	*11,43*	*196,22*	*Q125*	*1*	*5*	***6424***	—	*5254*	*6290*	—	—	—	*6290*	*5487*	*6290*	*5858*
219,08	*12,70*	*193,68*	*Q125*	*1*	*5*	***7094***	—	*5910*	*6946*	—	—	—	*6946*	*5487*	*6946*	*5858*
219,08	14,15	190,78	Q125	1	5	7850	—	6654	7686	—	—	—	*7685*	*5487*	*7685*	***5858***
219,08	*8,94*	*201,20*	*Q135*	*1*	*5*	*5486*	—	*4247*	*5356*	—	—	—	*5356*	*5356*	—	—
219,08	*10,16*	*198,76*	*Q135*	*1*	*5*	*6198*	—	*4944*	*6051*	—	—	—	*6051*	*5894*	*6051*	*6051*
219,08	*11,43*	*196,22*	*Q135*	*1*	*5*	*6931*	—	*5661*	*6766*	—	—	—	*6766*	*5894*	*6766*	*6292*
219,08	*12,70*	*193,68*	*Q135*	*1*	*5*	*7654*	—	*6369*	*7472*	—	—	—	*7472*	*5894*	*7472*	*6292*
219,08	*14,15*	*190,78*	*Q135*	*1*	*5*	*8468*	—	*7166*	*8267*	—	—	—	*8267*	*5894*	*8267*	*6292*
244,48	7,92	228,60	H40	2	12,5	1624	1128	—	*1965*	—	—	—	*1965*	*1965*	—	—
244,48	8,94	226,60	H40	2	12,5	1824	1309	1508	*2208*	—	—	—	*2208*	*2208*	*2208*	*2208*
244,48	*10,03*	*224,40*	*H40*	*2*	*12,5*	*2038*	*1502*	*1731*	*2466*	—	—	—	*2466*	*2466*	*2466*	*2466*
244,48	*11,05*	*222,40*	*H40*	*2*	*12,5*	*2235*	—	—	*2705*	—	—	—	*2705*	*2705*	—	—
244,48	*11,99*	*220,50*	*H40*	*2*	*12,5*	*2416*	—	—	*2923*	—	—	—	*2923*	*2718*	—	—
244,48	*13,84*	*216,80*	*H40*	*2*	*12,5*	*2766*	—	—	*3348*	—	—	—	*3348*	*2718*	—	—
244,48	*7,92*	*228,60*	*J55*	*2*	*12,5*	*2230*	*1504*	—	*2527*	*2527*	*2527*	*2527*	*2527*	*2527*	—	—
244,48	8,94	226,60	J55	2	12,5	2509	1751	2015	2843	2843	2843	2843	2840	2840	2840	2840
244,48	10,03	224,40	J55	2	12,5	2802	2009	2313	3175	3175	3175	3175	3172	3172	3172	3172
244,48	*11,05*	*222,40*	*J55*	*2*	*12,5*	*3070*	—	*2583*	*3479*	*3479*	*3279*	*3479*	*3479*	*3394*	*3479*	*3479*
244,48	*11,99*	*220,50*	*J55*	*2*	*12,5*	*3317*	—	*2835*	*3760*	*3760*	*3279*	*3760*	*3760*	*3394*	*3760*	*3624*
244,48	*13,84*	*216,80*	*J55*	*2*	*12,5*	*3799*	—	*3323*	*4305*	*4305*	*3279*	*4155*	*4305*	*3394*	*4305*	*3624*
244,48	*7,92*	*228,60*	*K55*	*2*	*12,5*	*2230*	*1618*	—	*2986*	*2986*	*2986*	*2986*	*2986*	*2986*	—	—
244,48	8,94	226,60	K55	2	12,5	2509	1883	2175	3358	3358	3358	3358	3356	3356	3356	3356
244,48	10,03	224,40	K55	2	12,5	2802	2162	2496	3751	3751	3751	3751	3748	3748	3748	3748
244,48	*11,05*	*222,40*	*K55*	*2*	*12,5*	*3070*	—	*2789*	*4111*	*4111*	*4111*	*4111*	*4111*	*4111*	*4111*	*4111*
244,48	*11,99*	*220,50*	*K55*	*2*	*12,5*	*3317*	—	*3060*	*4442*	*4442*	*4155*	*4155*	*4442*	*4300*	*4442*	*4442*
244,48	*13,84*	*216,80*	*K55*	*2*	*12,5*	*3799*	—	*3587*	*5087*	*5087*	*4155*	*4155*	*5087*	*4300*	*5087*	*4592*

Продолжение таблицы I.3

Наружный диаметр D, мм	Толщина стенки t, мм	Внутренний диаметр d, мм	Группа прочности	Переменная/искусственный дефект (надрез)		Соответствующий номер формулы										
						(10)	(54), (55), (56)		(60), (61)							
						Текучесть тела трубы без резьбы, МПа	Прочность соединения, МПа									
							SC	LC	Баттресс				OTTM		OTTГ	
									Обычная муфта		Специальная муфта		Обычная муфта	Специальная муфта	Обычная муфта	Специальная муфта
				k_a	a_N %				Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Низкие группы прочности	Высокие группы прочности
244,48	8,94	226,60	M65	2	12,5	2965	2045	2352	3266	--	3266	--	*3263*	*3263*	*3263*	*3263*
244,48	10,03	224,40	M65	2	12,5	3312	2347	2700	3648	—	3648	—	*3644*	*3644*	*3644*	*3644*
244,48	11,05	222,40	M65	2	12,5	3631	—	3020	4000	—	4000	—	*3997*	*3997*	*3997*	*3997*
244,48	11,99	220,50	M65	2	12,5	3924	--	3314	4322	—	4154	—	*4320*	*4300*	*4320*	*4320*
244,48	8,94	226,60	M65	1	12,5	2965	2045	2352	3266	—	3266	—	*3263*	*3263*	*3263*	*3263*
244,48	10,03	224,40	M65	1	12,5	3312	2347	2700	3648	—	3648	—	*3644*	*3644*	*3644*	*3644*
244,48	11,05	222,40	M65	1	12,5	3631	—	3020	4000	--	4000	—	*3997*	*3997*	*3997*	*3997*
244,48	11,99	220,50	M65	1	12,5	3924	—	3314	4322	—	4154	—	*4320*	*4300*	*4320*	*4320*
244,48	*8,94*	*226,60*	*L80 9Cr*	*2*	*12,5*	*3650*	—	*2818*	*3770*	—	*3770*	—	*3770*	*3770*	*3770*	*3770*
244,48	10,03	224,40	L80 9Cr	2	12,5	4076	—	3234	4213	-	4154	—	*4210*	*4210*	*4210*	*4210*
244,48	11,05	222,40	L80 9Cr	2	12,5	4469	—	3618	4619	—	4154	—	*4618*	*4300*	*4618*	*4592*
244,48	11,99	220,50	L80 9Cr	2	12,5	4829	—	3970	4992	—	4154	—	*4991*	*4300*	*4991*	*4592*
244,48	13,84	216,80	L80 9Cr	2	12,5	5532	—	4655	5718	—	4154	—	*5715*	*4300*	*5715*	*4592*
244,48	15,11	214,25	L80 9Cr	2	12,5	6006	—	5118	6208	—	4154	—	*6205*	*4300*	*6205*	*4592*
244,48	*15,90*	*212,68*	*L80 9Cr*	*2*	*12,5*	*6299*	—	*5400*	*6507*	—	*4155*	—	*6507*	*4300*	*6507*	*4592*
244,48	*8,94*	*226,60*	*L80*	*1*	*12,5*	*3650*	—	*2818*	*3770*	--	*3770*	—	*3770*	*3770*	*3770*	*3770*
244,48	10,03	224,40	L80	1	12,5	4076	—	3234	4213	—	4154	—	*4210*	*4210*	*4210*	*4210*
244,48	11,05	222,40	L80	1	12,5	4469	—	3618	4619	--	4154	--	*4618*	*4300*	*4618*	*4592*
244,48	11,99	220,50	L80	1	12,5	4829	—	3970	4992	—	4154	—	*4991*	*4300*	*4991*	*4592*
244,48	13,84	216,80	L80	1	12,5	5532	—	4655	5718	—	4154	—	*5715*	*4300*	*5715*	*4592*
244,48	15,11	214,25	L80	1	12,5	6006	—	5118	6208	—	4154	—	*6205*	*4300*	*6205*	*4592*
244,48	*15,90*	*212,68*	*L80*	*1*	*12,5*	*6299*	—	*5400*	*6507*	—	*4155*	—	*6507*	*4300*	*6507*	*4592*
244,48	*7,92*	*228,60*	*N80*	*2*	*12,5*	*3247*	*2138*	*2458*	*3468*	*3468*	*3468*	—	*3468*	*3468*	—	—
244,48	*8,94*	*226,60*	*N80*	*2*	*12,5*	*3650*	*2484*	*2856*	*3897*	*3897*	*3897*	—	*3897*	*3897*	*3897*	*3897*
244,48	10,03	224,40	N80	2	12,5	4076	—	3280	4357	4357	4357	—	*4352*	*4352*	*4352*	*4352*
244,48	11,05	222,40	N80	2	12,5	4469	—	3670	4777	4777	4373	—	*4774*	*4523*	*4774*	*4774*
244,48	11,99	220,50	N80	2	12,5	4829	—	4026	5162	5162	4373	—	*5159*	*4523*	*5159*	*4830*
244,48	13,84	216,80	N80	2	12,5	5532	—	4722	5913	5913	4373	—	*5908*	*4523*	*5908*	*4830*
244,48	15,11	214,25	N80	2	12,5	6006	—	5191	6420	6420	4373	—	*6414*	*4523*	*6414*	*4830*
244,48	*7,92*	*228,60*	*N80*	*1*	*12,5*	*3247*	*2138*	*2458*	*3468*	*3468*	*3468*	*3468*	*3468*	*3468*	—	—
244,48	*8,94*	*226,60*	*N80*	*1*	*12,5*	*3650*	*2484*	*2856*	*3897*	*3897*	*3897*	*3897*	*3897*	*3897*	*3897*	*3897*
244,48	10,03	224,40	N80	1	12,5	4076	--	3280	4357	4357	4357	4357	*4352*	*4352*	*4352*	*4352*
244,48	11,05	222,40	N80	1	12,5	4469	—	3670	4777	4777	4373	4777	*4774*	*4523*	*4774*	*4774*
244,48	11,99	220,50	N80	1	12,5	4829	—	4026	5162	5162	4373	5162	*5159*	*4523*	*5159*	*4830*
244,48	13,84	216,80	N80	1	12,5	5532	—	4722	5913	5913	4373	5486	*5908*	*4523*	*5908*	*4830*

Продолжение таблицы I.3

Наружный диаметр D, мм	Толщина стенки t, мм	Внутренний диаметр d, мм	Группа прочности	Переменная/искусственный дефект (надрез)		Соответствующий номер формулы										
						(10)	(54), (55), (56)		(60) (61)							
						Текучесть тела трубы без резьбы, МПа	Прочность соединения, МПа									
							SC	LC	Баттресс				ОТТМ		ОТТГ	
									Обычная муфта		Специальная муфта		Обычная муфта	Специальная муфта	Обычная муфта	Специальная муфта
				k_a	a_N %				Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Низкие группы прочности	Высокие группы прочности
244,48	15,11	214,25	N80	1	12,5	6006	—	5191	6420	6420	4373	5466	6414	**4523**	6414	4830
244,48	*8,94*	*226,60*	*C90*	*1*	*5*	*4106*	—	*3113*	*4063*	—	*4063*	—	*4063*	*4063*	—	—
244,48	10,03	224,40	C90	1	5	4585	—	3575	4541	—	4373	—	*4537*	*4523*	*4537*	*4537*
244,48	11,05	222,40	C90	1	5	5028	—	4000	4979	—	4373	—	*4976*	***4523***	*4976*	*4830*
244,48	11,99	220,50	C90	1	5	5433	—	4389	5381	—	4373	—	*5378*	*4523*	*5378*	*4830*
244,48	13,84	216,80	C90	1	5	6224	—	5146	6164	—	4373	—	*6158*	***4523***	*6158*	*4830*
244,48	15,11	214,25	C90	1	5	6757	—	5658	6692	—	4373	—	*6687*	*4523*	*6687*	*4830*
244,48	15,47	213,50	C90	1	5	6906	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
244,48	17,07	210,30	C90	1	5	7586	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
244,48	18,64	207,20	C90	1	5	8207	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
244,48	20,24	204,00	C90	1	5	8849	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
244,48	*8,94*	*226,60*	*R95*	*1*	*12,5*	*4331*	—	*3320*	*4402*	—	*4402*	—	*4402*	*4402*	*4402*	*4402*
244,48	10,03	224,40	*R95*	1	12,5	4840	—	3809	*4916*	—	*4808*	—	*4916*	*4916*	*4916*	*4916*
244,48	11,05	222,40	*R95*	1	12,5	5307	—	4263	*5392*	—	*4808*	—	*5392*	*4976*	*5392*	*5314*
244,48	11,99	220,50	*R95*	1	12,5	5735	—	4678	*5827*	—	*4808*	—	*5827*	*4976*	*5827*	*5314*
244,48	13,84	216,80	*R95*	1	12,5	6570	—	5484	*6673*	—	*4808*	—	*6673*	*4976*	*6673*	*5314*
244,48	15,11	214,25	*R95*	1	12,5	7132	—	6029	*7245*	—	*4808*	—	*7245*	*4976*	*7245*	*5314*
244,48	*15,90*	*212,68*	*R95*	*1*	*12,5*	*7475*	—	*6403*	*7598*	—	*4808*	—	*7598*	*4976*	*7598*	*5314*
244,48	*8,94*	*226,60*	*T95*	*1*	*5*	*4331*	—	*3280*	*4275*	—	*4275*	—	*4275*	*4275*	—	—
244,48	10,03	224,40	T95	1	5	4840	—	3769	4777	—	4591	—	*4774*	*4753*	*4774*	*4774*
244,48	11,05	222,40	T95	1	5	5307	—	4216	5238	—	4591	—	*5236*	*4753*	*5236*	*5076*
244,48	11,99	220,50	T95	1	5	5735	—	4626	5661	—	4591	—	*5659*	*4753*	*5659*	*5076*
244,48	13,84	216,80	T95	1	5	6570	—	5425	6485	—	4591	—	*6480*	*4753*	*6480*	*5076*
244,48	15,11	214,25	T95	1	5	7132	—	5964	7040	—	4591	—	*7036*	*4753*	*7036*	*5076*
244,48	15,47	213,50	T95	1	5	7289	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
244,48	17,07	210,30	T95	1	5	7987	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
244,48	18,64	207,20	T95	1	5	8663	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
244,48	20,24	204,00	T95	1	5	9340	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
244,48	*8,94*	*226,60*	*P110*	*1*	*12,5*	*5012*	—	*38234*	*5037*	*5037*	*5037*	*5037*	*5037*	*5037*	*5037*	*5037*
244,48	*10,03*	*224,40*	*P110*	*1*	*12,5*	*5597*	—	*4388*	*5625*	*5625*	*5468*	*5625*	*5625*	*5625*	*5625*	*5625*
244,48	11,05	222,40	P110	1	12,5	6145	—	4916	6173	6173	5466	5903	*6170*	*5659*	*6170*	*6043*
244,48	11,99	220,50	P110	1	12,5	6641	—	5394	6671	6671	5466	5903	*6668*	*5659*	*6668*	*6043*
244,48	13,84	216,80	P110	1	12,5	7607	—	6325	7642	7642	5466	5903	*7636*	*5659*	*7636*	*6043*
244,48	15,11	214,25	P110	1	12,5	8259	—	6954	8297	8297	5466	5903	*8291*	*5659*	*8291*	*6043*
244,48	*15,90*	*212,68*	*P110*	*1*	*12,5*	*8650*	—	*7330*	*8694*	*8694*	*5468*	*5906*	*8694*	*5659*	*8694*	*6043*

Продолжение таблицы I.3

Наружный диаметр D, мм	Толщина стенки t, мм	Внутренний диаметр d, мм	Группа прочности	Переменная/искусственный дефект (надрез)		Соответствующий номер формулы										
						(10)	(54), (55), (56)		(60), (61)							
						Текучесть тела трубы без резьбы, МПа	Прочность соединения, МПа									
							SC	LC	Баттресс				ОТТМ		ОТТГ	
									Обычная муфта		Специальная муфта		Обычная муфта	Специальная муфта	Обычная муфта	Специальная муфта
				k_a	a_N %				Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Низкие группы прочности	Высокие группы прочности
244,48	8,94	226,60	P110	1	5	5012	—	3823	5037	5037	5037	5037	5037	5037	5037	5037
244,48	10,03	224,40	P110	1	5	5597	—	4388	5625	5625	5468	5625	5625	5625	5625	5625
244,48	11,05	222,40	P110	1	5	6145	—	4916	6173	6173	5466	5903	6170	5659	6170	6043
244,48	11,99	220,50	P110	1	5	6641	—	5394	6671	6671	5466	5903	6668	5659	6668	6043
244,48	13,84	216,80	P110	1	5	7607	—	6325	7642	7642	5466	5903	7636	5659	7636	6043
244,48	15,11	214,25	P110	1	5	8259	—	6954	8297	8297	5466	5903	8291	5659	8291	6043
244,48	15,90	212,68	P110	1	5	8650	—	7330	8694	8694	5468	5906	8694	5659	8694	6043
244,48	8,94	226,60	Q125	1	5	**5700**	—	—	**5544**	—	—	—	5544	5544	—	—
244,48	10,03	224,40	Q125	1	5	6365	—	4923	6192	—	—	—	6192	6112	6192	6192
244,48	11,05	222,40	Q125	1	5	6982	—	5510	6792	—	—	—	6792	6112	6792	6527
244,48	11,99	220,50	Q125	1	5	7546	—	6050	7341	—	—	—	7340	6112	7340	6527
244,48	13,84	216,80	Q125	1	5	8644	—	7094	8409	—	—	—	8405	6112	8405	6527
244,48	15,11	214,25	Q125	1	5	9385	—	7800	9129	—	—	—	9125	6112	9125	6527
244,48	8,94	226,60	Q135	1	5	6149	—	—	5965	—	—	—	5965	5965	—	—
244,48	10,03	224,40	Q135	1	5	6867	—	5306	6661	—	—	—	6661	6565	6661	6661
244,48	11,05	222,40	Q135	1	5	7532	—	5938	7307	—	—	—	7307	6565	7307	7011
244,48	11,99	220,50	Q135	1	5	8140	—	6516	7897	—	—	—	7897	6565	7897	7011
244,48	13,84	216,80	Q135	1	5	9321	—	7638	9042	—	—	—	9042	6565	9042	7011
244,48	15,11	214,25	Q135	1	5	10121	—	8398	9818	—	—	—	9818	6565	9818	7011
244,48	15,90	212,68	Q135	1	5	10613	—	8865	10296	—	—	—	10296	6565	10296	7011
250,83	15,88	220,44	N80	2	12,5	6467	—	—	—	—	—	—	—	—	6884	—
250,83	15,88	220,44	N80	1	12,5	6467	—	—	—	—	—	—	—	—	6884	—
250,83	15,88	220,44	C90	1	5	7275	—	—	—	—	—	—	—	—	7184	—
250,83	15,88	220,44	T95	1	12,5	7674	—	—	—	—	—	—	—	—	7559	—
250,83	15,88	220,44	P110	1	12,5	8880	—	—	—	—	—	—	—	—	8905	—
250,83	15,88	220,44	P110	1	5	8880	—	—	—	—	—	—	—	—	8906	—
250,83	15,88	220,44	Q125	1	5	10099	—	—	—	—	—	—	—	—	9808	—
250,83	15,88	220,44	Q135	1	5	10895	—	—	—	—	—	—	—	—	10552	—
273,05	7,09	258,90	H40	2	12,5	1633	914	—	—	—	—	—	—	—	—	—
273,05	8,89	255,30	H40	2	12,5	2035	1395	—	2409	—	—	—	2409	2409	—	—
273,05	10,16	252,70	H40	2	12,5	2315	—	—	2740	—	—	—	2740	2740	—	—
273,05	11,43	250,20	H40	2	12,5	2592	—	—	3068	—	—	—	3068	3035	—	—
273,05	12,57	247,90	H40	2	12,5	2838	—	—	3359	—	—	—	3359	3035	—	—
273,05	13,84	245,40	H40	2	12,5	3109	—	—	3680	—	—	—	3680	3035	—	—
273,05	7,09	258,90	J55	2	12,5	2244	1224	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Продолжение таблицы I.3

Наружный диаметр D, мм	Толщина стенки t, мм	Внутренний диаметр d, мм	Группа прочности	Переменная/искусственный дефект (надрез)		Соответствующий номер формулы										
						(10)	(54), (55), (56)		(60) (61)							
						Текучесть тела трубы без резьбы, МПа	Прочность соединения, МПа									
							SC	LC	Баттресс				OTTM		OTTГ	
									Обычная муфта		Специальная муфта		Обычная муфта	Специальная муфта	Обычная муфта	Специальная муфта
				k_a	a_N %				Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Низкие группы прочности	Высокие группы прочности
273,05	8,89	255,30	J55	2	12,5	2797	1868	—	3114	3114	3114	3114	3111	3111	3111	3111
273,05	10,16	252,70	J55	2	12,5	3182	2193	—	3541	3541	3541	3541	3538	3538	3538	3538
273,05	11,43	250,20	J55	2	12,5	3562	2514	—	3965	3965	3656	3965	3961	3790	3961	3961
273,05	12,57	247,90	J55	2	12,5	**3897**	**2796**	—	4337	4337	3655	—	4337	3790	4337	4048
273,05	13,84	245,40	J55	2	12,5	**4269**	**3110**	—	4752	4752	3655	—	4752	3790	4752	4048
273,05	16,50	240,05	J55	2	12,5	5038	—	—	5163	5163	3655	—	5163	3790	5163	4048
273,05	7,09	258,90	K55	2	12,5	2244	1308	—	—	—	—	—	—	—	—	—
273,05	8,89	255,30	K55	2	12,5	2797	2003	—	3642	3642	3642	3642	3639	3639	3639	3639
273,05	10,16	252,70	K55	2	12,5	3182	2350	—	4142	4142	4142	4142	4139	4139	4139	4139
273,05	11,43	250,20	K55	2	12,5	3562	2695	—	4638	4638	4631	4631	4634	4634	4634	4634
273,05	12,57	247,90	K55	2	12,5	3897	2996	—	5074	5074	4631	4631	5074	4802	5074	5074
273,05	13,84	245,40	K55	2	12,5	4269	3333	—	5560	5560	4631	4631	5560	4802	5560	5129
273,05	16,50	240,05	K55	2	12,5	5038	4028	—	6040	6040	4631	4631	6040	4802	6040	5129
273,05	8,89	255,30	M65	2	12,5	3306	2184	—	3584	—	3584	—	3581	3581	3581	3581
273,05	10,16	252,70	M65	2	12,5	3760	2563	—	4076	—	4076	—	4073	4073	4073	4073
273,05	11,43	250,20	M65	2	12,5	4210	2939	—	4563	—	4563	—	4560	4560	4560	4560
273,05	12,57	247,90	M65	2	12,5	4611	3273	—	4998	—	4631	—	4993	4802	4993	4993
273,05	8,89	255,30	M65	1	12,5	3306	2184	—	3584	—	3584	—	3581	3581	3581	3581
273,05	10,16	252,70	M65	1	12,5	3760	2563	—	4076	—	4076	—	4073	4073	4073	4073
273,05	11,43	250,20	M65	1	12,5	4210	2939	—	4563	—	4563	—	4560	4560	4560	4560
273,05	12,57	247,90	M65	1	12,5	4611	3273	—	4998	—	4631	—	4993	4802	4993	4993
273,05	8,89	255,30	L80 9Cr	2	12,5	4070	2622	—	4156	—	4156	—	4156	4156	4156	4156
273,05	10,16	252,70	L80 9Cr	2	12,5	4630	3078	—	4726	—	4631	—	4726	4726	4726	4726
273,05	11,43	250,20	L80 9Cr	2	12,5	5181	3530	—	5293	—	4 631	—	5291	4802	5291	5129
273,05	12,57	247,90	L80 9Cr	2	12,5	5675	3932	—	5796	—	4631	—	5794	4802	5794	5129
273,05	13,84	245,40	L80 9Cr	2	12,5	6218	4372	—	6348	—	4631	—	6348	4802	6348	5129
273,05	15,11	242,80	L80 9Cr	2	12,5	6755	4809	—	6897	—	4631	—	6897	4802	6897	5129
273,05	16,50	240,05	L80 9Cr	2	12,5	7337	5283	—	—	—	—	—	7491	4802	7491	5129
273,05	8,89	255,30	L80	1	12,5	4070	2622	—	4156	—	4156	—	4156	4156	4156	4156
273,05	10,16	252,70	L80	1	12,5	4630	3078	—	4726	—	4631	—	4726	4726	4726	4726
273,05	11,43	250,20	L80	1	12,5	5181	3530	—	5293	—	4631	—	5291	4802	5291	5129
273,05	12,57	247,90	L80	1	12,5	5675	3932	—	5796	—	4631	—	5794	4802	5794	5129
273,05	13,84	245,40	L80	1	12,5	6218	4372	—	6348	—	4631	—	6348	4802	6348	5129
273,05	15,11	242,80	L80	1	12,5	6755	4809	—	6897	—	4631	—	6897	4802	6897	5129
273,05	16,50	240,05	L80	1	12,5	7337	5283	—	—	—	—	—	7491	4802	7491	5129

Продолжение таблицы I.3

Наружный диаметр D, мм	Толщина стенки t, мм	Внутренний диаметр d, мм	Группа прочности	Переменная/искусственный дефект (надрез)		Соответствующий номер формулы									
						(10)	(54), (55), (56)		(60), (61)						
						Текучесть тела трубы без резьбы, МПа	Прочность соединения, МПа								
							SC	LC	Баттресс				ОТТМ		ОТТГ	
									Обычная муфта		Специальная муфта		Обычная муфта	Специальная муфта	Обычная муфта	Специальная муфта
				k_a	a_N %				Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Низкие группы прочности	Высокие группы прочности
273,05	8,89	255,30	N80	2	12,5	4070	2655	—	—	—	—	—	4286	4286	4286	4286
273,05	10,16	252,70	N80	2	12,5	4630	3116	—	—	—	—	—	4874	4874	4874	4874
273,05	11,43	250,20	N80	2	12,5	5181	3575	—	5461	5461	4875	—	5457	5051	5457	5395
273,05	12,57	247,90	N80	2	12,5	5675	3982	—	5981	5981	4875	—	5975	5051	5975	5395
273,05	13,84	245,40	N80	2	12,5	6218	4427	—	—	—	—	—	6547	5051	6547	5395
273,05	15,11	242,80	N80	2	12,5	6755	4870	—	—	—	—	—	7113	5051	7113	5395
273,05	8,89	255,30	N80	1	12,5	4070	2655	—	—	—	—	—	4286	4286	4286	4286
273,05	10,16	252,70	N80	1	12,5	4630	3116	—	—	—	—	—	4874	4874	4874	4874
273,05	11,43	250,20	N80	1	12,5	5181	3575	—	5461	5461	4875	5461	5457	5051	5457	5395
273,05	12,57	247,90	N80	1	12,5	5675	3982	—	5981	5981	4875	5981	5975	5051	5975	5395
273,05	13,84	245,40	N80	1	12,5	6218	4427	—	—	—	—	—	6547	5051	6547	5395
273,05	15,11	242,80	N80	1	12,5	6755	4870	—	—	—	—	—	7113	5051	7113	5395
273,05	8,89	255,30	C90	1	5	4579	2904	—	4492	—	4492	—	4492	4492	—	—
273,05	10,16	252,70	C90	1	5	5208	3403	—	5109	—	5109	—	5109	5051	5109	5395
273,05	11,43	250,20	C90	1	5	5829	3909	—	5723	—	4875	—	5719	5051	5719	5395
273,05	12,57	247,90	C90	1	5	6384	4354	—	6268	—	4875	—	6263	5051	6263	5395
273,05	13,84	245,40	C90	1	5	6995	4844	—	6867	—	4875	—	6862	5051	6862	5395
273,05	15,11	242,80	C90	1	5	7599	5329	—	7460	—	4875	—	7455	5051	7455	5395
273,05	17,07	238,90	C90	1	5	8517	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
273,05	18,64	235,80	C90	1	5	9246	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
273,05	20,24	232,60	C90	1	5	9976	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
273,05	8,89	255,30	R95	1	12,5	4830	3093	—	4857	—	4857	—	4857	4857	4857	4857
273,05	10,16	252,70	R95	1	12,5	5493	3630	—	5525	—	5359	—	5525	5525	5525	5525
273,05	11,43	250,20	R95	1	12,5	6150	4162	—	6185	—	5359	—	6185	5557	6185	5935
273,05	12,57	247,90	R95	1	12,5	6734	4635	—	6772	—	5359	—	6772	5557	6772	5935
273,05	13,84	245,40	R95	1	12,5	7378	5156	—	7420	—	5359	—	7420	5557	7420	5935
273,05	15,11	242,80	R95	1	12,5	8016	5672	—	8061	—	5359	—	8061	5557	8061	5935
273,05	16,50	240,05	R95	1	12,5	8706	6231	—	8756	—	5359	—	8756	5557	8756	5935
273,05	8,89	255,30	T95	1	5	4830	3060	—	4727	—	4727	—	4727	4727	—	—
273,05	10,16	252,70	T95	1	5	5493	3591	—	5308	—	5119	—	5376	5376	5376	5376
273,05	11,43	250,20	T95	1	5	6153	4121	—	6022	—	5119	—	6019	5308	6019	5669
273,05	12,57	247,90	T95	1	5	6739	4591	—	6595	—	5119	—	6591	5308	6591	5669
273,05	13,84	245,40	T95	1	5	7383	5107	—	7226	—	5119	—	7221	5308	7221	5669
273,05	15,11	242,80	T95	1	5	8021	5618	—	7850	—	5119	—	7845	5308	7845	5669
273,05	17,07	238,90	T95	1	5	8990	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Продолжение таблицы I.3

Наружный диаметр D, мм	Толщина стенки t, мм	Внутренний диаметр d, мм	Группа прочности	Переменная/искусственный дефект (надрез)		Соответствующий номер формулы										
						(10)	(54), (55), (56)		(60) (61)							
						Текучесть тела трубы без резьбы, МПа	Прочность соединения, МПа									
							SC	LC	Баттресс				ОТТМ		ОТТГ	
									Обычная муфта		Специальная муфта		Обычная муфта	Специальная муфта	Обычная муфта	Специальная муфта
				k_a	a_N %				Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Низкие группы прочности	Высокие группы прочности
273,05	18,64	235,80	T95	1	5	9759	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
273,05	20,24	232,60	T95	1	5	10531	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
273,05	*8,89*	*255,30*	*P110*	*1*	*12,5*	*5589*	*3563*	—	*5563*	*5563*	*5563*	*5563*	*5563*	*5563*	*5563*	*5563*
273,05	*10,16*	*252,70*	*P110*	*1*	*12,5*	*6357*	*4181*	—	*6327*	*6327*	*6094*	*6327*	*6327*	*6320*	*6327*	*6327*
273,05	11,43	250,20	P110	1	12,5	7124	4800	—	7088	7088	6094	6581	*7084*	*6320*	*7084*	*6749*
273,05	12,57	247,90	P110	1	12,5	7803	5347	—	7763	7763	6094	6581	*7756*	*6320*	*7756*	*6749*
273,05	13,84	245,40	P110	1	12,5	8549	5948	—	8506	8506	6094	6581	*8498*	*6320*	*8498*	*6749*
273,05	15,11	242,80	P110	1	12,5	9288	6544	—	9240	9240	6094	6581	*9233*	*6320*	*9233*	*6749*
273,05	*16,50*	*204,05*	*P110*	*1*	*12,5*	*10075*	*7178*	—	*10028*	*10028*	*6094*	*6581*	*10028*	*6320*	*10028*	*6749*
273,05	*8,89*	*255,30*	*P110*	*1*	*5*	*5589*	*3563*	—	*5563*	*5563*	*5563*	*5563*	*5563*	*5563*	*5563*	*5563*
273,05	*10,16*	*252,70*	*P110*	*1*	*5*	*6357*	*4181*	—	*6327*	*6327*	*6094*	*6327*	*6327*	*6320*	*6327*	*6327*
273,05	11,43	250,20	P110	1	5	7124	4800	—	7088	7088	6094	6581	*7084*	*6320*	*7084*	*6749*
273,05	12,57	247,90	P110	1	5	7803	5347	—	7763	7763	6094	6581	*7756*	*6320*	*7756*	*6749*
273,05	13,84	245,40	P110	1	5	8549	5948	—	8506	8506	6094	6581	*8498*	*6320*	*8498*	*6749*
273,05	15,11	242,80	P110	1	5	9288	6544	—	9240	9240	6094	6581	*9233*	*6320*	*9233*	*6749*
273,05	*16,50*	*204,05*	*P110*	*1*	*5*	*10075*	*7178*	—	*10028*	*10028*	*6094*	*6581*	*10028*	*6320*	*10028*	*6749*
273,05	*10,16*	*252,70*	*Q125*	*1*	*5*	7229	*4699*	—	6981	—	—	—	6981	*6825*	6981	*6981*
273,05	*11,43*	*250,20*	*Q125*	*1*	*5*	8094	*5387*	—	7815	—	—	—	7815	*6825*	7815	*7290*
273,05	*12,57*	*247,90*	*Q125*	*1*	*5*	8862	*5999*	—	8557	—	—	—	8557	*6825*	8557	*7290*
273,05	13,84	245,40	Q125	1	5	9715	6681	—	9381	—	—	—	9376	*6825*	9376	*7290*
273,05	15,11	242,80	Q125	1	5	10554	7350	—	10191	—	—	—	10186	*6825*	10186	*7290*
273,05	*10,16*	*252,70*	*Q135*	*1*	*5*	*7800*	*5065*	—	*7512*	—	—	—	*7512*	*7331*	*7512*	7830
273,05	*11,43*	*250,20*	*Q135*	*1*	*5*	*8732*	*5807*	—	*8410*	—	—	—	*8410*	*7331*	*8410*	7830
273,05	*12,57*	*247,90*	*Q135*	*1*	*5*	*9561*	*6466*	—	*9209*	—	—	—	*9209*	*7331*	*9209*	7830
273,05	*13,84*	*245,40*	*Q135*	*1*	*5*	*10476*	*7194*	—	*10090*	—	—	—	*10090*	*7331*	*10090*	7830
273,05	*15,11*	*242,80*	*Q135*	*1*	*5*	*11381*	*7914*	—	*10961*	—	—	—	*10961*	*7331*	*10961*	7830
273,05	*16,50*	*240,05*	*Q135*	*1*	*5*	*12361*	*8694*	—	—	—	—	—	*11905*	*7331*	*11905*	7830
298,45	8,46	281,50	H40	2	12,5	2125	1368	—	—	—	—	—	—	—	—	—
298,45	*8,46*	*281,50*	*J55*	*2*	*12,5*	*2920*	*1831*	—	*3197*	—	—	—	*3197*	—	—	—
298,45	9,53	279,41	J55	2	12,5	3278	2120	—	3590	3590	—	—	*3588*	—	—	—
298,45	11,05	276,40	J55	2	12,5	3783	2525	—	4142	4142	—	—	*4139*	—	—	—
298,45	12,42	273,60	J55	2	12,5	4232	2886	—	4635	4635	—	—	*4630*	—	—	—
298,45	*13,56*	*271,30*	*J55*	*2*	*12,5*	*4597*	*3179*	—	—	—	—	—	*5035*	—	—	—
298,45	*14,78*	*268,90*	*J55*	*2*	*12,5*	*4989*	*3494*	—	—	—	—	—	*5464*	—	—	—
298,45	*8,46*	*281,50*	*K55*	*2*	*12,5*	*2920*	*1956*	—	—	—	—	—	*3706*	—	—	—

Продолжение таблицы I.3

Наружный диаметр D, мм	Толщина стенки t, мм	Внутренний диаметр d, мм	Группа прочности	Переменная/искусственный дефект (надрез)		Соответствующий номер формулы										
						(10)	(54), (55), (56)		(60), (61)							
						Текучесть тела трубы без резьбы, МПа	Прочность соединения, МПа									
							SC	LC	Баттресс				OTTM		OTTГ	
									Обычная муфта		Специальная муфта		Обычная муфта	Специальная муфта	Обычная муфта	Специальная муфта
				k_a	a_N %				Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Низкие группы прочности	Высокие группы прочности
298,45	9,53	279,41	K55	2	12,5	3278	2265	—	4161	4161	—	—	4160	—	—	—
298,45	11,05	276,40	K55	2	12,5	3783	2698	—	4801	4801	—	—	4798	—	—	—
298,45	12,42	273,60	K55	2	12,5	4232	3083	—	5372	5372	—	—	5367	—	—	—
298,45	13,56	271,30	K55	2	12,5	4597	3396	—	—	—	—	—	5836	—	—	—
298,45	14,78	268,90	K55	2	12,5	4989	3732	—	—	—	—	—	6334	—	—	—
298,45	9,53	279,41	M65	2	12,5	3874	2479	—	4139	—	—	—	4138	—	—	—
298,45	11,05	276,40	M65	2	12,5	4471	2953	—	4776	—	—	—	4773	—	—	—
298,45	12,42	273,60	M65	2	12,5	5002	3375	—	5343	—	—	—	5339	—	—	—
298,45	9,52	279,41	M65	1	12,5	3874	2479	—	4139	—	—	—	4138	—	—	—
298,45	11,05	276,40	M65	1	12,5	4471	2953	—	4776	—	—	—	4773	—	—	—
298,45	12,42	273,60	M65	1	12,5	5002	3375	—	5343	—	—	—	5339	—	—	—
298,45	9,53	279,41	L80 9Cr	2	12,5	4772	2979	—	4821	—	—	—	4821	—	—	—
298,45	11,05	276,40	L80 9Cr	2	12,5	5504	3551	—	5561	—	—	—	5561	—	—	—
298,45	12,42	273,60	L80 9Cr	2	12,5	6156	4059	—	6222	—	—	—	6220	—	—	—
298,45	13,56	271,30	L80 9Cr	2	12,5	6695	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
298,45	14,78	268,90	L80 9Cr	2	12,5	7266	—	—	—	—	—	—	7341	—	—	—
298,45	9,53	279,41	L80	1	12,5	4772	2979	—	4821	—	—	—	4821	—	—	—
298,45	11,05	276,40	L80	1	12,5	5504	3551	—	5561	—	—	—	5561	—	—	—
298,45	12,42	273,60	L80	1	12,5	6156	4059	—	6222	—	—	—	6220	—	—	—
298,45	13,56	271,30	L80	1	12,5	6695	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
298,45	14,78	268,90	L80	1	12,5	7266	—	—	—	—	—	—	7341	—	—	—
298,45	9,53	279,41	N80	2	12,5	4772	—	—	—	—	—	—	4962	—	—	—
298,45	11,05	276,40	N80	2	12,5	5504	3593	—	—	—	—	—	5723	—	—	—
298,45	12,42	273,60	N80	2	12,5	6156	4108	—	6406	6406	—	—	6402	—	—	—
298,45	13,56	271,30	N80	2	12,5	6695	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
298,45	14,78	268,90	N80	2	12,5	7266	—	—	—	—	—	—	7555	—	—	—
298,45	9,53	279,41	N80	1	12,5	—	—	—	—	—	—	—	4962	—	—	—
298,45	11,05	276,40	N80	1	12,5	—	3593	—	—	—	—	—	5723	—	—	—
298,45	12,42	273,60	N80	1	12,5	6156	4108	—	6406	6406	—	—	6402	—	—	—
298,45	13,56	271,30	N80	1	12,5	6695	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
298,45	14,78	268,90	N80	1	12,5	7266	—	—	—	—	—	—	7555	—	—	—
298,45	11,05	276,40	C90	1	5	6193	3935	—	—	—	—	—	6027	—	—	—
298,45	12,42	273,60	C90	1	5	6926	4499	—	6746	—	—	—	6742	—	—	—
298,45	13,56	271,30	C90	1	5	7532	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
298,45	14,78	268,90	C90	1	5	8175	5448	—	—	—	—	—	7957	—	—	—

Продолжение таблицы I.3

Наружный диаметр D, мм	Толщина стенки t, мм	Внутренний диаметр d, мм	Группа прочности	Переменная/искусственный дефект (надрез)		Соответствующий номер формулы										
						(10)	(54), (55), (56)		(60) (61)							
						Текучесть тела трубы без резьбы, МПа	Прочность соединения, МПа									
							SC	LC	Баттресс				OTTM		OTTГ	
									Обычная муфта		Специальная муфта		Обычная муфта	Специальная муфта	Обычная муфта	Специальная муфта
				k_a	a_N %				Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Низкие группы прочности	Высокие группы прочности
298,45	9,53	279,41	R95	1	12,5	5663	—	—	—	—	—	—	5641	—	—	—
298,45	11,05	276,40	R95	1	12,5	6532	4189	—	—	—	—	—	6506	—	—	—
298,45	12,42	273,60	R95	1	12,5	7310	4788	—	7278	—	—	—	7278	—	—	—
298,45	13,56	271,30	R95	1	12,5	7951	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
298,45	14,78	268,90	R95	1	12,5	8629	5804	—	—	—	—	—	8590	—	—	—
298,45	11,05	276,40	T95	1	5	6532	4147	—	—	—	—	—	6344	—	—	—
298,45	12,42	273,60	T95	1	5	7310	4744	—	7101	—	—	—	7097	—	—	—
298,45	13,56	271,30	T95	1	5	7951	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
298,45	14,78	268,90	T95	1	5	8629	5745	—	—	—	—	—	8376	—	—	—
298,45	11,05	276,40	P110	1	12,5	7559	4826	—	—	—	—	—	7457	—	—	—
298,45	12,42	273,60	P110	1	12,5	8465	5523	—	8348	8348	—	—	8342	—	—	—
298,45	13,56	271,30	P110	1	12,5	9206	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
298,45	14,78	268,90	P110	1	12,5	9991	—	—	—	—	—	—	9845	—	—	—
298,45	11,05	276,40	P110	1	5	7559	4826	—	—	—	—	—	7457	—	—	—
298,45	12,42	273,60	P110	1	5	8465	5523	—	8348	8348	—	—	8342	—	—	—
298,45	13,56	271,30	P110	1	5	9206	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
298,45	14,78	268,90	P110	1	5	9991	—	—	—	—	—	—	9845	—	—	—
298,45	12,42	273,60	Q125	1	5	9619	6207	—	9227	—	—	—	9223	—	—	—
298,45	13,56	271,30	Q125	1	5	10462	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
298,45	14,78	268,90	Q125	1	5	11354	—	—	—	—	—	—	10885	—	—	—
298,45	12,42	273,60	Q135	1	5	10374	6685	—	—	—	—	—	9927	—	—	—
298,45	14,78	268,90	Q135	1	5	12243	7925	—	—	—	—	—	11716	—	—	—
323,85	7,70	308,45	H40	2	12,5	2110	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
323,85	8,50	306,85	H40	2	12,5	2323	—	—	2641	—	—	—	2641	—	—	—
323,85	9,50	304,85	H40	2	12,5	2588	—	—	2942	—	—	—	2942	—	—	—
323,85	11,00	301,85	H40	2	12,5	2982	—	—	3390	—	—	—	3390	—	—	—
323,85	12,40	299,05	H40	2	12,5	3347	—	—	3804	—	—	—	3804	—	—	—
323,85	14,00	295,85	H40	2	12,5	3760	—	—	4273	—	—	—	4273	—	—	—
323,85	7,70	308,45	J55	2	12,5	2897	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
323,85	8,50	306,85	J55	2	12,5	3190	1914	—	3436	3436	—	—	3436	—	—	—
323,85	9,50	304,85	J55	2	12,5	3554	2193	—	3828	3828	—	—	3828	—	3829	—
323,85	11,00	301,85	J55	2	12,5	4095	2635	—	4412	4412	—	—	4412	—	4412	—
323,85	12,40	299,05	J55	2	12,5	4597	2991	—	4950	4951	—	—	4950	—	4950	—
323,85	14,00	295,85	J55	2	12,5	5163	3425	—	5561	5561	—	—	5561	—	5562	—
323,85	7,70	308,45	K55	2	12,5	2897	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Продолжение таблицы I.3

Наружный диаметр D, мм	Толщина стенки t, мм	Внутренний диаметр d, мм	Группа прочности	Переменная/искусственный дефект (надрез)		Соответствующий номер формулы									
						(10)	(54), (55), (56)		(60), (61)						
						Текучесть тела трубы без резьбы, МПа	Прочность соединения, МПа								
							SC	LC	Баттресс				ОТТМ		ОТТГ	
									Обычная муфта		Специальная муфта		Обычная муфта	Специальная муфта	Обычная муфта	Специальная муфта
				k_a	a_N %				Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Низкие группы прочности	Высокие группы прочности
323,85	8,50	306,85	K55	2	12,5	3190	2038	—	3945	3945	—	—	3945	—	—	—
323,85	9,50	304,85	K55	2	12,5	3554	2335	—	4395	4395	—	—	4395	—	4395	—
323,85	11,00	301,85	K55	2	12,5	4132	2807	—	5064	5064	—	—	5064	—	5064	—
323,85	12,40	299,05	K55	2	12,5	4597	3186	—	5683	5683	—	—	5683	—	5683	—
323,85	14,00	295,85	K55	2	12,5	5163	3649	—	6384	6384	—	—	6384	—	6384	—
323,85	8,50	306,85	M65	2	12,5	3771	2239	—	—	—	—	—	—	—	—	—
323,85	9,50	304,85	M65	2	12,5	4202	2566	—	4422	—	—	—	4422	—	4422	—
323,85	11,00	301,85	M65	2	12,5	4841	3084	—	5096	—	—	—	5096	—	5096	—
323,85	12,40	299,05	M65	2	12,5	5434	3500	—	5719	—	—	—	5719	—	5719	—
323,85	14,00	295,85	M65	2	12,5	6103	4008	—	6423	—	—	—	6423	—	6423	—
323,85	8,50	306,85	M65	1	12,5	3771	2239	—	—	—	—	—	—	—	—	—
323,85	9,50	304,85	M65	1	12,5	4202	2566	—	4422	—	—	—	4422	—	4422	—
323,85	11,00	301,85	M65	1	12,5	4841	3084	—	5096	—	—	—	5096	—	5096	—
323,85	12,40	299,05	M65	1	12,5	5434	3500	—	5719	—	—	—	5719	—	5719	—
323,85	14,00	295,85	M65	1	12,5	6103	4008	—	6423	—	—	—	6423	—	6423	—
323,85	8,50	306,85	L80 9Cr	2	12,5	4646	—	—	—	—	—	—	4644	—	—	—
323,85	9,50	304,85	L80 9Cr	2	12,5	5176	3092	—	5173	—	—	—	5173	—	5173	—
323,85	11,10	301,85	L80 9Cr	2	12,5	6017	3716	—	5962	—	—	—	5962	—	5962	—
323,85	12,40	299,05	L80 9Cr	2	12,5	6694	4218	—	6690	—	—	—	6690	—	6690	—
323,85	14,00	295,85	L80 9Cr	2	12,5	7519	4831	—	7515	—	—	—	7515	—	7515	—
323,85	8,50	306,85	L80	1	12,5	4646	3092	—	4644	—	—	—	4644	—	4644	—
323,85	9,50	304,85	L80	1	12,5	5176	3716	—	5173	—	—	—	5173	—	5173	—
323,85	11,00	301,85	L80	1	12,5	5965	4218	—	5962	—	—	—	5962	—	5962	—
323,85	12,40	299,05	L80	1	12,5	6694	4831	—	6690	—	—	—	6690	—	6690	—
323,85	14,00	295,85	L80	1	12,5	7519	3092	—	7515	—	—	—	7515	—	7515	—
323,85	9,50	304,85	N80	2	12,5	5176	3127	—	5313	5313	—	—	5313	—	5313	—
323,85	11,00	301,65	N80	2	12,5	5965	3758	—	6122	6122	—	—	6122	—	6122	—
323,85	12,40	299,05	N80	2	12,5	6694	4266	—	6871	6872	—	—	6871	—	6871	—
323,85	14,00	295,85	N80	2	12,5	7519	4886	—	7717	7717	—	—	7717	—	7717	—
323,85	9,50	304,85	N80	1	12,5	5176	3127	—	5313	5314	—	—	5313	—	5313	—
323,85	11,00	301,85	N80	1	12,5	6017	3758	—	6122	6122	—	—	6122	—	6122	—
323,85	12,40	299,05	N80	1	12,5	6694	4266	—	6871	6872	—	—	6871	—	6871	—
323,85	14,00	295,85	N80	1	12,5	7519	4886	—	7717	7717	—	—	7717	—	7717	—
323,85	9,50	304,85	C90	1	5	5823	3429	—	5623	—	—	—	5623	—	5623	—
323,85	11,00	301,85	C90	1	5	6710	4121	—	6480	—	—	—	6480	—	6480	—

Продолжение таблицы I.3

Наружный диаметр D, мм	Толщина стенки t, мм	Внутренний диаметр d, мм	Группа прочности	Переменная/искусственный дефект (надрез)		Соответствующий номер формулы										
						(10)	(54), (55), (56)		(60) (61)							
						Текучесть тела трубы без резьбы, МПа	Прочность соединения, МПа									
							SC	LC	Баттресс				ОТТМ		ОТТГ	
									Обычная муфта		Специальная муфта		Обычная муфта	Специальная муфта	Обычная муфта	Специальная муфта
				k_a	a_N %				Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Низкие группы прочности	Высокие группы прочности
323,85	12,40	299,05	C90	1	5	7531	4678	—	7272	—	—	—	7272	—	7272	—
323,85	8,50	306,85	R 95	1	12,5	5513	3185	—	—	—	—	—	5440	—	—	—
323,85	9,50	304,85	R 95	1	12,5	6142	3649	—	6060	—	—	—	6060	—	6060	—
323,85	11,00	301,85	R 95	1	12,5	7076	4386	—	6983	—	—	—	6983	—	6983	—
323,85	12,40	299,05	R 95	1	12,5	7943	4979	—	7837	—	—	—	7837	—	7837	—
323,85	14,00	295,85	R 95	1	12,5	8922	5701	—	8802	—	—	—	8802	—	8802	—
323,85	9,50	304,85	T95	1	5	6142	3614	—	5920	—	—	—	5920	—	5920	—
323,85	11,00	301,85	T95	1	5	7076	4343	—	6822	—	—	—	6822	—	6822	—
323,85	12,40	299,05	T95	1	5	7943	4930	—	7656	—	—	—	7656	—	7656	—
323,85	8,50	306,85	P110	1	12,5	6380	3672	—	6238	6238	—	—	6238	—	—	—
323,85	9,50	304,85	P110	1	12,5	7108	4207	—	6950	6950	—	—	6950	—	—	—
323,85	11,00	301,85	P110	1	12,5	8191	5056	—	8009	8009	—	—	8009	—	—	—
323,85	12,40	299,05	P110	1	12,5	9192	5740	—	8988	8988	—	—	8988	—	8988	—
323,85	14,00	295,85	P110	1	12,5	10325	6573	—	10096	10097	—	—	10097	—	10097	—
323,85	8,50	306,85	P110	1	5	6380	3672	—	6238	6238	—	—	6238	—	—	—
323,85	9,50	304,85	P110	1	5	7108	4207	—	6950	6950	—	—	6950	—	—	—
323,85	11,00	301,85	P110	1	5	8009	5056	—	8009	8009	—	—	8009	—	—	—
323,85	12,40	299,05	P110	1	5	9192	5740	—	8988	8988	—	—	8988	—	8988	—
323,85	14,00	295,85	P110	1	5	10325	6573	—	10096	10096	—	—	10096	—	10096	—
323,85	9,50	304,85	Q125	1	5	8083	—	—	7702	—	—	—	—	—	—	—
323,85	11,00	301,85	Q125	1	5	9315	—	—	8875	—	—	—	—	—	—	—
323,85	12,40	299,05	Q125	1	5	10453	6458	—	9960	—	—	—	9960	—	9960	—
323,85	14,00	295,85	Q125	1	5	11741	7395	—	11187	—	—	—	11187	—	11187	—
323,85	9,50	304,85	Q135	1	5	8721	—	—	8291	—	—	—	—	—	—	—
323,85	11,00	301,85	Q135	1	5	10049	—	—	9554	—	—	—	—	—	—	—
323,85	12,40	299,05	Q135	1	5	11278	6961	—	10722	—	—	—	10722	—	10722	—
323,85	14,00	308,45	Q135	1	5	12668	7971	—	12043	—	—	—	12043	—	12043	—
339,73	8,38	322,96	H40	2	12,5	2406	1433	—	—	—	—	—	—	—	—	—
339,72	9,65	320,42	H40	2	12,5	2760	—	—	3097	—	—	—	3097	—	—	—
339,72	10,92	317,88	H40	2	12,5	3112	—	—	3491	—	—	—	3491	—	—	—
339,72	12,19	315,34	H40	2	12,5	3460	—	—	3882	—	—	—	3882	—	—	—
339,72	13,06	313,60	H40	2	12,5	3697	—	—	4148	—	—	—	4148	—	—	—
339,72	8,38	322,96	J55	2	12,5	3522	1921	—	—	—	—	—	—	—	—	—
339,73	9,65	320,42	J55	2	12,5	3795	2287	—	4045	4045	—	—	4041	—	—	—
339,73	10,92	317,88	J55	2	12,5	4278	2647	—	4560	4560	—	—	4555	—	—	—

Продолжение таблицы I.3

Наружный диаметр D, мм	Толщина стенки t, мм	Внутренний диаметр d, мм	Группа прочности	Переменная/искусственный дефект (надрез)		Соответствующий номер формулы										
						(10)	(54), (55), (56)		(60), (61)							
						Текучесть тела трубы без резьбы, МПа	Прочность соединения, МПа									
							SC	LC	Баттресс				ОТТМ		ОТТГ	
									Обычная муфта		Специальная муфта		Обычная муфта	Специальная муфта	Обычная муфта	Специальная муфта
				k_a	a_N %				Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Низкие группы прочности	Высокие группы прочности
339,73	12,19	315,34	J55	2	12,5	4757	3004	—	5071	5071	—	—	5065	—	—	—
339,72	13,06	313,60	J55	2	12,5	5077	3242	—	—	—	—	—	5412	—	—	—
339,72	14,00	311,72	J55	2	12,5	5427	3503	—	—	—	—	—	5785	—	—	—
339,72	15,40	308,92	J55	2	12,5	5944	—	—	—	—	—	—	6336	—	—	—
339,72	8,38	322,96	K55	2	12,5	3522	2042	—	—	—	—	—	—	—	—	—
339,73	9,65	320,42	K55	2	12,5	3795	2432	—	4615	4615	—	—	4610	—	—	—
339,73	10,92	317,88	K55	2	12,5	4278	2815	—	5202	5202	—	—	5196	—	—	—
339,73	12,19	315,34	K55	2	12,5	4757	3195	—	5784	5784	—	—	5778	—	—	—
339,72	13,06	313,60	K55	2	12,5	5077	3448	—	—	—	—	—	6174	—	—	—
339,72	14,00	311,72	K55	2	12,5	5427	3725	—	—	—	—	—	6599	—	—	—
339,72	15,40	308,92	K55	2	12,5	5944	—	—	—	—	—	—	7228	—	—	—
339,73	9,65	320,42	M65	2	12,5	4485	2677	—	4677	—	—	—	4673	—	—	—
339,73	10,92	317,88	M65	2	12,5	5056	3098	—	5272	—	—	—	5267	—	—	—
339,73	12,19	315,34	M65	2	12,5	5622	3516	—	5863	—	—	—	5857	—	—	—
339,73	9,65	320,42	M65	1	12,5	4485	2677	—	4677	—	—	—	4673	—	—	—
339,73	10,92	317,88	M65	1	12,5	5056	3098	—	5272	—	—	—	5267	—	—	—
339,73	12,19	315,34	M65	1	12,5	5622	3516	—	5863	—	—	—	5857	—	—	—
339,72	9,65	320,42	L80 9Cr	2	12,5	5521	3223	—	5481	—	—	—	5481	—	—	—
339,72	10,92	317,88	L80 9Cr	2	12,5	6223	3731	—	6178	—	—	—	6178	—	—	—
339,73	12,19	315,34	L80 9Cr	2	12,5	6919	4236	—	6872	—	—	—	6870	—	—	—
339,73	13,06	313,60	L80 9Cr	2	12,5	7390	4576	—	7340	—	—	—	7341	—	—	—
339,72	14,00	311,72	L80 9Cr	2	12,5	7904	4945	—	—	—	—	—	7847	—	—	—
339,72	15,40	308,92	L80 9Cr	2	12,5	8657	5489	—	—	—	—	—	8594	—	—	—
339,72	9,65	320,42	L80	1	12,5	5521	3223	—	5481	—	—	—	5481	—	—	—
339,72	10,92	317,88	L80	1	12,5	6223	3731	—	6178	—	—	—	6178	—	—	—
339,73	12,19	315,34	L80	1	12,5	6919	4236	—	6872	—	—	—	6870	—	—	—
339,73	13,06	313,60	L80	1	12,5	7390	4576	—	7340	—	—	—	7341	—	—	—
339,72	14,00	311,72	L80	1	12,5	7904	4945	—	—	—	—	—	7847	—	—	—
339,72	15,40	308,92	L80	1	12,5	8657	5489	—	—	—	—	—	8594	—	—	—
339,72	9,65	320,42	N80	2	12,5	5521	3259	—	5621	5621	—	—	5621	—	—	—
339,72	10,92	317,88	N80	2	12,5	6223	3772	—	6336	6336	—	—	6336	—	—	—
339,73	12,19	315,34	N80	2	12,5	6919	4284	—	7051	7051	—	—	7046	—	—	—
339,73	13,06	313,60	N80	2	12,5	7390	4628	—	7531	7531	—	—	7529	—	—	—
339,72	14,00	311,72	N80	2	12,5	7904	4999	—	8047	8047	—	—	8047	—	—	—
339,72	9,65	320,42	N80	1	12,5	5521	3259	—	5621	5621	—	—	5621	—	—	—

Продолжение таблицы I.3

Наружный диаметр D, мм	Толщина стенки t, мм	Внутренний диаметр d, мм	Группа прочности	Переменная/искусственный дефект (надрез)		Соответствующий номер формулы									
						(10)	(54), (55), (56)		(60) (61)						
						Текучесть тела трубы без резьбы, МПа	Прочность соединения, МПа								
							SC	LC	Баттресс				ОТТМ		ОТТГ	
									Обычная муфта		Специальная муфта		Обычная муфта	Специальная муфта	Обычная муфта	Специальная муфта
				k_a	a_N %				Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Низкие группы прочности	Высокие группы прочности
339,72	10,92	317,88	N80	1	12,5	6223	3772	—	6336	6336	—	—	6336	—	—	—
339,73	12,19	315,34	N80	1	12,5	6919	4284	—	7051	7051	—	—	7046	—	—	—
339,73	13,06	313,60	N80	1	12,5	7390	4628	—	7531	7531	—	—	7529	—	—	—
339,72	14,00	311,72	N80	1	12,5	7904	4999	—	8047	8047	—	—	8047	—	—	—
339,72	9,65	320,42	C90	1	5	6211	3576	—	5968	—	—	—	5968	—	—	—
339,72	10,92	317,88	C90	1	5	7001	4139	—	6728	—	—	—	6728	—	—	—
339,73	12,19	315,34	C90	1	5	7784	4700	—	7486	—	—	—	7481	—	—	—
339,73	13,06	313 60	C90	1	5	8314	5078	—	7995	—	—	—	7994	—	—	—
339,72	9,65	320,42	R95	1	12,5	6551	3804	—	6424	—	—	—	6424	—	—	—
339,72	10,92	317,88	R95	1	12,5	7385	4403	—	7242	—	—	—	7242	—	—	—
339,73	12,19	315,34	R95	1	12,5	8212	4998	—	8053	—	—	—	8053	—	—	—
339,73	13,06	313,60	R95	1	12,5	8774	5402	—	8605	—	—	—	8605	—	—	—
339,72	14,00	311,72	R95	1	12,5	9379	5836	—	9197	—	—	—	9197	—	—	—
339,72	15,40	308,92	R95	1	12,5	10272	6479	—	10074	—	—	—	10074	—	—	—
339,72	9,65	320,42	T95	1	5	6551	3789	—	6284	—	—	—	6284	—	—	—
339,72	10,92	317,88	T95	1	5	7385	4362	—	7084	—	—	—	7084	—	—	—
339,73	12,19	315,34	T95	1	5	8217	4956	—	7882	—	—	—	7877	—	—	—
339,73	13,06	313,60	T95	1	5	8776	5354	—	8418	—	—	—	8417	—	—	—
339,73	12,19	315,34	P110	1	12,5	9514	5767	—	9249	9249	—	—	9240	—	—	—
339,73	13,06	313,60	P110	1	12,5	10161	6231	—	9878	9878	—	—	9874	—	—	—
339,72	14,00	311,72	P110	1	12,5	10854	6730	—	—	—	—	—	10554	—	—	—
339,72	15,40	308,92	P110	1	12,5	11888	7470	—	—	—	—	—	11559	—	—	—
339,73	12,19	315,34	P110	1	5	9514	5767	—	9249	9249	—	—	9240	—	—	—
339,73	13,06	313,60	P110	1	5	10161	6231	—	9878	9878	—	—	9874	—	—	—
339,72	14,00	311,72	P110	1	5	10854	6730	—	—	—	—	—	10554	—	—	—
339,72	15,40	308,92	P110	1	5	11888	7470	—	—	—	—	—	11559	—	—	—
339,73	13,06	313,60	Q125	1	5	11547	7008	—	10956	—	—	—	10956	—	—	—
339,72	13,06	313,60	Q135	1	5	12458	7557	—	11796	—	—	—	11796	—	—	—
339,72	14,00	311,72	Q135	1	5	13316	8164	—	—	—	—	—	12609	—	—	—
339,72	15,40	308,92	Q135	1	5	14585	9063	—	—	—	—	—	13810	—	—	—
351,00	9,00	333,00	J55	2	12,5	3663	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
351,00	10,00	331,00	J55	2	12,5	4058	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
351,00	11,00	329,00	J55	2	12,5	4451	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
351,00	12,00	327,00	J55	2	12,5	4841	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
351,00	9,00	333,00	K55	2	12,5	3663	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Продолжение таблицы I.3

Наружный диаметр D, мм	Толщина стенки t, мм	Внутренний диаметр d, мм	Группа прочности	Переменная/искусственный дефект (надрез)		Соответствующий номер формулы											
						(10)	(54), (55), (56)		(60), (61)								
						Текучесть тела трубы без резьбы, МПа	Прочность соединения, МПа										
							SC	LC	Баттресс				ОТТМ		ОТТГ		
									Обычная муфта		Специальная муфта		Обычная муфта	Специальная муфта	Обычная муфта	Специальная муфта	
				k_a	a_N %				Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	
351,00	10,00	331,00	K55	2	12,5	4058	—	—	--	--	—	--	--	—	—	--	
351,00	11,00	329,00	K55	2	12,5	4451	—	—	—	—	—	--	—	—	—	--	
351,00	12,00	327,00	K55	2	12,5	4841	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
377,00	9,00	359,00	J55	2	12,5	3941	--	--	--	—	—	—	--	—	—	—	
377,00	10,00	357,00	J55	2	12,5	4368	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
377,00	11,00	355,00	J55	2	12,5	4791	--	—	—	—	—	—	—	—	—	--	
377,00	12,00	353,00	J55	2	12,5	5212	—	--	—	--	—	---	--	—	—	—	
377,00	9,00	359,00	K55	2	12,5	3941	—	—	--	—	—	—	—	—	—	--	
377,00	10,00	357,00	K55	2	12,5	4368	—	—	--	—	—	—	—	—	—	—	
377,00	11,00	355,00	K55	2	12,5	4791	—	—	--	-	—	—	—	—	—	--	
377,00	12,00	353,00	K55	2	12,5	5212	—	—	—	—	—	—	—	—	—	--	
406,40	9,53	387,40	H40	2	12,5	3275	1952	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
406,40	11,13	384,10	J55	2	12,5	5239	3159	—	5337	5337	—	—	--	—	—	--	
406,40	12,57	381,30	J55	2	12,5	5899	3636	—	6010	6010	—	—	—	—	—	—	
406,40	16,66	373,10	J55	2	12,5	7736	—	—	--	—	—	--	—	—	--	—	
406,40	11,13	384,10	K55	2	12,5	5239	3343	--	5920	5920	—	---	--	—	--	--	
406,40	12,57	381,30	K55	2	12,5	5899	3848	--	6665	6665	—	—	—	—	--	—	
406,40	16,66	373,10	K55	2	12,5	7736	—	--	--	--	—	--	--	—	--	--	
406,40	11,13	384,10	M65	2	12,5	6191	3700	—	6202	—	—	--	—	—	—	—	
406,40	12,57	381,30	M65	2	12,5	6971	4259	—	6983	—	—	—	—	—	—	—	
406,40	11,13	384,10	M65	1	12,5	6191	3700	—	6202	—	—	—	--	—	—	—	
406,40	12,57	381,30	M65	1	12,5	6971	4259	—	6983	—	—	—	—	—	—	—	
406,40	16,66	373,10	L80 9Cr	2	12,5	11252	--	—	--	—	—	--	—	—	—	--	
406,40	16,66	373,10	L80	1	12,5	11252	—	--	--	—	—	---	—	—	--	--	
406,40	16,66	373,10	N80	2	12,5	11252	—	—	—	--	—	--	—	—	--	—	
406,40	16,66	373,10	N80	1	12,5	11252	—	--	—	—	—	—	—	—	--	--	
406,40	16,66	373,10	C95	1	12,5	13362	—	—	—	—	—	--	—	—	—	—	
406,40	16,66	373,10	P110	1	12,5	15472	—	--	—	—	—	--	—	—	—	—	
406,40	16,66	373,10	P110	1	5	15472	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
406,40	16,66	373,10	Q125	1	5	17582	—	—	—	—	—	—	--	—	—	—	
425,45	8,00	409,45	H40	2	12,5	2894	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
425,45	8,90	407,65	H40	2	12,5	3213	--	—	--	—	—	--	—	—	—	--	
425,45	10,00	405,45	H40	2	12,5	3600	—	--	--	--	—	---	--	—	—	---	
425,45	11,50	402,45	H40	2	12,5	4126	—	—	--	—	—	—	—	—	—	—	
425,45	10,00	405,45	J55	2	12,5	4944	—	—	4970	4970	—	--	--	—	--	--	

Продолжение таблицы I.3

Наружный диаметр D, мм	Толщина стенки t, мм	Внутренний диаметр d, мм	Группа прочности	Переменная/искусственный дефект (надрез)		Соответствующий номер формулы										
						(10)	(54), (55), (56)		(60) (61)							
						Текучесть тела трубы без резьбы, МПа	Прочность соединения, МПа									
							SC	LC	Баттресс				*OTTM*		*OTTГ*	
									Обычная муфта		Специальная муфта		*Обычная муфта*	*Специальная муфта*	*Обычная муфта*	*Специальная муфта*
				k_a	a_N %				Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	*Низкие группы прочности*	*Высокие группы прочности*	*Низкие группы прочности*	*Высокие группы прочности*
425,45	11,00	403,45	J55	2	12,5	5425	—	—	5454	5454	—	—	—	—	—	—
425,45	11,50	402,45	J55	2	12,5	5665	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
425,45	12,00	401,45	J55	2	12,5	5904	—	—	5936	5936	—	—	—	—	—	—
425,45	10,00	405,45	K55	2	12,5	4944	—	—	5465	5465	—	—	—	—	—	—
425,45	11,00	403,45	K55	2	12,5	5425	—	—	5997	5997	—	—	—	—	—	—
425,45	11,50	402,45	K55	2	12,5	5665	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
425,45	12,00	401,45	K55	2	12,5	5904	—	—	6526	6526	—	—	—	—	—	—
425,45	11,50	402,45	M65	2	12,5	6697	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
425,45	11,50	402,45	M65	1	12,5	6697	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
425,45	10,00	405,45	L80 9Cr	2	12,5	7201	—	—	6888	—	—	—	—	—	—	—
425,45	11,00	403,45	L80 9Cr	2	12,5	7902	—	—	7558	—	—	—	—	—	—	—
425,45	12,00	401,45	L80 9Cr	2	12,5	8599	—	—	8226	—	—	—	—	—	—	—
425,45	10,00	405,45	L80	1	12,5	7201	—	—	6888	—	—	—	—	—	—	—
425,45	11,00	403,45	L80	1	12,5	7902	—	—	7558	—	—	—	—	—	—	—
425,45	12,00	401,45	L80	1	12,5	8599	—	—	8226	—	—	—	—	—	—	—
425,45	10,00	405,45	N80	2	12,5	7201	—	—	7010	7010	—	—	—	—	—	—
425,45	11,00	403,45	N80	2	12,5	7902	—	—	7692	7692	—	—	—	—	—	—
425,45	12,00	401,45	N80	2	12,5	8599	—	—	8371	8371	—	—	—	—	—	—
425,45	10,00	405,45	N80	1	12,5	7201	—	—	7010	7010	—	—	—	—	—	—
425,45	11,00	403,45	N80	1	12,5	7902	—	—	7692	7692	—	—	—	—	—	—
425,45	12,00	401,45	N80	1	12,5	8599	—	—	8371	8371	—	—	—	—	—	—
425,45	10,00	405,45	R95	1	12,5	8545	—	—	8104	—	—	—	—	—	—	—
425,45	11,00	403,45	R95	1	12,5	9376	—	—	8893	—	—	—	—	—	—	—
425,45	12,00	401,45	R95	1	12,5	10204	—	—	9678	—	—	—	—	—	—	—
473,08	11,05	450,98	H40	2	12,5	4423	2488	—	—	—	—	—	—	—	—	—
473,08	11,05	450,98	J55	2	12,5	6081	3354	—	5909	5909	—	—	—	—	—	—
473,08	11,05	450,98	K55	2	12,5	6081	3532	—	6349	6349	—	—	—	—	—	—
473,08	11,05	450,98	M65	2	12,5	7187	3931	—	6904	—	—	—	—	—	—	—
473,08	11,05	450,98	M65	1	12,5	7187	3931	—	6904	—	—	—	—	—	—	—
508,00	11,13	485,75	H40	2	12,5	4789	2583	2992	—	—	—	—	—	—	—	—
508,00	11,13	485,75	J55	2	12,5	6585	3484	4032	6237	6237	—	—	—	—	—	—
508,00	12,70	482,60	J55	2	12,5	7494	4060	4699	7097	7097	—	—	—	—	—	—
508,00	16,13	475,70	J55	2	12,5	9451	5301	6136	8951	8951	—	—	—	—	—	—
508,00	11,13	485,75	K55	2	12,5	6585	3661	4247	6578	6578	—	—	—	—	—	—
508,00	12,70	482,60	K55	2	12,5	7494	4266	4949	7486	7486	—	—	—	—	—	—

Окончание таблицы I.3

Наружный диаметр D, мм	Толщина стенки t, мм	Внутренний диаметр d, мм	Группа прочности	Переменная/ искусственный дефект (надрез)		Соответствующий номер формулы										
						(10)	(54), (55), (56)		(60), (61)							
						Текучесть тела трубы без резьбы, МПа	Прочность соединения, МПа									
							SC	LC	Баттресс				ОТТМ		ОТТГ	
									Обычная муфта		Специальная муфта		Обычная муфта	Специальная муфта	Обычная муфта	Специальная муфта
				k_a	a_N %				Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Низкие группы прочности	Высокие группы прочности	Низкие группы прочности	Высокие группы прочности
508,00	16,13	475,70	K55	2	12,5	9451	5571	6462	9441	9441	—	—	—	—	—	—
508,00	11,13	485,75	M65	2	12,5	7783	4085	4727	7308	—	—	—	—	—	—	—
508,00	12,70	482,60	M65	2	12,5	8856	4760	5508	8316	—	—	—	—	—	—	—
508,00	11,13	485,75	M65	1	12,5	7783	4085	4727	7308	—	—	—	—	—	—	—
508,00	12,70	482,60	M65	1	12,5	8856	4760	5508	8316	—	—	—	—	—	—	—

Примечания

1 Расчетные показатели в настоящей таблице указаны для эксплуатации труб, соответствующих требованиям *ГОСТ Р 53366*, в обычной окружающей среде. Эксплуатация труб в другой среде может потребовать дополнительного анализа, например описанного в приложении D.

2 *Первый массив данных для каждого размера групп прочности M65 и N80 относится к трубам , не подвергаемым закалке с отпуском, второй массив данных — к трубам, подвергаемым закалке с отпуском.*

3 *Первый массив данных для каждого размера группы прочности P110 относится к трубам, подвергаемым контролю с искусственным дефектом глубиной 12,5 %, второй массив данных — к трубам, подвергаемым контролю с искусственным дефектом глубиной 5 %.*

4 Обозначение L80 включает группы прочности L80 тип 1 и L80 тип 13Cr.

5 Прочность некоторых соединений выше предела текучести тела труб.

6 Для обсадных труб M65 требуются муфты L80. Для обсадных труб J55 и K55 муфтами ближайшей более высокой группы прочности являются муфты L80. Для обсадных труб N80 после закалки и отпуска муфтами ближайшей более высокой группы прочности являются муфты P110. Для обсадных труб P110 муфтами ближайшей более высокой группы прочности являются муфты Q125. Для труб других групп прочности муфты более высокой группы прочности не предусмотрены.

Таблица I.4 — Расчетные показатели для насосно-компрессорных труб при действии внутреннего и наружного давлений

Наружный диаметр D, мм	Толщина стенки t, мм	Внутренний диаметр d, мм	Группа прочности	Переменная/искусственный дефект (надрез)		Диаметр оправки, мм	Наружный диаметр муфты, мм			Соответствующий номер раздела или формулы									
										Раздел 8	(9)	(8)	(14)	(10) (65)					
										Стойкость к смятию, МПа	Минимальное внутреннее давление возникновения текучести, МПа								
											Тело трубы			Тип соединения					
											Внутренняя текучесть		Пластическое разрушение	NU	EU		NKT	NKTB	NKM
							для труб NU D_M	для труб EU			Формула Ламе—фон Мизеса									
								Обычная муфта D_M	Специальная муфта D_C		Открытый торец	Торцевое уплотнение	Торцевое уплотнение		Обычная муфта	Специальная муфта			
				k_n	a_K, %														
26,67	2,87	20,93	H40	2	12,5	18,55	33,35	42,16	—	55,7	50,7	54,2	59,0	51,9	51,9	—	—	—	—
26,67	3,91	18,85	H40	2	12,5	16,47	—	42,16	—	78,2	67,8	71,0	82,6	—	64,9	—	—	—	—
26,67	2,87	20,93	J55	2	12,5	18,55	33,35	42,16	—	74,1	69,8	74,5	74,3	71,4	71,4	—	—	—	—
26,67	3,91	18,85	J55	2	12,5	16,47	—	42,16	—	104,6	93,3	97,7	104,0	—	89,2	—	—	—	—
26,67	2,87	20,93	K72	2	12,5	18,55	33,35	42,16	—	93,8	120,8	126,6	139,5	92,5	92,5	—	—	92,5	—
26,67	2,87	20,93	L80 9Cr	2	12,5	18,55	33,35	42,16	—	102,2	101,5	108,4	95,4	103,8	103,8	—	—	—	—
26,67	3,91	18,85	L80 9Cr	2	12,5	16,47	—	42,16	—	145,3	135,7	142,1	133,5	—	129,8	—	—	—	—
26,67	2,87	20,93	L80	1	12,5	18,55	33,35	42,16	—	102,2	101,5	108,4	116,1	103,8	103,8	—	—	—	—
26,67	3,91	18,85	L80	1	12,5	16,47	—	42,16	—	145,3	135,7	142,1	163,5	—	129,8	—	—	—	—
26,67	2,87	20,93	N80	2	12,5	18,55	33,35	42,16	—	103,9	101,5	108,4	100,4	103,8	103,8	—	—	104,0	—
26,67	3,91	18,85	N80	2	12,5	16,47	—	42,16	—	147,8	135,7	142,1	140,5	—	129,8	—	—	130,5	—
26,67	2,87	20,93	N80	1	12,5	18,55	33,35	42,16	—	103,9	101,5	108,4	122,2	103,8	103,8	—	—	104,0	—
26,67	3,91	18,85	N80	1	12,5	16,47	—	42,16	—	147,8	135,7	142,1	172,0	—	129,8	—	—	130,5	—
26,67	2,87	20,93	C90	1	5	18,55	33,35	42,16	—	110,9	114,2	121,9	136,4	116,8	116,8	—	—	—	—
26,67	3,91	18,85	C90	1	5	16,47	—	42,16	—	157,8	152,6	159,9	192,6	—	146,1	—	—	—	—
26,67	2,87	20,93	T95	1	5	18,55	33,35	42,16	—	116,7	120,5	128,7	143,7	123,3	123,3	—	—	—	—
26,67	3,91	18,85	T95	1	5	16,47	—	42,16	—	166,2	161,1	168,8	202,9	—	154,2	—	—	—	—
26,67	3,91	18,85	P110	1	12,5	16,47	—	42,16	—	197,8	186,5	195,4	218,3	—	178,5	—	—	—	—
26,67	3,91	18,85	P110	1	5	16,47	—	42,16	—	197,8	186,5	195,4	243,1	—	178,5	—	—	—	—
33,40	3,38	26,64	H40	2	12,5	24,26	42,16	48,26	—	52,0	47,8	51,3	55,3	48,8	48,8	—	—	—	—
33,40	4,55	24,30	H40	2	12,5	21,93	—	48,26	—	72,1	63,3	66,6	76,1	—	65,7	—	—	—	—
33,40	3,38	26,64	J55	2	12,5	24,26	42,16	48,26	—	69,2	65,7	70,4	69,6	67,0	67,0	—	67,1	67,1	—
33,40	3,50	26,40	J55	2	12,5	24,02	42,20	48,3	—	71,9	68,0	72,7	72,5	69,5	69,5	—	69,5	69,5	—

Продолжение таблицы I 4

Наружный диаметр D, мм	Толщина стенки t, мм	Внутренний диаметр d, мм	Группа прочности	Переменная/искусственный дефект (надрез)		Диаметр оправки, мм	Наружный диаметр муфты, мм			Соответствующий номер раздела или формулы								
										Раздел 8	(9)	(8)	(14)	(10) (65)				
										Стойкость к смятию, МПа	Минимальное внутреннее давление возникновения текучести, МПа							
											Тело трубы			Тип соединения				
											Внутренняя текучесть		Пластическое разрушение	NU	EU		НКТ	НКТВ	НКМ
							для трубы NU D_M	для труб EU			Формула Ламе—фон Мизеса								
				$k_н$	$a_к$, %			Обычная муфта D_M	Специальная муфта D_C		Открытый торец	Торцевое уплотнение	Торцевое уплотнение		Обычная муфта	Специальная муфта			
33,40	4,55	24,30	J55	2	12,5	21,93	—	48,26	—	96,4	87,1	91,6	95,9	—	90,3	—	90,4	90,4	—
33,40	3,50	26,40	K72	2	12,5	24,02	42,20	48,3	—	91,0	88,1	94,2	96,9	—	—	—	90,0	90,0	—
33,40	3,38	26,64	L80 9Cr	2	12,5	24,26	42,16	48,26	—	95,1	95,6	102,5	89,2	97,6	97,6	—	97,8	97,8	—
33 40	3,50	26,40	L80 9Cr	2	12,5	24,02	42 20	48,3	—	99,1	99 1	105,9	93,0	—	—	—	101,2	101,2	—
33 40	4,55	24,30	L80 9Cr	2	12,5	21,93	—	48,26	—	133,8	126,6	133,3	123,0	—	131,3	—	131,6	131,6	—
33,40	3,38	26,64	L80	1	12,5	24,26	42,16	48,26	—	95,1	95,6	102,5	108,6	97,6	97,6	—	97,8	97,8	—
33,40	3,50	26,40	L80	1	12,5	24,02	42,20	48,3	—	99,1	99,1	105,9	113,2	—	—	—	101,2	101,2	—
33,40	4,55	24,30	L80	1	12,5	21,93	—	48,26	—	133,8	126,6	133,3	150,4	—	131,3	—	131,6	131,6	—
33,40	3,38	26,64	N80	2	12,5	24,26	42,16	48,26	—	96,7	95,6	102,5	93,9	97,6	97,6	—	97,8	97,8	—
33,40	3,50	26,40	N80	2	12,5	24,02	42,20	48,3	—	100,7	99,1	105,9	97,8	...	...	—	101,2	101,2	...
33,40	4,55	24,30	N80	2	12,5	21,93	—	48,26	—	136,1	126,6	133,3	129,5	—	131,3	—	—	131,6	—
33,40	3,38	26,64	N80	1	12,5	24,26	42,16	48,26	—	96,7	95,6	102,5	114,3	97,6	97,6	—	97,8	97,8	—
33,40	3,50	26,40	N80	1	12,5	24,02	42,20	48,3	—	100,7	99,1	105,9	119,1	—	—	—	101,2	101,2	—
33.40	4.55	24,30	N80	1	12,5	21,93	—	48,26	—	136.1	126,6	133,3	158,3	—	131,3	—	—	131,6	—
33,40	3,38	26,64	C90	1	5	24.26	42,16	48,26	—	103.2	107,6	115,3	127,4	109,8	109.8	—	110,0	110,0	—
33,40	4,55	24,30	C90	1	5	21,93	—	48,26	—	145,3	142,5	150,0	177,0	—	147,7	—	—	148.0	—
33.40	3,38	26,64	T95	1	5	24,26	42,16	48,26	—	108,5	113,5	121.7	134.2	115,8	115,8	—	116,0	116,0	—
33,40	4.55	24,30	T95	1	5	21,93	—	48,26	—	153,0	150,4	158,3	186,5	—	155,9	—	—	156,2	—
33,40	4,55	24,30	P110	1	12,5	21,93	—	48,26	—	181,8	174,1	183,3	200.8	—	180,5	—	—	180,7	—
33,40	4.55	24,30	P110	1	5	21,93	—	48,26	—	181,8	174,1	183,3	223,5	—	180,5	—	—	180,7	—
42,16	3 18	35,80	H40	2	12,5	33,43	—	—	—	37,3	35 9	39,1	40,4	—	—	—	—	—	—
42,16	3,56	35,04	H40	2	12,5	32,67	52,17	55,88	—	42,4	40,1	43,4	45,5	40 7	40,7	—	—	—	—
42,16	4 85	32,46	H40	2	12 5	30,08	—	55,88	—	59,9	54,1	57,5	63,5	—	55,5	—	—	—	—

Продолжение таблицы I.4

Наружный диаметр D, мм	Толщина стенки t, мм	Внутренний диаметр d, мм	Группа прочности	Переменная/искусственный дефект (надрез)		Диаметр оправки, мм	Наружный диаметр муфты, мм			Соответствующий номер раздела или формулы									
										Раздел 8	(9)	(8)	(14)	(10), (65)					
										Стойкость к смятию, МПа	Минимальное внутреннее давление возникновения текучести, МПа								
											Тело трубы			Тип соединения					
							для труб NU D_M	для труб EU			Внутренняя текучесть		Пластическое разрушение	NU	EU		НКТ	НКТВ	НКМ
								Обычная муфта D_M	Специальная муфта D_C		Формула Ламе—фон Мизеса				Обычная муфта	Специальная муфта			
				$k_н$	$a_к$, %						Открытый торец	Торцевое уплотнение	Торцевое уплотнение						
42,16	3,18	35,80	J55	2	12,5	33,43	—	—	—	49,0	49,4	53,7	50,9	—	—	—	—	—	—
42,16	3,56	35,04	J55	2	12,5	32,67	52,17	55,88	—	56,1	55,2	59,7	57,4	55,9	55,9	—	56,0	56,0	—
42,16	4,85	32,46	J55	2	12,5	30,08	—	55,88	—	79,9	74,3	79,1	79,9	—	76,3	—	76,3	76,3	—
42,16	3,56	35,04	K72	2	12,5	32,67	52,20	55,90	—	70,4	71,6	77,4	77,1	72,6	72,6	—	72,6	72,6	—
42,16	3,56	35,04	L80 9Cr	2	12,5	32,67	52,17	55,88	—	76,3	80,2	86,8	73,6	81,4	81,4	—	81,6	81,6	—
42,16	4,85	32,46	L80 9Cr	2	12,5	30,08	—	55,88	—	110,4	108,2	115,0	102,5	—	111,0	—	—	111,1	—
42,16	3,56	35,04	L80	1	12,5	32,67	52,17	55,88	—	76,3	80,2	86,8	89,3	81,4	81,4	—	81,6	81,6	—
42,16	4,85	32,46	L80	1	12,5	30,08	—	55,88	—	110,4	108,2	115,0	124,9	—	111,0	—	—	111,1	—
42,16	3,56	35,04	N80	2	12,5	32,67	52,17	55,88	—	77,5	80,2	86,8	77,4	81,4	81,4	—	81,6	81,6	—
42,16	4,85	32,46	N80	2	12,5	30,08	...	55,88	—	112,3	108,2	115,0	107,9	...	111,0	—	...	111,1	—
42,16	3,56	35,04	N80	1	12,5	32,67	52,17	55,88	—	77,5	80,2	86,8	94,0	81,4	81,4	—	81,6	81,6	—
42,16	4,85	32,46	N80	1	12,5	30,08	—	55,88	—	112,3	108,2	115,0	131,5	—	111,0	—	—	111,1	—
42,16	3,56	35,04	C90	1	5	32,67	52,17	55,88	—	82,7	90,3	97,6	104,7	91,5	91,5	—	91,8	91,8	—
42,16	4,85	32,46	C90	1	5	30,08	—	55,88	—	119,9	121,7	129,4	146,8	—	124,8	—	—	125,0	—
42,16	3,56	35,04	T95	1	5	32,67	52,17	55,88	—	86,7	95,3	103,1	110,2	96,6	96,6	—	96,8	96,8	—
42,16	4,85	32,46	T95	1	5	30,08	—	55,88	—	126,1	128,4	136,6	154,6	—	131,8	—	—	131,9	—
42,16	4,85	32,46	P110	1	12,5	30,08	—	55,88	—	149,1	148,7	158,1	166,9	—	152,6	—	—	152,6	—
42,16	4,85	32,46	P110	1	5	30,08	—	55,88	—	149,1	148,7	158,1	185,3	—	152,6	—	—	152,6	—
48,26	3,18	41,90	H40	2	12,5	39,53	—	—	—	31,7	31,5	34,5	35,1	—	—	—	—	—	—
48,26	3,68	40,90	H40	2	12,5	38,51	55,88	63,50	—	37,8	36,4	39,5	41,0	36,8	36,8	—	—	—	—
48,26	5,08	38,10	H40	2	12,5	35,72	—	63,50	—	54,3	49,7	53,1	57,7	—	50,8	—	—	—	—
48,26	3,18	41,90	J55	2	12,5	39,53	—	—	—	41,3	43,3	47,4	44,2	—	—	—	—	—	—
48,26	3,68	40,90	J55	2	12,5	38,51	55,88	63,50	—	49,6	50,0	54,4	51,7	50,6	50,6	—	50,6	50,6	—

Продолжение таблицы I 4

Наружный диаметр D, мм	Толщина стенки t, мм	Внутренний диаметр d, мм	Группа прочности	Переменная/искусственный дефект (надрез)		Диаметр оправки, мм	Наружный диаметр муфты, мм			Соответствующий номер раздела или формулы									
										Раздел 8	(9)	(8)	(14)	(10), (65)					
										Стойкость к смятию, МПа	Минимальное внутреннее давление возникновения текучести, МПа								
											Тело трубы			Тип соединения					
							для трубы NU D_M	для труб EU			Внутренняя текучесть		Пластическое разрушение	NU	EU		НКТ	НКТВ	НКМ
								Обычная муфта D_M	Специальная муфта D_C		Формула Ламе—фон Мизеса				Обычная муфта	Специальная муфта			
				$k_н$	$a_к$, %						Открытый торец	Торцевое уплотнение	Торцевое уплотнение						
48,26	4,00	40,26	J55	2	12,5	37,88	55,90	63,50	—	54,9	54,2	58,7	56,5	—	—	—	55,0	55,0	—
48,26	5,08	38,10	J55	2	12,5	35,72	—	63,50	—	72,3	68,3	73,0	72,6	—	69,8	—	—	—	—
48,26	4,00	40,26	K72	2	12,5	37,88	55,90	63,50	—	68,8	70,3	76,1	75,6	—	—	—	71,2	71,2	—
48,26	3,68	40,90	L80 9Cr	2	12,5	38,51	55,88	63,50	—	66,9	72,8	79,2	66,2	73,6	73,6	—	73,7	73,7	—
48,26	4,00	40,26	L80 9Cr	2	12,5	37,88	55,90	63,50	—	74,5	79,0	85,6	72,5	—	—	—	80,1	80,1	—
48,26	5,08	38,10	L80 9Cr	2	12,5	35,72	—	63,50	—	99,6	99,4	106,2	93,2	—	101,6	—	—	—	—
48,26	6,35	35,56	L80 9Cr	2	12,5	33,18	—	—	—	128,7	122,7	129,5	118,5	—	—	—	—	—	—
48,26	7,62	33,02	L80 9Cr	2	12,5	30,64	—	—	—	157,9	145,1	151,3	144,8	—	—	—	—	—	—
48,26	3,68	40,90	L80	1	12,5	38,51	55,88	63,50	—	66,9	72,8	79,2	80,3	73,6	73,6	—	—	—	—
48,26	4,00	40,26	L80	1	12,5	37,88	55,90	63,50	—	74,5	79,0	85,6	88,0	...	...	—	80,1	80,1	—
48,26	5,08	38,10	L80	1	12,5	35,72	—	63,50	—	99,6	99,4	106,2	113,3	—	101,6	—	—	—	—
48,26	6,35	35,56	L80	1	12,5	33,18	—	—	—	128,7	122,7	129,5	144,8	—	—	—	—	—	—
48,26	7,62	33,02	L80	1	12,5	30,64	—	—	—	157,9	145,1	151,3	177,7	—	—	—	—	—	—
48,26	3,68	40,90	N80	2	12,5	38,51	55,88	63,50	—	67,9	72,8	79,2	69,7	73,6	73,6	—	—	—	—
48,26	4,00	40,26	N80	2	12,5	37,88	55,90	63,50	—	75,7	79,0	85,6	76,3	—	—	—	80,1	80,1	—
48,26	5,08	38,10	N80	2	12,5	35,72	—	63,50	—	101,3	99,4	106,2	98,0	—	101,6	—	—	—	—
48,26	3,68	40,90	N80	1	12,5	38,51	55,88	63,50	—	67,9	72,8	79,2	84,5	73,6	73,6	—	—	—	—
48,26	4,00	40,26	N80	1	12,5	37,88	55,90	63,50	—	75,7	79,0	85,6	92,5	—	—	—	80,1	80,1	—
48,26	5,08	38,10	N80	1	12,5	35,72	—	63,50	—	101,3	99,4	106,2	119,3	—	101,6	—	—	—	—
48,26	3,68	40,90	C90	1	5	38,51	55,88	63,50	—	72,4	81,9	89,0	94,0	82,8	82,8	—	—	—	—
48,26	5,08	38,10	C90	1	5	35,72	—	63,50	—	108,1	111,8	119,5	133,0	—	114,2	—	—	—	—
48,26	6,35	35,56	C90	1	5	33,18	—	—	—	139,7	138,0	145,6	170,4	—	—	—	—	—	—
48,26	7,62	33,02	C90	1	5	30,64	—	—	—	171,4	163,2	170,2	209,5	—	—	—	—	—	—

Продолжение таблицы I.4

Наружный диаметр D, мм	Толщина стенки t, мм	Внутренний диаметр d, мм	Группа прочности	Переменная/искусственный дефект (надрез)		Диаметр оправки, мм	Наружный диаметр муфты, мм			Соответствующий номер раздела или формулы									
										Раздел 8	(9)	(8)	(14)	(10) (65)					
										Стойкость к смятию, МПа	Минимальное внутреннее давление возникновения текучести, МПа								
											Тело трубы			Тип соединения					
							для труб NU D_M	для труб EU			Внутренняя текучесть		Пластическое разрушение	NU	EU		НКТ	НКТВ	НКМ
								Обычная муфта D_M	Специальная муфта D_C		Формула Ламе—фон Мизеса				Обычная муфта	Специальная муфта			
				$k_н$	$a_к$, %						Открытый торец	Торцевое уплотнение	Торцевое уплотнение						
48,26	3,68	40,90	T95	1	5	38,51	55,88	63,50	—	75,7	86,4	94,0	99,1	87,4	87,4	—	—	—	—
48,26	5,08	38,10	T95	1	5	35,72	—	63,50	—	113,7	118,0	126,2	140,2	—	120,6	—	—	—	—
48,26	6,35	35,56	T95	1	5	33,18	—	—	—	147,1	145,7	153,7	179,5	—	—	—	—	—	—
48,26	7,62	33,02	T95	1	5	30,64	—	—	—	180,6	172,3	179,7	220,8	—	—	—	—	—	—
48,26	5,08	38,10	P110	1	12,5	35,72	—	63,50	—	133,9	136,6	146,1	151,4	—	139,6	—	—	—	—
48,26	5,08	38,10	P110	1	5	35,72	—	63,50	—	133,9	136,6	146,1	168,0	—	139,6	—	—	—	—
52,40	3,96	44,48	H40	2	12,5	42,09	—	—	—	37,4	36,0	39,2	40,7	—	—	—	—	—	—
52,40	5,72	40,96	H40	2	12,5	38,59	—	—	—	56,6	51,4	54,8	59,9	—	—	—	—	—	—
52,40	3,96	44,48	J55	2	12,5	42,09	—	—	—	49,1	49,6	53,9	51,1	—	—	—	—	—	—
52,40	5,72	40,96	J55	2	12,5	38,59	—	—	—	75,3	70,7	75,4	75,4	—	—	—	—	—	—
52,40	3,96	44,48	L80 9Cr	2	12,5	42,09	—	—	—	66,1	72,1	78,5	65,6	—	—	—	—	—	—
52,40	5,72	40,96	L80 9Cr	2	12,5	38,59	—	—	—	103,9	102,8	109,7	96,7	—	—	—	—	—	—
52,40	3,96	44,48	L80	1	12,5	42,09	—	—	—	66,1	72,1	78,5	79,5	—	—	—	—	—	—
52,40	5,72	40,96	L80	1	12,5	38,59	—	—	—	103,9	102,8	109,7	117,8	—	—	—	—	—	—
52,40	3,96	44,48	N80	2	12,5	42,09	—	—	—	67,1	72,1	78,5	69,0	—	—	—	—	—	—
52,40	5,72	40,96	N80	2	12,5	38,59	—	—	—	105,7	102,8	109,7	101,8	—	—	—	—	—	—
52,40	3,96	44,48	N80	1	12,5	42,09	—	—	—	67,1	72,1	78,5	83,7	—	—	—	—	—	—
52,40	5,72	40,96	N80	1	12,5	38,59	—	—	—	105,7	102,8	109,7	124,0	—	—	—	—	—	—
52,40	3,96	44,48	C90	1	5	42,09	—	—	—	71,5	81,2	88,3	93,1	—	—	—	—	—	—
52,40	5,72	40,96	C90	1	5	38,59	—	—	—	112,8	115,6	123,4	138,4	—	—	—	—	—	—
52,40	3,96	44,48	T95	1	5	42,09	—	—	—	74,8	85,6	93,2	98,1	—	—	—	—	—	—
52,40	5,72	40,96	T95	1	5	38,59	—	—	—	118,7	122,1	130,2	145,8	—	—	—	—	—	—
52,40	5,72	40,96	P110	1	12,5	38,59	—	—	—	140,0	141,3	150,8	157,4	—	—	—	—	—	—

Продолжение таблицы I 4

Наружный диаметр D, мм	Толщина стенки t, мм	Внутренний диаметр d, мм	Группа прочности	Переменная/искусственный дефект (надрез)		Диаметр оправки, мм	Наружный диаметр муфты, мм			Соответствующий номер раздела или формулы									
										Раздел 8	(9)	(8)	(14)	(10) (65)					
										Минимальное внутреннее давление возникновения текучести, МПа									
										Стойкость к смятию, МПа	Тело трубы			Тип соединения					
							для труб NU D_M	для труб EU			Внутренняя текучесть		Пластическое разрушение	NU	EU		НКТ	НКТВ	НКМ
								Обычная муфта D_M	Специальная муфта D_C		Формула Ламе—фон Мизеса				Обычная муфта	Специальная муфта			
				$k_н$	$a_к$, %						Открытый торец	Торцевое уплотнение	Торцевое уплотнение						
52,40	5,72	40,96	P110	1	5	38,59	—	—	—	140,0	141,3	150,8	174,7	—	—	—	—	—	—
60,32	4,24	51,84	H40	2	12,5	49,46	73,02	—	—	34,3	33,6	36,7	37,6	33,9	—	—	—	—	—
60,32	4,83	50,66	H40	2	12,5	48,29	73,02	77,80	73,91	39,9	38,1	41,3	43,1	38,6	38,6	38,6	—	—	—
60,32	4,24	51,84	J55	2	12,5	49,46	73,02	—	—	44,9	46,2	50,4	47,4	46,6	—	—	46,6	46,6	—
60,32	4,83	50,66	J55	2	12,5	48,29	73,02	77,80	73,91	52,7	52,4	56,8	54,3	53,1	53,1	53,1	53,1	53,1	—
60,32	5,00	50,32	J55	2	12,5	47,94	73,00	77,80	—	54,9	54,2	58,7	56,5	—	—	—	55,0	55,0	55,0
60,32	5,00	50,32	K72	2	12,5	47,94	73,00	77,80	—	69,4	70,3	76,1	75,6	—	—	—	71,2	71,2	71,2
60,32	4,24	51,84	L80 9Cr	2	12,5	49,46	73,02	—	—	59,8	67,2	73,3	60,8	67,8	—	—	67,9	67,9	—
60,32	4,83	50,66	L80 9Cr	2	12,5	48,29	73,02	77,80	73,91	71,3	76,2	82,7	69,6	77,2	77,2	77,2	77,4	77,4	—
60,32	5,00	50,32	L80 9Cr	2	12,5	47,94	73,00	77,80	—	74,5	79,0	85,6	72,5	...	...	—	80,1	80,1	80,1
60,32	6,45	47,42	L80 9Cr	2	12,5	45,04	73,02	77,80	73,91	101,5	100,9	107,8	94,7	103,1	102,4	78,8	103,3	103,3	—
60,32	7,49	45,34	L80 9Cr	2	12,5	42,96	—	—	—	120,5	116,2	123,1	111,3	—	—	—	—	—	—
60,32	8,53	43,26	L80 9Cr	2	12,5	40,87	—	77,80	73,91	139,6	131,3	137,8	128,3	—	102,4	78,8	—	—	—
60,32	4,24	51,84	L80	1	12,5	49,46	73,02	—	—	59,8	67,2	73,3	73,7	67,8	—	—	—	—	—
60,32	4,83	50,66	L80	1	12,5	48,29	73,02	77,80	73,91	71,3	76,2	82,7	84,4	77,2	77,2	77,2	—	—	—
60,32	5,00	50,32	L80	1	12,5	47,94	73,00	77,80	—	74,5	79,0	85,6	88,0	—	—	—	80,1	80,1	80,1
60,32	6,45	47,42	L80	1	12,5	45,04	73,02	77,80	73,91	101,5	100,9	107,8	115,3	103,1	102,4	78,8	103,3	103,3	—
60,32	7,49	45,34	L80	1	12,5	42,96	—	—	—	120,5	116,2	123,1	135,9	—	—	—	—	—	—
60,32	8,53	43,26	L80	1	12,5	40,87	—	77,80	73,91	139,6	131,3	137,8	157,0	—	102,4	78,8	—	—	—
60,32	4,24	51,84	N80	2	12,5	49,46	73,02	—	—	60,7	67,2	73,3	64,0	67,8	—	—	—	—	—
60,32	4,83	50,66	N80	2	12,5	48,29	73,02	77,80	73,91	72,4	76,2	82,7	73,2	77,2	77,2	77,2	—	—	—
60,32	5,00	50,32	N80	2	12,5	47,94	73,00	77,80	—	75,7	79,0	85,6	76,3	—	—	—	80,1	80,1	80,1
60,32	6,45	47,42	N80	2	12,5	45,04	73,02	77,80	73,91	103,2	100,9	107,8	99,7	103,1	102,4	78,8	103,3	103,3	—

Продолжение таблицы I.4

Наружный диаметр D, мм	Толщина стенки t, мм	Внутренний диаметр d, мм	Группа прочности	Переменная/ искусственный дефект (надрез)		Диаметр оправки, мм	Наружный диаметр муфты, мм			Соответствующий номер раздела или формулы									
										Раздел 8	(9)	(8)	(14)	(10) (65)					
										Стойкость к смятию, МПа	Минимальное внутреннее давление возникновения текучести, МПа								
											Тело трубы			Тип соединения					
							для трубы NU D_M	для труб EU			Внутренняя текучесть		Пластическое разрушение	NU	EU		НКТ	НКТВ	НКМ
								Обычная муфта D_M	Специальная муфта D_C		Формула Ламе—фон Мизеса				Обычная муфта	Специальная муфта			
				$k_н$	$a_к$, %						Открытый торец	Торцевое уплотнение	Торцевое уплотнение						
60,32	4,24	51,84	N80	1	12,5	49,46	73,02	—	—	60,7	67,2	73,3	77,5	67,8	—	—	—	—	—
60,32	4,83	50,66	N80	1	12,5	48,29	73,02	77,80	73,91	72,4	76,2	82,7	88,9	77,2	77,2	77,2	—	—	—
60,32	5,00	50,32	N80	1	12,5	47,94	73,00	77,80	—	75,7	79,0	85,6	76,3	—	—	80,1	80,1	80,1	
60,32	6,45	47,42	N80	1	12,5	45,04	73,02	77,80	73,91	103,2	100,9	107,8	121,4	103,1	102,4	78,8	103,3	103,3	—
60,32	4,24	51,84	C90	1	5	49,46	73,02	—	—	64,6	75,6	82,5	86,2	76,3	—	—	76,4	76,4	—
60,32	4,83	50,66	C90	1	5	48,29	73,02	77,80	73,91	77,2	85,7	93,0	98,9	86,8	86,8	86,8	87,0	87,0	—
60,32	5,00	50,32	C90	1	5	47,94	73,00	77,80	—	80,8	88,9	96,3	102,5	—	—	—	90,1	90,1	90,1
60,32	6,45	47,42	C90	1	5	45,04	73,02	77,80	73,91	110,1	113,5	121,2	135,4	116,0	115,2	88,7	116,2	116,2	—
60,32	7,49	45,34	C90	1	5	42,96	--	—	—	130,8	130,8	138,4	159,8	--	--	--	--	--	--
60,32	8,53	43,26	C90	1	5	40,87	...	77,80	73,91	151,5	147,7	155,0	184,9	...	115,2	88,7	...	--	...
60,32	4,83	50,66	R95	1	12,5	48,29	73,02	77,80	73,91	81,5	90,6	98,3	98,7	91,8	—	91,8	91,8	91,8	—
60,32	5,00	50,32	R95	1	12,5	47,94	73,00	77,80	—	85,3	93,7	101,5	102,4	—	—	—	95,0	95,0	95,0
60,32	6,45	47,42	R95	1	12,5	45,04	73,02	77,80	73,91	117,2	119,9	128,0	134,7	122,6	120,9	92,8	122,6	121,6	—
60,32	7,49	45,34	R95	1	12,5	42,96	—	—	—	139,7	138,1	146,2	158,7	—	—	—	—	—	—
60,32	8,53	43,26	R95	1	12,5	40,87	–	77,80	73,91	162,0	155,9	163,7	183,3	—	120,9	92,8	—	—	—
60,32	4,24	51,84	T95	1	5	49,46	73,02	—	—	67,5	79,8	87,1	90,8	80,5	—	—	—	—	—
60,32	4,83	50,66	T95	1	5	48,29	73,02	77,80	73,91	80,9	90,5	98,2	104,2	91,6	91,6	91,6	—	—	—
60,32	5,00	50,32	T95	1	5	47,94	73,00	77,80	—	84,7	93,7	101,5	108,3	—	—	—	95,0	95,0	95,0
60,32	6,45	47,42	T95	1	5	45,04	73,02	77,80	73,91	115,8	119,8	127,9	142,7	122,5	121,6	93,6	—	—	—
60,32	7,49	45,34	T95	1	5	42,96	—	—	—	137,7	138,1	146,1	168,3	—	—	—	—	—	—
60,32	8,53	43,26	T95	1	5	40,87	—	77,80	73,91	159,6	155,9	163,6	194,8	—	121,6	93,6	—	—	—
60,32	4,83	50,66	P110	1	12,5	48,29	73,02	77,80	73,91	93,4	104,8	113,7	112,8	106,1	106,1	106,1	—	106,2	—
60,32	5,00	50,32	P110	1	12,5	47,94	73,00	77,80	—	98,1	108,6	117,7	117,2	—	—	—	—	110,0	110,0

Продолжение таблицы I 4

Наружный диаметр D, мм	Толщина стенки t, мм	Внутренний диаметр d, мм	Группа прочности	Переменная/искусственный дефект (надрез)		Диаметр оправки, мм	Наружный диаметр муфты, мм			Соответствующий номер раздела или формулы									
										Раздел 8	(9)	(8)	(14)	(10) (65)					
										Минимальное внутреннее давление возникновения текучести, МПа									
										Стойкость к смятию, МПа	Тело трубы			Тип соединения					
							для труб NU D_M	для труб EU			Внутренняя текучесть		Пластическое разрушение	NU	EU		НКТ	НКТВ	НКМ
								Обычная муфта D_M	Специальная муфта D_C		Формула Ламе—фон Мизеса				Обычная муфта	Специальная муфта			
				$k_н$	$a_к$, %						Открытый торец	Торцевое уплотнение	Торцевое уплотнение						
60,32	6,45	47,42	P110	1	12,5	45,04	73,02	77,80	73,91	136,5	138,7	148,1	154,1	141,9	140,8	108,4	141,8	141,8	—
60,32	4,83	50,66	P110	1	5	48,29	73,02	77,80	73,91	93,4	104,8	113,7	124,8	106,1	106,1	106,1	—	106,2	—
60,32	5,00	50,32	P110	1	5	47,94	73,00	77,80	—	98,1	108,6	117,7	129,8	—	—	—	—	110,0	110,0
60,32	6,45	47,42	P110	1	5	45,04	73,02	77,80	73,91	136,5	138,7	148,1	170,9	141,9	140,8	108,4	141,8	141,8	—
60,32	4,24	51,84	Q135	1	5	49,46	73,02	77,80	—	87,1	113,3	123,7	127,8	—	—	—	114,4	114,4	—
60,32	4,83	50,66	Q135	1	5	48,29	73,02	77,80	—	107,9	128,7	139,6	146,9	—	—	—	130,3	130,3	—
60,32	5,00	50,32	Q135	1	5	47,94	73,00	77,80	—	113,6	133,1	144,2	152,4	—	—	—	134,9	134,9	134,9
60,32	6,45	47,42	Q135	1	5	45,04	73,02	77,80	—	160,3	170,2	181,8	200,9	—	—	—	174,0	174,0	—
73,02	5,51	62,00	H40	2	12,5	59,62	88,90	93,17	87,88	37,3	36,0	39,2	40,5	36,4	36,4	36,4	--	--	—
73,02	5,51	62,00	J55	2	12,5	59,62	88,90	93,17	87,88	49,0	49,5	53,9	51,1	50,0	50,0	50,0	...	—	—
73,02	7,01	59,00	J55	2	12,5	56,62	88,90	93,17	87,88	65,1	62,5	67,2	66,0	63,7	63,7	52,3	63,7	63,7	63,7
73,02	5,51	62,00	K72	2	12,5	59,62	88,90	93,17	87,88	61,0	49,5	53,9	51,2	64,8	64,8	64,8	64,8	64,8	64,8
73,02	7,01	59,00	K72	2	12,5	56,62	88,90	93,17	87,88	82,1	62,5	67,2	66,0	82,5	82,5	67,7	82,5	82,5	82,5
73,02	5,51	62,00	L80 9Cr	2	12,5	59,62	88,90	93,17	87,88	66,0	72,0	78,3	65,5	72,8	72,8	72,8	72,9	72,9	72,9
73,02	7,01	59,00	L80 9Cr	2	12,5	56,62	88,90	93,17	87,88	89,3	90,9	97,8	84,4	92,6	92,6	76,0	92,7	92,7	92,7
73,02	7,82	57,38	L80 9Cr	2	12,5	55,00	88,90	93,17	87,88	101,7	101,1	107,9	94,9	103,4	102,9	76,0	—	—	—
73,02	8,64	54,74	L80 9Cr	2	12,5	53,37	—	93,17	87,88	114,1	111,0	117,8	105,6	—	102,9	76,0	—	—	—
73,02	9,96	53,10	L80 9Cr	2	12,5	50,73	—	—	—	134,0	126,8	133,5	123,2	—	—	—	—	—	—
73,02	11,18	50,66	L80 9Cr	2	12,5	48,29	—	—	—	152,6	141,0	147,4	139,9	—	—	—	—	—	—
73,02	5,51	62,00	L80	1	12,5	59,62	88,90	93,17	87,88	66,0	72,0	78,3	79,4	72,8	72,8	72,8	72,9	72,9	72,9
73,02	7,01	59,00	L80	1	12,5	56,62	88,90	93,17	87,88	89,3	90,9	97,8	102,6	92,6	92,6	76,0	92,7	92,7	92,7
73,02	7,82	57,38	L80	1	12,5	55,00	88,90	93,17	87,88	101,7	101,1	107,9	115,5	103,4	102,9	76,0	—	—	—
73,02	8,64	54,74	L80	1	12,5	53,37	—	93,17	87,88	114,1	111,0	117,8	128,7	—	102,9	76,0	—	—	—

Продолжение таблицы I.4

Наружный диаметр D, мм	Толщина стенки t, мм	Внутренний диаметр d, мм	Группа прочности	Переменная/ искусственный дефект (надрез)		Диаметр оправки, мм	Наружный диаметр муфты, мм			Соответствующий номер раздела или формулы									
										Раздел 8	(9)	(8)	(14)	(10) (65)					
										Стойкость к смятию, МПа	Минимальное внутреннее давление возникновения текучести, МПа								
											Тело трубы			Тип соединения					
							для труб NU D_M	для труб EU			Внутренняя текучесть		Пластическое разрушение	NU	EU		НКТ	НКТВ	НКМ
								Обычная муфта D_M	Специальная муфта D_C		Формула Ламе—фон Мизеса				Обычная муфта	Специальная муфта			
				$k_н$	$a_к$, %						Открытый торец	Торцевое уплотнение	Торцевое уплотнение						
73,02	9,96	53,10	L80	1	12,5	50,73	—	—	—	134,0	126,8	133,5	150,7	—	—	—	—	—	—
73,02	11,18	50,66	L80	1	12,5	48,29	—	—	—	152,6	141,0	147,4	171,5	—	—	—	—	—	—
73,02	5,51	62,00	N80	2	12,5	59,62	88,90	93,17	87,88	66,9	72,0	78,3	68,9	72,8	72,8	72,8	72,9	72,9	72,9
73,02	7,01	59,00	N80	2	12,5	56,62	88,90	93,17	87,88	90,8	90,9	97,8	88,9	92,6	92,6	76,0	92,7	92,7	92,7
73,02	7,82	57,38	N80	2	12,5	55,00	88,90	93,17	87,88	103,3	101,1	107,9	99,9	103,4	102,9	76,0	—	—	—
73,02	5,51	62,00	N80	1	12,5	59,62	88,90	93,17	87,88	66,9	72,0	78,3	83,5	72,8	72,8	72,8	72,9	72,9	72,9
73,02	7,01	59,00	N80	1	12,5	56,62	88,90	93,17	87,88	90,8	90,9	97,8	108,0	92,6	92,6	76,0	92,7	92,7	92,7
73,02	7,82	57,38	N80	1	12,5	55,00	88,90	93,17	87,88	103,3	101,1	107,9	121,6	103,4	102,9	76,0	—	—	—
73,02	5,51	62,00	C90	1	5	59,62	88,90	93,17	87,88	71,4	81,0	88,1	92,9	81,9	81,9	81,9	82,0	82,0	82,0
73,02	7,01	59,00	C90	1	5	56,62	88,90	93,17	87,88	96,9	102,3	110,0	120,4	104,2	104,2	85,5	104,3	104,3	104,3
73,02	7,82	57,38	C90	1	5	55,00	88,90	93,17	87,88	110,3	113,7	121,4	135,7	116,2	115,8	85,5	—	—	—
73,02	8,64	54,74	C90	1	5	53,37	—	93,17	87,88	123,8	124,8	132,6	151,2	—	115,8	85,5	—	—	—
73,02	9,96	53,10	C90	1	5	50,73	—	—	—	145,5	142,7	150,2	177,3	—	—	—	—	—	—
73,02	11,18	50,66	C90	1	5	48,29	—	—	—	165,6	158,7	165,8	202,2	—	—	—	—	—	—
73,02	5,51	62,00	R95	1	12,5	59,62	88,90	93,17	87,88	75,0	85,5	93,1	92,7	86,5	86,5	86,5	86,5	86,5	86,5
73,02	7,01	59,00	R95	1	12,5	56,62	88,90	93,17	87,88	102,9	108,1	116,1	119,9	110,0	110,0	110,0	110,0	110,0	110,0
73,02	5,51	62,00	T95	1	5	59,62	88,90	93,17	87,88	74,6	85,5	93,0	97,9	86,5	86,5	86,5	86,5	86,5	86,5
73,02	7,01	59,00	T95	1	5	56,62	88,90	93,17	87,88	101,8	108,0	116,0	126,8	110,0	110,0	90,3	110,0	110,0	110,0
73,02	7,82	57,38	T95	1	5	55,00	88,90	93,17	87,88	116,0	120,0	128,2	142,9	122,7	122,2	90,3	—	—	—
73,02	8,64	54,74	T95	1	5	53,37	—	93,17	87,88	130,3	131,8	139,9	159,4	—	122,2	90,3	—	—	—
73,02	9,96	53,10	T95	1	5	50,73	—	—	—	153,2	150,6	158,5	186,9	—	—	—	—	—	—
73,02	11,18	50,66	T95	1	5	48,29	—	—	—	174,5	167,5	175,0	213,0	—	—	—	—	—	—
73,02	5,51	62,00	P110	1	12,5	59,62	88,90	93,17	87,88	85,5	99,0	107,7	106,0	100,1	100,1	100,1	100,1	100,1	100,1

Продолжение таблицы I 4

Наружный диаметр D, мм	Толщина стенки t, мм	Внутренний диаметр d, мм	Группа прочности	Переменная/искусственный дефект (надрез)		Диаметр оправки, мм	Наружный диаметр муфты, мм			Соответствующий номер раздела или формулы								
										Раздел 8	(9)	(8)	(14)	(10) (65)				
										Стойкость к смятию, МПа	Минимальное внутреннее давление возникновения текучести, МПа							
											Тело трубы			Тип соединения				
											Внутренняя текучесть		Пластическое разрушение	NU	EU		НКТ	НКТВ	НКМ
							для труб NU D_M	для труб EU			Формула Ламе—фон Мизеса								
				$k_н$	$a_к$, %			Обычная муфта D_M	Специальная муфта D_C		Открытый торец	Торцевое уплотнение	Торцевое уплотнение		Обычная муфта	Специальная муфта			
73,02	7,01	59,00	P110	1	12,5	56,62	88,90	93,17	87,88	119,3	125,1	134,4	137,0	127,3	127,3	104,5	127,3	127,3	127,3
73,02	7,82	57,38	P110	1	12,5	55,00	88,90	93,17	87,88	136,8	139,0	148,4	154,3	142,1	141,5	104,5	—	—	—
73,02	5,51	62,00	P110	1	5	59,62	88,90	93,17	87,88	85,5	99,0	107,7	117,3	100,1	100,1	100,1	100,1	100,1	100,1
73,02	7,01	59,00	P110	1	5	56,62	88,90	93,17	87,88	119,3	125,1	134,4	151,9	127,3	127,3	104,5	127,3	127,3	127,3
73,02	7,82	57,38	P110	1	5	55,00	88,90	93,17	87,88	136,8	139,0	148,4	171,3	142,1	141,5	104,5	—	—	—
73,02	5,51	62,00	Q135	1	5	59,62	88,90	93,2	—	98,2	121,5	132,1	137,9	—	—	—	122,8	122,8	122,8
73,02	7,01	59,00	Q135	1	5	56,62	88,90	93,2	—	139,5	153,5	164,9	178,6	—	—	—	156,2	156,2	156,2
88,90	5,49	77,92	H40	2	12,5	74,75	107,95	—	—	29,3	29,6	32,5	32,9	29,8	—	—	—	—	—
88,90	6,45	76,00	H40	2	12,5	72,82	107,95	114,30	106,17	35,6	34,7	37,8	38,9	35,0	35,0	35,0	--	--	--
88,90	7,34	74,22	H40	2	12,5	71,04	107,95	—	—	41,4	39,3	42,6	44,6	39,8	...	—	...	—	—
88,90	5,49	77,92	J55	2	12,5	74,75	107,95	—	—	37,9	40,7	44,6	41,3	40,9	—	—	—	—	—
88,90	6,45	76,00	J55	2	12,5	72,82	107,95	114,30	106,17	46,7	47,6	52,0	49,0	48,2	48,2	48,2	—	—	—
88,90	7,34	74,22	J55	2	12,5	71,04	107,95	—	—	54,6	54,0	58,6	56,1	54,8	—	—	—	—	—
88,90	8,00	72,90	J55	2	12,5	69,72	108,00	114,30	—	60,4	58,7	63,4	61,7	59,7	59,7	—	59,7	59,7	59,7
88,90	6,45	76,00	K72	2	12,5	72,82	107,95	114,30	—	58,0	61,7	67,3	65,7	62,3	62,3	—	62,3	62,3	62,3
88,90	8,00	72,90	K72	2	12,5	71,04	107,95	—	—	76,0	76,1	82,1	82,4	—	—	—	—	77,3	77,3
88,90	5,49	77,92	L80 9Cr	2	12,5	74,75	107,95	—	—	49,3	59,1	64,9	53,1	59,5	—	—	—	—	—
88,90	6,45	76,00	L80 9Cr	2	12,5	72,82	107,95	114,30	106,17	62,5	69,3	75,5	62,8	70,0	70,0	70,0	70,1	70,1	70,1
88,90	7,34	74,22	L80 9Cr	2	12,5	71,04	107,95	—	—	74,2	78,6	85,2	72,0	79,6	—	—	79,8	79,8	79,8
88,90	8,00	72,90	L80 9Cr	2	12,5	69,72	108,00	114,30	—	82,6	85,6	92,3	79,1	—	—	—	—	86,9	86,9
88,90	9,52	69,86	L80 9Cr	2	12,5	66,68	107,95	114,30	106,17	101,6	101,1	107,9	94,9	103,4	103,4	73,4	103,4	103,4	103,4
88,90	10,92	67,06	L80 9Cr	2	12,5	63,88	—	—	—	119,0	115,1	121,9	110,0	—	—	—	—	—	—
88,90	12,09	64,72	L80 9Cr	2	12,5	61,54	—	—	—	133,6	126,5	133,2	122,8	—	—	—	—	—	—

Продолжение таблицы I.4

Наружный диаметр D, мм	Толщина стенки t, мм	Внутренний диаметр d, мм	Группа прочности	Переменная/искусственный дефект (надрез)		Диаметр оправки, мм	Наружный диаметр муфты, мм			Соответствующий номер раздела или формулы									
										Раздел 8	(9)	(8)	(14)	(10) (65)					
										Стойкость к смятию, МПа	Минимальное внутреннее давление возникновения текучести, МПа								
											Тело трубы			Тип соединения					
							для труб NU D_M	для труб EU			Внутренняя текучесть		Пластическое разрушение	NU	EU		НКТ	НКТВ	НКМ
								Обычная муфта D_M	Специальная муфта D_C		Формула Ламе—фон Мизеса				Обычная муфта	Специальная муфта			
				$k_н$	$a_к$, %						Открытый торец	Торцевое уплотнение	Торцевое уплотнение						
88,90	13,46	61,98	L80 9Cr	2	12,5	58,80	—	—	—	150,7	139,7	146,1	138,3	—	—	—	—	—	—
88,90	5,49	77,92	L80	1	12,5	74,75	107,95	—	—	49,3	59,1	64,9	64,2	59,5	—	—	—	—	—
88,90	6,45	76,00	L80	1	12,5	72,82	107,95	114,30	106,17	62,5	69,3	75,5	76,1	70,0	70,0	70,0	70,1	70,1	70,1
88,90	7,34	74,22	L80	1	12,5	71,04	107,95	—	—	74,2	78,6	85,2	87,3	79,6	—	—	79,8	79,8	79,8
88,90	8,00	72,90	L80	1	12,5	69,72	108,00	114,30		82,6	85,6	93,3	96,0	—	—	—	—	86,9	86,9
88,90	9,52	69,86	L80	1	12,5	66,68	107,95	114,30	106,17	101,6	101,1	107,9	115,5	103,4	103,4	73,4	1033,4	103,4	103,4
88,90	10,92	67,06	L80	1	12,5	63,88	—	—	—	119,0	115,1	121,9	134,2	—	—	—	—	—	—
88,90	12,09	64,72	L80	1	12,5	61,54	—	—	—	133,6	126,5	133,2	150,2	—	—	—	—	—	—
88,90	13,46	61,98	L80	1	12,5	58,80	—	—	—	150,7	139,7	146,1	169,4	—	—	—	—	—	—
88,90	5,49	77,92	N80	2	12,5	74,75	107,95	—	—	50,0	59,1	64,9	55,9	59,5	—	—	—	—	—
88,90	6,45	76,00	N80	2	12,5	72,82	107,95	114,30	106,17	63,4	69,3	75,5	66,1	70,0	70,0	70,0	70,1	70,1	70,1
88,90	7,34	74,22	N80	2	12,5	71,04	107,95	—	—	75,3	78,6	85,2	75,8	79,6	—	—	79,8	79,8	79,8
88,90	9,52	69,86	N80	2	12,5	66,68	107,95	114,30	106,17	103,3	101,1	107,9	99,9	103,4	103,4	73,4	103,4	103,4	103,4
88,90	5,49	77,92	N80	1	12,5	74,75	107,95	—	—	50,0	59,1	64,9	67,6	59,5	—	—	—	—	—
88,90	6,45	76,00	N80	1	12,5	72,82	107,95	114,30	106,17	63,4	69,3	75,5	80,1	70,0	70,0	70,0	70,1	70,1	70,1
88,90	7,34	74,22	N80	1	12,5	71,04	107,95	—	—	75,3	78,6	85,2	91,9	79,6	—	—	79,8	79,8	79,8
88,90	9,52	69,86	N80	1	12,5	66,68	107,95	114,30	106,17	103,3	101,1	107,9	121,7	103,4	103,4	73,4	103,4	103,4	103,4
88,90	5,49	77,92	C90	1	5	74,75	107,95	—	—	53,0	66,5	73,0	75,0	67,0	—	—	—	—	—
88,90	6,45	76,00	C90	1	5	72,82	107,95	114,30	106,17	67,6	77,9	85,0	89,1	78,8	78,8	78,8	78,8	78,8	78,8
88,90	7,34	74,22	C90	1	5	71,04	107,95	—	—	80,4	88,4	95,8	102,2	89,6	—	—	89,7	89,7	89,7
88,90	8,00	72,90	C90	1	5	69,72	108,00	114,30		89,6	96,3	103,8	111,9	—	—	—	97,8	97,8	97,8
88,90	9,52	69,86	C90	1	5	66,68	107,95	114,30	106,17	110,3	113,7	121,4	135,7	116,3	116,3	82,6	116,4	116,4	116,4
88,90	10,92	67,06	C90	1	5	63,88	—	—	—	129,2	129,5	137,1	157,8	—	—	—	—	—	—

Продолжение таблицы I 4

Наружный диаметр D, мм	Толщина стенки t, мм	Внутренний диаметр d, мм	Группа прочности	Переменная/ искусственный дефект (надрез)		Диаметр оправки, мм	Наружный диаметр муфты, мм			Соответствующий номер раздела или формулы									
										Раздел 8	(9)	(8)	(14)	(10) (65)					
										Минимальное внутреннее давление возникновения текучести, МПа									
										Стойкость к смятию, МПа	Тело трубы			Тип соединения					
							для труб NU D_M	для труб EU			Внутренняя текучесть		Пластическое разрушение	NU	EU		НКТ	НКТВ	НКМ
								Обычная муфта D_M	Специальная муфта D_C		Формула Ламе—фон Мизеса				Обычная муфта	Специальная муфта			
				$k_н$	$a_к$, %						Открытый торец	Торцевое уплотнение	Торцевое уплотнение						
88,90	12,09	64,72	С90	1	5	61,54	—	—	—	145,0	142,3	149,9	176,8	—	—	—	—	—	—
88,90	13,46	61,98	С90	1	5	58,80	—	—	—	163,6	157,2	164,3	199,7	—	—	—	—	—	—
88,90	6,45	76,00	R95	1	12,5	72,82	107,95	114,30	106,17	70,9	82,3	89,7	88,9	70,8	70,8	70,8	70,8	70,8	70,8
88,90	7,34	74,22	R95	1	12,5	71,04	107,95	—	—	84,9	93,4	101,2	102,0	83,2	—	—	83,2	83,2	83,2
88,90	8,00	72,90	R95	1	12,5	69,72	108,00	114,30	—	94,9	101,5	109,5	111,8	—	—	—	103,1	103,1	103,1
88,90	9,52	69,86	R95	1	12,5	66,68	107,95	114,30	106,17	117,4	120,0	128,2	134,9	122,7	122,7	87,2	122,7	122,7	122,7
88,90	5,49	77,92	T95	1	5	74,75	107,95	—	—	55,0	70,1	77,0	79,1	70,7	-	-	—	—	—
88,90	6,45	76,00	T95	1	5	72,82	107,95	114,30	106,17	70,6	82,3	89,7	93,9	83,2	83,2	83,2	70,8	70,8	70,8
88,90	7,34	74,22	T95	1	5	71,04	107,95	—	—	84,2	93,4	101,1	107,8	94,6	--	—	83,2	83,2	83,2
88,90	8,00	72,90	T95	1	5	69,72	108,00	114,30	—	94,0	101,5	109,5	118,4	...	...	—	103,1	103,1	103,1
88,90	9,52	69,86	T95	1	5	66,68	107,95	114,30	106,17	116,0	120,0	128,2	143,0	122,7	122,7	87,2	122,7	122,7	122,7
88,90	10,92	67,06	T95	1	5	63,88	—	—	—	136,0	136,6	144,8	166,3	—	—	—	—	—	—
88,90	12,09	64,72	T95	1	5	61,54	—	—	—	152,7	150,3	158,2	186,3	—	—	—	—	—	—
88,90	13,46	61,98	T95	1	5	58,80	—	—	—	172,3	165,8	173,4	210,5	—	—	—	—	—	—
88,90	6,45	76,00	P110	1	12,5	72,82	107,95	114,30	106,17	80,5	95,3	103,8	101,7	96,3	96,3	96,3	96,2	96,2	96,2
88,90	7,34	74,22	P110	1	12,5	71,04	107,95	—	—	97,5	117,2	88,9	116,7	—	—	—	109,5	109,5	109,5
88,90	8,00	72,90	P110	1	12,5	69,72	108,00	114,30	—	109,7	126,9	88,9	128,0	—	—	—	119,4	119,4	119,4
88,90	9,52	69,86	P110	1	12,5	66,68	107,95	114,30	106,17	136,8	139,0	148,4	154,3	142,1	142,1	101,0	142,1	142,1	142,1
88,90	6,45	76,00	P110	1	5	72,82	107,95	114,30	106,17	80,5	95,3	103,8	112,5	96,3	96,3	96,3	96,2	96,2	96,2
88,90	7,34	74,22	P110	1	5	71,04	107,95	—	—	97,5	117,2	88,9	129,2	—	—	—	109,5	109,5	109,5
88,90	8,00	72,90	P110	1	5	69,72	108,00	114,30	—	109,7	126,9	88,9	141,8	—	—	—	119,4	119,4	119,4
88,90	9,52	69,86	P110	1	5	66,68	107,95	114,30	106,17	136,8	139,0	148,4	171,3	142,1	142,1	101,0	142,1	142,1	142,1
88,90	6,45	76,00	Q135	1	5	72,82	107,95	114,30	—	92,0	116,9	127,4	132,2	—	—	—	118,1	118,1	118,1

Продолжение таблицы I.4

Наружный диаметр D, мм	Толщина стенки t, мм	Внутренний диаметр d, мм	Группа прочности	Переменная/искусственный дефект (надрез)		Диаметр оправки, мм	Наружный диаметр муфты, мм			Соответствующий номер раздела или формулы									
										Раздел 8	(9)	(8)	(14)	(10) (65)					
										Стойкость к смятию, МПа	Минимальное внутреннее давление возникновения текучести, МПа								
											Тело трубы			Тип соединения					
							для труб NU D_M	для труб EU			Внутренняя текучесть		Пластическое разрушение	NU	EU		НКТ	НКТВ	НКМ
								Обычная муфта D_M	Специальная муфта D_C		Формула Ламе—фон Мизеса				Обычная муфта	Специальная муфта			
				$k_н$	$a_к$, %						Открытый торец	Торцевое уплотнение	Торцевое уплотнение						
88,90	7,34	74,22	Q135	1	5	71,04	107,95	—	—	113,0	132,6	143,6	151,8	—	—	—	134,4	134,4	134,4
88,90	8,00	72,90	Q135	1	5	69,72	108,00	114,30	—	127,8	144,2	155,5	166,5	—	—	—	146,5	146,5	146,5
88,90	9,52	69,86	Q135	1	5	66,68	107,95	114,30	—	160,5	170,4	182,0	201,2	—	—	—	174,3	174,3	174,3
101,60	5,74	90,12	H40	2	12,5	86,94	120,65	—	—	26,1	27,1	29,8	30,0	27,3	—	—	—	—	—
101,60	6,65	88,30	H40	2	12,5	85,12	—	127,00	—	31,5	31,3	34,3	34,9	—	31,6	—	—	—	—
101,60	5,74	90,12	J55	2	12,5	86,94	120,65	—	—	33,4	37,2	41,1	37,8	37,5	—	—	—	—	—
101,60	6,50	88,60	J55	2	12,5	85,42	120,60	127,00	—	39,7	42,1	46,1	43,1	—	—	—	42,4	42,4	42,4
101,60	6,65	88,30	J55	2	12,5	85,12	—	127,00	—	40,9	43,1	47,2	44,0	—	43,4	—	43,4	43,4	43,4
101,60	6,50	88,60	K72	—	—	85,42	120,60	127,00	—	48,6	54,5	59,8	57,6	—	—	—	55,0	55,0	55,0
101,60	5,74	90,12	L80 9Cr	2	12,5	86,94	120,65	—	—	42,6	54,2	59,7	48,4	54,5	—	—	—	—	—
101,60	6,50	88,60	L80 9Cr	2	12,5	—	—	—	—	52,1	61,3	67,2	55,5	—	—	—	61,8	61,8	61,8
101,60	6,65	88,30	L80 9Cr	2	12,5	85,12	—	127,00	—	53,9	62,6	68,6	56,4	—	63,2	—	63,2	63,2	63,2
101,60	8,38	84,84	L80 9Cr	2	12,5	81,66	—	—	—	74,1	78,5	85,1	71,9	—	—	—	—	—	—
101,60	10,54	80,52	L80 9Cr	2	12,5	77,34	—	—	—	97,9	98,0	104,9	91,7	—	—	—	—	—	—
101,60	12,70	76,20	L80 9Cr	2	12,5	73,03	—	—	—	121,4	116,9	123,7	112,1	—	—	—	—	—	—
101,60	15,49	70,62	L80 9Cr	2	12,5	67,44	—	—	—	151,9	140,6	146,9	139,3	—	—	—	—	—	—
101,60	5,74	90,12	L80	1	12,5	86,94	120,65	—	—	42,6	54,2	59,7	58,5	54,5	—	—	—	—	—
101,60	6,50	88,60	L80	1	12,5	85,42	120,60	127,00	—	52,1	61,3	67,2	66,9	—	—	—	61,8	61,8	61,8
101,60	6,65	88,30	L80	1	12,5	85,12	—	127,00	—	53,9	62,6	68,6	68,3	—	63,2	—	63,2	63,2	63,2
101,60	8,38	84,84	L80	1	12,5	81,66	—	—	—	74,1	78,5	85,1	87,2	—	—	—	—	—	—
101,60	10,54	80,52	L80	1	12,5	77,34	—	—	—	97,9	98,0	104,9	111,6	—	—	—	—	—	—
101,60	12,70	76,20	L80	1	12,5	73,03	—	—	—	121,4	116,9	123,7	136,8	—	—	—	—	—	—
101,60	15,49	70,62	L80	1	12,5	67,44	—	—	—	151,9	140,6	146,9	170,8	—	—	—	—	—	—

Продолжение таблицы I 4

Наружный диаметр D, мм	Толщина стенки t, мм	Внутренний диаметр d, мм	Группа прочности	Переменная/ искусственный дефект (надрез)		Диаметр оправки, мм	Наружный диаметр муфты, мм			Соответствующий номер раздела или формулы									
										Раздел 8	(9)	(8)	(14)	(10) (65)					
										Стойкость к смятию МПа	Минимальное внутреннее давление возникновения текучести, МПа								
											Тело трубы			Тип соединения					
											Внутренняя текучесть		Пластическое разрушение	NU	EU		НКТ	НКТВ	НКМ
							для труб NU D_M	для труб EU			Формула Ламе—фон Мизеса								
								Обычная муфта D_M	Специальная муфта D_C		Открытый торец	Торцевое уплотнение	Торцевое уплотнение		Обычная муфта	Специальная муфта			
				$k_н$	$a_к$, %														
101,60	5,74	90,12	N80	2	12,5	86,94	120,65	—	—	43,0	54,2	59,7	51,0	54,5	—	—	—	—	—
101,60	6,50	88,60	N80	2	12,5	85,42	120,60	127,00	—	52,8	61,3	67,2	58,1	—	—	—	61,8	61,8	61,8
101,60	6,65	88,30	N80	2	12,5	85,12	—	127,00	—	54,7	62,6	68,6	59,4	—	63,2	—	63,2	63,2	63,2
101,60	5,74	90,12	N80	1	12,5	86,94	120,65	—	—	43,0	54,2	59,7	61,6	54,5	—	—	—	—	—
101,60	6,50	88,60	N80	1	12,5	85,42	120,60	127,00	—	52,8	61,3	67,2	70,4	—	—	—	61,8	61,8	61,8
101,60	6,65	88,30	N80	1	12,5	85,12	—	127,00	—	54,7	62,6	68,6	71,9	—	63,2	—	63,2	63,2	63,2
101,60	5,74	90,12	C90	1	5	86,94	120,65	—	—	45,5	60,9	67,1	68,4	61,3	—	—	—	—	—
101,60	6,50	88,60	C90	1	5	85,42	120,60	127,00	—	56,1	69,0	75,6	77,8	—	—	—	69,5	69,5	69,5
101,60	6,65	88,30	C90	1	5	85,12	—	127,00	—	58,1	70,5	77,2	79,9	—	71,1	—	71,1	71,1	71,1
101,60	8,38	84,84	C90	1	5	81,66	—	—	—	80,3	88,3	95,7	102,2	—	—	—	—	—	—
101,60	10,54	80,52	C90	1	5	77,34	—	—	—	106,3	110,2	118,0	131,0	—	—	—	—	—	—
101,60	12,70	76,20	C90	1	5	73,03	—	—	—	131,8	131,6	139,2	160,9	—	—	—	—	—	—
101,60	15,49	70,62	C90	1	5	67,44	—	—	—	164,9	158,1	165,3	201,4	—	—	—	—	—	—
101,60	6,50	88,60	R95	1	12,5	85,42	120,60	127,00	—	58,3	72,8	79,8	77,9	—	—	—	73,3	73,3	73,3
101,60	6,65	88,30	R95	1	12,5	85,42	120,60	127,00	—	60,6	74,4	81,5	79,8	—	75,0	—	75,0	75,0	75,0
101,60	5,74	90,12	T95	1	5	86,94	120,65	—	—	47,0	64,4	70,9	72,1	64,7	—	—	—	—	—
101,60	6,50	88,60	T95	1	5	85,42	120,60	127,00	—	58,3	72,8	79,8	82,2	—	—	—	73,3	73,3	73,3
101,60	6,65	88,30	T95	1	5	85,12	—	127,00	—	60,5	74,4	81,5	84,2	–	75,0	–	75,0	75,0	75,0
101,60	8,38	84,84	T95	1	5	81,66	—	—	—	84,1	93,2	101,0	107,7	—	—	—	—	—	—
101,60	10,54	80,52	T95	1	5	77,34	—	—	—	111,7	116,4	124,5	138,0	—	—	—	—	—	—
101,60	12,70	76,20	T95	1	5	73,03	—	—	—	138,8	138,9	147,0	169,5	—	—	—	—	—	—
101,60	15,49	70,62	T95	1	5	67,44	—	—	—	173,7	166,9	174,5	212,1	—	—	—	—	—	—
101,60	6,50	88,60	P110	1	12,5	85,42	120,60	127,00	—	65,1	84,3	92,4	89,1	—	—	—	84,9	84,9	84,9

Продолжение таблицы I.4

Наружный диаметр D, мм	Толщина стенки t, мм	Внутренний диаметр d, мм	Группа прочности	Переменная/искусственный дефект (надрез)		Диаметр оправки, мм	Наружный диаметр муфты, мм			Соответствующий номер раздела или формулы								
										Раздел 8	(9)	(8)	(14)	(10) (65)				
										Стойкость к смятию, МПа	Минимальное внутреннее давление возникновения текучести, МПа							
											Тело трубы			Тип соединения				
											Внутренняя текучесть		Пластическое разрушение	NU	EU		НКТ	НКТВ	НКМ
							для труб NU D_M	для труб EU			Формула Ламе—фон Мизеса								
								Обычная муфта D_M	Специальная муфта D_C		Открытый торец	Торцевое уплотнение	Торцевое уплотнение		Обычная муфта	Специальная муфта			
				$k_н$	$a_к$, %														
101,60	6,65	88,30	P110	1	12,5	85,12	120,60	127,00	—	67,8	86,2	94,4	91,3	—	—	—	86,8	86,8	86,8
101,60	6,50	88,60	P110	1	5	85,42	120,60	127,00	—	65,1	84,3	92,4	98,5	—	—	—	84,9	84,9	84,9
101,60	6,65	88,30	P110	1	5	85,12	120,60	127,00	—	67,8	86,2	94,4	100,9	—	—	—	86,8	86,8	86,8
101,60	6,50	88,60	Q135	1	5	85,42	120,60	127,00	—	73,0	103,3	113,2	115,7	—	—	—	104,1	104,1	104,1
101,60	6,65	88,30	Q135	1	5	85,12	120,60	127,00	—	76,3	105,6	115,7	118,5	—	—	—	106,5	106,5	106,5
114,30	6,88	100,54	H40	2	12,5	97,36	132,08	141,30	—	28,4	28,9	31,7	32,0	29,1	29,1	—	—	—	—
114,30	6,88	100,54	J55	2	12,5	97,36	132,08	141,30	—	36,5	39,7	43,6	40,3	40,0	40,0	—	39,9	39,9	39,9
114,30	7,00	100,30	J55	2	12,5	97,12	132,08	141,30	—	37,4	40,3	44,3	41,2	—	—	—	40,6	40,6	40,6
114,30	7,00	100,30	K72	2	12,5	97,12	132,08	141,30	—	45,6	52,2	57,4	55,1	—	—	—	52,6	52,6	52,6
114,30	6,88	100,54	L80 9Cr	2	12,5	97,36	132,08	141,30	—	47,3	57,7	63,4	51,7	58,1	58,1	—	58,1	58,1	58,1
114,30	7,00	100,30	L80 9Cr	2	12,5	97,12	132,08	141,30	—	48,7	58,7	64,5	52,8	—	—	—	59,2	59,2	59,2
114,30	8,56	97,18	L80 9Cr	2	12,5	94,01	—	—	—	65,3	71,4	77,8	65,0	—	—	—	—	—	—
114,30	9,65	95,00	L80 9Cr	2	12,5	91,82	—	—	—	76,3	80,3	86,9	73,7	—	—	—	—	—	—
114,30	10,92	92,46	L80 9Cr	2	12,5	89,28	—	—	—	88,8	90,5	97,4	84,0	—	—	—	—	—	—
114,30	12,70	88,90	L80 9Cr	2	12,5	85,73	—	—	—	106,1	104,6	111,5	98,7	—	—	—	—	—	—
114,30	14,22	85,86	L80 9Cr	2	12,5	82,68	—	—	—	120,8	116,4	123,3	111,5	—	—	—	—	—	—
114,30	16,00	82,30	L80 9Cr	2	12,5	79,12	—	—	—	138,0	129,9	136,6	126,8	—	—	—	—	—	—
114,30	6,88	100,54	L80	1	12,5	97,36	132,08	141,30	—	47,3	57,7	63,4	62,6	58,1	58,1	—	58,1	58,1	58,1
114,30	7,00	100,30	L80	1	12,5	97,12	132,08	141,30	—	48,7	58,7	64,5	63,9	—	—	—	59,2	59,2	59,2
114,30	8,56	97,18	L80	1	12,5	94,01	—	—	—	65,3	71,4	77,8	78,7	—	—	—	—	—	—
114,30	9,65	95,00	L80	1	12,5	91,82	—	—	—	76,3	80,3	86,9	89,4	—	—	—	—	—	—
114,30	10,92	92,46	L80	1	12,5	89,28	—	—	—	88,8	90,5	97,4	102,1	—	—	—	—	—	—
114,30	12,70	88,90	L80	1	12,5	85,73	—	—	—	106,1	104,6	111,5	120,2	—	—	—	—	—	—

Продолжение таблицы I 4

Наружный диаметр D, мм	Толщина стенки t, мм	Внутренний диаметр d, мм	Группа прочности	Переменная/искусственный дефект (надрез)		Диаметр оправки, мм	Наружный диаметр муфты, мм			Соответствующий номер раздела или формулы									
										Раздел 8	(9)	(8)	(14)	(10) (65)					
										Сопротивление смятию, МПа	Минимальное внутреннее давление возникновения текучести, МПа								
											Тело трубы			Тип соединения					
											Внутренняя текучесть		Пластическое разрушение	NU	EU		НКТ	НКТВ	НКМ
							для труб NU D_M	для труб EU			Формула Ламе—фон Мизеса								
				$k_н$	$a_к$, %			Обычная муфта D_M	Специальная муфта D_C		Открытый торец	Торцевое уплотнение	Торцевое уплотнение		Обычная муфта	Специальная муфта			
114,30	14,22	85,86	L80	1	12,5	82,68	—	—	—	120,8	116,4	123,3	136,1	—	—	—	—	—	—
114,30	16,00	82,30	L80	1	12,5	79,12	—	—	—	138,0	129,9	136,6	155,2	—	—	—	—	—	—
114,30	6,88	100,54	N80	2	12,5	97,36	132,08	141,30	—	47,9	57,7	63,4	54,4	58,1	58,1	—	58,1	58,1	58,1
114,30	7,00	100,30	N80	2	12,5	—	132,08	141,30	—	49,3	58,7	64,5	55,6	—	—	—	59,2	59,2	59,2
114,30	6,88	100,54	N80	1	12,5	97,36	132,08	141,30	—	47,9	57,7	63,4	65,9	58,1	58,1	—	58,1	58,1	58,1
114,30	7,00	100,30	N80	1	12,5	97,12	132,08	141,30	—	49,3	58,7	64,5	67,2	—	—	—	59,2	59,2	59,2
114,30	6,88	100,54	C90	1	5	97,36	132,08	141,30	—	50,8	64,9	71,3	73,2	65,3	65,3	-	65,4	65,4	65,4
114,30	7,00	100,30	C90	1	5	97,12	132,08	141,30	-	52,3	66,1	72,6	74,4	—	—	—	66,6	66,6	66,6
114,30	8,56	97,18	C90	1	5	94,01	--	—	—	70,6	80,4	87,5	92,1	--	--	—	--	—	—
114,30	9,65	95,00	C90	1	5	91,82	...	—	—	82,7	90,4	97,8	104,8	...	...	—	...	...	—
114,30	10,92	92,46	C90	1	5	89,28	—	—	—	96,3	101,8	109,5	119,7	—	—	—	—	—	—
114,30	12,70	88,90	C90	1	5	85,73	—	—	—	115,2	117,7	125,5	141,2	—	—	—	—	—	—
114,30	14,22	85,86	C90	1	5	82,68	—	—	—	131,1	131,0	138,7	160,1	—	—	—	—	—	—
114,30	16,00	82,30	C90	1	5	79,12	—	—	—	149,8	146,2	153,6	182,7	—	—	—	—	—	—
114,30	6,88	100,54	C95	1	12,5	97,36	132,08	141,30	—	52,7	68,5	75,3	73,1	69,0	69,0	—	69,0	69,0	69,0
114,30	7,00	100,30	C95	1	12,5	97,12	132,08	141,30	—	54,3	69,7	76,5	74,4	—	—	—	70,2	70,2	70,2
114,30	6,88	100,54	T95	1	5	97,36	132,08	141,30	—	52,7	68,5	75,3	77,1	69,0	69,0	—	69,0	69,0	69,0
114,30	7,00	100,30	T95	1	5	97,12	132,08	141,30	—	54,3	69,7	76,5	78,5	—	—	—	70,2	70,2	70,2
114,30	8,56	97,18	T95	1	5	94,01	—	—	—	73,9	84,8	92,3	97,1	—	—	—	—	—	—
114,30	9,65	95,00	T95	1	5	91,82	—	—	—	86,7	95,4	103,2	110,4	—	—	—	—	—	—
114,30	10,92	92,46	T95	1	5	89,28	—	—	—	101,2	107,6	115,5	126,2	—	—	—	—	—	—
114,30	12,70	88,90	T95	1	5	85,73	—	—	—	121,1	124,2	132,4	148,8	—	—	—	—	—	—
114,30	14,22	85,86	T95	1	5	82,68	—	—	—	138,0	138,3	146,4	168,7	—	—	—	—	—	—

Окончание таблицы I.4

Наружный диаметр D, мм	Толщина стенки t, мм	Внутренний диаметр d, мм	Группа прочности	Переменная/искусственный дефект (надрез)		Диаметр оправки, мм	Наружный диаметр муфты, мм			Соответствующий номер раздела или формулы									
										Раздел 8	(9)	(8)	(14)	(10), (65)					
										Стойкость к смятию, МПа	Минимальное внутреннее давление возникновения текучести, МПа								
											Тело трубы			Тип соединения					
							для труб NU D_M	для труб EU			Внутренняя текучесть		Пластическое разрушение	NU	EU		НКТ	НКТВ	НКМ
								Обычная муфта D_M	Специальная муфта D_C		Формула Ламе—фон Мизеса				Обычная муфта	Специальная муфта			
				k_n	a_N, %						Открытый торец	Торцевое уплотнение	Торцевое уплотнение						
114,30	16,00	82,30	T95	1	5	79,12	—	—	—	157,8	154,3	162,2	192,5	—	—	—	—	—	—
114,30	6,88	100,54	P110	1	12,5	97,36	132,2	141,30	—	58,1	79,4	87,3	83,6	—	—	—	79,8	79,8	79,8
114,30	7,00	100,30	P110	1	12,5	97,12	132,2	141,30	—	60,1	80,8	88,7	85,1	—	—	—	81,2	81,2	81,2
114,30	6,88	100,54	P110	1	5	97,36	132,2	141,30	—	58,1	79,4	87,3	92,4	—	—	—	79,8	79,8	79,8
114,30	7,00	100,30	P110	1	5	97,12	132,2	141,30	—	60,1	80,8	88,7	94,1	—	—	—	81,2	81,2	81,2
114,30	6,88	100,54	Q135	1	5	97,36	132,2	141,30	—	64,4	97,3	106,9	108,5	—	—	—	98,0	98,0	98,0
114,30	7,00	100,30	Q135	1	5	97,12	132,2	141,30	—	66,8	98,9	108,7	110,5	...	...	—	99,7	99,7	99,7

Примечания

1 Расчетные показатели в настоящей таблице указаны для эксплуатации труб, соответствующих требованиям *ГОСТ Р 53366*, в обычной окружающей среде. Эксплуатация труб в другой среде может потребовать дополнительного анализа, например описанного в приложении D.

2 *Первый массив данных для каждого размера группы прочности N80 относится к трубам, не подвергаемым закалке с отпуском, второй массив данных — к трубам, подвергаемым закалке с отпуском.*

3 *Первый массив данных для каждого размера группы прочности P110 относится к трубам, подвергаемым контролю с искусственным дефектом глубиной 12,5 %, второй массив данных — к трубам, подвергаемым контролю с искусственным дефектом глубиной 5 %.*

4 Обозначение L80 включает группы прочности L80 тип 1 и L80 тип 13Cr.

5 Минимальное внутреннее давление возникновения текучести для труб с резьбой и муфтой представляет собой меньшее из внутренних давлений возникновения текучести трубы и муфты.

Таблица I.5 — Расчетные показатели насосно-компрессорных труб и их соединений при осевом растяжении

Наружный диаметр D, мм	Толщина стенки t, мм	Внутренний диаметр d, мм	Группа прочности	Переменная/искусственный дефект (надрез)		Соответствующий номер формулы						
						(10)	(63)	(64)	(64)	(63)	(64)	(60), (61)
						Прочность соединения, МПа						
						Текучесть тела трубы	Трубы с резьбой и муфтой			НКТ	НКТВ	НКМ
							NU	EU				
				k_a	a_N, %			Обычная муфта	Специальная муфта			
26,67	2,87	20,93	H40	2	12,5	59,2	28,5	59,2	—	—	—	—
26,67	3,91	18,85	H40	2	12,5	77,0	—	77,0	—	—	—	—
26,67	2,87	20,93	J55	2	12,5	81,4	38,7	81,4	—	—	81,3	—
26,67	3,91	18,85	J55	2	12,5	105,9	—	105,9	—	—	—	—
26,67	2,87	20,93	K72	2	12,5	105,3	—	—	—	—	105,3	—
26,67	2,87	20,93	L80 9Cr	2	12,5	118,3	56,5	118,3	—	—	—	—
26,67	3,91	18,85	L80 9Cr	2	12,5	153,9	—	153,9	—	—	—	—
26,67	2,87	20,93	L80	1	12,5	118,3	56,5	118,3	—	—	—	—
26,67	3,91	18,85	L80	1	12,5	153,9	—	153,9	—	—	—	—
26,67	2,87	20,93	N80	2	12,5	118,3	56,5	118,3	—	—	—	—
26,67	3,91	18,85	N80	2	12,5	153,9	—	153,9	—	—	—	—
26,67	2,87	20,93	N80	1	12,5	118,3	56,5	118,3	—	—	—	—
26,67	3,91	18,85	N80	1	12,5	153,9	—	153,9	—	—	—	—
26,67	2,87	20,93	C90	1	5	133,4	63,6	133,4	—	—	—	—
26,67	3,91	18,85	C90	1	5	173,5	—	173,5	—	—	—	—
26,67	2,87	20,93	T95	1	5	140,6	67,2	140,6	—	—	—	—
26,67	3,91	18,85	T95	1	5	182,8	—	182,8	—	—	—	—
26,67	3,91	18,85	P110	1	12,5	211,7	—	211,7	—	—	—	—
26,67	3,91	18,85	P110	1	5	211,7	—	211,7	—	—	—	—
33,40	3,38	26,64	H40	2	12,5	88,1	48,9	88,1	—	—	—	—
33,40	4,55	24,30	H40	2	12,5	113,9	—	113,9	—	—	—	—
33,40	3,38	26,64	J55	2	12,5	121,0	67,2	121,0	—	67,0	120,8	—
33,40	3,50	26,40	J55	2	12,5	124,5	—	—	—	70,8	124,5	—
33,40	4,55	24,30	J55	2	12,5	156,1	—	156,1	—	102,5	156,2	—
33,40	3,50	26,40	K72	2	12,5	161,3	—	—	—	91,7	161,3	—
33,40	3,38	26,64	L80 9Cr	2	12,5	175,7	97,4	175,7	—	97,6	175,9	—
33,40	3,50	26,40	L80 9Cr	2	12,5	181,4	—	—	—	103,1	181,4	—
33,40	4,55	24,30	L80 9Cr	2	12,5	227,3	—	227,3	–	149,2	227,5	—
33,40	3,38	26,64	L80	1	12,5	175,7	97,4	175,7	—	97,6	175,9	—
33,40	3,50	26,40	L80	1	12,5	181,4	—	—	—	103,1	181,4	—
33,40	4,55	24,30	L80	1	12,5	227,3	—	227,3	—	149,2	227,5	—
33,40	3,38	26,64	N80	2	12,5	175,7	97,4	175,7	—	97,6	175,9	—
33,40	3,50	26,40	N80	2	12,5	181,4	—	—	—	103,1	181,4	—
33,40	4,55	24,30	N80	2	12,5	227,3	—	227,3	—	—	227,5	—

Продолжение таблицы I.5

Наружный диаметр D, мм	Толщина стенки t, мм	Внутренний диаметр d, мм	Группа прочности	Переменная/искусственный дефект (надрез)		Соответствующий номер формулы						
						(10)	(63)	(64)	(64)	(63)	(64)	(60), (61)
						Прочность соединения, МПа						
						Текучесть тела трубы	Трубы с резьбой и муфтой			НКТ	НКТВ	НКМ
							NU	EU				
				k_a	a_N, %			Обычная муфта	Специальная муфта			
33,40	3,38	26,64	N80	1	12,5	175,7	97,4	175,7	—	97,6	175,9	—
33,40	3,50	26,40	N80	1	12,5	181,4	—	—	—	103,1	181,4	—
33,40	4,55	24,30	N80	1	12,5	227,3	—	227,3	—	—	227,5	—
33,40	3,38	26,64	C90	1	5	197,9	109,9	197,9	—	109,8	197,9	—
33,40	4,55	24,30	C90	1	5	255,8	—	255,8	—	—	204,1	—
33,40	3,38	26,64	T95	1	5	208,6	115,6	208,6	—	115,8	208,7	—
33,40	4,55	24,30	T95	1	5	270,0	—	270,0	—	—	270,0	—
33,40	4,55	24,30	P110	1	12,5	312,7	—	312,7	—	—	312,4	—
33,40	4,55	24,30	P110	1	5	312,7	—	312,7	—	—	312,4	—
42,16	3,18	35,80	H40	2	12,5	107,2	—	—	—	—	—	—
42,16	3,56	35,04	H40	2	12,5	119,2	68,9	119,2	—	—	—	—
42,16	4,85	32,46	H40	2	12,5	156,6	—	156,6	—	—	—	—
42,16	3,18	35,80	J55	2	12,5	147,7	—	—	—	—	—	—
42,16	3,56	35,04	J55	2	12,5	163,7	94,7	163,7	—	—	—	—
42,16	4,85	32,46	J55	2	12,5	215,7	—	215,7	—	—	—	—
42,16	3,56	35,04	K72	2	12,5	212,0	—	—	—	123,1	211,9	—
42,16	3,56	35,04	L80 9Cr	2	12,5	238,0	137,9	238,0	—	138,4	238,2	—
42,16	4,85	32,46	L80 9Cr	2	12,5	313,6	—	313,6	—	213,9	313,6	—
42,16	3,56	35,04	L80	1	12,5	238,0	137,9	238,0	—	138,4	238,2	—
42,16	4,85	32,46	L80	1	12,5	313,6	—	313,6	—	213,9	313,6	—
42,16	3,56	35,04	N80	2	12,5	238,0	137,9	238,0	—	138,4	238,2	—
42,16	4,85	32,46	N80	2	12,5	313,6	—	313,6	—	—	313,6	—
42,16	3,56	35,04	N80	1	12,5	238,0	137,9	238,0	—	138,4	238,2	—
42,16	4,85	32,46	N80	1	12,5	313,6	—	313,6	—	—	313,6	—
42,16	3,56	35,04	C90	1	5	267,8	155,2	267,8	—	155,7	268,0	—
42,16	4,85	32,46	C90	1	5	352,7	—	352,7	—	—	352,8	—
42,16	3,56	35,04	T95	1	5	282,9	164,1	282,9	—	164,3	282,6	—
42,16	4,85	32,46	T95	1	5	372,3	—	372,3	—	—	372,2	—
42,16	4,85	32,46	P110	1	12,5	431,0	—	431,0	—	—	430,7	—
42,16	4,85	32,46	P110	1	5	431,0	—	431,0	—	—	430,7	—
48,26	3,18	41,90	H40	2	12,5	124,1	—	—	—	—	—	—
48,26	3,68	40,90	H40	2	12,5	142,3	85,0	142,3	—	—	—	—
48,26	5,08	38,10	H40	2	12,5	189,9	—	189,9	—	—	—	—
48,26	3,18	41,90	J55	2	12,5	170,4	—	—	—	—	—	—

Продолжение таблицы I.5

Наружный диаметр D, мм	Толщина стенки t, мм	Внутренний диаметр d, мм	Группа прочности	Переменная/искусственный дефект (надрез)		Соответствующий номер формулы						
						(10)	(63)	(64)	(64)	(63)	(64)	(60), (61)
						Прочность соединения, МПа						
						Текучесть тела трубы	Трубы с резьбой и муфтой			НКТ	НКТВ	НКМ
							NU	EU				
				k_a	a_N, %			Обычная муфта	Специальная муфта			
48,26	3,68	40,90	J55	2	12,5	195,3	116,5	195,3	—	116,6	195,2	—
48,26	4,00	40,26	J55	2	12,5	210,7	—	—	—	132,0	210,7	—
48,26	5,08	38,10	J55	2	12,5	261,1	—	261,1	—	—	—	—
48,26	4,00	40,26	K72			272,9	—	—	—	170,9	272,9	—
48,26	3,68	40,90	L80 9Cr	2	12,5	284,2	169,9	284,2	—	169,7	284,4	—
48,26	4,00	40,26	L80 9Cr	2	12,5	306,9	—	—	—	192,2	306,9	—
48,26	5,08	38,10	L80 9Cr	2	12,5	379,9	–	379,9	—	—	—	—
48,26	6,35	35,56	L80 9Cr	2	12,5	461,3	—	—	—	—	—	—
48,26	7,62	33,02	L80 9Cr	2	12,5	536,4	—	—	—	—	—	—
48,26	3,68	40,90	L80	1	12,5	284,2	169,9	284,2	—	169,7	284,4	—
48,26	4,00	40,26	L80	1	12,5	306,9	—	—	—	192,2	306,9	—
48,26	5,08	38,10	L80	1	12,5	379,9	—	379,9	—	—	—	—
48,26	6,35	35,56	L80	1	12,5	461,3	—	—	—	—	—	—
48,26	7,62	33,02	L80	1	12,5	536,4	—	—	—	—	—	—
48,26	3,68	40,90	N80	2	12,5	284,2	169,9	284,2	—	169,7	284,4	—
48,26	4,00	40,26	N80	2	12,5	306,9	—	—	—	192,2	306,9	—
48,26	5,08	38,10	N80	2	12,5	379,9	—	379,9	—	—	—	—
48,26	3,68	40,90	N80	1	12,5	284,2	169,9	284,2	—	169,7	284,4	—
48,26	4,00	40,26	N80	1	12,5	306,9	—	—	—	192,2	306,9	—
48,26	5,08	38,10	N80	1	12,5	379,9	—	379,9	—	—	—	—
48,26	3,68	40,90	C90	1	5	319,8	190,8	319,8	—	—	—	—
48,26	5,08	38,10	C90	1	5	427,5	—	427,5	—	—	—	—
48,26	6,35	35,56	C90	1	5	518,6	—	—	—	—	—	—
48,26	7,62	33,02	C90	1	5	603,6	—	—	—	—	—	—
48,26	3,68	40,90	T95	1	5	337,6	201,5	337,6	—	—	—	—
48,26	5,08	38,10	T95	1	5	451,5	—	451,5	—	—	—	—
48,26	6,35	35,56	T95	1	5	547,5	—	—	—	—	—	—
48,26	7,62	33,02	T95	1	5	637,4	—	—	—	—	—	—
48,26	5,08	38,10	P110	1	12,5	522,6	—	522,6	—	—	—	—
48,26	5,08	38,10	P110	1	5	522,6	—	522,6	—	—	—	—
52,40	3,96	44,48	H40	2	12,5	166,4	—	—	—	—	—	—
52,40	5,72	40,96	H40	2	12,5	231,3	—	—	—	—	—	—
52,40	3,96	44,48	J55	2	12,5	228,6	—	—	—	—	—	—
52,40	5,72	40,96	J55	2	12,5	317,6	—	—	—	—	—	—

Продолжение таблицы I.5

Наружный диаметр D, мм	Толщина стенки t, мм	Внутренний диаметр d, мм	Группа прочности	Переменная/искусственный дефект (надрез)		Соответствующий номер формулы						
						(10)	(63)	(64)	(64)	(63)	(64)	(60), (61)
						Прочность соединения, МПа						
						Текучесть тела трубы	Трубы с резьбой и муфтой			НКТ	НКТВ	НКМ
							NU	EU				
				k_a	a_N, %			Обычная муфта	Специальная муфта			
52,40	3,96	44,48	L80 9Cr	2	12,5	332,7	—	—	—	—	—	—
52,40	5,72	40,96	L80 9Cr	2	12,5	462,1	—	—	—	—	—	—
52,40	3,96	44,48	L80	1	12,5	332,7	—	—	—	—	—	—
52,40	5,72	40,96	L80	1	12,5	462,1	—	—	—	—	—	—
52,40	3,96	44,48	N80	2	12,5	332,7	—	—	—	—	—	—
52,40	5,72	40,96	N80	2	12,5	462,1	—	—	—	—	—	—
52,40	3,96	44,48	N80	1	12,5	332,7	—	—	—	—	—	—
52,40	5,72	40,96	N80	1	12,5	462,1	—	—	—	—	—	—
52,40	3,96	44,48	C90	1	5	374,5	—	—	—	—	—	—
52,40	5,72	40,96	C90	1	5	520,0	—	—	—	—	—	—
52,40	3,96	44,48	T95	1	5	395,0	—	—	—	—	—	—
52,40	5,72	40,96	T95	1	5	548,9	—	—	—	—	—	—
52,40	5,72	40,96	P110	1	12,5	635,6	—	—	—	—	—	—
52,40	5,72	40,96	P110	1	5	635,6	—	—	—	—	—	—
60,32	4,24	51,84	H40	2	12,5	205,9	133,9	—	—	—	—	—
60,32	4,83	50,66	H40	2	12,5	232,2	160,1	232,2	232,2	—	—	—
60,32	4,24	51,84	J55	2	12,5	283,3	184,1	—	—	184,0	283,0	—
60,32	4,83	50,66	J55	2	12,5	318,9	219,7	318,9	318,9	220,0	319,0	269,4
60,32	5,00	50,32	J55	2	12,5	329,2	—	—	—	230,2	329,2	309,3
60,32	5,00	50,32	K72	2	12,5	426,4	—	—	—	298,2	426,4	410,2
60,32	4,24	51,84	L80 9Cr	2	12,5	411,9	267,8	—	—	267,9	412,1	—
60,32	4,83	50,66	L80 9Cr	2	12,5	463,9	319,8	463,9	463,9	320,4	464,5	—
60,32	5,00	50,32	L80 9Cr	2	12,5	479,4	—	—	—	335,2	479,4	414,9
60,32	6,45	47,42	L80 9Cr	2	12,5	602,3	458,1	602,3	602,3	458,1	602,2	—
60,32	7,49	45,34	L80 9Cr	2	12,5	685,9	—	—	—	—	—	—
60,32	8,53	43,26	L80 9Cr	2	12,5	765,9	—	765,9	628,5	—	—	—
60,32	4,24	51,84	L80	1	12,5	411,9	267,8	—	—	267,9	412,1	—
60,32	4,83	50,66	L80	1	12,5	463,9	319,8	463,9	463,9	320,4	464,5	—
60,32	5,00	50,32	L80	1	12,5	479,4	—	—	—	335,2	479,4	414,9
60,32	6,45	47,42	L80	1	12,5	602,3	458,1	602,3	602,3	458,1	602,2	—
60,32	7,49	45,34	L80	1	12,5	685,9	—	—	—	—	—	—
60,32	8,53	43,26	L80	1	12,5	765,9	—	765,9	628,5	—	—	—
60,32	4,24	51,84	N80	2	12,5	411,9	267,8	—	—	267,9	412,1	—
60,32	4,83	50,66	N80	2	12,5	463,9	319,8	463,9	463,9	320,4	464,5	—

Продолжение таблицы I.5

Наружный диаметр D, мм	Толщина стенки t, мм	Внутренний диаметр d, мм	Группа прочности	Переменная/искусственный дефект (надрез)		Соответствующий номер формулы						
						(10)	(63)	(64)	(64)	(63)	(64)	(60), (61)
						Прочность соединения, МПа						
						Текучесть тела трубы	Трубы с резьбой и муфтой			НКТ	НКТВ	НКМ
							NU	EU				
				k_a	a_N, %			Обычная муфта	Специальная муфта			
60,32	5,00	50,32	N80	2	12,5	479,4	—	—	—	335,2	479,4	414,9
60,32	6,45	47,42	N80	2	12,5	602,3	458,1	602,3	602,3	458,1	602,2	—
60,32	4,24	51,84	N80	1	12,5	411,9	267,8	—	—	267,9	412,1	—
60,32	4,83	50,66	N80	1	12,5	463,9	319,8	463,9	463,9	320,4	464,5	—
60,32	5,00	50,32	N80	1	12,5	479,4	—	—	—	335,2	479,4	414,9
60,32	6,45	47,42	N80	1	12,5	602,3	458,1	602,3	602,3	458,1	602,2	—
60,32	4,24	51,84	C90	1	5	463,5	301,6	—	—	301,4	463,7	—
60,32	4,83	50,66	C90	1	5	522,2	359,8	522,2	522,2	360,4	522,6	—
60,32	5,00	50,32	C90	1	5	539,4	—	—	—	377,1	539,4	418,8
60,32	6,45	47,42	C90	1	5	677,4	515,1	677,4	677,4	515,3	677,5	-
60,32	7,49	45,34	C90	1	5	771,7	—	—	—	—	—	—
60,32	8,53	43,26	C90	1	5	861,6	—	861,6	706,8	—	—	—
60,32	4,24	51,84	R95	1	12,5	489,0	317,9	—	—	317,9	489,0	—
60,32	4,83	50,66	R95	1	12,5	551,2	380,1	551,2	551,2	380,1	551,2	—
60,32	5,00	50,32	R95	1	12,5	568,9	—	—	—	397,8	568,9	459,2
60,32	6,45	47,42	R95	1	12,5	714,6	543,5	714,6	714,6	543,5	714,6	—
60,32	7,49	45,34	R95	1	12,5	813,8	—	—	—	—	—	—
60,32	8,53	43,26	R95	1	12,5	908,6	—	908,6	—	—	—	—
60,32	4,24	51,84	T95	1	5	489,3	318,0	—	—	317,9	489,0	—
60,32	4,83	50,66	T95	1	5	551,1	379,9	551,1	551,1	380,1	551,2	—
60,32	5,00	50,32	T95	1	5	568,9	397,8	—	—	397,8	568,9	440,3
60,32	6,45	47,42	T95	1	5	714,8	544,0	714,8	714,8	543,5	714,6	—
60,32	7,49	45,34	T95	1	5	814,9	—	—	—	—	—	—
60,32	8,53	43,26	T95	1	5	909,2	—	909,2	746,4	—	—	—
60,32	4,83	50,66	P110	1	12,5	637,8	439,9	637,8	637,8	—	637,9	—
60,32	5,00	50,32	P110	1	12,5	658,3	—	—	—	—	658,3	522,9
60,32	6,45	47,42	P110	1	12,5	827,8	629,8	827,8	827,8	—	827,0	—
60,32	4,83	50,66	P110	1	5	637,8	439,9	637,8	637,8	—	637,9	—
60,32	5,00	50,32	P110	1	5	658,3	—	—	—	—	658,3	522,9
60,32	6,45	47,42	P110	1	5	827,8	629,8	827,8	827,8	629,0	827,0	—
60,32	4,24	51,84	Q135	1	5	694,4	—	—	—	451,4	694,4	—
60,32	4,83	50,66	Q135	1	5	782,7	—	—	—	539,7	782,7	—
60,32	5,00	50,32	Q135	1	5	807,7	—	—	—	564,8	807,7	609,5
60,32	6,45	47,42	Q135	1	5	1014,7	—	—	—	771,7	1014,7	—

Продолжение таблицы I.5

Наружный диаметр D, мм	Толщина стенки t, мм	Внутренний диаметр d, мм	Группа прочности	Переменная/искусственный дефект (надрез)		Соответствующий номер формулы						
						(10)	(63)	(64)	(64)	(63)	(64)	(60), (61)
						Прочность соединения, МПа						
						Текучесть тела трубы	Трубы с резьбой и муфтой			НКТ	НКТВ	НКМ
							NU	EU				
				k_a	a_N, %			Обычная муфта	Специальная муфта			
73,02	5,51	62,00	H40	2	12,5	322,5	234,9	322,5	322,5	—	—	—
73,02	5,51	62,00	J55	2	12,5	443,5	322,9	443,5	443,5	322,3	442,7	426,7
73,02	7,01	59,00	J55	2	12,5	550,7	—	550,7	—	430,3	550,7	562,2
73,02	5,51	62,00	K72	2	12,5	573,5	417,6	573,5	—	417,6	573,5	565,8
73,02	7,01	59,00	K72	2	12,5	713,4	557,5	713,4	—	557,5	713,4	745,5
73,02	5,51	62,00	L80 9Cr	2	12,5	645,0	469,7	645,0	645,0	469,5	644,7	547,6
73,02	7,01	59,00	L80 9Cr	2	12,5	802,0	626,7	802,0	802,0	626,8	802,0	721,5
73,02	7,82	57,38	L80 9Cr	2	12,5	883,8	708,6	883,8	858,9	—	—	—
73,02	8,64	54,74	L80 9Cr	2	12,5	963,4	—	963,4	858,9	—	—	—
73,02	9,96	53,10	L80 9Cr	2	12,5	1088,0	—	—	—	—	—	—
73,02	11,18	50,66	L80 9Cr	2	12,5	1197,8	—	—	—	—	—	—
73,02	5,51	62,00	L80	1	12,5	645,0	469,7	645,0	645,0	469,5	644,7	547,6
73,02	7,01	59,00	L80	1	12,5	802,0	626,7	802,0	802,0	626,8	802,0	721,5
73,02	7,82	57,38	L80	1	12,5	883,8	708,6	883,8	858,9	—	—	—
73,02	8,64	54,74	L80	1	12,5	963,4	—	963,4	858,9	—	—	—
73,02	9,96	53,10	L80	1	12,5	1088,0	—	—	—	—	—	—
73,02	11,18	50,66	L80	1	12,5	1197,8	—	—	—	—	—	—
73,02	5,51	62,00	N80	2	12,5	645,0	469,7	645,0	645,0	469,5	644,7	573,2
73,02	7,01	59,00	N80	2	12,5	802,0	626,7	802,0	802,0	626,8	802,0	755,3
73,02	7,82	57,38	N80	2	12,5	883,8	708,6	883,8	858,9	—	—	—
73,02	5,51	62,00	N80	1	12,5	645,0	469,7	645,0	645,0	469,5	644,7	573,2
73,02	7,01	59,00	N80	1	12,5	802,0	626,7	802,0	802,0	626,8	802,0	755,3
73,02	7,82	57,38	N80	1	12,5	883,8	708,6	883,8	858,9	—	—	—
73,02	5,51	62,00	C90	1	5	725,5	528,4	725,5	725,5	528,1	725,3	579,9
73,02	7,01	59,00	C90	1	5	902,5	705,0	902,5	902,5	705,1	902,3	764,1
73,02	7,82	57,38	C90	1	5	994,6	797,1	994,6	966,6	—	—	—
73,02	8,64	54,74	C90	1	5	1084,0	—	1084,0	966,6	—	—	—
73,02	9,96	53,10	C90	1	5	1224,1	—	—	—	—	—	—
73,02	11,18	50,66	C90	1	5	1347,3	—	—	—	—	—	—
73,02	5,51	62,00	R95	1	12,5	765,1	557,1	765,1	765,1	557,1	765,1	635,3
73,02	7,01	59,00	R95	1	12,5	951,7	743,7	951,7	951,7	743,7	951,7	837,0
73,02	5,51	62,00	T95	1	5	765,5	557,8	765,5	765,5	557,1	765,1	609,6
73,02	7,01	59,00	T95	1	5	952,3	744,2	952,3	952,3	743,7	951,7	803,2

Продолжение таблицы I.5

Наружный диаметр D, мм	Толщина стенки t, мм	Внутренний диаметр d, мм	Группа прочности	Переменная/искусственный дефект (надрез)		Соответствующий номер формулы						
						(10)	(63)	(64)	(64)	(63)	(64)	(60), (61)
						Прочность соединения, МПа						
						Текучесть тела трубы	Трубы с резьбой и муфтой			НКТ	НКТВ	НКМ
							NU	EU				
				k_a	a_N, %			Обычная муфта	Специальная муфта			
73,02	7,82	57,38	T95	1	5	1049,7	841,1	1049,7	1019,9	—	—	—
73,02	8,64	54,74	T95	1	5	1144,5	—	1144,5	1019,9	—	—	—
73,02	9,96	53,10	T95	1	5	1292,1	—	—	—	—	—	—
73,02	11,18	50,66	T95	1	5	1422,5	—	—	—	—	—	—
73,02	5,51	62,00	P110	1	12,5	886,5	645,8	886,5	886,5	644,7	885,4	723,7
73,02	7,01	59,00	P110	1	12,5	1102,7	861,6	1102,7	1102,7	860,7	1101,4	953,5
73,02	7,82	57,38	P110	1	12,5	1215,2	974,1	1215,2	1180,9	—	—	—
73,02	5,51	62,00	P110	1	5	886,5	645,8	886,5	886,5	644,7	885,4	723,7
73,02	7,01	59,00	P110	1	5	1102,7	861,6	1102,7	1102,7	860,7	1101,4	953,5
73,02	7,82	57,38	P110	1	5	1215,2	974,1	1215,2	1180,9	—	—	—
73,02	5,51	62,00	Q135	1	5	1086,3	—	—	—	790,9	1086,3	844,5
73,02	7,01	59,00	Q135	1	5	1351,3	—	—	—	1056,0	1351,3	1112,6
88,90	5,49	77,92	H40	2	12,5	396,3	289,6	—	—	—	—	—
88,90	6,45	76,00	H40	2	12,5	460,8	354,1	460,8	460,8	—	—	—
88,90	7,34	74,22	H40	2	12,5	518,6	411,9	—	—	—	—	—
88,90	5,49	77,92	J55	2	12,5	544,9	398,1	—	—	—	—	—
88,90	6,45	76,00	J55	2	12,5	633,8	486,6	633,8	633,8	485,8	632,9	631,2
88,90	7,34	74,22	J55	2	12,5	713,0	566,2	—	—	565,4	712,4	730,1
88,90	8,00	72,90	J55	2	12,5	770,2	—	770,2	770,2	623,2	770,2	801,9
88,90	6,45	76,00	K72	2	12,5	819,9	629,4	819,9	819,9	629,4	819,9	836,5
88,90	8,00	72,90	K72	2	12,5	997,8	—	—	—	—	997,8	1062,8
88,90	5,49	77,92	L80 9Cr	2	12,5	792,6	579,1	—	—	—	—	—
88,90	6,45	76,00	L80 9Cr	2	12,5	921,6	707,7	921,6	921,6	707,6	921,8	812,3
88,90	7,34	74,22	L80 9Cr	2	12,5	1037,3	823,3	—	—	823,5	1037,6	939,6
88,90	8,00	72,90	L80 9Cr	2	12,5	1121,8	—	—	—	907,6	1121,8	1032,1
88,90	9,52	69,86	L80 9Cr	2	12,5	1310,4	1096,0	1310,4	1214,7	1095,7	1309,8	1238,7
88,90	10,92	67,06	L80 9Cr	2	12,5	1475,8	—	—	—	—	—	—
88,90	12,09	64,72	L80 9Cr	2	12,5	1609,3	—	—	—	—	—	—
88,90	13,46	61,98	L80 9Cr	2	12,5	1759,6	—	—	—	—	—	—
88,90	5,49	77,92	L80	1	12,5	792,6	579,1	—	—	—	—	—
88,90	6,45	76,00	L80	1	12,5	921,6	707,7	921,6	921,6	707,6	921,8	812,3
88,90	7,34	74,22	L80	1	12,5	1037,3	823,3	—	—	823,5	1037,6	939,6
88,90	8,00	72,90	L80	1	12,5	1121,8	—	—	—	907,6	1121,8	1032,1
88,90	9,52	69,86	L80	1	12,5	1310,4	1096,0	1310,4	1214,7	1095,7	1309,8	1238,7

Продолжение таблицы I.5

Наружный диаметр D, мм	Толщина стенки t, мм	Внутренний диаметр d, мм	Группа прочности	Переменная/искусственный дефект (надрез)		Соответствующий номер формулы						
						(10)	(63)	(64)	(64)	(63)	(64)	(60), (61)
						Прочность соединения, МПа						
						Текучесть тела трубы	Трубы с резьбой и муфтой			НКТ	НКТВ	НКМ
							NU	EU				
				k_a	a_N, %			Обычная муфта	Специальная муфта			
88,90	10,92	67,06	L80	1	12,5	1475,8	—	—	—	—	—	—
88,90	12,09	64,72	L80	1	12,5	1609,3	—	—	—	—	—	—
88,90	13,46	61,98	L80	1	12,5	1759,6	—	—	—	—	—	—
88,90	5,49	77,92	N80	2	12,5	792,6	579,1	—	—	—	—	—
88,90	6,45	76,00	N80	2	12,5	921,6	707,7	921,6	921,6	707,6	921,8	849,5
88,90	7,34	74,22	N80	2	12,5	1037,3	823,3	—	—	823,5	1037,6	982,6
88,90	8,00	72,90	N80	2	12,5	1121,8	—	—	—	907,6	1121,8	1079,3
88,90	9,52	69,86	N80	2	12,5	1310,4	1096,0	1310,4	1214,7	1095,7	1309,8	1295,3
88,90	5,49	77,92	N80	1	12,5	792,6	579,1	—	—	—	—	—
88,90	6,45	76,00	N80	1	12,5	921,6	707,7	921,6	921,6	707,6	921,8	849,5
88,90	7,34	74,22	N80	1	12,5	1037,3	823,3	—	—	823,5	1037,6	982,6
88,90	8,00	72,90	N80	1	12,5	1121,8	—	—	—	907,6	1121,8	1079,3
88,90	9,52	69,86	N80	1	12,5	1310,4	1096,0	1310,4	1214,7	1095,7	1309,8	1295,3
88,90	5,49	77,92	C90	1	5	891,8	651,2	—	—	—	—	—
88,90	6,45	76,00	C90	1	5	1036,8	796,2	1036,8	1036,8	796,1	1037,0	861,6
88,90	7,34	74,22	C90	1	5	1167,2	926,5	—	—	926,4	1167,3	996,7
88,90	8,00	72,90	C90	1	5	1262,0	—	—	—	1021,1	1262,0	1094,7
88,90	9,52	69,86	C90	1	5	1474,1	1233,0	1474,1	1366,9	1232,6	1473,6	1313,9
88,90	10,92	67,06	C90	1	5	1660,0	—	—	—	—	—	—
88,90	12,09	64,72	C90	1	5	1810,3	—	—	—	—	—	—
88,90	13,46	61,98	C90	1	5	1979,8	—	—	—	—	—	—
88,90	6,45	76,00	R95	1	12,5	1093,8	839,6	1093,8	1093,8	839,6	1093,8	942,9
88,90	7,34	74,22	R95	1	12,5	1231,2	977,1	—	—	977,1	1231,2	1090,7
88,90	8,00	72,90	R95	1	12,5	1331,1	—	—	—	1077,0	1331,1	1198,0
88,90	9,52	69,86	R95	1	12,5	1554,2	1300,1	1554,2	1442,5	1300,1	1554,2	1437,9
88,90	5,49	77,92	T95	1	5	941,6	687,7	—	—	—	—	—
88,90	6,45	76,00	T95	1	5	1094,7	840,7	1094,7	1094,7	839,6	1093,8	905,8
88,90	7,34	74,22	T95	1	5	1231,7	977,7	—	—	977,1	1231,2	1047,8
88,90	8,00	72,90	T95	1	5	1331,1	—	—	—	1077,0	1331,1	1150,9
88,90	9,52	69,86	T95	1	5	1555,9	1301,5	1555,9	1442,5	1300,1	1554,2	1381,3
88,90	10,92	67,06	T95	1	5	1752,5	—	—	—	—	—	—
88,90	12,09	64,72	T95	1	5	1910,9	—	—	—	—	—	—
88,90	13,46	61,98	T95	1	5	2089,7	—	—	—	—	—	—
88,90	6,45	76,00	P110	1	12,5	1267,2	973,2	1267,2	1267,2	971,7	1265,8	1074,6

Продолжение таблицы I.5

Наружный диаметр D, мм	Толщина стенки t, мм	Внутренний диаметр d, мм	Группа прочности	Переменная/искусственный дефект (надрез)		Соответствующий номер формулы						
						(10)	(63)	(64)	(64)	(63)	(64)	(60), (61)
						Прочность соединения, МПа						
						Текучесть тела трубы	Трубы с резьбой и муфтой			НКТ	НКТВ	НКМ
							NU	EU				
				k_a	a_N, %			Обычная муфта	Специальная муфта			
88,90	7,34	74,22	P110	1	12,5	1424,9	—	—	—	1130,8	1424,9	1243,0
88,90	8,00	72,90	P110	1	12,5	1540,4	—	—	—	1246,3	1540,4	1365,4
88,90	9,52	69,86	P110	1	12,5	1801,4	1507,0	1801,4	1670,2	1504,6	1798,7	1638,7
88,90	6,45	76,00	P110	1	5	1267,2	973,2	1267,2	1267,2	971,7	1265,8	1074,6
88,90	7,34	74,22	P110	1	5	1424,9	—	—	—	1130,8	1424,9	1243,0
88,90	8,00	72,90	P110	1	5	1540,4	—	—	—	1246,3	1540,4	1365,4
88,90	9,52	69,86	P110	1	5	1801,4	1507,0	1801,4	1670,2	1504,6	1798,7	1638,7
88,90	6,45	76,00	Q135	1	5	1553,0	—	—	—	1192,2	1553,0	1255,6
88,90	7,34	74,22	Q135	1	5	1748,2	—	—	—	1387,4	1748,2	1452,4
88,90	8,00	72,90	Q135	1	5	1890,0	—	—	—	1529,2	1890,0	1595,3
88,90	9,52	69,86	Q135	1	5	2206,8	—	—	—	1846,0	2206,8	1914,7
101,60	5,74	90,12	H40	2	12,5	476,8	320,3	—	—	—	—	—
101,60	6,65	88,30	H40	2	12,5	547,5	—	547,5	—	—	—	—
101,60	5,74	90,12	J55	2	12,5	655,6	440,4	—	—	—	—	—
101,60	6,50	88,60	J55	2	12,5	735,6	—	—	—	520,7	735,6	731,1
101,60	6,65	88,30	J55	2	12,5	752,6	—	752,6	—	536,5	751,4	750,6
101,60	6,50	88,60	K72			953,0	—	—	—	674,6	953,0	968,5
101,60	5,74	90,12	L80 9Cr	2	12,5	953,7	640,5	—	—	—	—	—
101,60	6,50	88,60	L80 9Cr	2	12,5	1071,4	—	—	—	758,4	1071,4	943,1
101,60	6,65	88,30	L80 9Cr	2	12,5	1095,1	—	1095,1	—	781,4	1094,4	968,3
101,60	8,38	84,84	L80 9Cr	2	12,5	1354,0	—	—	—	—	—	—
101,60	10,54	80,52	L80 9Cr	2	12,5	1663,1	—	—	—	—	—	—
101,60	12,70	76,20	L80 9Cr	2	12,5	1956,2	—	—	—	—	—	—
101,60	15,49	70,62	L80 9Cr	2	12,5	2312,1	—	—	—	—	—	—
101,60	5,74	90,12	L80	1	12,5	953,7	640,5	—	—	—	—	—
101,60	6,50	88,60	L80	1	12,5	1071,4	—	—	—	758,4	1071,4	943,1
101,60	6,65	88,30	L80	1	12,5	1095,1	—	1095,1	—	781,4	1094,4	968,3
101,60	8,38	84,84	L80	1	12,5	1354,0	—	—	—	—	—	—
101,60	10,54	80,52	L80	1	12,5	1663,1	—	—	—	—	—	—
101,60	12,70	76,20	L80	1	12,5	1956,2	—	—	—	—	—	—
101,60	15,49	70,62	L80	1	12,5	2312,1	—	—	—	—	—	—
101,60	5,74	90,12	N80	2	12,5	953,7	640,5	—	—	—	—	—
101,60	6,50	88,60	N80	2	12,5	1071,4	—	—	—	758,4	1071,4	985,3
101,60	6,65	88,30	N80	2	12,5	1095,1	—	1095,1	—	781,4	1094,4	1011,6

Продолжение таблицы I.5

Наружный диаметр D, мм	Толщина стенки t, мм	Внутренний диаметр d, мм	Группа прочности	Переменная/искусственный дефект (надрез)		Соответствующий номер формулы						
						(10)	(63)	(64)	(64)	(63)	(64)	(60), (61)
						Прочность соединения, МПа						
						Текучесть тела трубы	Трубы с резьбой и муфтой			НКТ	НКТВ	НКМ
							NU	EU				
				k_a	a_N, %			Обычная муфта	Специальная муфта			
101,60	5,74	90,12	N80	1	12,5	953,7	640,5	—	—	—	—	—
101,60	6,50	88,60	N80	1	12,5		—	—	—	758,4	1071,4	985,3
101,60	6,65	88,30	N80	1	12,5	1095,1	—	1095,1	—	781,4	1094,4	1011,6
101,60	5,74	90,12	C90	1	5	1072,9	720,6	—	—	—	—	—
101,60	6,50	88,60	C90	1	5	1071,4	—	—	—	853,2	1071,4	1001,6
101,60	6,65	88,30	C90	1	5	1231,7	—	1231,7	—	879,1	1094,4	1028,3
101,60	8,38	84,84	C90	1	5	1523,4	—	—	—	—	—	—
101,60	10,54	80,52	C90	1	5	1871,3	—	—	—	—	—	—
101,60	12,70	76,20	C90	1	5	2200,9	—	—	—	—	—	—
101,60	15,49	70,62	C90	1	5	2600,7	—	—	—	—	—	—
101,60	6,50	88,60	R95	1	12,5	1131,7	—	—	—	899,9	1271,3	1095,3
101,60	6,65	88,30	R95	1	12,5	1271,3	—	1271,3	—	927,2	1298,6	1124,5
101,60	5,74	90,12	T95	1	5	1132,5	760,6	—	—	—	—	—
101,60	6,50	88,60	T95	1	5	1271,3	—	—	—	899,9	1271,3	1053,0
101,60	6,65	88,30	T95	1	5	1300,2	—	1300,2	—	927,2	1298,6	1081,1
101,60	8,38	84,84	T95	1	5	1608,0	—	—	—	—	—	—
101,60	10,54	80,52	T95	1	5	1974,9	—	—	—	—	—	—
101,60	12,70	76,20	T95	1	5	2323,2	—	—	—	—	—	—
101,60	15,49	70,62	T95	1	5	2745,3	—	—	—	—	—	—
101,60	6,50	88,60	P110	1	12,5	1471,3	—	—	—	1041,4	1471,3	1248,6
101,60	6,65	88,30	P110	1	12,5	1502,8	—	—	—	1073,0	1502,8	1281,9
101,60	6,50	88,60	P110	1	5	1471,3	—	—	—	1041,4	1471,3	1248,6
101,60	6,65	88,30	P110	1	5	1502,8	—	—	—	1073,0	1502,8	1281,9
101,60	6,50	88,60	Q135	1	5	1805,1	—	—	—	1277,7	1805,1	1460,4
101,60	6,65	88,30	Q135	1	5	1843,9	—	—	—	1316,5	1843,9	1499,4
114,30	6,88	100,54	H40	2	12,5	640,5	464,4	640,5	—	—	—	—
114,30	6,88	100,54	J55	2	12,5	880,7	638,3	880,7	—	637,2	879,5	—
114,30	7,00	100,30	J55	2	12,5	893,9	—	—	—	651,6	893,9	897,4
114,30	7,00	100,30	K72			1158,0	—	—	—	844,1	1158,0	1188,4
114,30	6,88	100,54	L80 9Cr	2	12,5	1281,0	928,3	1281,0	—	928,1	1281,0	1160,5
114,30	7,00	100,30	L80 9Cr	2	12,5	1301,9	—	—	—	949,0	1301,9	1160,5
114,30	8,56	97,18	L80 9Cr	2	12,5	1568,4	—	—	—	—	—	—
114,30	9,65	95,00	L80 9Cr	2	12,5	1749,8	—	—	—	—	—	—
114,30	10,92	92,46	L80 9Cr	2	12,5	1956,2	—	—	—	—	—	—

Продолжение таблицы I.5

Наружный диаметр D, мм	Толщина стенки t, мм	Внутренний диаметр d, мм	Группа прочности	Переменная/искусственный дефект (надрез)		Соответствующий номер формулы						
						(10)	(63)	(64)	(64)	(63)	(64)	(60), (61)
						Прочность соединения, МПа						
						Текучесть тела трубы	Трубы с резьбой и муфтой			НКТ	НКТВ	НКМ
							NU	EU				
				k_a	a_N, %			Обычная муфта	Специальная муфта			
114,30	12,70	88,90	L80 9Cr	2	12,5	2235,6	—	—	—	—	—	—
114,30	14,22	85,86	L80 9Cr	2	12,5	2466,9	—	—	—	—	—	—
114,30	16,00	82,30	L80 9Cr	2	12,5	2725,7	—	—	—	—	—	—
114,30	6,88	100,54	L80	1	12,5	1281,0	928,3	1281,0	—	928,1	1281,0	1137,8
114,30	7,00	100,30	L80	1	12,5	1301,9	—	—	—	949,0	1301,9	1160,5
114,30	8,56	97,18	L80	1	12,5	1568,4	—	—	—	—	—	—
114,30	9,65	95,00	L80	1	12,5	1749,8	—	—	—	—	—	—
114,30	10,92	92,46	L80	1	12,5	1956,2	—	—	—	—	—	—
114,30	12,70	88,90	L80	1	12,5	2235,6	—	—	—	—	—	—
114,30	14,22	85,86	L80	1	12,5	2466,9	—	—	—	—	—	—
114,30	16,00	82,30	L80	1	12,5	2725,7	—	—	—	—	—	—
114,30	6,88	100,54	N80	2	12,5	1281,0	928,3	1281,0	—	928,1	1281,0	1187,6
114,30	7,00	100,30	N80	2	12,5	1301,9	—	—	—	949,0	1301,9	1211,3
114,30	6,88	100,54	N80	1	12,5	1281,0	928,3	1281,0	—	928,1	1281,0	1187,6
114,30	7,00	100,30	N80	1	12,5	1301,9	—	—	—	949,0	1301,9	1211,3
114,30	6,88	100,54	C90	1	5	1441,2	1044,4	1441,2	—	1044,1	1441,1	1209,8
114,30	7,00	100,30	C90	1	5	1461,6	—	—	—	1067,6	1464,6	1233,9
114,30	8,56	97,18	C90	1	5	1764,1	—	—	—	—	—	—
114,30	9,65	95,00	C90	1	5	1968,7	—	—	—	—	—	—
114,30	10,92	92,46	C90	1	5	2200,9	—	—	—	—	—	—
114,30	12,70	88,90	C90	1	5	2515,3	—	—	—	—	—	—
114,30	14,22	85,86	C90	1	5	2775,1	—	—	—	—	—	—
114,30	16,00	82,30	C90	1	5	3066,5	—	—	—	—	—	—
114,30	6,88	100,54	R95	1	12,5	1520,0	1101,3	1520,0	—	1101,3	1520,0	1321,9
114,30	7,00	100,30	R95	1	12,5	1544,8	—	—	—	1126,1	1544,8	1348,3
114,30	6,88	100,54	T95	1	5	1521,2	1102,7	1521,2	—	1101,3	1520,0	1272,0
114,30	7,00	100,30	T95	1	5	1544,8	—	—	—	1126,1	1544,8	1297,4
114,30	8,56	97,18	T95	1	5	1862,4	—	—	—	—	—	—
114,30	9,65	95,00	T95	1	5	2078,1	—	—	—	—	—	—
114,30	10,92	92,46	T95	1	5	2323,2	—	—	—	—	—	—
114,30	12,70	88,90	T95	1	5	2655,0	—	—	—	—	—	—
114,30	14,22	85,86	T95	1	5	2929,0	—	—	—	—	—	—
114,30	16,00	82,30	T95	1	5	3236,8	—	—	—	—	—	—
114,30	6,88	100,54	P110	1	12,5	1759,0	—	—	—	1274,5	1759,0	1507,4

Продолжение таблицы I.5

Наружный диаметр D, мм	Толщина стенки t, мм	Внутренний диаметр d, мм	Группа прочности	Переменная/искусственный дефект (надрез)		Соответствующий номер формулы						
						(10)	(63)	(64)	(64)	(63)	(64)	(60), (61)
						Прочность соединения, МПа						
						Текучесть тела трубы	Трубы с резьбой и муфтой			НКТ	НКТВ	НКМ
							NU	EU				
				k_a	a_N, %			Обычная муфта	Специальная муфта			
114,30	7,00	100,30	P110	1	12,5	1787,7	—	—	—	1303,2	1787,7	1537,6
114,30	6,88	100,54	P110	1	5	1759,0	—	—	—	1274,5	1759,0	1507,4
114,30	7,00	100,30	P110	1	5	1787,7	—	—	—	1303,2	1787,7	1537,6
114,30	6,88	100,54	Q135	1	5	2158,2	—	—	—	1563,7	2158,2	1765,0
114,30	7,00	100,30	Q135	1	5	2193,4	—	—	—	1598,9	2193,4	1800,3

Примечания

1 Расчетные значения показателей в настоящей таблице указаны для эксплуатации труб, соответствующих требованиям *ГОСТ Р 53366*, в обычной окружающей среде. Эксплуатация труб в другой среде может потребовать дополнительного анализа, например описанного в приложении D.

2 *Первый массив данных для каждого размера группы прочности N80 относится к трубам, не подвергаемым закалке с отпуском, второй массив данных — к трубам, подвергаемым закалке с отпуском.*

3 *Первый массив данных для каждого размера группы прочности P110 относится к трубам, подвергаемым контролю с искусственным дефектом глубиной 12,5 %, второй массив данных — к трубам, подвергаемым контролю с искусственным дефектом глубиной 5 %.*

4 Обозначение L80 включает группы прочности L80 тип 1 и L80 тип 13Cr.

Приложение ДА
(справочное)

Сопоставление структуры настоящего стандарта со структурой примененного в нем международного стандарта

Таблица ДА.1

Структура настоящего стандарта		Структура международного стандарта ИСО/ТР 10400:2007		
Раздел	Подраздел, пункт, подпункт, рисунок, формула, таблица	Раздел	Подраздел, пункт, подпункт, рисунок, формула, таблица	
1		1		
—		2		
2		3		
3		4		
4		5		
5		—		
6	Формулы (1)—(12)	6	Формулы (1)—(12)	
	Таблица 1		Таблица 1	
7	Формулы (13)—(34)	7	Формулы (13)—(34)	
	Таблицы 2—4		Таблицы 2—4	
	Рисунок 1		Рисунок 1	
—	—	8	Формулы (35)—(53)	
	—		Таблицы 5—9	
8	8.1	Приложение F	F.1	F.1.1
				F.1.2
				Таблицы F.1, F.2
			F.2	F.2.1
				F.2.2
				Рисунок F.1
				F.2.3
				Рисунки F.2, F.3
			F.3	F.3.1
				F.3.2
				Таблицы F.3, F.4
				Рисунок F.4
				F.3.3
				Рисунок F.5
				F.3.4
				Таблица F.5
				Рисунок F.6

Продолжение таблицы ДА.1

Структура настоящего стандарта			Структура международного стандарта ИСО/ТР 10400:2007		
Раздел	Подраздел, пункт, подпункт, рисунок, формула, таблица		Раздел	Подраздел, пункт, подпункт, рисунок, формула, таблица	
8	8.2	8.2.1	Приложение F	F.4	F.4.1
		Формулы (35)—(38)			Формулы (F.1)—(F.4)
		8.2.2			F.4.2
		Формулы (39)—(41)			Формулы (F.5)—(F.7)
		—			Формулы (F.8)—(F.11)
		Формулы (42)—(50)			Формулы (F.12)—(F.20)
		—		F.5	F.5.1
					Формула (F.21)
					F.5.2
					Таблица F.6
					Рисунок F.7
					F.5.3
					Рисунки F.8—F.9
					Таблица F.7
					F.5.4
					Рисунки F.10, F.11
					Рисунки F.12—F.15
		8.2.3		F.6	F.6.1
		Формулы (51)—(53)			Формулы (F.22)—(F.24)
		Таблица 5			Таблицы F.8, F.9
		8.2.4			F.6.2
	8.3	—			F.6.3
		8.3.1, 8.3.2			F.6.3.1, F.6.3.2
		—			Формулы (F.25)—(F.39)
		Таблица 6			Таблица F.10
9	9.1		9	9.1	
	9.2	9.2.1—9.2.3		9.2	9.2.1—9.2.3
		Формулы (54)—(62)			Формулы (54)—(62)
		—			9.2.4
		—			Формула (63)
	9.3			9.3	
	Формулы (63), (64)			Формулы (64), (65)	
	9.4			9.4	
10	10.1—10.3		10	10.1—10.3	
	Формулы (65)—(71)			Формулы (66)—(72)	
11	11.1		11	11.1	
	11.2			11.2	

Продолжение таблицы ДА.1

Структура настоящего стандарта			Структура международного стандарта ИСО/ТР 10400:2007		
Раздел	Подраздел, пункт, подпункт, рисунок, формула, таблица		Раздел	Подраздел, пункт, подпункт, рисунок, формула, таблица	
11	11.3		11	11.3	
	Формула (72)			Формула (73)	
	11.4			11.4	
	Формулы (73), (74)			Формулы (74), (75)	
	11.5			11.5	
	Формулы (75), (76)			Формулы (76), (77)	
	Рисунок 2			Рисунок 2	
	—			11.6	
	—			Рисунок 3	
	—			Формула (78)	
	—			Формула (79)	
	11.6			11.7	
	Формула (77)			Формула (80)	
	—			Формула (81)	
	Рисунок 3			Рисунок 4	
	11.7			11.8	
	Рисунки 4—6			Рисунки 5—7	
	Формулы (78)—(93)			Формулы (82)—(97)	
	11.8	—		11.9	11.9.1
		—			11.9.2
		Рисунки 7, 8			Рисунки 8, 9
		Формулы (94)—(99)			Формулы (98)—(103)
		—			Рисунок 10
		—			Формулы (104)—(108)
		—			11.9.3
		—			Рисунок 11
		—			Формулы (109)—(115)
		—			11.9.4
		—			Рисунок 12
		—			Формулы (116)—(123)
	11.9	11.9.2		11.10	11.10
		Рисунок 9			Рисунок 13
		Формулы (100)—(104)			Формулы (124)—(128)
		11.9.3			11.10.3
		Рисунок 10			Рисунок 14
		Формулы (105)—(109)			Формулы (129)—(133)

Продолжение таблицы ДА.1

Структура настоящего стандарта			Структура международного стандарта ИСО/ТР 10400:2007		
Раздел	Подраздел, пункт, подпункт, рисунок, формула, таблица		Раздел	Подраздел, пункт, подпункт, рисунок, формула, таблица	
11	11.9	11.9.4	11	11.10	11.10.4
		Формула (110)			Формула (134)
		—			11.10.5
		—			Рисунки 15 и 16
		—			Формулы (134)—(144)
12	Формула (111)		12	Формула (145)	
13	13.1		13	13.1	
	Таблица 7			Таблица 10	
	13.2			13.2	
	Таблица 8			Таблица 11	
14	14.1		14	14.1	
	Формула (112)			Формула (146)	
	14.2			14.2	
	Таблица 9			Таблица 12	
15			15		
16	16.1		16	16.1	
	Формула (113)			Формула (147)	
	Рисунок 11			Рисунок 17	
	Таблица 10			Таблица 13	
	Формулы (114)—(116)			—	
	16.2			16.2	
	Формула (117)			Формула (148)	
	Таблица 11			Таблица 14	
17	17.1—17.8		17	17.1—17.8	
	Таблицы 12—17			Таблицы 15—20	
	Формулы (118), (119)			Формулы (149), (150)	
Приложение А	А.1	А.1.1—А.1.3.3	Приложение А	А.1	А.1.1—А.1.3.3
		А.1.3.3.1, перечисления a)—d)			А.1.3.3.1.1—А.1.3.3.1.4
		Рисунки А.1—А.3			Рисунки А.1—А.3
		А.1.4			А.1.4
	А.2			А.2	
	—	—		А.3	А.3.1—А.3.4
					Формула (А.29)
					Рисунок А.4

Окончание таблицы ДА.1

Структура настоящего стандарта			Структура международного стандарта ИСО/ТР 10400:2007		
Раздел	Подраздел, пункт, подпункт, рисунок, формула, таблица		Раздел	Подраздел, пункт, подпункт, рисунок, формула, таблица	
Приложение В	B.1, B.2		Приложение В	B.1, B.2	
	Рисунки B.1, B.2			Рисунки B.1, B.2	
	Таблицы B.1, B.2			Таблицы B.1, B.2	
	Рисунки B.1, B.2			Рисунки B.1, B.2	
	B.3	—		B.3	B.3.1
		—			B.3.2
		—			Таблица B.3
	—			B.4	
	—			B.5	
	—			Таблицы B.4, B.5	
	—			B.6	
				Таблицы B.6—B.8	
				Рисунок B.3	
	B.4			B.7	B.7.1
	Рисунки B.3, B.4				Рисунки B.4, B.5
	—				B.7.2
					Таблица B.9
					Рисунки B.6—B.8
	B.5			B.8	
	Рисунки B.5—B.12			Рисунки B.9—B.16	
Приложение С			Приложение С		
Приложение D			Приложение D		
—			Приложение Е		
—			Приложение F		
Приложение Е			Приложение G		
Приложение F	—		Приложение Н	Формулы (H.11)—(H.16)	
Приложение G			Приложение I		
Приложение Н	H.1		Приложение J	J.1	
	H.2	H.2.1—H.2.3		J.2	J.2.1—J.2.3
		—			J.2.4
					Формулы (J.17), (J.18)
		H.2.4			J.2.5
		Формулы (H.17)—(H.18)			Формулы (J.19), (J.20)
Приложение I			Приложение K		
—			Приложение L		

Приложение ДБ
(справочное)

Сведения о соответствии ссылочных национальных и межгосударственных стандартов международным стандартам, использованным в качестве ссылочных в примененном международном стандарте

Таблица ДБ.1

Обозначение ссылочного национального, межгосударственного стандарта	Степень соответствия	Обозначение и наименование ссылочного международного стандарта
ГОСТ ISO 3183—2009	IDT	ИСО 3183:2007 «Промышленность нефтяная и газовая. Стальные трубы для трубопроводов»
ГОСТ Р 51906—2002	IDT	API API SPEC 5B «Specification for Threading, Gauging and Thread Inspection of Casing, Tubing, and Line Pipe Threads»
ГОСТ Р 53366—2009 (ИСО 11960:2004)	MOD	ИСО 11960:2004 «Промышленность нефтяная и газовая. Стальные трубы, используемые в скважинах как обсадные или насосно-компрессорные»
ГОСТ Р 54383—2011 (ИСО 11961:2008)	MOD	ИСО 11961 «Промышленность нефтяная и газовая. Стальные бурильные трубы»

Примечание — В настоящей таблице использованы следующие условные обозначения степени соответствия стандартов:

- IDT — идентичные стандарты;
- MOD — модифицированные стандарты.

Библиография

[1] ISO 13679, Petroleum and natural gas industries — Procedures for testing casing and tubing connections
[2] API RP 5C5, Recommended Practice on Procedures for Testing Casing and Tubing Connections
[3] ISO/TR 10400:2007 Petroleum and natural gas industries — Equations and calculations for the properties of casing, tubing, drill pipe and line pipe used as casing or tubing
[4] ASTM E1152—95, Test Method for Determining J-R Curves
[5] KLEVER, F.J., Formulas for Rupture, Necking, and Wrinkling of OCTG Under Combined Loads, SPE 102585 presented at the SPE Annual Technical Conference and Exhibition, San Antonio, TX, September 24—27, 2006
[6] ADAMS, A.J., Collapse: development of non-Q&T ULS model (5), report prepared for API/ISO TC67/SC5/ WG2b, January 2003
[7] KLEVER, F.J. and TAMANO, T., A new OCTG strength equation for collapse under combined loads, SPE 90904, Proc. SPE Annual Technical Conference and Exhibition, Houston, TX, September 2004, and SPE Drilling & Completion, September 2006
[8] ADAMS, A.J. Collapse: effect of input variable cross-correlation, report prepared for API/ISO TC 67/SC 5/WG 2b, January 2005
[9] API Bull 5C3, Bulletin on Formulas and Calculations for Casing, Tubing, Drill Pipe and Line Pipe Properties, October 1994, 6th edition
[10] API Circular PS-1533, Equations for the joint strength of threaded line pipe, developed and presented to the API Committee on Standardization of Tubular Goods by W. O. Clinedinst at the 1976 Standardization Conference
[11] API Circular PS-1340
[12] API Circular PS-1440
[13] API Circular PS-1487
[14] API Circular PS-1736
[15] API Circular PS-1398
[16] API RP 5C1, Recommended Practice for Care and Use of Casing and Tubing*
[17] API Circular PS-1637
[18] THOMAS, W.H., WILDER, A.B. and CLINEDINST, W.O., Development of Requirements for Transverse Ductility of Welded Pipe, presented at the June 1967 API Standardization Conference
[19] SHOEMAKER, A.K., Application of Fracture Mechanics to Oil Country Tubular Goods, API Pipe Symposium, June 1989
[20] BURK, J.D., Fracture Resistance of Casing Steels for Deep Gas Wells, J. Metals, January, 1985, pp. 65—70
[21] KLEVER, F.J. and STEWART, G., Analytical Burst Strength Prediction of OCTG With and Without Defects, SPE 48329, 1998
[22] STEWART, G. and KLEVER, F.J., Accounting for Flaws in the Burst Strength of OCTG, SPE 48330, 1998
[23] TALLIN, A.G., PASLAY, P.R., ONYEWUENYI, O.A., BURRES, C.V. and CERNOCKY, E.P., The development of a risk-based burst design framework for well casing and tubing, SPE 48320, 1998
[24] PASLAY, P.R., CERNOCKY, E.P. and WINK, R., Burst pressure prediction of thin-walled, ductile tubular subjected to axial load, SPE 48327, 1998
[25] British PD 6493
[26] BS 7910, Guide to methods for assessing the acceptability of flaws in metallic structures
[27] API RP 579, Recommended Practice for Fitness-for-Service, January 2000
[28] CERNOCKY, E.P., AARON, V.D., PASLAY, P.R. and WINK, R.E., Combined Axial Tension/Compression and Internal Pressure Testing of Mini-Pipe Specimens in H2S Environment to Determine Three Dimensional (Triaxial) Stress States which Produce Crack Initiation Failure: Explanation of the New Test Fixture, Mini-Pipe Specimen, and Preliminary Test Results, SPE 97577, 2005
[29] ANSI-NACE International Standard TM0177, Laboratory Testing of Metals for Resistance to Sulfide Stress Cracking and Stress Corrosion Cracking in H2S Environments
[30] ADAMS, A.J. Collapse: ratings for worst case production, report prepared for API/ISO TC 67/SC 5/WG 2b, June 2005
[31] KENDALL, M.G. and STUART, A., The advanced theory of statistics, Vol. 1: Distribution theory, Charles Griffin, 1958
[32] LIEBERMAN, G.J, Tables for one-sided statistical tolerance limits, Industrial Quality Control, 14 (10), April 1958
[33] JOHNSON, N.L. and WELCH, B.L., Applications of the non-central t-distribution, Biometrika, 31, 1939
[34] OWEN, D.B., «Tables of factors for one-sided tolerance limits for a normal distribution», Sandia Corporation report, April 1958
[35] LENTH, R.V., Cumulative distribution function of the non-central t-distribution, Statistical algorithms, 38 (1), 1989
[36] RINNE, H., Taschenbuch der statistik, Verlag Harri Deutsch, 1997
[37] WOLFRAM, S., Mathematica Technical Manual, on-line resource at mathworld.wolfram.com, 2005

* Идентичен ИСО 10405:2000 «Нефтяная и газовая промышленность. Обслуживание и эксплуатация обсадных и насосно-компрессорных труб», на основе которого разрабатывается национальный стандарт.

[38] EISENHART, C. et al., Techniques of statistical analysis, McGraw-Hill, 1947
[39] ABRAMOWITZ, M. and STEGUN, I.A., Handbook of Mathematical Functions, Dover, 1972
[40] ANG, A.H-S. and TANG, W.H., Probability concepts in engineering planning and design, Vol. II: Decision, risk and reliability, John Wiley, 1984
[41] THOFT-CHRISTENSEN, P. and BAKER, M.J., Structural reliability theory and its applications, Springer-Verlag, 1982
[42] ADAMS, A.J. Collapse: development of non-Q&T ULS model (6), report prepared for API/ISO TC 67/SC 5/WG 2b, September 2005
[43] MANN, N.R. et al., Methods for Statistical Analysis of Reliability and Life Data, John Wiley, 1974
[44] ADAMS, A.J. Collapse: design strength for small datasets, report prepared for API/ISO TC 67/SC 5/WG 2b, November 2005
[45] MELCHERS, R.E., Structural reliability analysis and prediction, 2nd edn., John Wiley, 1999
[46] SACHS, G. and ESPEY, G., A new method for determination of stress distribution in thin walled tubing, American Inst. Mining and Met. Engrs. Metals Technology Technical Publication 1384, October 1941; also in Hetenyi, M. (ed.), Handbook of Experimental Stress Analysis, John Wiley and Sons, New York, 1957, p. 466
[47] ASTM E1928—99, Standard Practice for Estimating the Approximate Residual Circumferential Stress in Straight Thin-walled Tubing, American Society for the Testing of Materials, 1999
[48] Clinedinst W.O., Buttress thread joint strength report shown as Appendix 2-k-6, API Cicular PS-1398, june 1970, Standardization conference

УДК 621.774:622:006.354 ОКС 75.180.10 ОКП 13 2100
13 2700
13 2400
13 9000

Ключевые слова: трубы, стальные, обсадные, насосно-компрессорные, бурильные, трубы для трубопроводов, тело трубы, муфта, резьбовое соединение, рекомендации, формулы проектных предельных значений, формулы предельных значений, критические показатели, вероятностный подход, статистический подход, детерминистический подход, эксплуатационные свойства, физические свойства, текучесть, прочность, разрушение, стойкость, расчет массы, расчет удлинения, расчет крутящего момента, испытание на сплющивание, гидростатическое испытание, испытание на направленный загиб, испытание на ударный загиб, испытание на разрушение, испытание на смятие, таблицы расчетных значений

Редактор *Л. И. Нахимова*
Технический редактор *В. Н. Прусакова*
Корректор *Л. Я. Митрофанова*
Компьютерная верстка *А. П. Финогеновой*

Сдано в набор 17.03.2014 Подписано в печать 10.07.2014. Формат 60×84 1/8. Бумага офсетная Гарнитура Ариал. Печать офсетная. Усл. печ. л. 29,30. Уч.-изд. л. 28,50. Тираж 48 экз. Зак. 538.

ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ», 123995 Москва, Гранатный пер., 4.
gost.e-ecolog.ru o@gostinfo.ru
Набрано и отпечатано в Калужской типографии стандартов, 248021 Калуга, ул. Московская, 256.

ОКС 75.180.10

Изменение № 1 ГОСТ Р 54918—2012 (ISO/TR 10400:2007) Трубы обсадные, насосно-компрессорные, бурильные и трубы для трубопроводов нефтяной и газовой промышленности. Формулы и расчет свойств

Утверждено и введено в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 29.09.2020 № 691-ст

Дата введения — 2021—04—01

Введение. Пятый абзац. Исключить слова: «бурильных труб и», «для трубопроводов»;

шестой абзац. Первое перечисление изложить в новой редакции:

«- дополнены формулы и рекомендации для обсадных и насосно-компрессорных труб, изготовляемых по ГОСТ 31446»;

второе перечисление. Заменить сокращение: НКТ на НКТН;

седьмой абзац изложить в новой редакции:

«Формулы и рекомендации настоящего стандарта могут быть применены для расчетов характеристик и свойств подобных обсадных и насосно-компрессорных труб и труб для трубопроводов, применяемых в качестве обсадных и насосно-компрессорных труб, в том числе с подобными резьбовыми соединениями, изготовляемых по различной нормативной документации».

Раздел 1. Второй абзац. Заменить слова. «*крутящий момент* при свинчивании» на «момент свинчивания», «критические размеры» на «критические параметры» (3 раза);

четвертый, шестой и восьмой абзацы. Заменить ссылку: ГОСТ Р 53366 на ГОСТ 31446 (3 раза); исключить ссылку: ГОСТ Р 54383 (3 раза);

пятый абзац. Заменить слова: «С теми же условиями настоящий стандарт может быть использован для расчета свойств бурильных труб» на «*Настоящий стандарт может быть использован для расчета массы тела бурильных труб по ГОСТ 32696 после высадки, а также расчета удлинения под нагрузкой, при которой достигается предел текучести этих труб*».

Раздел 2 изложить в новой редакции:

«2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 31446 (ISO 11960:2014) Трубы стальные обсадные и насосно-компрессорные для нефтяной и газовой промышленности. Общие технические условия

ГОСТ 32696 (ISO 11961:2008) Трубы стальные бурильные для нефтяной и газовой промышленности. Технические условия

ГОСТ 33758 Трубы обсадные и насосно-компрессорные и муфты к ним. Основные параметры и контроль резьбовых соединений. Общие технические требования

ГОСТ 34057 Соединения резьбовые обсадных, насосно-компрессорных труб, труб для трубопроводов и резьбовые калибры для них. Общие технические требования

ГОСТ 34380 (ISO 10405:2000) Трубы обсадные и насосно-компрессорные для нефтяной и газовой промышленности. Рекомендации по эксплуатации и обслуживанию

ГОСТ ISO 3183 Трубы стальные для трубопроводов нефтяной и газовой промышленности. Общие технические условия

Примечание — При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет или по ежегодному информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по выпускам ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты» за текущий год. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана недатированная ссылка, то рекомендуется использовать действующую версию этого стандарта с учетом всех внесенных в данную версию изменений. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, то рекомендуется использовать версию этого стандарта с указанным выше годом утверждения (принятия). Если после утверждения настоящего стандарта в ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, внесено изменение, затрагивающее положение, на которое дана ссылка, то это положение рекомендуется применять без учета данного изменения. Если ссылочный стандарт отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, рекомендуется применять в части, не затрагивающей эту ссылку»;

сноску * к разделу 2 исключить;

по всему тексту стандарта заменить ссылки:

«ГОСТ Р 51906» на «ГОСТ 34057»;

«ГОСТ Р 53365» на «ГОСТ 33758»;

«ГОСТ Р 53366» на «ГОСТ 31446»;

«ГОСТ Р 54383» на «ГОСТ 32696».

Раздел 3 дополнить терминами 3.22, 3.23:

«3.22 **опасное сечение** (dangerous section): Поперечное сечение трубы или муфты, в котором напряжения, вызываемые под действием внешних усилий, максимальны.

3.23 **срыв витков резьбы** (pull-out of the thread): Пластическая деформация витков треугольной резьбы при растяжении, приводящая к выходу резьбы из зацепления».

Раздел 4. Исключить слова: «A_{crit} — площадь критического поперечного сечения более слабого компонента соединения»;

заменить обозначение: «d_1 — диаметр впадины резьбы муфты в плоскости торца трубы при механическом свинчивании» на «d_{jc} — диаметр впадины резьбы муфты в *опасном сечении*»;

пояснения обозначений A_{jc}, A_{jp}, E_c изложить в новой редакции:

«A_{jc} — площадь *опасного* сечения муфты;

A_{jp} — площадь *опасного* сечения трубы;

E_c — средний диаметр резьбы посередине муфты»;

дополнить обозначениями (в соответствии с латинским алфавитом):

«$d_{вн}$ — внутренний диаметр резьбы в основной плоскости;

E_s — средний диаметр резьбы в плоскости уплотнения;

J_n — расстояние от торца трубы до середины муфты при ручном свинчивании;

l_0 — расстояние от торца трубы до основной плоскости;

l_2 — расстояние от торца муфты до упорного уступа».

Раздел 5, по всему тексту стандарта заменить сокращение: *НКТ* на *НКТН*.

Подраздел 9.1 изложить в новой редакции:

«Прочность резьбовых соединений является показателем цельности, а не показателем герметичности соединения. Для обсадных труб предельная нагрузка может рассчитываться по пределу текучести или по разрушению/срыву резьбы соединяемых элементов. Для насосно-компрессорных труб, когда колонна труб может многократно подниматься и опускаться в скважину, предельная нагрузка обычно определяется по пределу текучести соединяемых элементов».

Подпункт 9.2.2.1 изложить в новой редакции:

«Прочность соединений обсадных труб с треугольной резьбой ***LC и SC*** определяют по минимальной стойкости к разрушению трубы ***в опасном сечении*** (по впадине последнего витка резьбы с полным профилем), стойкости к срыву витков резьбы трубы или стойкости к разрушению муфты. При определенных размерах муфты ее прочность может быть меньше прочности трубы. Прочность муфты определяют ***в опасном сечении*** (по впадине резьбы муфты в плоскости торца трубы при механическом свинчивании)».

Подпункт 9.2.2.3. Заменить обозначение: «L_4» на «L_1»;

первый абзац изложить в новой редакции (кроме перечислений):

«Для расчета прочности соединений обсадных труб ***и муфт*** с треугольной резьбой необходимы следующие исходные данные:»;

второй абзац исключить (кроме перечислений);

дополнить обозначениями:

«A_{jc} — площадь *опасного* сечения муфты, мм^2;

A_{jp} — площадь *опасного* сечения трубы;

d — внутренний диаметр трубы, ***равный (D – 2t),*** мм;

d_{jc} — диаметр впадины резьбы муфты *в опасном сечении*, мм;

h_s — высота профиля треугольной резьбы, мм;

L_t — общая длина резьбы трубы, мм;

M — расстояние от торца муфты до плоскости ручного свинчивания, мм».

Подпункт 9.2.2.4. Первый абзац изложить в новой редакции:

«Расчет прочности соединений обсадных труб с треугольной резьбой проводят по *прочности трубы*, прочности витков резьбы трубы на срыв или прочности муфты»;

второй абзац изложить в новой редакции:

«Расчет на прочность трубы проводят по следующей формуле»;

формулу (55) изложить в новой редакции:

$$«P_j = 0{,}95A_{jp}L_{et}\left[\frac{4{,}9898D^{-0{,}59}\sigma_{umnp}}{0{,}5L_{et}+0{,}14D}+\frac{\sigma_{ymnp}}{L_{et}+0{,}14D}\right]; \qquad (55)»;$$

формула (58). Заменить обозначение: «d_j^2» на «d_{jc}^2»;

формула (59). Пояснения обозначений A_{jc} и A_{jp} изложить в новой редакции:

«A_{jc} — площадь *опасного* сечения муфты;

A_{jp} — площадь *опасного* сечения трубы»;

заменить обозначения: «L_4» на «L_t»;

«d_1 — диаметр впадины резьбы муфты в плоскости торца трубы при механическом свинчивании» на «d_{jc} — диаметр впадины резьбы муфты в *опасном сечении*, мм»;

дополнить обозначениями:

«L_t — общая длина резьбы трубы, мм;

M — расстояние от торца муфты до плоскости ручного свинчивания, мм»;

дополнить абзацами:

«Коэффициент 0,95 в формулах (54) и (55) учитывает статистическую погрешность формулы множественной регрессии и позволяет использовать минимальные показатели прочности вместо средних значений.

Подробности разработки формул (54) и (55) — см. стандарт [3]».

Подпункт 9.2.3.1 изложить в новой редакции:

«Прочность соединений обсадных труб с *трапецеидальной резьбой* ***ВС, ОТТМ и ОТТГ*** определяют по минимальной прочности трубы ***в опасном сечении (плоскости выхода резьбы — для ВС, плоскости конца сбега резьбы — для ОТТМ и ОТТГ)*** или прочности муфты ***в опасном сечении*** (по впадине резьбы муфты в плоскости торца трубы при механическом свинчивании — ***для соединений ВС и ОТТМ, по впадине резьбы муфты в плоскости начала резьбы трубы при механическом свинчивании — для соединения ОТТГ***)».

Подпункт 9.2.3.3. Пояснение обозначения A_B изложить в новой редакции:

«A_B — расстояние от торца муфты до основания треугольного клейма при ручном свинчивании, ***равное (J_n – J)***, мм»;

дополнить обозначениями:

«A_{jc} — площадь *опасного* сечения муфты, равная $\frac{\pi}{4}(D_м^2 - d_{jc}^2)$, мм^2;

A_{jp} — площадь *опасного* сечения трубы, равная $\frac{\pi}{4}(D^2 - d^2)$, мм^2;

d_{jc} — диаметр впадины резьбы муфты в *опасном сечении*, мм».

Подпункт 9.2.3.4. Заголовок изложить в новой редакции: «Формулы проектной прочности»;

первый абзац изложить в новой редакции:

«Расчет на прочность соединений обсадных труб с *трапецеидальной* резьбой проводят по прочности трубы и прочности муфты»;

второй абзац изложить в новой редакции:

«Расчет на прочность трубы проводят по следующей формуле

$$P_j = 0{,}95A_{jp}\sigma_{umnp}\left[1{,}008 - 0{,}00156\left(1{,}083 - \frac{\sigma_{ymnp}}{\sigma_{umnp}}\right)D\right]. \qquad (60)»;$$

третий абзац изложить в новой редакции:

«Расчет на прочность муфты проводят по следующей формуле»;

формула (61). Заменить обозначение: «A_p — площадь поперечного сечения трубы, равная $\frac{\pi}{4}(D^2 - d^2)$, мм^2» на «A_{jp} — площадь *опасного* сечения трубы, равная $\frac{\pi}{4}(D^2 - d^2)$, мм^2»; «d_1 — диаметр впадины резьбы муфты в плоскости торца трубы при механическом свинчивании, мм» на «d_{jc} — диаметр впадины резьбы муфты в *опасном сечении*»;

пояснение обозначения A_{jc} изложить в новой редакции:

«A_{jc} — площадь *опасного* сечения муфты, равная $\frac{\pi}{4}(D_м^2 - d_{jc}^2)$, мм²»;

формула (62). Заменить обозначение: «d_1» на «d_{jc}»;

дополнить абзацами:

«Коэффициент 0,95 в формулах (60) и (61) учитывает статистическую погрешность формулы множественной регрессии и позволяет использовать минимальные показатели прочности вместо средних значений.

Подробности разработки формул (60) и (61) — см. стандарт [3]».

Подпункт 9.3.2.1 изложить в новой редакции:

«Прочность соединений насосно-компрессорных труб с невысаженными концами NU, ***НКТН*** *определяют по минимальной стойкости к разрушению трубы* ***в опасном сечении*** (*по впадине* последнего витка резьбы с полным профилем — ***для NU и НКТН, плоскости конца сбега резьбы — для НКМ***). *Прочность муфт не учитывают, т.к.* площадь *опасного* сечения обычных и специальных муфт всегда больше, чем площадь *опасного* сечения свинчиваемых с ними труб».

Подпункт 9.3.2.3. Заменить обозначение: «σ_{ymn}» на «σ_{ymnp}»;

дополнить обозначениями:

«T_d — конусность, мм/мм;

h_a — высота профиля трапецеидальной резьбы, мм».

Подпункт 9.3.2.4. Заменить обозначение: «σ_{ymn}» на «σ_{ymnp}» (2 раза);

первый абзац изложить в новой редакции:

«Расчет прочности при растяжении для соединений насосно-компрессорных труб с невысаженными концами ***и треугольной резьбой NU и НКТН*** проводят ***по прочности трубы*** по следующей формуле»;

второй абзац. Заменить слова: «по формулам (60) и (61)» на «по формуле (60)».

Подпункт 9.3.3.1 изложить в новой редакции:

«Прочность соединений насосно-компрессорных труб с высаженными концами ***и треугольной резьбой EU и НКТВ*** *определяют по минимальной стойкости к разрушению трубы в опасном сечении* ***(по поперечному сечению невысаженной части трубы)***. Прочность поперечного сечения высаженных концов труб по впадине после последнего витка резьбы с полным профилем не учитывают, т.к. площадь этого сечения всегда больше, чем площадь поперечного сечения *невысаженной части* трубы. *Прочность муфты не учитывают*, т.к. площадь *опасного сечения* обычных и специальных муфт всегда больше, чем площадь *опасного сечения* свинчиваемых с ними труб».

Подпункт 9.3.3.3. Заменить обозначение: «σ_{ymn}» на «σ_{ymnp}»;

дополнить обозначением: «*d* — внутренний диаметр трубы, равный ($D - 2t$), мм».

Подпункт 9.3.3.4. Заменить обозначение: «σ_{ymn}» на «σ_{ymnp}» (2 раза);

первый абзац изложить в новой редакции:

«Расчет прочности при растяжении для соединений насосно-компрессорных труб с высаженными концами проводят ***по прочности невысаженной части трубы*** по следующей формуле».

Подраздел 10.1. Первый абзац. Заменить слова: «Трубы с резьбой и муфтами выдерживают внутреннее давление, равное или меньшее, чем трубы без резьбы и муфты» на «Трубы с резьбой и муфтами выдерживают такое же внутреннее давление, как и трубы без резьбы и муфты, кроме случаев, когда способность выдерживать меньшее внутреннее давление обусловлена текучестью муфты или недостаточной стойкостью соединения к утечкам под действием внутреннего давления в плоскости *уплотнения*, основанной на том допущении, что плоскость уплотнения соединений с треугольной резьбой находится в *плоскости ручного свинчивания*, *соединений с трапецеидальной резьбой — в основной плоскости*»;

второй абзац исключить.

Подраздел 10.2. Формулы (65), (66), (67). Заменить обозначение: «d_1» на «d_{jc}»;

экспликации к формулам (65), (66), (67). Заменить обозначение: «d_1 — диаметр впадины резьбы муфты в плоскости торца трубы при механическом свинчивании» на «d_{jc} — диаметр впадины резьбы муфты в *опасном сечении*»;

четвертый абзац. Заменить обозначение: «d_1» на «d_{jc}».

Подраздел 10.3. Первый абзац. Заменить слова: «Стойкость к утечкам под действием внутреннего давления в плоскости E_1 или E_7 рассчитывают по формуле (68), основанной на том допущении,

что уплотнение находится в плоскости E_1 треугольной резьбы и E_7 *трапецеидальной* резьбы» на «Стойкость к утечкам под действием внутреннего давления в *плоскости уплотнения* рассчитывают по формуле (68)»;

формулу (69) изложить в новой редакции:

$$«P_{tp} = \frac{ET_d A(D_M^2 - E_s^2)(E_s^2 - d^2)}{2E_s^3(D_M^2 - d^2)}. \qquad (69)»;$$

пятый абзац. Заменить слова: «При подстановке соответствующих значений P_{tp} и P_{itp} в формулу (71) и упрощении получают формулу (68)» на «Поскольку наружный диаметр муфты всегда больше *среднего диаметра резьбы*, который в свою очередь всегда больше внутреннего диаметра трубы, то P_{itp} всегда меньше P_{tp}».

Пункт 11.5.1. Пояснение обозначения *J* изложить в новой редакции:

«*J* — расстояние от торца трубы до середины муфты при механическом свинчивании, ***для соединений НКТН, НКТВ и ОТТМ, равное*** $(L_m/2 - L_t)$***, для соединений НКМ и ОТТГ, равное*** $(L_m/2 - l_2)$, мм»;

дополнить обозначениями:

«L_t — общая длина резьбы трубы, мм;

l_2 — расстояние от торца муфты до упорного уступа, мм».

Пункт 11.5.2. Пояснение обозначения *J* изложить в новой редакции:

«*J* — расстояние от торца трубы до середины муфты при механическом свинчивании, ***для соединений НКТН, НКТВ и ОТТМ, равное*** $(L_m/2 - L_t)$***, для соединений НКМ и ОТТГ, равное*** $(L_m/2 - l_2)$, мм»;

дополнить обозначениями:

«L_t — общая длина резьбы трубы, мм;

l_2 — расстояние от торца муфты до упорного уступа, мм»;

формулу (76) изложить в новой редакции:

«$\Delta_m = -k_{lsl} \cdot (L_m/2 + J)m_{pe}$ + масса муфты — масса металла, удаляемая при нарезании резьбы на двух концах трубы (76)».

Пункт 11.7.1 дополнить примечанием:

«Примечание — Рассчитанная по формулам масса муфты является приближенным значением, поскольку не учитывает массу удаленного металла при выполнении ряда элементов резьбового соединения, например, обычной фаски, заходной фаски, уплотнительных элементов соединений с уплотнением металл-металл».

Подлунктт 11.7.2.2. Заголовок изложить в новой редакции:

«11.7.2.2 Расчет массы обычной муфты без учета массы металла, удаляемого при выполнении фаски»;

формулу (78) изложить в новой редакции:

$$«m_c = 2 \cdot 7{,}85 \cdot 10^{-6} k_m \text{ (Vol. III)}; \qquad (78)».$$

пояснения обозначений E_c, E_1 и *M* изложить в новой редакции:

«E_c — средний диаметр резьбы посередине муфты, ***для соединений НКТН и НКТВ, соответствующий*** E_c***, для соединений NU и EU — по ГОСТ 34057***, мм;

E_1 — средний диаметр резьбы в плоскости ручного свинчивания, ***для соединений НКТН и НКТВ, соответствующий*** E_1***, для соединений NU и EU — по ГОСТ 34057***, мм;

M — расстояние от торца муфты до плоскости ручного свинчивания, ***для соединений НКТН и НКТВ, соответствующее M, для соединений NU и EU — по ГОСТ 34057***, мм».

Подлунктт 11.7.2.3. Формулу (86) изложить в новой редакции:

$$«m_{crsb} = 2 \cdot 7{,}85 \cdot 10^{-6} k_m \text{ (Vol. VI)}. \qquad (86)».$$

Пункт 11.7.3. Формула (89). Пояснения обозначений E_c, E_7, *J*, *g*, k_x изложить в новой редакции:

«E_c — средний диаметр резьбы посередине муфты, ***для соединения ОТТМ, равный*** $(d_3 - T_d L_m/2 + h_в)$***, для соединений ОТТГ, НКМ, равный*** $d_м$, мм;

E_7 — средний диаметр резьбы в основной плоскости, ***для соединений ОТТМ и ОТТГ, НКМ, равный*** $(d_{вн} + h_в)$, мм;

J — расстояние от торца трубы до середины муфты при механическом свинчивании, ***для соединений ОТТМ, равное*** $(L_m/2 - L_t)$***, для соединений ОТТГ, НКМ, равное*** $(L_m/2 - l_2)$, мм;

g — длина резьбы с неполным профилем, ***для соединений ОТТМ, ОТТГ, НКМ, равная расстоянию от основной плоскости до конца сбега резьбы*** $(L_t - l_0)$, мм;

k_X — *поправочный коэффициент для расчета среднего диаметра резьбы в плоскости торца муфты для соединения ВС, равный 7,62 — при наружном диаметре труб менее 406,4 мм и 5,08 — при наружном диаметре труб 406,4 мм и более,* ***для соединений ОТТМ, ОТТГ и НКМ, равный нулю***»;

дополнить обозначениями:

«d_3 — внутренний диаметр резьбы в плоскости торца муфты, мм;

$d_м$ — внутренний диаметр муфты, мм;

$d_{вн}$ — внутренний диаметр резьбы в основной плоскости, мм;

$h_в$ — высота профиля *трапецеидальной* резьбы, мм;

L_m — длина муфты, мм;

L_t — общая длина резьбы трубы, мм;

l_0 — расстояние от торца трубы до основной плоскости, мм;

l_2 — расстояние от торца муфты до упорного уступа, мм»;

формула (92). Пояснение обозначения E_c изложить в новой редакции:

«E_c — средний диаметр резьбы посередине муфты, ***для соединения ОТТМ, равный*** $(d_3 - T_d L_m/2 + h_в)$***, для соединений ОТТГ, НКМ, равный*** $d_м$, мм»;

дополнить обозначениями:

«d_3 — внутренний диаметр резьбы в плоскости торца муфты, мм;

T_d — конусность, мм/мм;

$h_в$ — высота профиля *трапецеидальной* резьбы, мм;

$d_М$ — внутренний диаметр муфты, мм»;

формулу (93) изложить в новой редакции:

$$«m_{cB} = 2 \cdot 7{,}85 \cdot 10^{-6} k_m \text{ (Vol. II)}, \qquad (93)».$$

Подраздел 11.8. Формула (94). Пояснение обозначения E_7 изложить в новой редакции:

«E_7 — средний диаметр резьбы в основной плоскости, ***для соединений ОТТМ, ОТТГ, НКМ, равный*** $(d_{вн} + h_в)$, мм»;

дополнить обозначениями:

«$d_{вн}$ — внутренний диаметр резьбы в основной плоскости, мм,

$h_в$ — высота профиля *трапецеидальной* резьбы, мм»;

формула (98). Пояснения обозначений g и E_7 изложить в новой редакции:

«g — длина резьбы с неполным профилем, ***для соединений ОТТМ, ОТТГ, НКТН, НКТВ, НКМ, равная расстоянию от основной плоскости до конца сбега резьбы*** $(L_t - l_0)$, мм;

E_7 — средний диаметр резьбы в основной плоскости, ***для соединений ОТТМ, ОТТГ, НКМ, равный*** $(d_{вн} + h_в)$, мм»;

дополнить обозначениями:

«L_t — общая длина резьбы трубы, мм;

l_0 — расстояние от торца трубы до основной плоскости, мм;

$d_{вн}$ — внутренний диаметр резьбы в основной плоскости, мм;

$h_в$ — высота профиля *трапецеидальной* резьбы, мм»;

формулу (99) изложить в новой редакции:

$$«m_{rt} = 7{,}85 \cdot 10^{-6} k_m \text{ (Vol. III)}, \qquad (99)».$$

Пункт 11.9.2. Пояснение обозначения D_4 изложить в новой редакции (2 раза):

«D_4 — наружный диаметр резьбы трубы в плоскости торца или наружный диаметр высадки бурильной трубы, мм»;

формулу (104) изложить в новой редакции:

$$«m_{inu} = 7{,}85 \cdot 10^{-6} k_m \text{ [Vol. (I + III)]}, \qquad (104)».$$

Пункт 11.9.3. Формулу (109) изложить в новой редакции:

«$m_{inu} = 7{,}85 \cdot 10^{-6} k_m$ (Vol. III), (109)».

Подраздел 14.1. Таблица 9. Графа «Проценты от заданного минимального предела текучести σ_{ymn}, при испытательном давлении». Для группы прочности М65 при стандартном испытательном давлении заменить значение: 60 на *80*.

Подраздел 14.2. Второй абзац изложить в новой редакции:

«Обсадные и насосно-компрессорные трубы с резьбой и муфтами испытывают при том же гидростатическом давлении, что и трубы без резьбы, за исключением тех случаев, когда меньшее внутреннее давление обусловлено предотвращением текучести муфты или утечки в соединении под действием внутреннего давления из-за недостаточной стойкости соединения к утечкам в плоскости уплотнения (см. раздел 10)».

Раздел 15. изложить в новой редакции:

«15 Момент свинчивания обсадных и насосно-компрессорных труб

В соответствии с [1] или [16] для свинчивания обсадных труб ***с соединениями LC и SC*** *с треугольной резьбой расчетный момент свинчивания принимается равным 1 % расчетной прочности резьбы на срыв, вычисленной в фунтах на фут по приведенной в [3] формуле (55), что соответствует расчетному моменту свинчивания, равному 0,305 % расчетной прочности резьбы на срыв, вычисленной в ньютонах на метр по формуле (55) настоящего стандарта.*

В [1] и [16] определение расчетного момента свинчивания на основе приведенной в [3] формулы (55) применяется только для обсадных труб с соединениями LC и SC с треугольной резьбой. Применение этого подхода для насосно-компрессорных труб с треугольной резьбой приводит к завышенным значениям расчетного момента свинчивания.

В своем циркуляре [17] конференция API в феврале 1991 г. постановила, что более правильно проводить свинчивание труб с муфтами по положению свинчивания, а не по моменту свинчивания.

В ГОСТ 34380 также установлено, что более правильно проводить свинчивание труб с муфтами не по моменту свинчивания, а по положению свинчивания — для соединений ВС, ОТТМ, ОТТГ, НКМ и числу оборотов силового свинчивания — для соединений LC, SC, NU, EU, НТКН, НКТВ».

Приложение А. Пункт А.1.3.3.2. Заменить ссылку: «ГОСТ Р ISO 3183» на «ГОСТ ISO 3183» (2 раза).

Приложение Н исключить.

Приложение I. Таблицы I.3 и I.5. Заменить слова: «Прочность соединения, МПа» на «Прочность соединения, кН» (37 раз).

Приложение ДА. Таблица ДА.1. Графа «Структура настоящего стандарта». Приложение Н. В графе «Подраздел, пункт, подпункт, рисунок, формула, таблица» все сведения исключить;

графа «Структура международного стандарта ИСО/TR 10400:2007». Заменить обозначение: «ИСО/TR» на «ISO/TR».

Приложение ДВ изложить в новой редакции:

«Приложение ДВ
(справочное)

Сведения о соответствии ссылочных межгосударственных стандартов международным стандартам, использованным в качестве ссылочных в примененном международном стандарте

Таблица ДВ.1

Обозначение ссылочного межгосударственного стандарта	Степень соответствия	Обозначение и наименование ссылочного международного стандарта
ГОСТ 31446—2017 (ISO 11960:2014)	MOD	ISO 11960:2014 «Нефтяная и газовая промышленность. Трубы стальные для применения в скважинах в качестве обсадных и насосно-компрессорных»

Окончание таблицы ДВ.1

Обозначение ссылочного межгосударственного стандарта	Степень соответствия	Обозначение и наименование ссылочного международного стандарта
ГОСТ 32696—2014 (ISO 11961:2008)	MOD	ISO 11961:2008 «Нефтяная и газовая промышленность. Трубы стальные бурильные»
ГОСТ 34380—2017 (ISO 10405:2000)	MOD	ISO 10405:2000 «Нефтяная и газовая промышленность. Эксплуатация и обслуживание обсадных и насосно-компрессорных труб»
ГОСТ ISO 3183—2015	IDT	ISO 3183:2012 «Нефтяная и газовая промышленность. Трубы стальные для трубопроводных транспортных систем»
Примечание — В настоящей таблице использованы следующие условные обозначения степени соответствия стандартов: - IDT — идентичные стандарты; - MOD — модифицированные стандарты.		

».

(ИУС № 12 2020 г.)

gost.e-ecolog.ru