

МЕЖДУНАРОДНЫЙ СТАНДАРТ

Стандарт ASME 2007 по котлам и сосудам давления

Издание 2007 г.

1 июля 2007 г.

VIII

Раздел 3

**Альтернативные правила
изготовления сосудов
высокого давления**

**ПРАВИЛА СТРОИТЕЛЬСТВА
СОСУДОВ ДАВЛЕНИЯ**

Комитет ASME по котлам и сосудам давления
Подкомитет по сосудам давления



The American Society of
Mechanical Engineers

ASME
SETTING THE STANDARD

Дата издания: 1 июля 2007 г.
(Включены все дополнения от июля 2006 и внесенные ранее)

Настоящий стандарт, признанный в международном масштабе, разработан в соответствии с методикой, отвечающей критериям, принятым для американских национальных стандартов, и является американским национальным стандартом. В работе Комитета по стандартам, утвердившего стандарт, приняли участие все компетентные или заинтересованные лица. Предложенный стандарт был представлен на рассмотрение общественности с целью получения дополнительных отзывов и замечаний от промышленных предприятий, академических ведомств и законодательных органов, а также от широких кругов населения.

ASME не занимается утверждением, оценкой или одобрением каких-либо изделий, конструкций, патентованных устройств или видов деятельности.

ASME не занимает никакой позиции относительно действительности патентных прав, заявленных на любой объект, упомянутый в данном документе, не освобождает пользователей стандарта от ответственности за нарушение какой-либо действующей патентной грамоты и не берет на себя такую ответственность. Пользователям стандарта настоятельно рекомендуется определять действительность любых таких патентных прав, а риск за нарушение таких прав целиком лежит на пользователе.

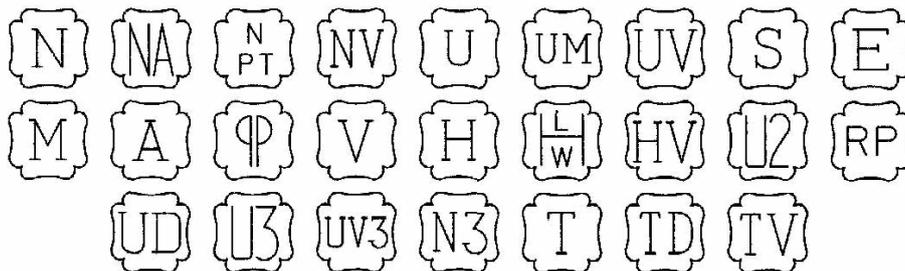
Участие представителя (представителей) федерального органа или лиц(а), связанных с отраслевыми организациями, не должно рассматриваться как одобрение настоящего стандарта правительством или отраслевой организацией.

ASME несет ответственность только за те разъяснения к данному документу, которые выпущены в соответствии с установленными процедурами и политикой ASME, что исключает выпуск разъяснений физическими лицами.

Примечания к данному документу являются частью данного американского национального стандарта.



Знак коллективного членства ASME



Вышеприведенные символы ASME зарегистрированы Патентным ведомством США.

ASME является торговой маркой Американского общества инженеров-механиков.

Никакая часть настоящего документа не может воспроизводиться в какой бы то ни было форме, в информационно-поисковых системах или в другом виде, без предварительного письменного разрешения издателя.

Номер карточки каталога Библиотеки Конгресса США: 56-3934
Напечатано в Соединенных Штатах Америки

Принят Советом Американского общества инженеров-механиков, 1914 г.
Исправленные и дополненные издания вышли в 1940, 1941, 1943, 1946, 1949, 1952, 1953, 1956, 1959, 1962, 1965, 1968, 1971, 1974, 1977, 1980, 1983, 1986, 1989, 1992, 1995, 1998, 2001, 2004, 2007 гг.

Американское общество инженеров-механиков
Three Park Avenue, New York, NY 10016-5990

Авторское право © 2007
АМЕРИКАНСКОЕ ОБЩЕСТВО ИНЖЕНЕРОВ-МЕХАНИКОВ
Все права защищены

2007 СТАНДАРТ ASME ПО КОТЛАМ И СОСУДАМ ДАВЛЕНИЯ

СЕКЦИИ

- I Правила строительства энергетических котлов
- II Материалы
 - Часть А — Технические условия на черные металлы
 - Часть В — Технические условия на цветные металлы
 - Часть С — Технические условия на сварочные прутки, электроды и присадочные материалы
 - Часть D — Свойства (американская система мер)
 - Часть D — Характеристики (метрическая система мер)
- III Правила строительства компонентов для ядерной установки
 - Подсекция NCA — Общие требования к разделам 1 и 2
 - Раздел 1
 - Подсекция NB — Компоненты класса 1
 - Подсекция NC — Компоненты класса 2
 - Подсекция ND — Компоненты класса 3
 - Подсекция NE — Компоненты класса MC
 - Подсекция NF — Опоры
 - Подсекция NG — Опорные конструкции активной зоны
 - Подсекция NH — Компоненты класса 1 для работы при повышенных температурах
 - Приложения
 - Раздел 2 — Стандарт на бетонные контейнеры
 - Раздел 3 — Контейнеры для хранения и транспортировки отработанного топлива и высокорadioактивных материалов и отходов
- IV Правила строительства отопительных котлов
- V Неразрушающий контроль
- VI Рекомендуемые правила обслуживания и эксплуатации отопительных котлов
- VII Рекомендации по обслуживанию энергетических котлов
- VIII Правила строительства сосудов давления
 - Раздел 1
 - Раздел 2 — Альтернативные правила
 - Раздел 3 — Альтернативные правила строительства сосудов высокого давления
- IX Квалификационная оценка сварки и пайки
- X Сосуды давления из волокнита
- XI Правила контроля компонентов ядерных энергетических установок в процессе эксплуатации
- XII Правила строительства и продолжительной эксплуатации транспортных цистерн

ДОПОЛНЕНИЯ

Ежегодно на разноцветных листах публикуются дополнения, в которых содержатся дополнительные и измененные материалы к отдельным Секциям «Стандарта» и которые автоматически рассылаются подписчикам соответствующих Секций до издания «Стандарта» 2010 г. Издание «Стандарта» 2007 г. имеется только в виде отдельных листов; соответственно, Дополнения будут издаваться в виде отдельных листов замены.

РАЗЪЯСНЕНИЯ

ASME публикует письменные ответы на запросы, касающиеся разъяснений технических аспектов «Стандарта». Разъяснения для каждой Секции публикуются отдельно и включаются в состав этой Секции в качестве обновлений. Разъяснения Секции III, Разделов 1 и 2 включаются в качестве обновлений в Подсекцию NCA.

Разъяснения «Стандарта» распространяются ежегодно в июле после выпуска издания и последующих дополнений. Разъяснения, размещенные в январе на сайте www.cstools.asme.org/interpretations включаются в содержание документов, рассылаемых в июле.

ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ К «СТАНДАРТУ»

Комитет по котлам и сосудам давления регулярно проводит заседания, на которых рассматривает предлагаемые дополнения и изменения к «Стандарту» и формулирует Технические решения, поясняющие или обеспечивающие применение существующих требований, если возникает срочная необходимость, нормы, относящиеся к материалам и конструкциям, не вошедшим в данный «Стандарт». Принятые Технические решения издаются специальной книгой «Технические решения к Стандарту 2007 г.»: «Котлы и сосуды давления» и «Ядерные компоненты». Дополнения автоматически рассылаются подписчикам этих книг вплоть до публикации «Стандарта» 2010 г.

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие.....		xv
Изложение принципов		xvii
Персонал.....		xix
Сводный перечень изменений.....		xxxI
Перечень изменений в порядке ВС.....		xxxiii
ЧАСТЬ КГ	ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ	1
Статья КГ-1	Область применения и юрисдикция	1
КГ-100	Область применения.....	1
КГ-110	Область распространения данного раздела, связанная с геометрией	2
КГ-120	Классификация узлов, на которые данный раздел не распространяется.....	2
КГ-130	Сборка сосудов на месте эксплуатации.....	2
КГ-140	Стандарты, на которые имеются ссылки в данном разделе.....	3
КГ-150	Единицы измерения.....	3
Статья КГ-2	Построение данного раздела	6
КГ-200	Построение	6
КГ-210	Части данного раздела.....	6
КГ-220	Приложения	6
КГ-230	Статьи и параграфы.....	6
КГ-240	Ссылки.....	6
КГ-250	Термины и определения.....	6
Статья КГ-3	Ответственность и обязанности	7
КГ-300	Общие положения.....	7
КГ-310	Ответственность потребителя	7
КГ-320	Ответственность изготовителя	9
КГ-330	Разработчик.....	10
Статья КГ-4	Общие правила проверки	11
КГ-400	Общие требования к проверке и осмотру.....	11
КГ-410	Ответственность изготовителя	11
КГ-420	Сертификация услуг субподрядчиков	12
КГ-430	Инспектор.....	12
КГ-440	Обязанности инспектора.....	13
Таблица		
КГ-141	Справочные стандарты данного раздела и соответствующий год издания .	4
ЧАСТЬ КМ	ТРЕБОВАНИЯ К МАТЕРИАЛАМ	14
Статья КМ-1	Общие требования	14
КМ-100	Допустимые материалы	14

Статья КМ-2	Требования к испытаниям механических свойств материалов	16
КМ-200	Общие требования	16
КМ-210	Метод получения испытательных образцов и темплетов для вырезки образцов для испытаний	16
КМ-220	Метод термической обработки отдельных испытательных образцов	18
КМ-230	Требования к механическому испытанию	18
КМ-240	Термическая обработка. Сертификационные/проверочные испытания для готовых деталей	21
КМ-250	Дополнительные требования к прочности материалов деталей под давлением	22
КМ-260	Повторные испытания	22
Статья КМ-3	Дополнительные требования к крепежным материалам	24
КМ-300	Требования ко всем крепежным материалам	25
Статья КМ-4	Расчетные данные по материалам	25
КМ-400	Содержание таблиц расчетных данных по материалам	24
Рисунок		
КМ-212	Примеры приемлемых образцов для испытания на удар	19
Таблицы		
КМ-212	Уменьшение температуры для испытаний на удар по Шарпи ниже минимальной расчетной температуры металла	17
КМ-234.2(a)	Минимальные значения ударной прочности, требуемые при испытании образцов с V-образным надрезом по Шарпи для материалов деталей под давлением	20
КМ-234.2(b)	Минимальные значения ударной прочности образцов с V-образным надрезом по Шарпи для крепежных материалов	21
KCS-1	Углеродистые и низколегированные стали	26
KCS-1M	Углеродистые и низколегированные стали (метрическая система)	29
KNA-1	Высоколегированные стали	32
KNA-1M	Высоколегированные стали (метрическая система)	35
KNF-1	Никель и никелевые сплавы	38
KNF-1M	Никель и никелевые сплавы (метрическая система)	39
ЧАСТЬ KD	РАСЧЕТНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ	41
Статья KD-1	Общие положения	41
KD-100	Область применения	41
KD-110	Нагрузки	42
KD-120	Проектная база	42
KD-130	Конструкционные критерии	43
KD-140	Оценка усталости	43
Статья KD-2	Основные расчетные требования	44
KD-200	Область применения	44
KD-210	Термины, относящиеся к анализу напряжения	44
KD-220	Уравнения для цилиндрических и сферических корпусов	46
KD-230	Упругопластический анализ	47
KD-240	Анализ линейной упругости	48
KD-250	Основные напряжения в моноблочных сосудах	49
Статья KD-3	Оценка усталости	52
KD-300	Область применения	52
KD-310	Анализ напряжения для оценки усталости	52

KD-320	Вычисляемый индекс расчетных циклов.....	54
KD-330	Расчетный индекс эффекта накопленной усталости при расчетных циклах.....	55
Статья KD-4	Расчет механики и разрушения.....	74
KD-400	Область применения.....	74
KD-410	Критерии размера трещин.....	74
KD-420	Вычисление коэффициента интенсивности напряжения K_I	75
KD-430	Расчет скоростей роста трещин.....	75
KD-440	Вычисляемый индекс расчетных циклов.....	75
Статья KD-5	Расчеты с использованием нагартовки.....	77
KD-500	Область применения.....	77
KD-510	Предельные значения для давления нагартовки.....	78
KD-520	Расчет остаточных напряжений.....	78
KD-530	Конструктивный расчет.....	79
Статья KD-6	Расчетные требования для закрытий, днищ, резьбовых соединений и уплотнений.....	80
KD-600	Область применения.....	80
KD-620	Резьбовые соединения.....	80
KD-630	Несущий нагрузки корпус с однорезьбовыми торцевыми затворами.....	81
KD-640	Плоские цельные днища.....	82
KD-650	Быстродействующие закрытия.....	82
KD-660	Требования для закрытий и уплотнений.....	83
Статья KD-7	Расчетные требования к креплениям, опорам и к наружным, обогревающим и охлаждающим кожухам.....	84
KD-700	Общие требования.....	84
KD-710	Материалы для креплений.....	84
KD-720	Сварные швы, присоединяющие детали, не работающие под давлением, к деталям, работающим под давлением.....	
KD-730	Конструкция креплений.....	85
KD-740	Конструкция опор.....	85
KD-750	Сосуды с кожухами.....	85
Статья KD-8	Специальные расчетные требования для многослойных сосудов.....	87
KD-800	Общие положения.....	87
KD-810	Правила для многослойных сосудов горячей посадки.....	88
KD-820	Правила для многослойных сосудов с концентрической накруткой и сваркой.....	90
KD-830	Расчет сварных соединений.....	91
KD-840	Открытия и их усиление.....	91
KD-850	Опоры.....	91
Статья KD-9	Специальные расчетные требования для сосудов с проволочной накруткой и для рам с проволочной накруткой.....	97
KD-900	Область применения.....	97
KD-910	Анализ напряжения.....	97
KD-920	Предельные значения напряжения.....	99
KD-930	Оценка усталости.....	99
Статья KD-10	Особые требования к сосудам, используемым для транспортировки и хранения газообразного водорода под высоким давлением.....	102
KD-1000	Область применения.....	102
KD-1010	Расчет механики и разрушения.....	103
KD-1020	Механические свойства трещинообразования.....	103
KD-1030	Расчет усталостной долговечности.....	103
KD-1040	Методика испытания для определения K_{II}	103
KD-1050	Испытания степени усталостного увеличения трещин.....	104
Статья KD-11	Расчетные требования к сварным сосудам.....	107
KD-1100	Область применения.....	107
KD-1110	Типы допустимых соединений.....	107

KD-1120	Переходные соединения между секциями неодинаковой толщины	107
KD-1130	Крепления патрубков.....	108
Статья KD-12	Экспериментальная расчетная проверка.....	113
KD-1200	Общие требования	113
KD-1210	Типы испытаний.....	113
KD-1220	Методика испытания измерения деформаций.....	113
KD-1230	Методика испытаний фотоупругости	114
KD-1240	Методика испытаний	114
KD-1250	Интерпретация результатов	114
KD-1260	Экспериментальное определение допустимого числа рабочих циклов	115
KD-1270	Определение коэффициентов снижения усталостной прочности	117
Рисунки		
KD-240	Категории напряжения и предельные значения интенсивности напряжения	50
KD-320.1	Кривые расчетной усталости $S_a = f(N_f)$ для несварных частей, обработанных механически и изготовленных из кованных углеродистых и низколегированных сталей.....	56
KD-320.1M	Кривые расчетной усталости $S_a = f(N_f)$ для несварных частей, обработанных механически и изготовленных из кованных углеродистых и низколегированных сталей.....	59
KD-320.2	Кривые расчетной усталости $S_a = f(N_f)$ для сварных частей, изготовленных из углеродистых и низколегированных сталей	62
KD-320.2M	Кривые расчетной усталости $S_a = f(N_f)$ для сварных частей, изготовленных из углеродистых и низколегированных сталей	63
KD-320,3	Кривые расчетной усталости для аустенитных нержавеющей сталей при температурах, не превышающих 800 °F	64
KD-320.3M	Кривые расчетной усталости для аустенитных нержавеющей сталей при температурах, не превышающих 427 °C	65
KD-320.4	Кривая расчетной усталости $S_a = f(N_f)$ для несварных частей, обработанных механически, из кованой нержавеющей стали 17-4PH/15-5PH при температурах, не превышающих 550 °F.....	66
KD-320.4M	Кривая расчетной усталости $S_a = f(N_f)$ для несварных частей, обработанных механически, из кованой нержавеющей стали 17-4PH/15-5PH при температурах, не превышающих 290 °C	67
KD-320.5	Кривые расчетной усталости для болтового соединения из высокопрочной стали при температурах, не превышающих 700 °F	68
KD-320.5M	Кривые расчетной усталости для болтового соединения из высокопрочной стали при температурах, не превышающих 371 °C	69
KD-320.5(a)	Коэффициент шероховатости K_r к среднему значению поверхностной шероховатости R_a микродюйм AA	70
KD-320.5M(a)	Коэффициент шероховатости K_r к среднему значению поверхностной шероховатости R_a микрометр AA.....	71
KD-320.5(b)	Коэффициент шероховатости K_r к среднему значению поверхностной шероховатости R_{max} микродюйм	72
KD-320.5M(b)	Коэффициент шероховатости K_r к среднему значению поверхностной шероховатости R_{max} микрометр.....	73
KD-700	Некоторые детали, показательные для сварки крепления.....	86
KD-812	Диаметры и число слоев для концентрического многослойного цилиндра горячей посадки.....	89
KD-830.1	Допустимые типы многослойных корпусов	91
KD-830.2	Некоторые допустимые крепления сплошного материала к многослойному	92
KD-830.3	Некоторые допустимые плоские днища со ступицами, соединяющими многослойные корпусные секции	93

KD-830.4	Некоторые допустимые фланцы для многослойных корпусов.....	94
KD-830.5	Некоторые допустимые сварные соединения многослойных с многослойными сечениями и многослойных со сплошными сечениями	94
KD-830.6	Некоторые допустимые крепления патрубков в секциях многослойного корпуса	95
KD-850	Некоторые допустимые опоры для многослойных сосудов	96
KD-900	Конструкция сосуда и рамы с проволочной накруткой	98
KD-911	Условные обозначения для цилиндров с проволочной накруткой.....	99
KD-932	Отклонение расчетной кривой усталости от кривой усталости проволоки..	100
KD-1112	Типичные детали под давлением со стыковыми сварными втулками	108
KD-1121	Соединения между сформованными днищами и корпусами	109
KD-1122	Горловина патрубка, присоединенная к трубе с меньшей толщиной стенки	110
KD-1130	Некоторые допустимые сварные соединения патрубков	111
KD-1131	Допустимое сварное крепление патрубка с полным проплавлением, не подготовленное к радиографическому контролю	112
KD-1260.1	Построение графика коэффициента испытательных параметров	116
KD-1260.2	Построение графика коэффициента испытательных параметров для ускоренных тестов.....	118
Таблицы		
KD-230	Предельные значения напряжения	48
KD-320.1	Табличные значения S_a , фунтов/кв.дюйм (ksi), по указанным рисункам	57
KD-320.1M	Табличные значения S_a , МПа, по указанным рисункам	60
KD-430	Расчет скоростей роста трещин (система единиц США)	76
KD-430M	Расчет скоростей роста трещин (система единиц СИ)	76
ЧАСТЬ KF	ТРЕБОВАНИЯ К ИЗГОТОВЛЕНИЮ	119
Статья KF-1	Основные требования к изготовлению.....	119
KF-100	Общие положения	119
KF-110	Материал.....	119
KF-120	Формовка материала.....	120
KF-130	Допуски для цилиндрических и сферических корпусов и днищ.....	121
Статья KF-2	Дополнительные требования к сварному изготовлению	122
KF-200	Общие требования ко всем швам	122
KF-210	Квалификация сварки и отчетные документы.....	122
KF-220	Допустимые сварные швы и их проверка.....	123
KF-230	Требования к ходу ведения сварочных работ.....	124
KF-240	Устранение дефектов сварного шва	126
Статья KF-3	Требования к изготовлению для материалов с защитной облицовкой.	127
KF-300	Область применения	127
KF-310	Квалификация методов сварки	127
KF-320	Цельноплакированные материалы	128
KF-330	Послесварочная термическая обработка облицовки.....	128
KF-340	Требования к проверке	128
KF-350	Контрольная проверка и испытания.....	129
KF-360	Клеймение и отчеты.....	129
Статья KF-4	Термическая обработка свариваемых деталей	130
KF-400	Термическая обработка свариваемых деталей	130
KF-410	Процедуры нагрева для послесварочной термической обработки	132
KF-420	Послесварочная термическая обработка после проведения ремонта.....	133

Статья KF-5	Дополнительные требования к изготовлению нагартованных сосудов	135
KF-500	Общие положения	135
KF-510	Проверка и ремонт	135
KF-520	Методы нагартовки	135
KF-530	Проверка после нагартовки	135
KF-540	Исправление дефектов после нагартовки	135
KF-550	Клеймение и отчетные документы	135
Статья KF-6	Дополнительные требования к закаленным и отпущенным сталям.....	136
KF-600	Общие положения	136
KF-610	Требования к сварке.....	136
KF-620	Применение временных сварных швов в разрешенных случаях.....	137
KF-630	Послесварочная термическая обработка.....	137
KF-640	Проверка и испытания	138
KF-650	Клеймение и отчеты.....	138
Статья KF-7	Дополнительные требования к материалам, имеющим ограничения по сварке	140
KF-700	Область применения	140
KF-710	Исправление дефектов.....	140
KF-720	Способы формовки кованых днищ.....	140
Статья KF-8	Особые требования к изготовлению многослойных сосудов	141
KF-800	Область применения	141
KF-810	Правила изготовления сосудов методом горячей посадки.....	141
KF-820	Правила, применимые для сварных многослойных сосудов с концентрической накруткой.....	141
KF-830	Термическая обработка свариваемых деталей	148
Статья KF-9	Особые требования к изготовлению сосудов и рам с проволочной накруткой	149
KF-900	Область применения	149
KF-910	Требования к изготовлению.....	149
Статья KF-11	Дополнительные требования к изготовлению сварным старением нержавеющей сталей	151
KF-1100	Общие положения	151
KF-1110	Требования к сварке.....	151
KF-1120	Условия термообработки основных металлов	151
KF-1130	Прихватка, где допустимо.....	151
KF-1140	Послесварочная термообработка	151
KF-1150	Заводские испытания сварных швов	151
KF-1160	Проверка и испытание	152
KF-1170	Ремонтная сварка	152
KF-1180	Послесварочная термообработка после ремонтной сварки.....	152
Рисунки		
KF-131	Примеры разности между максимальным и минимальным диаметрами в цилиндрических корпусах	121
UG-822(a)	Сплошные многослойные и многослойно-многослойные испытательные пластины	143
KF-822(b)	Опытные образцы для квалификации методов сварки.....	144
KF-825.4(a)	Индикаторный след протекания в слое.....	145
KF-825.4(b)	Ракурсный радиографический метод для определения протекания в слое ..	146
KF-826	Площадь зазора между слоями	147

Таблицы		
KF-234	Максимально допустимый сдвиг сварных соединений.....	125
KF-402.1	Требования для послесварочной термической обработки деталей под давлением и креплений (система единиц США).....	131
KF-402.1M	Требования для послесварочной термической обработки деталей под давлением и креплений (система единиц СИ).....	132
KF-630	Требования послесварочной термической обработки для закаленных и отпущенных материалов Таблицы KCS-1 (Система единиц США).....	137
KF-630M	Требования послесварочной термической обработки для закаленных и отпущенных материалов Таблицы KCS-III (Система единиц СИ)	138
ЧАСТЬ KR	УСТРОЙСТВА СБРОСА ДАВЛЕНИЯ	153
Статья KR-1	Общие требования	153
KR-100	Защита от избыточного давления	153
KR-110	Определения	153
KR-120	Типы защиты от избыточного давления	154
KR-130	Размеры открытий и патрубков	155
KR-140	Промежуточные запорные клапаны	155
KR-150	Допустимые значения избыточного давления.....	155
KR-160	Установочные параметры давления	155
Статья KR-2	Минимальные требования к устройствам разрывных дисков	157
KR-200	Материалы для устройств разрывных дисков	157
KR-210	Параметры пропускной способности	157
KR-220	Устройства разрывных дисков, используемые совместно с предо- хранительными клапанами с сертифицированной пропускной способностью.....	157
Статья KR-3	Требования к предохранительным клапанам	159
KR-300	Общие требования	159
KR-310	Конструкционные требования	160
KR-320	Выбор материала.....	160
KR-330	Контрольная проверка изготовления и/или сборки предохранительных клапанов	160
KR-340	Производственные испытания, осуществляемые изготовителем и сборщиком	160
Статья KR-4	Требования к маркировке и клеймению	162
KR-400	Маркировка.....	162
KR-410	Использование клейма с символом согласно стандарту	163
Статья KR-5	Сертификация пропускной способности предохранительных клапанов	164
KR-500	Испытания пропускной способности	164
KR-510	Испытания при повторной сертификации	164
KR-520	Методики проведения испытаний пропускной способности.....	164
KR-530	Преобразование пропускной способности	167
KR-540	Требования к испытательному оборудованию для проведения испытаний пропускной способности	167
KR-550	Отчеты по испытаниям	167
KR-560	Сертификация пропускной способности предохранительных клапанов, устанавливаемых совместно с устройствами разрывных дисков	168
KR-570	Дополнительные испытания устройств разрывных дисков и предохранительных клапанов	168

Рисунки		
KR-401	Официальный символ клейма американского общества инженеров-механиков.....	162
KR-523.3	Постоянная С для газа с соотношением удельных теплоемкостей (американская система единиц измерения)	166
KR-523.3M	Постоянная С для газа с соотношением удельных теплоемкостей (система единиц измерения СИ).....	166
ЧАСТЬ KE	ТРЕБОВАНИЯ К КОНТРОЛЮ	169
Статья KE-1	Требования к методам контроля и квалификации персонала	169
KE-100	Общие положения	169
KE-110	Квалификация и сертификация персонала, осуществляющего неразрушающий контроль.....	169
Статья KE-2	Требования по контролю и восстановлению материала	173
KE-200	Общие требования	173
KE-210	Общие требования по устранению дефектов	173
KE-220	Контроль и восстановление листового металла.....	174
KE-230	Контроль и восстановление кованных деталей и полос	174
KE-240	Контроль и восстановление бесшовных и сварных (без присадочного металла) трубных изделий и арматуры	176
KE-250	Контроль и восстановление трубных изделий и арматуры, сваренных твердым припоем	178
KE-260	Контроль болтов, шпилек и гаек	178
Статья KE-3	Контроль швов и критерии приемки	180
KE-300	Контроль швов и наплавленного металла.....	180
KE-310	Контроль поверхностей подготовки кромки шва	181
KE-320	Типы швов и их контроль.....	181
KE-330	Стандарты приемки	182
Статья KE-4	Окончательный контроль сосудов	184
KE-400	Поверхностный контроль после гидроиспытаний	184
KE-410	Контроль внутренней полости облицованного сосуда по завершению гидроиспытания.....	184
Рисунки		
KE-242.1	Осевое распространение звука в стенке трубы	177
KE-321	Изображение типичного расположения сварных соединений категорий А, В, С и D.....	182
Таблицы		
KE-101	Толщина, назначение пенетрометра, необходимые отверстия и диаметры проводов (единицы измерений, принятые в системе единиц США).....	170
KE-101M	Толщина, назначение пенетрометра, необходимые отверстия и диаметры проводов (единицы измерений, принятые в системе единиц СИ).....	171
KE-332	Рентгенографические стандарты приемки для скругленных индикаторных следов	183
ЧАСТЬ KT	ТРЕБОВАНИЯ К ПРОВЕДЕНИЮ ИСПЫТАНИЙ	185
Статья KT-1	Требования к проведению испытаний	185
KT-100	Область применения	185
KT-110	Требования к темплетам для вырезки образцов для испытаний	185
Статья KT-2	Испытание на удар для сварных сосудов	186
KT-200	Испытания на удар.....	186
KT-210	Местоположение и ориентация образцов	186
KT-220	Испытания на удар для квалификации методов сварки	186

KT-230	Испытание на удар производственных испытательных пластин	186
KT-240	Причины отбраковки	187
Статья KT-3	Гидростатические испытания	188
KT-300	Область применения	188
KT-310	Предельные значения гидростатических испытаний	188
KT-320	Жидкость для гидростатических испытаний	188
KT-330	Метод испытаний	188
KT-340	Исключения для сосудов с нагартовкой	189
Статья KT-4	Манометры и преобразователи	190
KT-400	Тип и количество манометров или преобразователей	190
KT-410	Рабочий диапазон манометров и преобразователей	190
KT-420	Калибровка манометров и преобразователей	190
ЧАСТЬ KS	Маркировка, клеймение, отчеты и записи	191
Статья KS-1	Содержание и метод клеймения	191
KS-100	Обязательная маркировка для сосудов	191
KS-110	Нанесение клейма	192
KS-120	Маркировка деталей	192
KS-130	Нанесение маркировки	192
KS-140	Крепление таблички или бирки	193
Статья KS-2	Получение и использование клейм стандарта	194
KS-200	Клейма стандарта, в которых используются официальные символы	194
KS-210	Заявка на получение свидетельства о признании	194
KS-220	Выдача свидетельства о признании	194
KS-230	Договор о контрольных проверках	194
KS-240	Система обеспечения качества	195
KS-250	Оценка для выдачи и возобновления свидетельства о признании	195
KS-260	Изготовление в соответствии со стандартом до получения свидетельства о признании	195
Статья KS-3	Формы отчетов и хранение отчетной документации	196
KS-300	Отчеты изготовителя	196
KS-310	Хранение рентгеновских пленок	196
KS-320	Хранение отчетной документации	197
Рисунки		
KS-100	Официальный символ, используемый при клеймении для обозначения стандарта Общества американских инженеров	191
KS-132	Форма клейма (система единиц США)	194
ОБЯЗАТЕЛЬНЫЕ ПРИЛОЖЕНИЯ		
1	Условные обозначения	198
2	Система контроля качества	203
3	Представление на рассмотрение технических вопросов в комитет по котлам и сосудам давления	206
4	Признание испытательных лабораторий и уполномоченных наблюдателей для проведения сертификационных испытаний на пропускную способность предохранительных клапанов	208
5	Клеевое закрепление табличек	210
6	Карты скругленных индикаторных следов. Стандарт на условия приемки для определяемых рентгенографическим методом скругленных индикаторных следов в сварных швах	211
7	Стандартные единицы для использования в формулах	219

НЕОБЯЗАТЕЛЬНЫЕ ПРИЛОЖЕНИЯ

A	Руководство по составлению отчетов изготовителя.....	220
B	Повторная оценка.....	230
C	Руководство для информации, содержащейся в свидетельстве о признании.....	231
D	Расчеты по механике разрушений	233
E	Детали конструкций.....	243
F	Одобрение новых материалов в соответствии со стандартом ASME по котлам и сосудам давления	249
G	Правила проектирования зажимных соединений.....	250
H	Открытия и их армирование.....	260
I	Рекомендации по использованию единиц традиционной американской системы и системы СИ в стандарте по котлам и сосудам давления ASME.....	265
J	Коэффициент концентрации напряжений для поперечных отверстий в цилиндрах с замкнутым концом и прямоугольных блоках	268
Указатель	.....	272

ПРЕДИСЛОВИЕ

Американским обществом инженеров-механиков в 1911 г. был создан комитет с целью формулировки стандартных правил для строительства паровых котлов и других сосудов высокого давления. В настоящее время данный комитет называется «Комитет по отопительным котлам и сосудам высокого давления».

Функцией данного Комитета является разработка правил безопасности, относящихся исключительно к герметичности конструкции, регулирующих строительство паровых котлов, сосудов высокого давления, транспортных цистерн и компонентов ядерных энергетических установок; а также контроль в процессе эксплуатации герметичности ядерных компонентов и транспортных цистерн и разъяснение этих правил в случае возникновения вопросов по их назначению. Данный Стандарт не затрагивает другие вопросы безопасности, относящиеся к строительству паровых котлов, сосудов высокого давления, транспортных цистерн и компонентов ядерных энергетических установок, а также контроля в процессе эксплуатации ядерных компонентов и транспортных цистерн. Пользователю данного Стандарта надлежит обратиться к другим соответствующим стандартам, законодательным и нормативным актам, либо к другим важным документам. За небольшими исключениями правила в практических целях не отражают вероятность и последствия разрушений в процессе обслуживания, связанные с конкретными рабочими жидкостями или внешними условиями эксплуатации. С учетом этого Комитет одобрил в этой Части большое количество строительных норм, позволяющих пользователю выбрать те, которые обеспечивают большой запас эксплуатационной прочности сосуда высокого давления для рационально долгого, безопасного срока годности. Соответственно с этим Стандарт не предназначен для использования в качестве руководства по конструированию; поэтому при выборе норм Стандарта, подходящих для конкретной работы или цели, следует использовать инженерную оценку.

Данный Стандарт содержит обязательные требования, особые ограничения и необязательные руководства по строительным работам. В Стандарте не описываются все аспекты строительных работ, те аспекты, которые специально не оговорены, не следует считать запрещенными. Данный Стандарт не является пособием и не может заменить образования, опыта и инженерной оценки. Выражение *инженерная оценка* означает техническую оценку, выполняемую знающим инженером-конструктором, имеющим опыт в применении данного Стандарта. Инженерная оценка должна согласовываться с принципами данного Стандарта, и такие оценки никогда не должны опровергать или отменять обязательные требования или специальные запреты, которые имеются в данном Стандарте.

Комитет признает, что используемые для проектирования и анализа инструменты и методы меняются, так же, как и технологические процессы, и предполагает, что инженеры-конструкторы при применении данных инструментов используют тщательный расчет. Конструктор несет ответственность за соблюдение норм Стандарта и обнаружение соответствия формулам, приведенным в Стандарте, если они носят обязательный характер. Данный Стандарт не требует и не запрещает использование компьютеров для проектирования или анализа компонентов, построенных в соответствии с требованиями данного Стандарта. Тем не менее, конструкторы и инженеры, применяющие компьютерные программы для проектирования и анализа должны быть предостережены о том, что они несут ответственность за все технические допущения, присущие программам, которые они используют, а также несут ответственность за использование данных программ при проектировании.

Данный Стандарт не в полной мере регулирует допуски. Если допуски для размеров, величин или других параметров не указаны, значения данных параметров считаются номинальными, а разрешенные допуски или местные отклонения могут считаться приемлемыми, если они основаны на конструкторских соображениях и стандартных методах, определяемых конструктором.

«Комитет по паровым котлам и сосудам высокого давления» занимается проблемами обслуживания и контроля эксплуатируемых котлов и сосудов давления в той степени, в какой предлагаемые правила служат для оказания практической помощи владельцам и их инспекторам.

Правила, установленные Комитетом, нельзя рассматривать как утверждение, рекомендацию или одобрение какой-либо патентованной или специальной конструкции или как ограничение изготовителя в выборе способа проектирования или формы конструкций, соответствующих правилам Стандарта.

«Комитет по котлам и сосудам высокого давления» регулярно собирается для пересмотра правил, введения новых правил, вызванных технологическими достижениями, анализа Технических решений к Стандарту и запросов на разъяснения. Только «Комитет по котлам и сосудам высокого давления» имеет право давать официальные разъяснения настоящего Стандарта. Запросы на пересмотр, новые правила, Технические решения к Стандарту или разъяснения нужно направлять в секретариат в письменном виде с указанием всех подробностей, чтобы они были изучены и в отношении их были приняты решения (см. «Обязательное приложение по подготовке технических запросов»). Предлагаемые изменения Стандарта по результатам запросов передаются в Главный комитет для принятия соответствующего решения. Решение Главного комитета вступает в силу только после его подтверждения Комитетом путем письменного голосования и утверждения ASME.

¹ Термин *Строительство* в том значении, в котором он применяется в предисловии, является всеобъемлющим и включает в себя материалы, проектирование, изготовление, осмотр, проверку, испытание, сертификацию и сброс давления.

Предлагаемые изменения Стандарта, утвержденные Комитетом, передаются в Американский национальный институт стандартов и публикуются на сайте <http://cstools.asme.org/cconnect/public/index.cfm?PublicReview=Revisions> для того, чтобы получить замечания от всех заинтересованных лиц. После истечения срока, отведенного на изучение общественностью и окончательное утверждение ASME, эти изменения ежегодно публикуются в качестве Дополнений к Стандарту.

Технические решения к Стандарту могут использоваться при строительстве элементов, которые должны быть замаркированы символом Стандарта ASME, начиная с даты их утверждения ASME.

После того, как изменения Стандарта утверждены ASME, они могут использоваться, начиная от даты публикации, указанной в Дополнении. Изменения, за исключением изменений технических условий (ТУ) на материалы в Секции II, Части А и В, становятся обязательными через 6 месяцев с момента публикации, за исключением котлов и сосудов давления, контракты на поставку которых были заключены до окончания этого шестимесячного периода. Изменения ТУ на материалы предлагаются Американским обществом по испытаниям и материалам (ASTM) и другими признанными национальными или международными организациями и обычно принимаются ASME. Однако эти изменения могут оказывать, но могут и не оказывать влияния на пригодность материалов, изготовленных в соответствии с ранними изданиями ТУ для применения в конструкциях ASME. ТУ ASME на материалы, утвержденные для использования в каждом строительном Стандарте, перечислены в Приложениях к Секции II, Части А и В. В этих Приложениях для каждого ТУ приведено самое последнее издание, принятое ASME, а также более ранние и более поздние издания, которые ASME считает идентичными для строительства по правилам ASME.

«Комитет по котлам и сосудам высокого давления» при формулировании своих правил и при установлении максимального расчетного и рабочего давления учитывает материалы, конструкцию, методы изготовления и контроля и устройства обеспечения безопасности.

Комитет не предписывает, должен ли элемент строиться согласно положениям Стандарта. Чтобы идентифицировать элементы и параметры, рассмотренные Комитетом при формулировании правил Стандарта, была установлена область применения для каждой Секции.

Вопросы или разногласия, касающиеся соответствия конкретного элемента правилам Стандарта, следует направлять Держателю

сертификата ASME (изготовителю). Запросы, касающиеся разъяснений к Стандарту, следует направлять в «Комитет ASME по котлам и сосудам высокого давления».

При возникновении вопросов, касающихся неправильного применения символа Стандарта ASME, следует известить об этом ASME. Технические условия на материалы, приведенные в Секции II, являются идентичными или подобными ТУ, опубликованным ASTM, AWS и другими признанными национальными или международными организациями.

Если в ТУ ASME на материал дана ссылка на документ ТУ, изданный не ASME, но для которого есть аналог ТУ ASME, то эту ссылку следует интерпретировать как относящуюся к ТУ ASME на материал. Не все материалы, включенные в ТУ на материалы в Секции II, были приняты для использования в Стандарте. Использование ограничивается теми материалами и марками, которые приняты, по меньшей мере, в одной из других Секций данного Стандарта для применения в соответствии с правилами этой Секции. Все материалы, разрешенные этими Секциями и используемые при строительстве в рамках области применения этих правил, должны поставляться в соответствии с ТУ на материалы, приведенные в Секции II или упоминаемые в Приложениях А Секции II, Части А и В, если в Технических решениях к Стандарту или соответствующей Секции Стандарта не оговаривается иное. Материалы, охваченные этими ТУ, приемлемы для использования в изделиях, предусмотренных Секциями данного Стандарта только в той мере, в которой это указано в применяемой Секции. Материалы, включенные в данный Стандарт, предпочтительно заказывать, изготовлять и документировать на этой основе; в Приложении А к Секции II, Часть А, и Приложении А к Секции II, Часть В, перечисляются издания ASME и годы издания ТУ, которые отвечают требованиям ASME и которые могут использоваться при строительстве по правилам Стандарта. Материал, изготовленный в соответствии с приемлемыми ТУ, требования которых отличаются от требований соответствующих ТУ, перечисленных в Приложении А Части А или В, может также использоваться в соответствии с вышеизложенным при условии, что изготовитель материала или сосуда удостоверит соответствие этого материала требованиям ТУ, перечисленным в Приложении А Части А или В, свидетельством, приемлемым для Уполномоченного инспектора. Применение материала, изготовленного в соответствии с приемлемыми ТУ на материалы, не ограничивается страной происхождения.

В зависимости от контекста данной Секции, единственное число может рассматриваться как множественное и наоборот; а женский, мужской и средний род следует использовать так, как это необходимо по тексту.

ИЗЛОЖЕНИЕ ПРИНЦИПОВ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СИМВОЛА СТАНДАРТА И РАЗРЕШЕНИЕ НА ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭТОГО СИМВОЛА В РЕКЛАМЕ

ASME установило процедуры, разрешающие уполномоченным организациям выполнять различные виды работ в соответствии с требованиями Стандарта ASME по котлам и сосудам давления. Задачей Американского общества инженеров-механиков является обеспечение признания организаций, получивших разрешение. Организация, получившая разрешение на выполнение различных видов деятельности в соответствии с требованиями Стандарта, может описывать свои возможности в рекламных изданиях.

Организациям, которые получили разрешение на использование символа Стандарта для маркировки изделий или конструкций, построенных и испытанных в соответствии с требованиями Стандарта ASME по котлам и сосудам давления, выдаются соответствующие Сертификаты. Общество поставило своей целью поддерживать статус символа Стандарта на благо потребителей, исполнительных органов и держателей символов, которые выполняют все требования.

С учетом этих задач приняты следующие принципы использования факсимильного изображения символов, сертификатов и ссылок на Стандарт в рекламе. Американское общество инженеров-механиков не занимается утверждением, сертификацией, оценкой или одобрением

изделий, конструкций или видов работ, поэтому не следует делать каких-либо прямых или косвенных заявлений на подобную тему. Если организация получила разрешение на использование символа Стандарта и (или) Сертификата, то она может указывать в рекламных изданиях, что изделия, конструкции и (или) виды работ построены (изготовлены или выполнены) в соответствии с требованиями Стандарта ASME по котлам и сосудам давления, или отвечают требованиям Стандарта ASME по котлам и сосудам давления.

Символ ASME следует использовать только на клеймах и табличках, как установлено в Стандарте. Вместе с тем, можно использовать факсимиле в целях подтверждения разрешения на использование конструкции. Ассоциации или общества и держатель символа Стандарта могут также использовать факсимиле для рекламы, чтобы показать, какие именно изделия будут нести этот символ. Общее использование разрешается только в тех случаях, когда все изделия изготовителя соответствуют правилам Стандарта.

Логотип ASME, представляющий собой лист клевера с надписью ASME внутри него, не должен использоваться никакой другой организацией, кроме ASME.

ИЗЛОЖЕНИЕ ПРИНЦИПОВ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МАРКИРОВКИ ASME ДЛЯ ИДЕНТИФИКАЦИИ ГОТОВЫХ ИЗДЕЛИЙ

В Стандарте ASME по котлам и сосудам давления содержатся правила строительства котлов, сосудов давления и ядерных компонентов. Они включают в себя требования к материалам, проектированию, изготовлению, проверке, контролю и клеймению. Изделия, сконструированные в соответствии со всеми применимыми правилами Стандарта, маркируются клеймом с официальным символом Стандарта, описанным в основной Секции Стандарта.

Такие маркировки, как ASME, «Стандарт ASME» или любые другие маркировки с использованием надписи ASME, а также различные символы Стандарта не разрешается

использовать на изделии, изготовленном не в соответствии со всеми действующими требованиями Стандарта.

Не разрешается указывать изделия на бланке отчета ASME или любых других бланках с надписью ASME, которые подразумевают выполнение всех требований Стандарта, если они не были выполнены на самом деле. Бланки отчета об изделиях, которые не полностью соответствуют требованиям ASME, не должны иметь надписи ASME, в противном случае на бланках нужно указать все отступления от требований ASME.

ПЕРСОНАЛ

Комитет ASME по котлам и сосудам давления, подкомитеты, подгруппы и рабочие группы

По состоянию на 1 января 2007 г.

ГЛАВНЫЙ КОМИТЕТ

G. G. Karcher, <i>председатель</i>	U. R. Miller
J. G. Feldstein, <i>зам. председателя</i>	P. A. Molvie
J. S. Brzuszkiewicz, <i>секретарь</i>	C. C. Neely
R. W. Barnes	W. E. Norris
R. J. Basile	G. C. Park
J. E. Batey	T. P. Pastor
D. L. Berger	M. D. Rana
M. N. Bressler	B. W. Roberts
D. A. Canonico	F. J. Schaaf, Jr.
R. P. Deubler	A. Selz
D. A. Douin	R. W. Swayne
R. E. Gimple	D. E. Tanner
M. Gold	S. V. Voorhees
T. E. Hansen	F. B. Kovacs, <i>кандидат в члены</i>
C. L. Hoffmann	R. A. Moen, <i>почетный член</i>
D. F. Landers	T. Tahara, <i>представитель</i>
W. M. Lundy	
J. R. MacKay	

ИСПОЛНИТЕЛЬНЫЙ КОМИТЕТ (ПРИ ГЛАВНОМ КОМИТЕТЕ)

J. G. Feldstein, <i>председатель</i>	T. P. Pastor
G. G. Karcher, <i>зам. председателя</i>	A. Selz
J. S. Brzuszkiewicz, <i>секретарь</i>	D. E. Tanner
R. W. Barnes	D. A. Canonico, <i>член по должности</i>
D. L. Berger	M. Kotb, <i>член по должности</i>
M. Gold	
G. C. Park	

ПОЧЕТНЫЕ ЧЛЕНЫ (ГЛАВНОГО КОМИТЕТА)

F. P. Barton	M. H. Jawad
R. D. Bonner	A. J. Justin
R. J. Bosnak	E. L. Kemmler
R. J. Cepluch	W. G. Knecht
L. J. Chockie	J. LeCoff
T. M. Cullen	T. G. McCarty
W. D. Doty	G. C. Millman
J. R. Farr	R. F. Reedy
G. E. Feigel	W. E. Somers
R. C. Griffin	K. K. Tarn
O. F. Hedden	L. P. Zick, Jr.
E. J. Hemzy	

КОМИТЕТ ПО НАГРАДАМ И ПООЩЕНИЯМ

J. R. MacKay, <i>председатель</i>	W. L. Haag, Jr.
M. Gold, <i>зам. председателя</i>	S. F. Harrison, jr.
G. Moino, <i>секретарь</i>	R. M. Jessee
R. J. Basile	W. C. Larochele
J. E. Batey	T. P. Pastor
D. L. Berger	A. Selz
J. G. Feldstein	R. R. Stevenson
F. E. Gregor	

МОРСКАЯ СОГЛАСИТЕЛЬНАЯ ГРУППА

H. N. Patel, <i>председатель</i>	R. J. Petow
L. W. Douthwaite	

КОМИТЕТ ПО КОНФЕРЕНЦ-СВЯЗИ

D. A. Douin — Иллинойс (<i>председатель</i>)	D. C. Cook — Калифорния
R. D. Reetz — Северная Дакота (<i>зам. председателя</i>)	R. A. Coomes — Кентукки
D. E. Tanner — Огайо (<i>секретарь</i>)	D. Eastman — Ньюфаундленд и Лабрадор, Канада
R. J. Aben, Jr. — Мичиган	G. L. Ebeyer — Луизиана
J. S. Aclaro — Калифорния	E. Everett — Джорджия
A. E. Adkins — Зап. Виржиния	J. M. Given, Jr. — Северная Каролина
J. T. Amato — Миннесота	P. Hackford — Юта
E. A. Anderson — Иллинойс	R. J. Handy — Кентукки
F. R. Andrus — Орегон	J. B. Harlan — Делавэр
B. P. Anthony — Род-Айленд	M. L. Holloway — Оклахома
R. D. Austin — Колорадо	K. Hynes — Принс Эдвард остров, Канада
E. W. Bachellier — Нунавут Канада	D. E. Jagger — Огайо
M. M. Barber — Мичиган	D. J. Jenkins — Канзас
R. W. Bartlett — Аризона	S. Katz — Британская Колумбия, Канада
F. P. Barton — Виржиния	M. Kotb — Квебек, Канада
M. Bishop — Британская Колумбия, Канада	K. T. Lau — Альберта, Канада
W. K. Brigham — Нью- Гемпшир	M. A. Malek — Флорида
D. E. Burns — Небраска	G. F. Mankel — Невада
J. H. Burpee — Мэн	R. D. Marvin II — Вашингтон
C. J. Castle — Нова Скотия, Канада	I. W. Mault — Манитоба, Канада
P. A. Conklin — Нью-Йорк	H. T. McEwen — Миссисипи

КОМИТЕТ ПО КОНФЕРЕНЦ-СВЯЗИ (продолжение)

R. D. Mile — Онтарио, Канада
 M. F. Mooney — Массачусетс
 G. R. Myrick — Арканзас
 Y. Nagraul — Гавайи
 W. R. Owens — Луизиана
 T. M. Parks — Техас
 R. P. Pate — Алабама
 J. D. Payton — Пенсильвания
 M. R. Peterson — Аляска
 H. D. Pfaff — Южная Дакота
 J. L. Pratt — Миссури
 D. C. Price — Территория Юкон, Канада

R. S. Pucek — Висконсин
 D. E. Ross — Нью-Брансвик Канада
 N. Surtees — Саскачеван, Канада
 M. R. Toth — Теннеси
 M. J. Verhagen — Висконсин
 M. Washington — Нью-Джерси
 R. B. West — Айова
 M. J. Wheel — Вермонт
 D. J. Willis — Индиана
 E. Zarate — Аризона

ГРУППА ПО СОСУДАМ ВОДОРОДА ПРОЕКТА ВРV

M. D. Rana, *председатель*
 G. M. Eisenberg, *секретарь*
 F. L. Brown
 D. A. Canonico
 D. C. Cook
 J. W. Felbaum
 T. Joseph
 J. M. Lacy
 N. L. Newhouse
 G. B. Rawls, Jr.
 J. R. Sims, Jr.
 N. Sirosh
 J. H. Smith
 S. Staniszewski
 T. Tahara
 D. W. Treadwell
 E. Uptis
 C. T. L. Webster
 H. Barthelemy, *член-корреспондент*

R. C. Biel, *член-корреспондент*
 J. Cameron, *член-корреспондент*
 M. Duncan, *член-корреспондент*
 D. R. Frikken, *член-корреспондент*
 L. E. Hayden, Jr., *член-корреспондент*
 K. T. Lau, *член-корреспондент*
 K. Oyamada, *член-корреспондент*
 C. H. Rivkin, *член-корреспондент*
 C. San Marchi, *член-корреспондент*
 B. Somerday, *член-корреспондент*

ГРУППА РАССМОТРЕНИЯ ТРЕБОВАНИЙ С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ МЕЖДУНАРОДНОЙ ПЕРСПЕКТИВЫ

V. Felix
 S. H. Leong
 W. Lin
 C. Minu

Y. Park
 P. Williamson
 Y. Kim, *представитель*

ПОДКОМИТЕТ ПО ЭНЕРГЕТИЧЕСКИМ КОТЛАМ (SC I)

D. L. Berger, *председатель*
 B. W. Roberts, *зам. председателя*
 U. D'Urso, *секретарь*
 D. A. Canonico
 K. K. Coleman
 P. D. Edwards
 J. G. Feldstein
 J. Hainsworth
 T. E. Hansen
 J. S. Hunter
 C. F. Jeerings
 J. P. Libbrecht

W. L. Lowry
 J. R. MacKay
 T. C. McGough
 R. E. McLaughlin
 P. A. Molvie
 Y. Oishi
 J. T. Pillow
 R. D. Schueler, Jr.
 J. P. Swezy, Jr.
 J. M. Tanzosh
 R. V. Wielgoszinski
 D. J. Willis

Почетные члены (SC I)

D. N. French
 W. E. Somers

R. L. Williams

Подгруппа по проектированию (SC I)

P. A. Molvie, *председатель*
 G. L. Hiler, *секретарь*
 M. L. Coats
 J. D. Fishburn
 J. P. Claspie
 C. F. Jeerings
 G. B. Komora

J. P. Libbrecht
 J. C. Light
 B. W. Moore
 R. D. Schueler, Jr.
 J. L. Seigle
 J. P. Swezy, Jr.
 S. V. Torkildson

Подгруппа по изготовлению и контролю (SC I)

J. T. Pillow, *председатель*
 J. L. Arnold
 D. L. Berger
 S. W. Cameron
 G. W. Galanes
 J. Hainsworth

T. E. Hansen
 T. C. McGough
 R. E. McLaughlin
 Y. Oishi
 R. V. Wielgoszinski

Подгруппа по общим требованиям (SC I)

R. E. McLaughlin, *председатель*
 J. Hainsworth, *секретарь*
 G. Cook
 P. D. Edwards
 T. E. Hansen
 W. L. Lowry
 F. Massi

T. C. McGough
 J. T. Pillow
 D. Tompkins
 S. V. Torkildson
 R. V. Wielgoszinski
 D. J. Willis

Подгруппа по материалам (SC I)

B. W. Roberts, *председатель*
 J. S. Hunter, *секретарь*
 D. A. Canonico
 K. K. Coleman
 G. W. Galanes
 K. L. Hayes

J. F. Henry
 J. P. Libbrecht
 J. R. MacKay
 F. Masuyama
 J. M. Tanzosh

Подгруппа по трубопроводам (SC I)

T. E. Hansen, *председатель*
 D. L. Berger
 P. D. Edwards
 G. W. Galanes
 W. L. Lowry

F. Massi
 T. C. McGough
 D. Tompkins
 E. A. Whittle

Исследовательская группа по теплоутилизационным парогенераторам (SC I)

T. E. Hansen, *председатель*
 E. M. Ortman, *секретарь*
 R. W. Anderson
 J. P. Bell
 L. R. Douglas
 J. D. Fishburn
 G. B. Komora
 J. P. Libbrecht
 D. L. Marriott

B. W. Moore
 A. L. Plumley
 R. D. Schueler, Jr.
 J. C. Steverman, Jr.
 S. R. Timko
 D. Tompkins
 S. V. Torkildson
 B. C. Turczynski
 E. A. Turhan

ПОДКОМИТЕТ ПО МАТЕРИАЛАМ (SC II)

J. F. Henry, *председатель*
 M. Cold, *зам. председателя*
 N. Lobo, *секретарь*
 F. Abe
 D. C. Agarwal
 W. R. Applett, Jr.
 A. Appleton
 M. N. Bressler
 H. D. Bushfield
 J. Cameron
 D. A. Canonico
 A. Chaudouet
 P. Fallouey
 D. W. Gandy
 M. H. Gilkey
 J. F. Grubb

C. L. Hoffmann
 P. A. Larkin
 F. Masuyama
 R. K. Nanstad
 M. L. Nayyar
 E. G. Nisbett
 D. W. Rahoi
 B. W. Roberts
 E. Shapiro
 R. C. Sutherlin
 R. W. Swindeman
 J. M. Tanzosh
 B. E. Thurgood
 R. A. Moen, *почетный член*
 D. Kwon,
представитель

Почетные члены (SC II)

A. P. Ahrendt
 T. M. Cuilen
 R. Dirscherl
 W. D. Doty
 W. D. Edsall

J.-J. Heger
 G. C. Hsu
 R. A. Moen
 C. E. Spaeder, Jr.
 A. W. Zeuthen

Подгруппа по внешнему давлению (SC II и SC-D)

R. W. Mikitka, *председатель*
 J. A. A. Morrow, *секретарь*
 L. F. Campbell
 D. S. Griffin
 J. F. Crubb

M. Katcher
 D. L. Kurie
 E. Michalopoulos
 D. Nadel
 C. H. Sturgeon

Подгруппа по ТУ на материалы, содержащие железо (SC I)

E. G. Nisbett, *председатель*
 A. Appleton, *зам. председателя*
 R. M. Davison
 B. M. Dingman
 M. J. Dossourian
 T. Graham
 J. F. Grubb
 K. M. Hottle
 D. S. Janikowski

D. C. Krouse
 L. J. Lavezzi
 W. C. Mack
 J. K. Mahaney
 A. S. Melilli
 K. E. Orié
 E. Uptis
 R. Zawierucha
 A. W. Zeuthen

Подгруппа по международным ТУ на материалы (SC I)

W. M. Lundy, *председатель*
 A. Chaudouet, *зам. председателя*
 J. P. Gasparie, *секретарь*
 D. C. Agarwal
 H. D. Bushfield
 D. A. Canonico
 P. Fallouey
 A. F. Garbolevsky

D. O. Henry
 M. Higuchi
 H. Lorenz
 A. R. Nywening
 R. D. Schueler, Jr.
 E. A. Steen
 E. Uptis
 D. Kwon, *представитель*

Подгруппа по сплавам цветных металлов (SC II)

D. W. Rahoi, *председатель*
 M. Katcher, *секретарь*
 D. C. Agarwal
 W. R. Applett, Jr.
 H. D. Bushfield
 L. G. Coffee
 M. H. Gilkey
 J. F. Grubb
 E. L. Hibner
 G. C. Hsu

A. G. Kireta, Jr.
 J. Kissell
 P. A. Larkin
 H. Matsuo
 J. A. McMaster
 D. T. Peters
 E. Shapiro
 R. C. Sutherlin
 R. Zawierucha

Подгруппа по прочности сплавов на железной основе (SC II)

C. L. Hoffmann, *председатель*
 J. M. Tanzosh, *секретарь*
 F. Abe
 W. R. Applett, Jr.
 D. A. Canonico
 K. K. Coleman
 P. Fallouey
 M. Gold
 J. F. Henry
 E. L. Hibner

F. Masuyama
 H. Matsuo
 H. Murakami
 D. W. Rahoi
 B. W. Roberts
 M. S. Shelton
 R. W. Swindeman
 B. E. Thurgood
 T. P. Vassallo, Jr.

Подгруппа по физическим свойствам (SC II)

J. F. Grubb, *председатель*
 D. C. Agarwal
 H. D. Bushfield

P. Fallouey
 E. Shapiro

Подгруппа по прочности сварных конструкций (SC II и SC IX)

J. M. Tanzosh, *председатель*
 W. F. Newell, Jr., *секретарь*
 K. K. Coleman
 P. D. Flenner
 D. W. Gandy
 K. L. Hayes

J. F. Henry
 D. W. Rahoi
 B. W. Roberts
 W. J. Sperko
 B. E. Thurgood

Подгруппа по жесткости (SC II и SC VIII)

W. S. Jacobs, *председатель*
 J. L. Arnold
 R. J. Basile
 J. Cameron
 H. E. Gordon
 D. C. Lamb

K. Mokhtarian
 C. C. Neely
 T. T. Phillips
 M. D. Rana
 D. A. Swanson
 E. Uptis

Специальная рабочая группа по неметаллическим материалам (SC II)

C. W. Rowley, *председатель*
 F. L. Brown
 S. R. Frost
 P. S. Hill

M. R. Kessler
 R. H. Walker
 J. W. Wegner
 F. Worth

ПОДКОМИТЕТ ПО ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГИИ (SC III)

R. W. Barnes, *председатель*
 R. M. Jessee,
зам. председателя
 C. A. Sanna, *секретарь*
 W. H. Borter
 M. N. Bressler
 J. R. Cole
 R. E. Cornman, Jr.
 R. P. Deubler
 B. A. Erler
 G. M. Foster
 R. S. Hill III
 C. L. Hoffmann
 C. C. Kim

V. Kostarev
 D. F. Landers
 W. C. LaRochelle
 K. A. Manoly
 E. A. Mayhew
 W. N. McLean
 D. K. Morton
 O. O. Oyamada
 R. F. Reedy
 B. B. Scott
 J. D. Stevenson
 K. R. Wichman
 Y. H. Choi, *представитель*

Почетные члены (SC III)

R. J. Bosnak
 E. B. Branch
 W. D. Doty

F. R. Drahos
 R. A. Moen
 C. J. Pieper

**Подгруппа по системам изоляции упаковок
для транспортирования отработанного топлива
и высокорadioактивных отходов (SC III)**

G. M. Foster, <i>председатель</i>	A. B. Meichler
G. J. Solovey, <i>зам. председателя</i>	R. E. Nickell
D. K. Morton, <i>секретарь</i>	E. L. Pleins
W. H. Borter	T. Saegusa
G. R. Cannell	H. P. Shrivastava
E. L. Farrow	N. M. Simpson
R. S. Hill III	R. H. Smith
D. W. Lewis	J. D. Stevenson
C. G. May	C. J. Temus
P. E. McConnell	P. Turula
L. D. McInnes	A. D. Watkins

Подгруппа по проектированию (SC III)

R. P. Deubler, <i>председатель</i>	D. F. Landers
R. S. Hill III, <i>зам. председателя</i>	K. A. Manoly
A. N. Nguyen, <i>секретарь</i>	R. J. Masterson
T. M. Adams	W. N. McLean
M. N. Bressler	J. C. Minichiello
C. W. Bruny	M. Morishita
D. L. Caidwell	F. F. Naguib
J. R. Cole	T. Nakamura
R. E. Cornman, Jr.	W. Z. Novak
A. A. Dermenjian	E. L. Pleins
P. Hirschberg	I. Saito
R. I. Jetter	G. C. Slagis
R. B. Keating	J. D. Stevenson
J. F. Kielb	J. P. Tucker
H. Kobayashi	K. R. Wichman

Рабочая группа по опорам (SG-D) (SC III)

R. J. Masterson, <i>председатель</i>	I. Saito
F. J. Birch, <i>секретарь</i>	J. R. Stinson
U. S. Bandyopadhyay	T. G. Terry ah
R. P. Deubler	D. V. Walshe
W. P. Golini	C.-I. Wu
A. N. Nguyen	

**Рабочая группа по опорной конструкции
активной зоны (SG-D) (SC III)**

J. F. Kielb, <i>председатель</i>	J. F. Mullooly
J. T. Land	

Working Group on Design Methodology (SG-D)

R. B. Keating, <i>председатель</i>	D. F. Landers
P. L. Anderson, <i>секретарь</i>	W. S. Lapay
T. M. Adams	H. Lockert
M. K. Au-Yang	J. F. McCabe
R. D. Blevins	P. R. Olson
D. L. Caidwell	J. D. Stevenson
M. Hartzman	J. Yang
H. Kobayashi	

**Рабочая группа по проектированию герметичных
сосудов Раздела 3 (SG-D) (SC III)**

E. L. Pleins, <i>председатель</i>	D. K. Morton
T. M. Adams	R. E. Nickell
G. Bjorkman	H. P. Shrivastava
D. W. Lewis	C. J. Temus
J. D. McInnes	P. Turula
J. C. Minichiello	

Рабочая группа по трубопроводам (SG-D) (SC III)

P. Hirschberg, <i>председатель</i>	D. F. Landers
R. C. Fung, <i>секретарь</i>	J. F. McCabe
T. M. Adams	J. C. Minichiello
C. Basavaraju	A. N. Nguyen
J. Catalano	O. O. Oyamada
J. R. Cole	R. D. Patel
R. J. Gurdal	E. C. Rodabaugh
R. W. Haupt	M. S. Sills
J. Kawahata	G. C. Slagis
R. B. Keating	E. A. Wais
V. Kostarev	C.-I. Wu

**Рабочая группа по вероятностным методам
в проектировании (SG-D) (SC III)**

R. S. Hill III, <i>председатель</i>	S. D. Kulat
T. M. Adams	A. McNeill III
T. Asayama	P. J. O'Regan
B. M. Ayyub	N. A. Palm
T. A. Bacon	I. Saito
A. A. Dermenjian	M. E. Schmidt
M. R. Graybeal	J. P. Tucker
D. O. Henry	R. M. Wilson
E. V. Imbro	

Рабочая группа по насосам (SG-D) (SC III)

R. E. Comman, Jr., <i>председатель</i>	J. W. Leavitt
M. D. Eftychiou	J. E. Livingston
A. A. Fraser	J. R. Rajan
M. Higuchi	A. G. Washburn
G. R. Jones	

Рабочая группа по клапанам (SG-D) (SC III)

J. P. Tucker, <i>председатель</i>	J. D. Page
R. R. Brodin	S. N. Shields
G. A. Jolly	H. R. Sonderegger
W. N. McLean	J. C. Tsacoyeanes
T. A. McMahon	R. G. Visalli

Рабочая группа по сосудам (SG-D) (SC III)

F. F. Naguib, <i>председатель</i>	A. Kainins
G. K. Miller, <i>секретарь</i>	R. B. Keating
C. W. Bruny	K. Matsunaga
G. D. Cooper	D. E. Matthews
M. Hartzman	M. Nakahira
W. J. Heiker	R. M. Wilson

**Специальная рабочая группа по воздействию
на окружающую среду (SG-D) (SC III)**

W. Z. Novak, <i>председатель</i>	S. Yukawa
R. S. Hill III	Y. H. Choi, <i>представитель</i>
C. L. Hoffmann	

Подгруппа по общим требованиям (SC III и SC 3C)

W. C. LaRochelle, <i>председатель</i>	R. D. Mile
C. A. Lizotte, <i>секретарь</i>	M. R. Minick
A. Appleton	B. B. Scott
J. R. Berry	H. K. Sharma
W. P. Golini	W. K. Sowder
E. A. Mayhew	D. M. Vickery
R. P. McIntyre	D. V. Walshe

**Подгруппа по материалам, изготовлению
и контролю (SC III)**

C. L. Hoffmann, <i>председатель</i>	H. Murakami
G. P. Milley, <i>секретарь</i>	M. Nakahira
W. H. Borter	C. J. Pieper
D. M. Doyle	N. M. Simpson
CM. Foster	W. J. Sperko
G. B. Georgiev	J. R. Stinson
R. M. lessee	K. B. Stuckey
C. C. Kim	A. D. Walkins
M. Lau	S. Yukawa

Подгруппа по ограничению давления (SC III)

S. F. Harrison, Jr., <i>председатель</i>	A. L. Szeglin
E. M. Petrosky	D. G. Thibault

**Подгруппа по стратегии и менеджменту
(SC III, Разделы 1 и 2)**

R. W. Barnes, <i>председатель</i>	M. F. Hessheimer
J. R. Cole, <i>секретарь</i>	R. S. Hill III
B. K. Bobo	E. V. Imbro
N. Broom	R. M. Jessee
B. A. Erler	R. F. Reedy
C. M. Faidy	Y. Urabe
J. M. Helmey	

**Специальная рабочая группа по редактированию
и рецензированию (SC III)**

R. F. Reedy, <i>председатель</i>	R. P. Deubler
W. H. Borter	B. A. Erler
M. N. Bressler	W. C. LaRochelle
D. L. Caldwell	J. D. Stevenson

**Проектная группа по компонентам графитных
заполнителей (SC III)**

T. D. Burchell, <i>председатель</i>	O. Gelineau
C. A. Sanna, <i>секретарь</i>	M. N. Mitchell
R. L. Bratton	N. N. Nemeth
M. W. Davies	T. Oku
S. W. Doms	M. Srinivasan
S. F. Duffy	

**ОБЪЕДИНЕННЫЙ КОМИТЕТ АСИ-ASME ПО БЕТОННЫМ
ЭЛЕМЕНТАМ ДЛЯ ЯДЕРНЫХ УСТАНОВОК (SC 3С)**

T. C. Inman, <i>председатель</i>	J. Gutierrez
A. C. Eberhardt, <i>зам. председателя</i>	J. K. Harrold
C. A. Sanna, <i>секретарь</i>	M. F. Hessheimer
N. Alchaar	T. E. Johnson
T. D. Al-Shawaf	N.-H. Lee
J. F. Artuso	B. B. Scott
H. G. Ashar	R. E. Shewmaker
M. Elgohary	J. D. Stevenson
B. A. Erler	A. Y. C Wong
F. Farzam	T. Watson, <i>Liaison Member</i>

ПОДКОМИТЕТ ПО ОТОПИТЕЛЬНЫМ КОТЛАМ (SC IV)

P. A. Molvie, <i>председатель</i>	K. M. McTague
S. V. Voorhees, <i>зам. председателя</i>	B. W. Moore
G. Moino, <i>секретарь</i>	E. A. Nordstrom
T. L. Bedeaux	T. M. Parks
D. C. Bixby	J. L. Seigie
C. Bynog	R. V. Wielgoszinski
J. Calland	F. P. Barton, <i>почетный член</i>
J. P. Chicoine	R. B. Duggan, <i>почетный член</i>
C. M. Dove	R. H. Weigel, <i>почетный член</i>
W. L. Haag, Jr.	J. I. Woodworth, <i>почетный член</i>
J. A. Hall	
J. D. Hoh	
D. J. Jenkins	
W. D. Lemos	

**Подгруппа по обслуживанию и эксплуатации
отопительных котлов (SC IV)**

S. V. Voorhees, <i>председатель</i>	K. M. McTague
T. L. Bedeaux	P. A. Molvie
K. J. Hoey	

Подгруппа по чугунным котлам (SC IV)

K. M. McTague, <i>председатель</i>	P. A. Larkin
T. L. Bedeaux	W. D. Lemos
J. P. Chicoine	C. P. McQuiggan
J. A. Hall	

Подгруппа по материалам (SC IV)

P. A. Larkin, <i>председатель</i>	W. D. Lemos
J. A. Hall	J. L. Seigie

Подгруппа по водоподогревателям (SC IV)

W. L. Haag, Jr., <i>председатель</i>	K. M. McTague
J. Calland	F. J. Schreiner
T. D. Gantt	M. A. Taylor
W. D. Lemos	T. E. Trant

Подгруппа по сварным котлам (SC IV)

T. L. Bedeaux, <i>председатель</i>	E. A. Nordstrom
J. Calland	J. L. Seigie
C. M. Dove	R. V. Wielgoszinski
W. D. Lemos	

**ПОДКОМИТЕТ ПО НЕРАЗРУШАЮЩЕМУ
КОНТРОЛЮ (SC V)**

J. E. Batey, <i>председатель</i>	D. R. Quattlebaum, Jr.
F. B. Kovacs, <i>зам. председателя</i>	F. J. Sattler
S. Vasquez, <i>секретарь</i>	Б. H. Clark, Jr., <i>почетный член</i>
S. J. Akryn	H. C. Graber, <i>почетный член</i>
J. E. Aycock	O. F. Hedden, <i>почетный член</i>
A. S. Birks	J. R. MacKay, <i>почетный член</i>
P. L. Brown	T. G. McCarty, <i>почетный член</i>
N. Y. Faransso	
A. F. Garbolevsky	
G. W. Hembree	
R. W. Kruzic	
J. F. Manning	
R. D. McGuire	

**Подгруппа по общим требованиям, квалификационно
оценке персонала и запросам (SC V)**

R. D. McGuire, *председатель* G. W. Hembree
J. E. Batey J. W. Houf
A. S. Birks I. R. MacKay
N. Y. Faransso J. P. Swezy, Jr.

Подгруппа по методам контроля поверхности (SC V)

A. S. Birks, *председатель* R. W. Kruzic
S. J. Akrin D. R. Quattlebaum, Jr.
P. L. Brown F. J. Sattler
N. Y. Faransso M. J. Wheel
G. W. Hembree

Подгруппа по методам объемного контроля (SC V)

G. W. Hembree, *председатель* R. W. Hardy
S. J. Akrin R. A. Kellerhall
J. E. Aycock F. B. Kovacs
J. E. Batey R. W. Kruzic
P. L. Brown J. F. Manning
N. Y. Faransso F. J. Sattler
A. F. Garbolevsky

Рабочая группа по акустическим эмиссиям (SG-VM) (SC V)

N. Y. Faransso, *председатель* J. E. Batey
J. E. Aycock J. F. Manning

**Рабочая группа по радиографическому контролю
(SG-VM) (SC V)**

F. B. Kovacs, *председатель* A. F. Garbolevsky
S. J. Akrin R. W. Hardy
J. E. Aycock G. W. Hembree
J. E. Batey R. W. Kruzic
P. L. Brown T. L. Plasek
N. Y. Faransso

**Рабочая группа по ультразвуковому контролю
(SG-VM) (SC V)**

R. W. Kruzic, *председатель* R. A. Ketterhali
J. E. Aycock J. F. Manning
N. Y. Faransso M. D. Moles
O. F. Hedden F. J. Sattler

ПОДКОМИТЕТ ПО СОСУДАМ ДАВЛЕНИЯ (SC VIII)

T. P. Pastor, *председатель* C. C. Neely
K. Mokhtarian, *зам.
председателя* D. T. Peters
S. J. Rossi, *секретарь* M. J. Pischke
R. J. Basile M. D. Rana
J. Cameron G. B. Rawls, Jr.
D. B. Demichael S. C. Roberts
J. P. Glaspie C. D. Rodery
M. Gold K. J. Schneider
W. S. Jacobs A. Selz
G. G. Karcher J. R. Sims, Jr.
K. T. Lau E. A. Steen
J. S. Lee K. K. Tam
R. Mahadeen E. Uptis
S. Malone E. L. Thomas, Jr., *почетный
член*
R. W. Mikitka
U. R. Miller

Подгруппа по проектированию (SC III)

U. R. Miller, *председатель* T. P. Pastor
R. E. Knoblock, *секретарь* M. D. Rana
O. A. Barsky G. B. Rawls, Jr.
R. J. Basile S. C. Roberts
M. R. Breach C. D. Rodery
F. L. Brown A. Selz
J. R. Farr S. C. Shah
J. P. Glaspie J. C. Sowinski
C. E. Hinnant C. H. Sturgeon
W. S. Jacobs D. A. Swanson
M. D. Lower K. K. Tam
R. W. Mikitka E. L. Thomas, Jr.
K. Mokhtarian R. A. Whipple

**Подгруппа по изготовлению и контролю
(SC VIII)**

C. D. Rodery, *председатель* C. D. Lamb
E. A. Steen, *зам. председателя* J. S. Lee
J. L. Arnold B. R. Morelock
L. F. Campbell M. J. Pischke
H. E. Gordon M. J. Rice
W. S. Jacobs B. F. Shelley
D. J. Kreft J. P. Swezy, Jr.

Подгруппа по общим требованиям (SC VIII)

S. C. Roberts, *председатель* A. S. Olivares
D. B. Demichael, *секретарь* F. L. Richter
R. J. Basile K. J. Schneider
J. P. Glaspie D. B. Stewart
K. T. Lau D. A. Swanson
M. D. Lower K. K. Tam
C. C. Neely

**Подгруппа по теплообменному оборудованию
(SC VIII)**

R. Mahadeen, *председатель* B. J. Lerch
G. Auriolles, *секретарь* S. Mayeux
S. R. Babka U. R. Miller
J. H. Barbee T. W. Norton
O. A. Barsky F. Osweiler
I. G. Campbell R. J. Stastny
M. D. Clark S. Yokell
J. I. Gordon R. P. Zoldak
M. J. Holtz S. M. Caldwell, *почетный
член*
F. E. Jehrio

**Подгруппа по сосудам высокого давления
(SC VIII)**

J. R. Sims, Jr., *председатель* J. A. Kapp
S. Vasquez, *секретарь* J. Keltjens
L. P. Antalffy D. P. Kendall
R. C. Biel A. K. Khare
D. J. Burns M. D. Mann
P. N. Chaku S. C. Mordre
R. D. Dixon G. J. Mraz
M. E. Dupre E. H. Perez
D. M. Fryer D. T. Peters
W. Hi Her E. D. Roll
A. H. Honza F. W. Tatar
M. M. James S. Terada
P. Jansson

Подгруппа по материалам (SC VIII)

J. Cameron, <i>председатель</i>	W. M. Lundy
E. E. Morgenegg, <i>секретарь</i>	E. G. Nisbett
D. C. Agarwal	D. W. Raho
J. F. Grubb	R. C. Sutherland
E. L. Hibner	E. Uptis
M. Katcher	

Специальная рабочая группа по оборудованию, работающему под давлением, с применением графитовых материалов (SC VIII)

S. Malone, <i>председатель</i>	M. R. Minick
U. D'Urso, <i>секретарь</i>	E. Soltow
F. L. Brown	A. A. Stupica

Специальная рабочая группа по сосудам высокого давления (SC VIII)

S. Vasquez, *секретарь*

Исследовательская группа по сосудам, подверженным динамическим нагрузкам (SC VIII)

R. E. Nickell, <i>председатель</i>	J. E. Didlake, Jr.
G. A. Antaki	T. A. Duffey
D. D. Barker	R. Forgan
R. C. Biel	B. L. Haroldsen
D. W. Bowman	H. L. Heaton
D. L. Caldwell	E. A. Rodriguez
A. M. Clayton	J. R. Sims, Jr.

ПОДКОМИТЕТ ПО СВАРКЕ (SC IX)

J. G. Feldstein, <i>председатель</i>	R. D. McGuire
W. J. Sperko, <i>зам. председателя</i>	B. R. Newmark
J. D. Wendler, <i>секретарь</i>	A. S. Olivares
D. A. Bowers	M. J. Pischke
R. K. Brown, Jr.	S. D. Reynolds, Jr.
M. L. Carpenter	M. J. Rice
L. P. Connor	M. B. Sims
P. D. Flenner	G. W. Spohn III
J. M. Given, Jr.	M. J. Stanko
J. S. Lee	P. L. Van Fosson
W. M. Lundy	R. R. Young

Подгруппа по пайке (SC IX)

M. J. Pischke, <i>председатель</i>	A. F. Garbolevsky
E. W. Beckman	C. F. Jeerings
L. F. Campbell	J. P. Swezy, Jr.
M. L. Carpenter	

Подгруппа по общим требованиям (SC IX)

B. R. Newmark, <i>председатель</i>	H. B. Porter
P. R. Evans	P. L. Sturgill
R. M. Jessee	K. R. Willens
A. S. Olivares	

Подгруппа по материалам (SC IX)

M. L. Carpenter, <i>председатель</i>	T. Melfi
J. L. Arnold	S. D. Reynolds, Jr.
M. Bernasek	C. E. Sainz
L. P. Connor	W. J. Sperko
R. M. Ilessee	M. J. Stanko
C. C. Kim	R. R. Young

Подгруппа по квалификационной оценке рабочих характеристик (SC IX)

D. A. Bowers, <i>председатель</i>	K. L. Hayes
V. A. Bell	J. S. Lee
L. P. Connor	W. M. Lundy
R. B. Corbit	R. D. McGuire
P. R. Evans	M. B. Sims
P. D. Flenner	G. W. Spohn III
J. M. Given, Jr.	

Подгруппа по квалификационной оценке процедур (SC IX)

D. A. Bowers, <i>председатель</i>	M. B. Sims
M. J. Rice, <i>секретарь</i>	W. J. Sperko
M. Bernasek	S. A. Sprague
R. K. Brown, Jr.	J. P. Swezy, Jr.
A. S. Olivares	P. L. Van Fosson
S. D. Reynolds, Jr.	T. C. Wiesner

Почетный член (SC IX)

W. K. Scattergood

ПОДКОМИТЕТ ПО СОСУДАМ ДАВЛЕНИЯ ИЗ ВОЛОКНИТА (SC X)

D. Eisberg, <i>председатель</i>	J. C. Murphy
P. J. Conlisk, <i>зам. председателя</i>	O. J. Painter
S. Vasquez, <i>секретарь</i>	D. J. Pinell
F. L. Brown	G. Ramirez
J. L. Bustillos	J. R. Richter
T. W. Cowley	J. A. Rolston
T. J. Fowler	B. F. Shelley
D. H. Hodgkinson	F. W. Van Name
L. E. Hunt	D. O. Yancey, Jr.
D. L. Keeler	P. H. Ziehl
B. M. Linnemann	

ПОДКОМИТЕТ ПО КОНТРОЛЮ ЯДЕРНЫХ РЕАКТОРОВ В ПРОЦЕССЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ (SC XI)

G. C. Park, <i>председатель</i>	W. E. Norris
R. W. Swayne, <i>зам. председателя</i>	K. Rhyne
R. L. Crane, <i>секретарь</i>	W. R. Rogers III
W. H. Bamford, Jr.	D. A. Scarth
R. C. Cipolla	F. J. Schaaf, Jr.
D. D. Davis	J. C. Spanner, Jr.
R. L. Dyle	J. E. Staffiera
E. L. Farrow	G. L. Stevens
R. E. Gimple	E. W. Throckmorton III
F. E. Gregor	D. E. Waskey
K. Hasegawa	R. A. West
D. O. Henry	C. J. Wirtz
R. D. Kerr	C. S. Withers
S. D. Kulat	R. A. Yonekawa
G. L. Lagleder	K. K. Yoon
D. W. Lamond	T. Yuhara
J. T. Lindberg	Y.-S. Chang, <i>представитель</i>
B. R. Newton	

Исполнительный комитет (SC XI)

R. W. Swayne, <i>председатель</i>	O. F. Hedden
G. C. Park, <i>зам. председателя</i>	C. G. McCargar
R. L. Crane, <i>секретарь</i>	W. E. Norris
W. H. Bamford, Jr.	K. Rhyne
D. D. Davis	F. J. Schaaf, Jr.
R. L. Dyle	J. C. Spanner, jr.
R. E. Gimple	E. W. Throckmorton III
F. E. Gregor	R. A. Yonekawa

Почетные члены (SC XI)

L. J. Chockie	J. P. Houstrup
CD. Cowfer	L. R. Katz
O. F. Hedden	P. C. Riccardella

Подгруппа по нормам оценки (SC XI)

W. H. Bamford, Jr., <i>председатель</i>	K. Koyama
G. L. Stevens, <i>секретарь</i>	D. R. Lee
R. C. Cipolla	H. S. Mehta
S. Coffin	J. G. Merkle
G. H. De Boo	S. Ranganath
B. R. Ganta	D. A. Scarth
T. J. Griesbach	K. R. Wichman
K. Hasegawa	K. K. Yoon
D. N. Hopkins	Y.-S. Chang, <i>представител</i>
Y. Imamura	

Рабочая группа по оценке дефектов (SG-ES) (SC XI)

R. C. Cipolla, <i>председатель</i>	J. G. Merkle
G. H. De Boo, <i>секретарь</i>	M. A. Mitchell
W. H. Bamford, Jr.	K. Miyazaki
M. Basol	R. K. Qashu
J. M. Bloom	S. Ranganath
B. R. Ganta	P. J. Rush
T. J. Griesbach	D. A. Scarth
H. L. Gustin	T. S. Schurman
F. D. Hayes	W. L. Server
P. H. Hoang	F. A. Simonen
D. N. Hopkins	K. R. Wichman
Y. Imamura	G. M. Wilkowski
K. Koyama	K. K. Yoon
D. R. Lee	S. Yukawa
H. S. Mehta	V. A. Zilberstein

Рабочая группа по выработке критериев оценки действующих установок (SG-ES) (SC XI)

T. J. Griesbach, <i>председатель</i>	R. Pace
K. R. Baker	S. Ranganath
W. H. Bamford, Jr.	W. L. Server
H. Behnke	E. A. Siegel
B. A. Bishop	F. A. Simonen
T. L. Dickson	G. L. Stevens
S. R. Gosselin	D. P. Weakland
S. N. Malik	K. K. Yoon
H. S. Mehta	

Рабочая группа по оценке дефектов труб (SG-ES) (SC XI)

D. A. Scarth, <i>председатель</i>	K. Hasegawa
G. M. Wilkowski, <i>секретарь</i>	P. H. Hoang
T. A. Bacon	D. N. Hopkins
W. H. Bamford, Jr.	K. Kashima
R. C. Gpolla	H. S. Mehta
N. G. Cofie	K. Miyazaki
S. K. Daftuar	J. S. Panesar
G. H. De Boo	P. J. Rush
E. Friedman	K. K. Yoon
B. R. Ganta	V. A. Zilberstein
L. F. Goyette	

Подгруппа по системам с жидкометаллическим охлаждением (SC XI)

C. G. McCargar, <i>председатель</i>	W. L. Chase
-------------------------------------	-------------

Подгруппа по неразрушающему контролю (SC XI)

J. C. Spanner, Jr., <i>председатель</i>	D. O. Henry
G. A. Lofthus, <i>секретарь</i>	M. R. Hum
N. R. Bentley	G. L. Lagieder
T. L. Chan	J. T. Lindberg
C. B. Cheezem	G. R. Perkins
D. R. Cordes	A. S. Reed
F. J. Dodd	F. J. Schaaf, Jr.
F. E. Dohmen	C. J. Wirtz
M. E. Gothard	

Рабочая группа по квалификационной оценке персонала, контролю поверхности, визуальному контролю и контролю вихревыми токами (SG-NDE) (SC XI)

D. R. Cordes, <i>секретарь</i>	D. R. Quattibaum, Jr.
B. L. Curtis	A. S. Reed
N. Farenbaugh	D. Spake
G. B. Georgiev	J. C. Spanner, Jr.
D. O. Henry	C. J. Wirtz
J. T. Lindberg	

Рабочая группа по испытанию давлением (SG-WCS) (SC XI)

D. W. Lamond, <i>председатель</i>	R. E. Hall
J. M. Boughman, <i>секретарь</i>	J. K. McClanahan
J. J. Churchweil	A. McNeill III
G. L. Fechter	B. L. Montgomery
K. W. Hall	E. J. Sullivan, Jr.

Рабочая группа по квалификационной оценке процедур и объемному контролю (SG-NDE) (SC XI)

M. E. Gothard, <i>председатель</i>	R. Kellerhall
G. R. Perkins, <i>секретарь</i>	D. Kurek
C. B. Cheezem	G. L. Lagieder
A. D. Chockie	G. A. Lofthus
S. R. Doctor	C. E. Moyer
F. J. Dodd	S. A. Sabo
F. E. Dohmen	R. V. Swain
K. J. Hacker	

**Подгруппа по мероприятиям по ремонту/замене
(SG-RRR)(SC XI)**

R. A. Yonekawa, *председатель*
E. V. Farrell, Jr., *секретарь*
S. B. Brown
R. E. Cantrell
P. D. Fisher
E. B. Gerlach
R. E. Gimple
D. R. Graham
R. A. Hermann
E. V. Imbro

R. D. Kerr
S. L. McCracken
B. R. Newton
J. E. O'Sullivan
W. R. Rogers III
R. R. Stevenson
R. W. Swayne
D. E. Waskey
J. G. Weicks
C. S. Withers

**Рабочая группа по разработке и программам
(SG-RRR) (SC XI)**

E. B. Gerlach, *председатель*
S. B. Brown, *секретарь*
A. V. Du Bouchet
G. G. Elder
E. V. Farrell, Jr.
S. K. Fisher
J. M. Gamber

D. R. Graham
G. F. Harttraft
R. R. Stevenson
R. W. Swayne
A. H. Taufique
T. P. Vassallo, Jr.
R. A. Yonekawa

**Рабочая группа по сварке и специальным ремонтным
процессам (SG-RRR) (SC XI)**

D. E. Waskey, *председатель*
R. E. Cantrell, *секретарь*
S. J. Findlan
P. D. Fisher
K. A. Gruss
M. L. Hall
R. A. Hermann
R. P. Indap

R. D. Kerr
C. C. Kim
M. Lau
S. L. McCracken
B. R. Newton
J. E. O'Sullivan
J. G. Weicks
K. R. Willens

Подгруппа по системам с водяным охлаждением (SC X)

E. W. Throckmorton III,
председатель
J. M. Agold, *секретарь*
G. L. Belew
J. M. Boughman
D. D. Davis
H. Q. Do
J. D. Ellis
E. L. Farrow
M. J. Ferlisi
O. F. Hedden
M. L. Herrera

S. D. Kulat
D. W. Lamond
A. McNeill III
W. E. Norris
D. Song
J. E. Staffiera
H. M. Stephens, Jr.
K. B. Thomas
R. A. West
G. E. Whitman
H. L. Graves III, *канд. в члены*

Рабочая группа по корпусам (SG-WCS) (SC XI)

J. E. Staffiera, *председатель*
H. Ashar
S. G. Brown
K. K. N. Chao
R. C. Cox
J. W. Crider
M. J. Ferlisi
H. L. Graves III

H. T. Hiil
R. D. Hough
C. N. Krishnaswamy
D. Naus
S. C. Petitgout
H. M. Stephens, Jr.
W. E. Norris, *канд. в члены*

Рабочая группа по ISI оптимизации (SG-WCS) (SC XI)

E. A. Siegel, *председатель*
D. R. Cordes, *секретарь*
R. L. Turner, *секретарь*
W.H. Bamford, Jr.
J. M. Boughman
R. E. Hall

A. H. Mahindrakar
D. G. Naujock
K. B. Thomas
G. E. Whitman
Y. Yuguchi

**Рабочая группа по внедрению методов контроля
с учетом факторов риска (SG-WCS) (SC XI)**

S. D. Kulat, *председатель*
A. McNeill III, *секретарь*
J. M. Agold
S. A. Ali
B. A. Bishop
S. T. Chesworth
C. Cueto-Felgueroso
H. Q. Do
R. Fougousse
M. R. Graybeal
J. Hakii

K. W. Hall
D. W. Lamond
J. T. Lindberg
R. K. Mattu
P. J. O'Regan
N. A. Palm
M. A. Pyne
F. A. Simonen
R. A. West
J. C. Younger
A. T. Keim, *канд. в члены*

**Рабочая группа по контролю систем и компонентов
(SG-WCS) (SC XI)**

K. B. Thomas, *председатель*
D. Song, *секретарь*
V. L. Armentrout
G. L. Belew
C. Cueto-Felgueroso
H. Q. Do
R. Fougousse
M. R. Hum

S. D. Kulat
D. G. Naujock
T. Nomura
C. M. Ross
R. L. Turner
R. A. West
G. E. Whitman

Рабочая группа по общим требованиям (SC XI)

K. Rhyne, *председатель*
E. J. Maloney, *секретарь*
T. L. Chan
J. D. Ellis

E. L. Farrow
R. K. Mattu
S. R. Scott
C. S. Withers

**Специальная рабочая группа по редактированию
и рассмотрению (SC XI)**

R. W. Swayne, *председатель*
C. E. Moyer

J. E. Staffiera
C. J. Wirtz

**Специальная рабочая группа по увеличению
срока службы заводов (SC XI)**

T. A. Meyer, *председатель*
D. V. Burgess, *секретарь*
D. D. Davis
F. E. Gregor

P.-T. Kuo
R. L. Turner
G. G. Young

**Специальная рабочая группа по
высокотемпературным реакторам с газовым
охлаждением (SC XI)**

J. Fletcher, *председатель*
M. A. Lockwood, *секретарь*
N. Broom
K. N. Fleming
W. A. O. Kriei

B. J. Kruse
M. N. Mitchell
F. J. Schaaf, Jr.
R. W. Swayne

**ПОДКОМИТЕТ ПО ТРАНСПОРТИРОВОЧНЫМ
РЕЗЕРВУАРАМ (SC XII)**

A. Selz, *председатель*
L. Piano, *секретарь*
P. D. Stumpf, *секретарь*
A. N. Antoniou
C. Becht IV
M. L. Coats
M. A. Garrett
C. H. Hochman
G. G. Karcher

G. McRae
M. R. Minick
M. D. Pham
M. D. Rana
S. Staniszewski
M. R. Toth
A. P. Varghese
S. V. Voorhees

**Подгруппа по проектированию и материалам
(SC XII)**

M. D. Rana, *председатель*
G. G. Karcher
S. L. McWilliams
N. J. Paulick
M. D. Pham

T. A. Rogers
A. P. Varghese
M. R. Ward
E. A. Whittle

Подгруппа по изготовлению и контролю (SC XII)

S. V. Voorhees, *председатель*
J. A. Byers
B. L. Gehl
L. D. Holsinger

D. J. Kreft
G. McRae
M. R. Minick
A. S. Olivares

Подгруппа по общим требованиям (SC XII)

C. H. Hochman, *председатель*
T. W. Alexander
D. M. Allbritten
C. A. Betts
J. F. Cannon
J. L. Freiler
W. L. Garfield

M. A. Garrett
K. L. Gilmore
J. L. Rademacher
T. Rummel
M. R. Toth
L. Wolpert

**ПОДКОМИТЕТ ПО АККРЕДИТАЦИИ КОТЛОВ
И СОСУДОВ ДАВЛЕНИЯ (SC-BPVA)**

W. C. LaRochelle, *председатель*
P. D. Edwards, *зам. председателя*
K. I. Baron, *секретарь*
M. B. Doherty
P. Hackford
K. T. Lau

M. A. DeVries, *канд. в чл*
C. E. Ford, *канд. в член*
T. E. Hansen, *канд. в чл*
G. L. Hollinger, *канд. в чл*
D. J. Jenkins, *канд. в чл*
B. B. MacDonald, *канд. члены*
R. D. Mile, *канд. в член*
G. P. Miley, *канд. в член*
T. W. Norton, *канд. в чл*
H. R. Staehr, *канд. в член*
J. A. West, *канд. в член*
R. V. Wielgoszinski, *канд. в члены*
O. E. Trapp, *ст. консультант*
A. J. Spencer, *почетный член*

L. E. McDonald
K. M. McTague
B. R. Morelock
J. D. O'Leary
D. E. Tanner
B. C. Turczynski

D. E. Tuttle
E. A. Whittle
G. Bynog, *канд. в члены*

**ПОДКОМИТЕТ ПО АККРЕДИТАЦИИ ЯДЕРНЫХ
КОМПОНЕНТОВ (SC-NA)**

R. R. Stevenson, *председатель*
W. C. LaRochelle, *зам. председателя*
J. Pang, *секретарь*
M. N. Bressler
S. M. Goodwin
K. A. Huber
M. Kottb
J. C. Krane
C. A. Lizotte
R. P. McIntyre
M. R. Minick
H. B. Prasse

D. E. Tanner
D. M. Vickery
G. Bynog, *канд. в члены*
G. Deily, *канд. в члены*
P. D. Edwards, *канд. в чл*
J. W. Highlands, *канд. в чл*
K. M. Hottle, *канд. в чл*
B. G. Kovarik, *канд. в чл*
P. F. Prescott, *канд. в чл*
S. Toledo, *канд. в члены*
E. A. Whittle, *канд. в члены*
R. V. Wielgoszinski, *канд. в члены*
H. L. Wiger, *канд. в чл*
O. E. Trapp, *ст. консультант*

T. E. Quaka
A. T. Roberts III

ПОДКОМИТЕТ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ (SC-D)

R. J. Basile, *председатель*
R. W. Barnes
M. R. Breach
R. P. Deubler
G. G. Graven
G. L. Hollinger
R. I. Jetter

D. P. Jones
R. W. Mikitka
U. R. Miller
W. J. O'Donnell
R. D. Schueler, Jr.
A. Selz

Подгруппа по анализу проектов (SC-D)

G. L. Hollinger, *председатель*
S. A. Adams
M. R. Breach
R. G. Brown
R. J. Gurdal
C. F. Heberling II
C. E. Hinnant
P. Hirschberg
D. P. Jones
A. Kalnins
W. J. Koves

K. Matsunaga
G. A. Miller
W. D. Reinhardt
D. H. Roarty
G. Sannazzaro
T. G. Seipp
D. A. Swanson
G. Taxacher
E. L. Thomas, Jr.
R. A. Whipple

**Подгруппа по расчету повышенных температур
(SC-D)**

R. I. Jetter, *председатель*
T. Asayama
C. Becht IV
J. F. Cervenka
D. S. Griffin
B. F. Hantz
M. H. Jawad
W. J. Koves
S. Majumdar
D. L. Marriott

T. E. McGreevy
K. A. Moore
W. J. O'Donnell
D. A. Osage
J. S. Porowski
B. Riou
T.-L. Sham
M. S. Shelton
R. W. Swindeman

Подгруппа по усталостной прочности (SC-D)

W. J. O'Donnell, *председатель*
S. A. Adams
P. R. Donavin
R. J. Gurdal
C. F. Heberling II
P. Hirschberg
P. Hsu

D. P. Jones
G. Kharshafdjian
S. Majumdar
T. Nakamura
D. H. Roarty
G. Taxacher
H. H. Ziada

Подгруппа по отверстиям (SC-D)

M. R. Breach, *председатель*
R. W. Mikitka, *секретарь*
G. G. Graven
V. T. Hwang
J. C. Light
R. B. Luney

J. P. Madden
D. R. Palmer
J. A. Pfeifer
M. D. Rana
E. C. Rodabaugh

**Специальная рабочая группа
по болтовым фланцевым соединениям (SC-D)**

R. W. Mikitka, *председатель*
G. D. Bibel
H. A. Bauzid
A. Chaudouet
E. Michalopoulos
S. N. Pagay

J. R. Payne
P. G. Scheckermann
R. W. Schneider
R. D. Schueler, Jr.
A. Selz
M. S. Shelton

**ПОДКОМИТЕТ ПО ТРЕБОВАНИЯМ
К ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНЫМ КЛАПАНАМ (SC-SVR)**

S. F. Harrison, Jr., *председатель*
J. A. West, *зам. председателя*
S. J. Rossi, *секретарь*
J. F. Ball
S. Cammeresi
A. Cox
R. D. Danzy
D. B. Demichael
R. J. Doelling

J. P. Glaspie
H. I. Gregg
W. F. Hart
C. A. Neumann
T. M. Parks
D. K. Parrish
D. J. Scallan
J. C. Standfast
Z. Wang

Подгруппа по проектированию (SC-SVR)

J. A. West, <i>председатель</i>	H. I. Gregg
C. E. Beair	D. Miller
R. D. Danzy	T. Patel
R. J. Doelling	T. R. Tarbay

Подгруппа по испытаниям (SC-SVR)

A. Cox, <i>председатель</i>	W. F. Hart
J. E. Britt	K. G. Roth
S. Cammeresi	D. J. Scallan
G. D. Goodson	Z. Wang

**U.S. Группа технического совета США по ISO/TC 185,
«Предохранительные клапаны»**

Подгруппа по общим требованиям (SC-SVR)

D. B. Demichael, <i>председатель</i>	T. M. Parks
J. F. Ball	D. K. Parrish
G. Brazier	J. W. Ramsey
J. P. Glaspie	J. W. Richardson
C. A. Neumann	J. C. Standfast

T. J. Bevilacqua, <i>председатель</i>	Y.-S. Lai
S. J. Rossi, <i>секретарь</i>	D. Miller
S. F. Harrison, Jr.	J. A. West

СПИСОК ИЗМЕНЕНИЙ

Издание настоящего Стандарта 2007 года содержит изменения Издания 2004 года с Дополнениями 2005 и 2006 гг. Изменения помечаются обозначением **07** на полях и, как указано в предисловии, вступают в силу через шесть месяцев с момента публикации Издания 2007 г. Для применения этих изменений до даты их вступления в силу используйте обозначение «Издание 2007 года» в документах, считающихся обязательными в рамках настоящего Стандарта. Если вы не хотите применять эти изменения до даты их официального вступления в силу, используйте в документации, требуемой данным Стандартом, указание «Издание 2004 с Дополнениями 2005 и 2006 гг.».

Более подробное объяснение номеров ВС, перечисленных ниже, приводится в «Перечне изменений в порядке ВС», которое следует после данного Списка изменений.

Приведённые ниже изменения помечены на полях страниц примечанием **07**, расположенным напротив измененной области.

<i>Стр.</i>	<i>Местонахождение</i>	<i>Изменение (номер ВС)</i>
1	KG-1O4.2(b)	Изменено полностью (BC05-617)
4	Таблица KG-141	Внесены изменения (BC05-617)
8	KG-311.7	Внесены изменения (BC05-1601)
	KG-311.12(h)(1)	Добавлено (BC05-617)
	KC-311.12(h)(2)	Добавлено (BC05-617)
14	KM-100	Подпараграфы (d) и (e) исправлены в соответствии со списком опечаток (06-1380)
17	KM-211.3(b)	Внесены изменения (BC06-662)
26–28	Таблица KCS-1	Внесены изменения (BC04-1132, BC05-836)
29–31	Таблица KCS-1M	Внесены исправления в соответствии со списком опечаток (BC02-115, BC05-836)
32–34	Таблица KHA-1	Внесены изменения (BC00-433, BC03-1132)
35–37	Таблица KHA-1M	Внесены изменения (BC00-433, BC03-1132)
40	Примечания к таблицам KCS-1, KHA-1 и KNF-1	Добавлено примечание (21) (BC03-1132)
42	KD-104	Добавлено (BC05-1244)
43	KD-121(e)	Изменена ссылка (BC03-1134)
	KD-141	(1) В подпараграфе (a), внесены изменения в первое предложение (BC06-407) (2) В подпараграфе (c) внесены изменения в первое предложение (BC06-407)
44–48, 50, 51	KD-200	(1) Добавлены подпараграфы (a)–(d) (BC03-1134) (2) Последний параграф переименован в подпараграф (e) (BC03-1134) (3) Переименованы подзаголовки KD-220 – KD-260 (BC03-1134) (4) Внесены изменения в подстатью KD-230 (BC97-161) (5) Внесены изменения в Таблицу KD-230 (BC06-980) (6) Добавлена подстатья KD-241 (BC03-1134)
53	KD-312.2	Изменено предпоследнее предложение (BC06-1152)
	KD-312.3	Изменено предпоследнее предложение (BC03-1134)
	KD-312.4(a)	Внесены изменения (BC04-795)
54	KD-322(b)	Внесены изменения в первое предложение (BC04-795)
56	Рисунок KD-320.1	Внесены изменения в примечания (BC04-795)

<i>Стр.</i>	<i>Местонахождение</i>	<i>Изменение (номер ВС)</i>
57	Таблица KD-320.1	Внесены изменения (BC04-795)
59	Рисунок KD-320.1 М	Внесены изменения в примечания (BC04-795)
60	Таблица KD-320.1 М	Внесены изменения (BC04-795)
62	Рисунок KD-320.2	Внесены изменения (BC04-795)
63	Рисунок KD-320.2М	Внесены изменения (BC04-795)
74	KD-401(a)	Внесены изменения (BC05-1071)
75	KD-412.2(a)	Изменена ссылка (BC03-1134)
77	KD-502	Добавлено определение F1 (BC06-1401)
80, 81	Статья KD-6	Внесены изменения в заголовок (BC00-201)
	KD-600	(1) Внесены изменения (BC00-201) (2) Внесены изменения в заголовок и подпараграфы подстатьи KD-601 (BC00-201) (3) Переименованы подзаголовки KD-620 – KD-629 (BC00-201)
82	KD-640	Изменен первый параграф (BC03-1134)
83	KD-661	Внесены изменения (BC03-1134)
85	KD-740(b)	Внесены изменения (BC03-1134)
88	KD-810(c)	Внесены изменения (BC03-1134)
90	KD-823	Изменено последнее предложение (BC03-1134)
96	Рисунок KD-850	Внесены изменения в рисунки (a) и (b) (BC05-794)
99	KD-922	Обновлены ссылки на рисунки (BC03-1134)
	KD-931(b)(1)	Добавлено последнее предложение (BC06-407)
102	Статья KD-10	Добавлено (BC05-617)
118	KD-1270(a)(2)	Обновлена ссылка на рисунок (BC03-1134)
171	Таблица KE-101М	Внесены изменения (BC05-1067)
	KS-132(c)	Добавлено (BC05-460)
198–202	1-100	Внесены изменения в определения F , K , P_b , P_D , P_L , P_m , Q , R_m , Y , k , t , и α (BC03-1134)
260, 262	H-110	Внесены исправления в соответствии со списком опечаток (BC05-1438)
	H-120(a)	Изменены наименования (BC03-1134)
272–277	Указатель	Произведено обновление (BC03-1134)

ПРИМЕЧАНИЕ: Том 57 с объяснениями к Секции VIII Раздела 3 Стандарта ASME по котлам и сосудам давления следует за последней страницей данного Издания.

ПЕРЕЧЕНЬ ИЗМЕНЕНИЙ В ПОРЯДКЕ ВС

Номер ВС	Изменения
BC97-161	Изменение предельных значений напряжения в KD-240.
BC00-201	Изменение текста, структуры и нумерации параграфов KD-6.
BC00-433	Изменения в разделах I, II, III, VII, IX и XII; и в кодах 21-217-1, 2224-1, N-201-4 и N-253 с целью замены ковanej нержавеющей стали SA-336 на SA-965.
BC02-115	Добавление в Таблицу KCS-1 материалов пластины SA-736, марки A, классов 1, 2 и 3.
BC03-1132	Добавление в Таблицы KCS-1, KCS-1M, KHA-1 и KHA-1M примечания (21) относительно растрескивания под влиянием окружающих условий черных металлов, имеющих предел текучести 135 тысяч фунтов/кв. дюйм (930 МПа) или выше.
BC03-1134	Изменение текста, структуры и нумерации параграфов KD-2.
BC04-795	Изменение KD-312.4(a) и KD-322(b) для включения несварных деталей, изготовленных из ковanej углеродистой или низколегированной стали с предельной прочностью на разрыв менее 90 тысяч фунтов/кв. дюйм. Удаление ОБЩЕГО ПРИМЕЧАНИЯ (d) к рисункам KD-320.1 и KD-320.1M. Внесение изменений в Таблицы KD-320.1 и KD-320.1 M путем добавления индекса расчетных циклов сварных деталей, изготовленных из ковanej углеродистой или низколегированной стали с предельной прочностью на разрыв в диапазоне от 115 до 130 тысяч фунтов/кв. дюйм (от 793 до 896 МПа). Внесение изменений в ОБЩЕЕ ПРИМЕЧАНИЕ (d) к Таблицам KD-320.1 и KD-320.1M для добавления индекса расчетных циклов сварных деталей с предельной прочностью на разрыв 155–130 тысяч фунтов/кв. дюйм (793–896 МПа) Внесение изменений в рисунки KD-320.2 и KD-320.2M путем добавления кривых расчетной усталости для углеродистой и низколегированной стали с предельной прочностью на разрыв в диапазоне от 115 до 130 тысяч фунтов/кв. дюйм (от 793 до 896 МПа). Внесение изменений в ОБЩЕЕ ПРИМЕЧАНИЕ (d) к Таблицам KD-320.2 и KD-320.2M путем добавления фразы «интерполировать для предельной прочности на разрыв 80–115 тысяч фунтов/кв. дюйм (552–793 МПа)»
BC05-1067	Внесение изменений в Таблицу KE-101M для преобразования единиц США в метрические.
BC05-1071	Изменение KD-401(a) путем добавления слова «трещина».
BC05-1152	Внесение изменения в KD-312.2 для уточнения, что $s_{alt ij}$ имеет положительное значение.
BC05-1244	Добавление KD-104.
BC05-1438	Исправление H-110 согласно перечню опечаток.
BC05-1601	Удаление фразы «включая трещинообразование, вызванное окружающими условиями» в KG-311.7(a) и добавление нового подпараграфа (c).
BC05-617	Добавление статьи KD-10 для описания особых требований к сосудам, используемым для водорода под высоким давлением.
BC05-794	Внесение изменений в рисунки KD-850 (a) и (b) путем удаления стрелок, указывавших на нестандартные швы, и добавления новых стрелок, указывающих на швы приварки к сосуду.
BC05-836	Внесение изменений в Таблицы KCS-1 и KCS-1 M для исправления порядковых номеров SA-336, F3V и F22; SA-387, 22; а также SA-832, 21V с 5 на 5C и 5A; 5A; и 5C, соответственно.
BC06-1036	Внесение изменения в KS-132 для разрешения нанесения описания и паспортных данных либо на паспортную табличку, либо непосредственно на поверхность сосуда с размером шрифта $\frac{1}{8}$ дюйма (3,2 мм) или крупнее.
BC06-1380	Внесение исправлений согласно перечню опечаток в Таблицы от Y-3 до Y-1.
BC06-1401	Внесение изменения в KD-502 путем добавления определения F1.
BC06-407	Изменение KD-141 и KD-931 с целью разъяснения ограничения требований «протечка перед разрывом» для многослойных сосудов и сосудов с проволоочной накруткой.
BC06-662	Внесение изменения в KM-211.3(b).
BC06-980	Обновление KD-240 для замены предельного значения напряжения с 5 % от разрушающей нагрузки до предельного значения в зависимости от материала и трехосного (гидростатического) напряжения. Переименование KD-240 в KD-230.

Часть KG

ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ

СТАТЬЯ KG-1

ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ И ЮРИСДИКЦИЯ

KG-100 ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

KG-101 Назначение

Правила данного Раздела содержат требования к устройству, конструкции, контрольным проверкам и предохранительным устройствам металлических сосудов давления, с расчетным давлением обычно выше 10 тыс. фунтов/кв. дюйм (ksi) (70 МПа). Однако назначение этого Раздела не в том, чтобы устанавливать максимальные значения давления для каждой Секции VIII, Раздела 1 или 2, а также минимальные значения давления для данного Раздела. Конкретные ограничения давления для сосудов давления, изготовленных в соответствии с требованиями данного Раздела, могут быть применимы в любой части данного Раздела к различным видам изделий.

KG-102 Описание

В рамках данного Раздела под сосудами давления понимаются находящиеся под давлением внутренние или внешние емкости, предназначенные для хранения под давлением веществ, находящихся в жидком или газообразном состоянии.

Давление может быть вызвано следующим:

- (a) внешним источником;
- (b) воздействием тепла от:
 - (1) прямого источника;
 - (2) косвенного источника;
- (c) химической реакцией;
- (d) любой комбинацией перечисленного выше.

KG-103 Законодательные или правовые акты

В тех случаях, когда действуют законодательные или нормативные документы муниципалитета, штата, провинции или федеральных органов, распространяющиеся на сосуды давления, необходимо проанализировать эти законы или нормы с точки зрения ограничений на размер или эксплуатацию, которые могут отличаться или быть более жесткими, чем указанные в данном параграфе.

KG-104 Размещение

KG-104.1 Стационарное размещение.

За исключением KG-104.2, данные правила относятся к сосудам давления, имеющим конкретное назначение, которые должны быть установлены стационарно, а их эксплуатация и техническое обеспечение в течение всего срока службы проводится потребителем, который должен подготовить Технические нормы потребителя на проектирование согласно требованиям KG-310.

KG-104.2 Подвижные сосуды давления.

Данные правила также относятся к сосудам давления, которые перевозятся с одного участка на другой между герметизациями, при условии, что получено письменное разрешение от местной администрации в части эксплуатации и технического обеспечения в отношении проведения конкретных видов работ. Эксплуатация и техническое обеспечение должны обеспечиваться в течение всего срока службы сосуда давления потребителем, который должен подготовить Технические нормы потребителя на проектирование согласно требованиям KG-310.

(a) Транспортные условия при погрузке, транспортировке и разгрузке сосуда давления на участках или между ними должны учитываться согласно Статье KD-1.

(b) Сосуды могут быть установлены на транспортные средства, если получено письменное согласие местного органа власти¹, регулирующее контроль работы и техобслуживания сосудов в конкретных условиях применения, если контроль работы и техобслуживания сосудов производится в течение срока их службы Пользователем, который составил или заказал составление технических условий проекта пользователя. (См. KG-310.)

07

¹ Местным органом власти является муниципальное, государственное, региональное, федеральное или другое правительственное агентство или агентства, которые контролируют исполнение законов и правил, имеющих отношение к данным сосудам давления

KG-105 Прямой обжиг

Сосуды давления, которые подвергаются прямому обжигу и на которые не распространяются положения Части I, могут быть изготовлены в соответствии с правилами данного Раздела, за исключением KG-120.

KG-110 ОБЛАСТЬ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ДАННОГО РАЗДЕЛА, СВЯЗАННАЯ С ГЕОМЕТРИЕЙ

К области применения данного Раздела относятся только сосуды и цельные сообщающиеся камеры, а также следующее (KG-111 через KG-117).

KG-111 Внешние трубопроводы и кожухи

В случае если внешний трубопровод должен быть присоединен к сосуду давления (см. Статью KD-6):

- (a) первый резьбовой стык винтовых соединений;
- (b) торец первого фланца для фланцевых соединений;
- (c) первая уплотнительная поверхность самих соединений или фитингов;
- (d) торец под сварку для первого кольцевого соединения для сварных соединений внешнего трубопровода, клапанов, измерительных приборов и т.п.;
- (e) приварыш для присоединения внешнего кожуха.

KG-112 Внутренние трубопроводы под давлением

Сосуды внутреннего давления, в случае неисправности, которая может повлиять на целостность сосуда.

KG-113 Детали, не находящиеся под давлением

Детали, не находящиеся под давлением, которые привариваются непосредственно к внутренней или внешней поверхности сосуда давления. Для других деталей и для шпилевых-болтовых креплений, см. Статьи KD-6 и KD-7.

KG-114 Крышки и закрытия

Стационарные крышки или закрытия для поддержания давления, включая уплотнения и болтовые соединения, или другие механические держатели, используемые в открытиях сосудов (см. Статью KD-6).

KG-115 Соединения измерительных приборов

Первая уплотнительная поверхность собственно малых фитингов или приборов, таких как измерительные и регистрирующие приборы, для которых в данном Разделе не содержится правил. (См. Статью KD-6).

KG-116 Предохранительные устройства

Предохранительные устройства должны соответствовать требованиям Части KR.

KG-117 КОМБИНИРОВАННЫЕ УЗЛЫ

В случае если сосуд давления состоит из более чем одной автономной камеры давления, только детали камер, относящиеся к области применения данного Раздела должны быть изготовлены в соответствии с этими положениями (см. Статьи KD-1 и KG-3).

KG-120 КЛАССИФИКАЦИЯ УЗЛОВ, НА КОТОРЫЕ ДАННЫЙ РАЗДЕЛ НЕ РАСПРОСТРАНЯЕТСЯ

Следующие классы оборудования, находящегося под давлением не относятся к области применения данного Раздела:

(a) сосуды, относящиеся к области применения других Разделов Стандарта;

(b) трубчатые нагреватели с огневым обогревом;

(c) оборудование, находящееся под давлением, которое является составной частью или деталью вращающегося или возвратно-поступательного механического устройства, такое как:

(1) насосы

(2) компрессоры

(3) турбины

(4) генераторы

(5) двигатели

(6) гидравлические или пневматические цилиндры, в которых основные условия конструкции и/или нагрузки обусловлены функциональными требованиями устройства;

(d) конструкции, чья основная функция состоит в том, чтобы перемещать жидкости из одного места в другое внутри системы, составной частью которой они являются (системы трубопроводов).

KG-121 Маркировка сосудов, на которые данный раздел не распространяется

Любой сосуд давления, который отвечает всем применимым требованиям данного Раздела, может быть маркирован символом U3 Стандарта.

KG-130 СБОРКА СОСУДОВ НА МЕСТЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Сборка сосудов на месте эксплуатации и испытания сосудов, изложенных в данном Разделе, должны быть произведены с использованием одного из трех способов.

(a) Изготовитель сосуда завершает сборку сосуда на месте эксплуатации.

(b) Изготовитель деталей сосуда, который собирается на месте другой стороной, маркирует эти детали в соответствии с правилами Стандарта и предоставляет другой стороне. Отчет изготовителя о деталях в виде форм K-2. Другая сторона, которая должна также иметь действующее Свидетельство о признании по форме U3, производит первую сборку, необходимый неразрушающий контроль (NDE), и завершающее испытание под давлением; заполняет Отчет изготовителя по форме K-1; и маркирует сосуд.

(c) Часть работ, проводимых по месту эксплуатации, производится держателем Свидетельства о признании по форме U3, кто не является изготовителем сосуда. Владелец штампа, выполняющий работы на месте эксплуатации, должен представить Отчет изготовителя о деталях по форме K-2, касающийся выполненной его организацией части работы (включая данные по испытаниям под давлением, если такие испытания проводились владельцем штампа до выполнения работ на месте эксплуатации), ответственному за соблюдение Стандарта

изготовителю. Изготовитель применяет свою маркировку U3 в присутствии представителя из Инспекционного агентства и заполняет Отчет изготовителя по форме K-1 вместе со своим инспектором.

Во всех трех случаях, сторона, заполняющая и подписывающая Отчет изготовителя по форме K-1, берет на себя всю ответственность за соответствие сосуда положениям Стандарта. Во всех трех случаях, Система качества изготовителя должна описывать средства обеспечения соответствия Стандарту каждого держателя клейма.

KG-140 СТАНДАРТЫ, НА КОТОРЫЕ ИМЕЮТСЯ ССЫЛКИ В ДАННОМ РАЗДЕЛЕ

KG-141 Разделы Стандарта ASME

Секции Стандарта ASME по котлам и сосудам давления, на которые имеются ссылки в данном Разделе следующие:

- Секция I, Правила изготовления силовых котлов
- Секция II, Материалы
 - Часть А – Спецификации на черные металлы
 - Часть В – Спецификации на цветные металлы
 - Часть С – Сварочные прутки, электроды и присадочные металлы. Технические условия
 - Часть D – Свойства
- Секция V, Неразрушающий контроль
- Секция VIII, Раздел 1, Правила изготовления сосудов давления
- Секция VIII, Раздел 2, Альтернативные Правила изготовления сосудов давления
- Секция IX, Квалификации по сварке и пайке

Должны применяться контрольные нормы и технические условия. Эти секции и стандарты применяются согласно данному Разделу (см. Таблицу KG-141).

KG-142 Стандартные детали

Стандартные детали под давлением, которые соответствуют Стандарту на изделия ASME, должны быть сделаны из материалов, допускаемых данным Разделом (см. Часть KM).

KG-150 ЕДИНИЦЫ ИЗМЕРЕНИЯ

Единицы традиционной американской системы измерения, единицы измерения СИ или любые местные единицы измерения могут применяться для демонстрации соответствия всем требованиям данного издания (например, для материалов, разработки, производства, осмотра, контроля, испытания, сертификации и защиты от превышения давления).

Ожидается, что должна использоваться одна система единиц измерения для всех аспектов разработки, за исключением тех случаев, когда это непрактично или невозможно осуществить. Если компоненты производятся в разных местах, где местные традиционные единицы измерения отличаются от единиц, которые используются для общего проекта, данные местные единицы могут использоваться для проектирования и ведения документации по данному компоненту. Также для запатентованных компонентов или компонентов, которые ассоциируются единственно с данной системой единиц измерения, которая отличается от системы единиц общего проекта, для проектирования и ведения документации по данному компоненту могут использоваться альтернативные единицы измерения.

Для каждого отдельного уравнения все переменные величины должны выражаться в единой

системе единиц измерения. Если в отдельных уравнениях используются традиционные американские единицы измерения или единицы измерения СИ, в этих уравнениях переменные величины должны выражаться в соответствующих единицах измерения. Для использования в этих уравнениях данных, выраженных в других единицах, их следует переводить в единицы традиционной американской системы или системы СИ. Результаты решения уравнений можно переводить в единицы измерения других систем.

Документы по производству, измерительному и испытательному оборудованию, чертежи, технические условия сварочного процесса, квалификация сварочного процесса и рабочих характеристик согласно практике производителя могут выражаться в единицах измерения традиционной американской системы, системы СИ или местных традиционных единицах. Если значения расчетов и анализа, документов по производству или по измерительному и испытательному оборудованию даны в разных единицах измерения, при их переводе, необходимым для проверки соответствия Стандарту, и для того, чтобы обеспечить единообразие размерности величин, следует соблюдать следующие условия:

(a) Переводные множители должны быть с точностью, по крайней мере, до четырех значащих цифр.

(b) Результаты перевода единиц измерения должны быть выражены числом как минимум с тремя значащими цифрами как минимум.

Перевод единиц измерений с точностью, обозначенной выше, необходим для обеспечения единообразия размерности величин. Переводные множители между традиционными американскими единицами и единицами СИ приведены в необязательном приложении I, *Рекомендации по использованию единиц традиционной американской системы и системы СИ в Стандарте по котлам и сосудам давления ASME*. Всякий раз, когда используются местные традиционные единицы измерения, производитель должен предоставить источник переводных множителей, которые подлежат подтверждению Уполномоченным инспектором или дипломированным специалистом.

Материал, который был произведен и сертифицирован согласно техническим условиям материала в единицах традиционной американской системы или системы СИ (например, SA-516M) может использоваться независимо от того, какая система единиц использовалась при разработке. Стандартные фитинги (например, фланцы, коленчатые патрубки, и т. д.), которые были сертифицированы согласно традиционной американской системе единиц измерения или системе СИ, можно использовать независимо от того, какая система единиц использовалась при разработке.

Все записи в Статистическом отчете Производителя или требуемая согласно Стандарту маркировка на фирменной табличке должны быть выполнены в единицах, соответствующих производственным чертежам для компонентов, т. е. или с использованием американской традиционной системы единиц измерения, или системы СИ, или местной традиционной системы. Допускается указывать альтернативные единицы в скобках. Пользователям Стандарта следует учесть, что необходимо связаться с проверяющими инстанциями, чтобы убедиться, что все единицы измерения допустимы.

ТАБЛИЦА KG-141
Справочные стандарты данного раздела и соответствующий год издания

Наименование	Номер	Год
Центральная программа сертификации ASNT	ACCP	Изм. 3, 1997
Рекомендуемая практика API 579, годность к работе	API RP 579	2000
Стали для работы с водородом при повышенной температуре и давлении на нефтеперерабатывающих и химических заводах	API RP 941	2004
Резьбы дюймовые унифицированные (профили резьбы UN и UNR)	ASME B1.1	2003
Трубные фланцы и фланцевые фитинги	ASME B16.5	2003
Кованые стальные, свариваемые встык фитинги заводского изготовления	ASME B16.9	2003
Цельнокованные фитинги, привариваемые и винтовые	ASME B16.11	2001
Металлические прокладки для трубных фланцев – кольцевые, спиральной навивки и чехловые	ASME B16.20	1998
Гайки квадратные и шестигранные (дюймовой серии)	ASME/ANSI B18.2.2	1987 (R1999)
Трубы стальные шовные и бесшовные из кованной стали	ASME B36.10M	2004
Структура поверхности (шероховатость, волнистость и слой поверхности)	ASME B46.1	2002
Предохранительные устройства	ASME PTC 25	2001
Ограничения штатной проверки	QAI-1	2003
Руководство по переводу кодов и стандартов в метрическую систему единиц СИ	ASME SI-9	Примечание (1)] 1981
Таблицы перевода жесткости металлов	ASTM E 140	2002
Стандартный метод испытания на разрыв с острым надрезом для листовых материалов высокой прочности	ASTM E 338	2003
Стандартный метод для определения предела вязкости при разрушении плоско-деформированных металлических материалов	ASTM E 399	1990 (R1997)
Стандартный метод испытания на разрыв с острым надрезом для цилиндрических образцов	ASTM E 602	2003
Стандартный метод испытания для измерения скорости усталостного роста трещин	ASTM E 647	2005
Стандартный метод испытаний для измерения вязкости при разрушении в случае смещения отверстий из-за трещин	ASTM E 1290	2002
Стандартный метод испытания для определения порогового коэффициента интенсивности напряжения при трещинообразовании в металлах под воздействием окружающих условий при постоянной нагрузке	ASTM E 1681	2003
Стандартный метод испытаний для измерения вязкости при разрушении	ASME E 1820	2001
Стандартная терминология, относящаяся к испытаниям на усталость и излом	ASTM E 1823	1996 (R2002)
Стандарт ASNT по квалификации и сертификации персонала, осуществляющего неразрушающий контроль	CP-189	2001
Стандарт по использованию Международной системы измерений (СИ); Современная метрическая система	IEEE/ASTM SI	2002
Рекомендованная практика по неразрушающему контролю при квалификации и сертификации персонала	SNT-TC-1A	2001

ОБЩЕЕ ПРИМЕЧАНИЕ: Для стандартов изделий, номинальные значения давления-температуры и циклический анализ могут накладывать ограничения на применение (см. Часть KD).

ПРИМЕЧАНИЕ:

(1) См. KG-411.

ТАБЛИЦА КГ-141
СТАНДАРТЫ, НА КОТОРЫЕ ДАНЫ ССЫЛКИ В ДАННОМ РАЗДЕЛЕ,
С УКАЗАНИЕМ СООТВЕТСТВУЮЩЕГО ГОДА ИЗДАНИЯ (ПРОДОЛЖЕНИЕ)

Наименование	Номер	Год
Версии стандартов с единицами измерения СИ		
Метрическая резьба – профиль М	ASME B1.13M	2001
Метрическая резьба – профиль MJ	ASME B1.21M	1997
Метрический крупный шестиугольный винт	ASME B18.2.3.3M	1979 (R2001)
Метрический шестиугольный болт	ASME B18.2.3.5M	1979 (R2001)
Метрический крупный шестиугольный болт	ASME B18.2.3.6M	1979 (R2001)
Метрическая шестиугольная гайка, Тип 1	ASME B18.2.4.1M	2002
Метрическая шестиугольная гайка, Тип 2	ASME B18.2.4.2M	1979 (R1995)
Метрическая крупная шестиугольная гайка	ASME B18.2.4.6M	1979 (R2003)

СТАТЬЯ KG-2 ПОСТРОЕНИЕ ДАННОГО РАЗДЕЛА

KG-200 ПОСТРОЕНИЕ

KG-210 ЧАСТИ ДАННОГО РАЗДЕЛА

Данный раздел делится на восемь частей.

(a) Часть KG содержит область применения раздела, устанавливает ответственность потребителя и изготовителя и обязанности инспекторов сосудов давления, изготовленных в соответствии с данными правилами.

(b) Часть KM содержит:

(1) материалы, которые могут использоваться;

(2) допустимые идентификационные номера спецификаций материалов, специальные требования и ограничения;

(3) механические и физические свойства, на которых основана конструкция, и другая необходимая информация, касающаяся свойств материалов (см. Секция II, Часть D).

(c) Часть KD содержит требования к конструкции сосудов и деталям сосудов.

(d) Часть KF содержит требования к изготовлению сосудов и их деталей.

(e) Часть KR содержит правила для предохранительных устройств.

(f) Часть KE содержит требования к неразрушающему контролю и восстановлению материалов, ремонту сосудов и их деталей.

(g) Часть KT содержит требования и методику проведения испытаний.

(h) Часть KS содержит требования к маркировке и сертификации сосудов и их деталей. В ней также содержатся требования к составлению Отчетов изготовителя и других отчетных документов, которые должны быть направлены потребителю.

KG-220 ПРИЛОЖЕНИЯ

KG-221 Обязательные

Обязательные приложения содержат конкретные вопросы, которые не рассматриваются в других разделах. Требования приложений являются обязательными, если они применимы.

KG-222 Необязательные

В необязательных приложениях содержится практическая информация и рекомендации.

KG-230 СТАТЬИ И ПАРАГРАФЫ

KG-231 Статьи

Основные подразделы настоящей Части данного Раздела обозначены как Статьи. У них есть номера и названия, например Статья KG-1, Область применения и юрисдикция.

KG-232 Параграфы и подпараграфы

Статьи состоят из параграфов и подпараграфов, имеющих трехзначный номер, первая цифра которого соответствует номеру статьи. Каждому номеру параграфа или подпараграфа предшествуют буквы, которые вместе с первой цифрой (сотни) обозначают часть и статью данного раздела, например KD-140, что означает: подпункт KD-100 Статьи KD-1 Части KD.

(a) Основные деления параграфов обозначаются основным номером параграфа с одной или двумя цифрами после десятичной точки. Каждое из этих делений имеет название и содержится в таблице содержания.

(b) Мелкие деления параграфов обозначены (a), (b) и т. п.

(c) В случае если необходимо такое деление, они обозначаются номерами в скобках [например, KG-311.8(b)(1)].

KG-240 ССЫЛКИ

В случае если на часть, статью или параграф есть ссылки в разделе, ссылка должна включать все подразделы данной части, статьи или параграфа, включая подпараграфы.

KG-250 ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Определения терминов и обозначений, используемых в данном Разделе, содержатся в разных частях, статьях или параграфах, где они появляются в первый раз, или если они представляют особый интерес. Список обозначений приведен в Приложении 1.

СТАТЬЯ KG-3

ОТВЕТСТВЕННОСТЬ И ОБЯЗАННОСТИ

KG-300 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Потребитель, изготовитель и инспектор, участвующие в процессе производства и сертификации сосудов, согласно данному Разделу, имеют определенные обязанности и несут ответственность в соответствии с требованиями данного Раздела. Ответственность и обязанности, установленные в данном Разделе, рассматриваются только в части соответствия данному Разделу, и не могут рассматриваться как относящиеся к условиям договора или юридическим обязательствам. В тех случаях, когда в этом документе появляется слово «потребитель», считается возможным применять его также к понятию «агент» (например, десигнатор или лицензиар), который действует по поручению потребителя.

KG-310 ОТВЕТСТВЕННОСТЬ ПОТРЕБИТЕЛЯ

Ответственность потребителя или назначенного им агента предоставить Технические нормы потребителя на проектирование для изготовления сосуда давления в соответствии с положениями данного Раздела (см. Статью KG-1).

Технические нормы потребителя на проектирование должны содержать достаточно детальную информацию, чтобы предоставить полное основание для конструкции согласно Разделу 3. Выполнение данных требований не должно отразиться на конструкции, которая не будет соответствовать правилам данного Раздела.

KG-311 Технические нормы потребителя на проектирование

Проектная спецификация потребителя должна включать следующее.

KG-311.1 Идентификацию сосуда

- (a) номер сосуда
- (b) название, функцию, назначение
- (c) рабочую жидкость

KG-311.2 Конфигурацию сосуда

- (a) форму
- (b) вертикальный или горизонтальный
- (c) номинальный размер или емкость
- (d) способ опоры и местоположение, включая тип основания и допустимую нагрузку, если применимо (см. KD-110 и Статью KD-7)
- (e) тип конструкции
- (f) функции и пределы изделий, содержащихся в KG-110

- (g) изделия, предоставленные изготовителем
- (h) изделия, предоставленные потребителем

KG-311.3 Контрольные размеры

- (a) чертежи
- (b) открытия, соединения, закрытия
 - (1) количество каждого
 - (2) тип и размер
 - (3) назначение
 - (4) местоположение, подъем и ориентация

KG-311.4 Проектные параметры

(a) *Расчетное давление.* Расчетное давление – это давление в верхней части сосуда, которое совместно с соответствующей температурой (металла) указано на табличке. Давление в верхней части сосуда является также основой для определения давления в предохранительных устройствах сосуда.

(b) *Расчетная температура.* Средняя максимальная температура металла, установленная потребителем при расчетном давлении. См. KD-112. Данная расчетная температура должна быть промаркирована на сосуде.

(c) Может быть установлено более одной комбинации расчетного давления и температуры.

(d) *Минимальная расчетная температура металла (MDTM).* MDTM – это самая низкая температура сосуда, при которой первичное напряжение в любом месте сосуда больше 6 тыс. фунтов/кв. дюйм (40 МПа) (см. KM-234). Данная температура должна определяться с учетом самой низкой температуры процесса, которую сосуд имеет при обычной эксплуатации, включая падения температуры, струйные падающие потоки и т. п. Также, см. KD-112 и KD-113.

(e) Термические градиенты в сечении сосуда.

KG-311.5 Рабочие условия

(a) Рабочее давление при соответствующей температуре жидкости. *Рабочее давление* – это максимально поддерживаемое давление процесса, которое подразумевается как достаточное при эксплуатации. Рабочее давление не должно превышать расчетное давление. Данное давление выражается положительной величиной и может быть внутренним или внешним по отношению к сосуду.

(b) Падение и другие комбинации рабочего давления и соответствующей температуры жидкости, достаточные для составления основания для выбора материалов

(c) Предлагаемые способы нагрева и охлаждения, а также условия падения температуры, которые могут привести к быстрому нагреву или охлаждению поверхностей сосуда.

(d) Информация и условия рабочего цикла.

KG-311.6 Содержащаяся информация о жидкости

- (a) состояние (жидкое, газообразное, двойное);
- (b) плотность;
- (c) необычные термодинамические свойства;
- (d) температуры жидкости на входе и выходе;
- (e) расход газа;
- (f) струйные падающие потоки;
- (g) заключение о том, является ли жидкость ядовитой, опасной или воспламеняющейся.

07 KG-311.7 Выбор материалов

(a) Подходящие материалы, имеющие стойкость к образованию коррозии (по конкретным или общим причинам);

(b) прибавка на коррозию/эрозию;

(c) любая информация относительно возможного снижения характеристик выбранных материалов конструкции из-за воздействия окружающих условий. Подобные примеры можно найти, в частности, в Разделе II, Части D, Приложении А «Металлургические явления».

В случае если дополнительные требования применимы для конкретного назначения, см. KG-311.12.

KG-311.8 Нагрузки

(a) Потребитель должен определить все вероятные комбинации соответствующих условий нагрузки, как указано в KD-110. Они должны включать реакцию вектора нагрузки.

(b) Сведения о нагрузке могут быть получены:

- (1) с помощью расчетов,
- (2) опытным способом,
- (3) действительными измерениями в аналогичных условиях,
- (4) компьютерным анализом,
- (5) из публикаций.

(c) Источник сведений о нагрузке должен быть указан.

KG-311.9 Предполагаемый срок службы. Года и циклы.

KG-311.10 Анализ усталости

(a) Анализ усталости обязателен для сосудов Раздела 3, за исключением тех, которые содержатся в Разделе KG-311.10(b). Ответственность Потребителя заключается в том, чтобы предоставить или создать условия для предоставления достаточно детальной информации с целью проведения анализа рабочего цикла в соответствии со Статьями KD-3 и KD-4.

(b) Потребитель должен установить, возможно ли сделать исключение для малых сосудов, предназначенных для лабораторного использования, в соответствии с KD-100(c).

(c) Потребитель должен определить, возможно ли установить утечку до разрыва сосуда на основании имеющегося опыта работ, подтвержденного документально, в отношении сосудов с аналогичными конструкцией, размером, материальными свойствами и рабочими условиями (см. KD-141) или утечка до разрыва сосуда может быть установлена аналитически. Число рабочих циклов может быть рассчитано в соответствии со Статьей KD-4, если утечка до разрыва сосуда не может быть установлена.

(d) Потребитель должен определить могут ли утечки через стенки сосудов расцениваться как разрушение внешнего защитного слоя и предварительно напряженного внутреннего слоя. См. KD-103, KD-108 (f) и KD-931.

KG-311.11 Предохранительные устройства.

Потребитель или назначенный им агент должен нести ответственность за конструкцию и установку системы предохранительных устройств. Эта система должна соответствовать требованиям Части KR. Расчеты, протоколы испытаний и вся другая информация, используемая для подтверждения размера, местоположения, соединительных деталей и пропускной способности для системы предохранительных устройств должна быть документирована в Технических нормах потребителя на проектирование (см. KR-100).

KG-311.12 Дополнительные требования.

В Технических нормах потребителя на проектирование потребитель должен определить, какие дополнительные требования применимы для назначения сосуда (см. Часть KE).

(a) Для того назначения, когда несплошности покрытия могут нанести вред, перед изготовлением Потребителем должен быть определен дополнительный осмотр материалов; например, ультразвуковой контроль листов согласно SA-435 и поковок согласно SA-388, в Разделе V.

(b) Следует определить дополнительные требования, такие как неразрушающий контроль, химическая или термообработка.

(c) Потребитель должен определить любые необязательные или выборочные требования данного Раздела, которые считаются обязательными для данного сосуда.

(d) Потребитель должен определить, возможно ли использовать единицы измерения Системы единиц измерения США или системы СИ во всех сертифицированных документах, маркировках и клеймах, требуемых данным Разделом. Потребитель должен также определить требуются ли дубликаты таблицек и сертифицированных документов, переведенные на второй язык, и существуют ли другие специальные требования для маркировки и их положение. См. также KG-150 и KS-130.

(e) Потребитель должен определить требования для уплотнений и болтовых соединений для закрытий и крышек (см. KD-660).

(f) Конкретные дополнительные требования к испытаниям под давлением должны быть перечислены в Технических нормах потребителя на проектирование, такие как:

- (1) диапазон жидкостей и температур,
- (2) местоположение сосуда,
- (3) местоположение, производство или участок изготовителя,
- (4) очистка и сушка.

(g) Потребитель должен определить в Технических нормах потребителя на проектирование, какие акты, отчеты или сертификаты по конструкции в дополнение к тем, которые перечислены в KS-320, изготовитель должен предоставить потребителю.

(h)(1) Потребитель должен определить в Технических нормах потребителя на проектирование, в каких случаях должны удовлетворяться особые требования Статьи KD-10 для сосудов, используемых для водорода под высоким давлением.

(h)(2) Потребитель должен обеспечить выполнение требований KD-1001.

07

07

KG-311.13 Участок установки

(a) местоположение

(b) юридические полномочия (потребитель должен установить название и адрес юридического органа, который имеет юридические полномочия на участке установки сосуда, и определить дополнительные требования или ограничения, применяемые властями, которые относятся к конструкции или регистрации данного сосуда),

(c) инспекционное агентство и сертификация,

(d) условия окружающей среды.

KG-311.14 Сертификация Технических норм потребителя на проектирование. Профессиональный инженер,¹ зарегистрированный в одном или более штатов США или провинций Канады, а также обладающий опытом в проектировании сосудов под давлением, выдает сертификат о том, что пользовательское задание на проектирование соответствует всем описанным выше требованиям. В части, посвященной сертификации, будут перечислены издание Стандарта, изменения и все применимые стандарты. Это не должен быть профессиональный инженер, отвечающий за сертификацию отчета о проектировании Производителя, хотя оба могут работать в одной организации.

KG-320 ОТВЕТСТВЕННОСТЬ ИЗГОТОВИТЕЛЯ**KG-321 Конструктивная и поддерживающая давление целостность**

Изготовитель несет ответственность за конструктивную и поддерживающую давление целостность сосуда или его частей согласно правилам данного Раздела, которые должны соответствовать условиям, установленным в Технических нормах потребителя на проектирование и содержащимся в Отчете изготовителя о проекте.

KG-322 Соответствие Стандарту

(a) Изготовитель, производящий маркировку любого сосуда или части сосуда символом U3 Стандарта, несет ответственность за то, чтобы маркировка соответствовала всем применимым требованиям данного Раздела, а также посредством проведения надлежащей сертификации должен убедиться в том, что выполнение любого вида работ другими лицами, также производилось в соответствии со всеми требованиями данного Раздела.

(b) Изготовитель должен подтвердить соответствие данным требованиям путем составления надлежащего Отчета изготовителя согласно KS-300.

¹ Считается, что один профессиональный инженер не обладает достаточным опытом для сертификации всех частей пользовательского задания на проектирование или отчета о проектировании Производителя. Соответственно заниматься сертифицированием частей пользовательского задания на проектирование или отчета о проектировании Производителя может заниматься несколько профессиональных инженеров. В прилагаемом отчете профессиональный инженер должен точно указать часть отчета, за которую он несет ответственность.

Дополнительно один из них должен подтверждать, что отчет укомплектован полностью.

KG-323 Отчет изготовителя о проекте

Изготовитель обязан представить отчет изготовителя о проекте, который включает:

(a) конструктивные расчеты и анализ, посредством которых определяется, что конструкция, указанная на чертежах, включая изменения при постройке, соответствует требованиям данного Раздела к конструктивным условиям, установленным в Технических нормах потребителя на проектирование;

(b) окончательные и построочные чертежи;

(c) результаты анализа усталости в соответствии со Статьями KD-3 и KD-4, а также KD-1260, если применимо;

(d) документация с учетом эффектов нагрева или термической обработки в процессе изготовления, и соответственно, установленных максимальных температур металла, с целью подтвердить, что они оказывают достаточное влияние на свойства материала или предварительные напряжения в конструкции (см. Части KD и KF);

(e) определение любых открытий, для которых не установлены такие закрывающие устройства как: рабочие крышки, закрытия или другие соединения;

(f) предельные температурные градиенты в сечениях сосуда.

KG-324 Сертификация Отчета изготовителя о проекте

(a) Профессиональный инженер,¹ зарегистрированный в одном или более штатов США или провинций Канады, а также обладающий опытом в проектировании сосудов под давлением, выдает сертификат о том, что отчет о проектировании Производителя соответствует требованиям пользовательского задания на проектирование и этого раздела. В части, посвященной сертификации, будут перечислены издание Стандарта, изменения и все применимые стандарты. Это не должен быть профессиональный инженер, отвечающий за сертификацию пользовательского задания на проектирование, хотя оба могут работать в одной организации.

(b) Отчет изготовителя о проекте должен быть сертифицирован только в том случае, если:

(1) выполнены все конструктивные требования данного Раздела и Технических норм потребителя на проектирование; и

(2) Отчеты изготовителя по конструкции согласованы с Отчетом изготовителя о проекте и Техническими нормами потребителя на проектирование.

(c) Сертификация Отчета о проекте не должна освобождать изготовителя от ответственности за конструктивную целостность выполненного изделия в соответствии с условиями, установленными в Технических нормах потребителя на проектирование.

KG-325 Отчеты изготовителя по конструкции (ОИК)

Изготовитель должен подготовить, собрать и хранить отчеты по конструкции и документацию, касающуюся отчетов о неразрушающем контроле, ремонтах

и отклонениях от чертежей, таких как производственные процессы, с целью установить соответствие с Отчетом изготовителя о проекте. Указатель к комплекту отчетных документов по конструкции должен постоянно актуализироваться. См. KS-320.

KG-330 РАЗРАБОТЧИК

Разработчик – это инженер или группа инженеров, имеющих опыт в проектировании сосудов высокого давления, которые выполняют необходимый анализ сосуда. Разработчик может быть работником, нанимаемым изготовителем, или агентом, действующим по его поручению.

СТАТЬЯ KG-4

ОБЩИЕ ПРАВИЛА ПРОВЕРКИ

KG-400 ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ПРОВЕРКЕ И ОСМОТРУ

Проверка и осмотр сосудов давления, маркированных символами U3 Стандарта, должны соответствовать общим требованиям к проверке и осмотру данной Статьи и, в дополнение, конкретным требованиям к проверке и осмотру, приведенным в соответствующих параграфах.

KG-410 ОТВЕТСТВЕННОСТЬ ИЗГОТОВИТЕЛЯ

KG-411 Контракт о проверке

Изготовитель, в любом случае, должен иметь действующий контракт о проверке или соглашение с аккредитованным авторизованным инспекционным агентством,¹ имеющим в штате уполномоченных инспекторов согласно KG-431. Действующий контракт о проверке или соглашение – это письменное соглашение между изготовителем и Авторизованным инспекционным агентством, в котором установлены сроки и условия предоставления услуг, а также определена ответственность изготовителя и инспектора.

KG-412 Сертификация

Изготовитель, производящий маркировку любого сосуда или части сосуда символом U3 Стандарта, несет ответственность за то, чтобы маркировка соответствовала всем применимым требованиям данного Раздела, а также посредством проведения надлежащей сертификации должен убедиться в том, что выполнение любого вида работ другими лицами также производилось в соответствии со всеми требованиями данного Раздела, засвидетельствовав это своей подписью.

KG-413 Положения проверки

KG-413.1 Доступ. Производитель сосуда или его деталей должен организовать для инспектора свободный доступ ко всем участкам предприятия, которые связаны с поставкой или изготовлением материалов для сосуда, во время выполнения работ,

а также к участку, на котором установлен сосуд, во время сборки и испытания сосуда.

KG-413.2 Прогресс. Изготовитель должен информировать инспектора о прогрессе в работе и должен уведомлять его заранее в том случае, когда сосуд или материалы будут готовы к необходимым испытаниям или проверкам.

KG-414 Документация, направляемая инспектору

Изготовитель должен своевременно предоставить инспектору документацию и отчетные документы, а также выполнить другие необходимые действия, указанные в данном Разделе. Здесь приведены некоторые обычно требуемые документы, которые определены в соответствующих правилах:

(a) свидетельство о признании для использования символов U3 Стандарта от Комитета ASME по котлам и сосудам давления (см. Статью KS-2);

(b) чертежи и проектные расчеты для сосуда или его части (см. Статья KG-323);

(c) протокол заводских испытаний или сертификация материала, используемого при изготовлении сосуда или его части (см. AM-101), контрольные испытательные образцы (см. KT-110), если необходимо;

(d) Отчет о деталях, если требуется KS-301;

(e) Акты проверок всех материалов (кроме сварочных материалов) перед изготовлением для того, чтобы:

(1) убедиться в том, что материалы имеют необходимую толщину в соответствии с Техническими нормами на проектирование;

(2) обнаружить недопустимые дефекты;

(3) убедиться в том, что материалы разрешены к применению данным Разделом (см. KM-100);

(4) убедиться в том, что существует идентификация, посредством которой обеспечивается прослеживаемость по отношению к Отчету о заводских испытаниях или сертификации материалов (см. KF-112);

(f) документация об испытаниях на ударную прочность, если применимо (см. KM-212, KM-230 и KT-2);

(g) получить согласие инспектора перед проведением ремонта, если требуется KF-113, KF-710 и 2-116 Приложения 2;

(h) отчеты о проверках головных и корпусных частей с целью подтверждения того, что они сформированы надлежащим образом до надлежащих форм в пределах допустимого отклонения от стандартных размеров (см. KF-120 и KF-130);

¹ Каждый раз, когда Авторизованное инспекционное агентство или A/A будет упоминаться в данном Стандарте, оно должно означать Авторизованное инспекционное агентство, аккредитованное ASME в соответствии с последней версией ASME QAI-1, Квалификация для Авторизованной инспекции.

(i) квалификация процедур сварки перед их использованием при изготовлении (см. KF-210, KF-822 и KT-220);

(j) квалификация всех сварщиков и операторов сварки перед их работой на производстве (см. KF-210 и KF-823);

(k) акты осмотров всех частей перед соединением, чтобы убедиться в том, что они должным образом установлены для сварки и что поверхности, предназначенные для присоединения, очищены и достигнуто выравнивание допустимых отклонений от нормы (см. KF-230);

(l) акты осмотров частей в ходе изготовления с целью идентификации материалов (см. KG-413 и KS-301), подтверждения отсутствия на поверхности очевидных дефектов и соблюдения необходимой геометрии размеров;

(m) осуществление контроля, чтобы убедиться в том, что вся необходимая термическая обработка произведена (см. Часть KF);

(n) предоставление отчетных документов о проведении методов неразрушающего контроля в отношении сосудов и их частей с использованием рентгенографической пленки;

(o) проведение необходимых гидростатических и пневматических испытаний при осуществлении необходимого осмотра во время испытаний (см. Статью KT-3);

(p) нанесение необходимой маркировки и/или использование таблички на сосуде с последующим удостоверением в том, что данные действия выполнены в отношении нужного сосуда (см. Статью KS-1);

(q) подготовка необходимого Отчета изготовителя с Дополнением, с их последующей сертификацией инспектором (см. Статью KS-1);

(r) хранение отчетных документов (см. KS-310 и KS-320).

KG-420 СЕРТИФИКАЦИЯ УСЛУГ СУБПОДРЯДЧИКОВ

KG-421 Сертификация авторизации

(a) В руководстве по контролю качества содержится описание внедрения Изготовителем (держателем Сертификата) системы контроля качества и принятия на себя ответственности по выполнению субподрядных работ (См. KG-322). Изготовитель должен принять все меры, чтобы субподрядные работы соответствовали требованиям этого раздела. Эта Секция руководства будет рассматриваться Инспектором совместно с полным руководством по контролю качества.

(b) Такие виды работ как формовка, неразрушающий контроль, термическая обработка и т. п., могут быть выполнены другими лицами. Изготовитель сосуда обязан убедиться в том, что все выполненные виды работ соответствуют всем применимым требованиям настоящего Раздела. После удостоверения в соответствии и получении разрешения от Инспектора, держатель клейма может нанести на сосуд маркировку, используя клеймо с символами ASME.

(c) Субконтракты, касающиеся сварки конструктивных ограничительных деталей в соответствии с правилами данного Раздела, иные, чем сварные швы, разрешенные спецификацией изделия, могут быть составлены только для субподрядчиков, имеющих

действующие Свидетельства о признании по формам U, U2 или U3.

(d) Изготовитель может привлекать к выполнению работ по контракту частных лиц в качестве сварщиков или операторов-сварщиков на заводе или участке, указанном в Свидетельстве о признании, при условии, что соблюдаются следующие требования:

(1) Вид работ, выполняемый сварщиками или операторами, производится в объеме, указанном в Свидетельстве о признании;

(2) Использование таких сварщиков или операторов описано в Руководстве по качеству изготовителя. Руководство по качеству должно включать требование для непосредственного надзора и непосредственного технического контроля над сварщиками или операторами, приемлемое для аккредитованного Авторизованного инспекционного агентства.

(3) Процедуры по сварке должны быть должным образом квалифицированы изготовителем в соответствии с Секцией IX.

(4) Сварщики и операторы для выполнения данных процедур квалифицируются изготовителем в соответствии с Секцией IX.

(5) Изготовитель несет ответственность за соответствие Стандарту и осуществление контроля.

KG-430 ИНСПЕКТОР

KG-431 Идентификация инспектора

Все ссылки на инспектора на протяжении всего Раздела означают «уполномоченного инспектора» как это определено в данном параграфе. Все проверки, выполнение которых требуется данным Разделом, выполняются инспектором, квалифицированным согласно KG-432 и регулярно привлекаемым к работам Авторизованным инспекционным агентством, аккредитованным ASME, которое определяется как:

(a) инспекционная организация штата или муниципалитета Соединенных штатов, или провинции Канады;

(b) страховая компания, уполномоченная оформлять страховку котлов и сосудов давления;

(c) компания, которая изготавливает сосуды давления исключительно для собственных целей, а не для продажи, и определяется как потребитель-изготовитель. Это единственная ситуация, когда инспектор может наниматься изготовителем.

KG-432 Квалификация инспектора

Все инспекторы должны быть квалифицированы путем письменной проверки в соответствии с правилами штата США или провинции Канады, которые приняли данный Стандарт.

KG-433 Контроль Системы качества

В добавление к установленным обязанностям, инспектор должен осуществлять контроль Системы качества изготовителя в соответствии с требованиями, изложенными в Приложении 2.

KG-434 Актуализация отчетных документов

Инспектор должен проверить, что изготовитель имеет систему актуализации документации, а именно Отчетных документов по конструкции, в которой не допускается никаких отклонений от Отчета изготовителя по конструкции.

KG-440 ОБЯЗАННОСТИ ИНСПЕКТОРА

Инспектор сосудов, которые должны быть маркированы символами U3 Стандарта, обязан проводить все необходимые проверки, а также проверки, проведение которых он лично считает необходимым, чтобы убедиться в том, что соблюдены все требования. Здесь приведены некоторые обычно требуемые проверки, которые определены в соответствующих правилах:

(a) проверка того, что изготовитель обладает действительным Свидетельством о признании и работает в соответствии с одобренной Системой качества;

(b) проверка того, что соответствующий Отчет по конструкции, Технические нормы потребителя на проектирование, чертежи и другие документы находятся в наличии (см. KG-414);

(c) проверка того, что материалы, используемые при изготовлении сосуда, соответствуют требованиям Части КМ;

(d) проверка того, что все Процедуры по сварке квалифицированы;

(e) проверка того, что все сварщики и операторы квалифицированы;

(f) проверка того, что термическая обработка, включая термическую обработку после сварки (ТОПС), выполнена [см. KG-414(m)];

(g) проверка того, что все дефекты материалов, исправленные путем сварки, исправлены надлежащим образом и повторно осмотрены;

(h) проверка того, что все необходимые неразрушающие методы контроля, испытания на ударную прочность и другие виды испытаний выполнены с положительными результатами;

(i) проведение внешнего осмотра сосуда с целью убедиться в том, что номера материалов надлежащим образом перенесены (см. KF-112);

(j) проведение внутренних проверок и внешних осмотров, если применимо, и присутствие на гидростатических или пневматических испытаниях (см. Статью КТ-3);

(k) проверка того, что выполнена необходимая маркировка, включая клеймение, и что табличка прикреплена к нужному сосуду или камере (см. Статью KS-1);

(l) подписание Сертификата о проверке в Отчете изготовителя, что работа над сосудом, по его мнению, закончена и была выполнена в соответствии с положениями данного Раздела (см. Статью KS-3);

(m) проверка того, что у изготовителя в наличии имеются соответствующие отчетные документы (см. KS-320 и KG-320)

Часть КМ

ТРЕБОВАНИЯ К МАТЕРИАЛАМ

Статья КМ-1 ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ

07 КМ-100 ДОПУСТИМЫЕ МАТЕРИАЛЫ

(a) Материалы, которые должны применяться в соответствии с правилами данного Раздела, кроме соединительного плакирования, сварочных присадочных металлов, наплавленного слоя металла сварного шва и материалов вкладышей, должны соответствовать техническим условиям, описанным в Секции II, и должны быть перечислены в Таблицах KCS-1, KHA-1 или KNF-1. Термин *технические условия на материал*, использованный в данном Разделе, значит рекомендованные технические условия Секции II вместе с дополнительными требованиями, перечисленными в Технических нормах потребителя на проектирование (см. KG-311.7).

(b) Материалы, размер и/или толщина которых превышают предельные значения, оговоренные в заглавии или области применения технических условий на материалы, указанных в Секции II и разрешенных в Части КМ, могут применяться при условии, что эти материалы соответствуют другим требованиям данных технических условий на материал. А также при условии, что в данном Разделе не указано ограничение по размеру или толщине, или такие технические условия, где химический состав или механические свойства различаются в зависимости от размера или толщины. Материалы, не входящие в данный ряд, должны соответствовать по составу и механическим свойствам материалам из ближайшего указанного ряда.

(c) Материалы, не разрешенные для применения данным Разделом, не должны применяться для конструкции деталей, удерживающих давление, включая болтовые соединения и предварительно напряженный внутренний слой, если только данные по ним не представлены и не утверждены Комитетом по котлам и сосудам давления, в соответствии с Приложением F.

(d) Болты, как указано в Секции II, Часть D, Таблица Y-1, должны использоваться только для привинчивания (см. КМ-300).

(e) Такие элементы герметизации сосудов под давлением как детали с резьбой и основные гайки, нарезанные с целью создания уплотнения и/или

сохранения концевых нагрузок могут быть изготовлены из поволоков или прутков, перечисленных в Разделе II, Часть D, Таблица Y-1 с учетом того, что все требования этого Раздела к квалификации и проектированию соблюдены.

(f) Потребитель должен подтвердить, что соединение разнородных металлов не окажет вредного влияния на скорость коррозии или срок службы сосуда (см. KG-311.7).

КМ-101 Сертификация изготовителем материалов

Производитель материалов должен подтвердить, что все требования к спецификациям применяемых материалов в Секции II, все особые требования части КМ, которые должны быть выполнены производителем материалов, и все дополнительные требования к материалам, указанные в пользовательском задании на проектирование, (KG-311) соблюдены. Сертификат будет представлять собой отчет производителя материала о сертифицирующем испытании материала, в котором отражены все количественные результаты необходимых испытаний, и будет подтверждать, что материал подвергся всем необходимым испытаниям и ремонтам. Также смотрите KE-200. Все различия спецификации материалов и особых требований должны быть задокументированы и должно быть указано на соответствие материала особым требованиям (см. KF-111).

КМ-102 Предварительно изготовленные или предварительно штампованные детали, работающие под давлением

(a) Предварительно изготовленные или предварительно штампованные детали, подверженные действию давления внутри сосуда и поставляемые изготовителями, иными, нежели Изготовитель, ответственный за поставку сосуда в целом, должны отвечать всем соответствующим требованиям настоящего Раздела, относящимся к сосуду в целом, за исключением того, что заводской контроль, выполняемый производителями данных деталей, и Отчеты о деталях требуются только для сварных деталей.

(b) Если предварительно изготовленные или предварительно штампованные детали поставляются с паспортной табличкой, и данные паспортной таблички вступают в противоречие с дальнейшей обработкой или эксплуатацией изделия, а нанесение клейма на материал запрещено, допускается удаление паспортной таблички Изготовителем сосуда в целом по согласованию с Инспектором. Факт удаления паспортной таблички должен быть отражен в разделе «Замечания» Отчета, а паспортная табличка должна быть уничтожена.

КМ-102.1 Стандартные кованные, катаные или штампованные детали, работающие под давлением. Для стандартных деталей, работающих под давлением, таких как трубная арматура, фланцы, патрубки, приварные колпачки и крышки, целиком изготавливаемые посредствомковки, прокатки или штамповки, сертификация материала в соответствии с КМ-101 не требуется, за исключением требования предоставить Изготовителю сосуда в целом заверенные протоколы с численными значениями результатов испытаний деталей или сертификаты соответствия результатов испытаний на удар образцов с V-образным надрезом по Шарпи.

(a) Стандартные детали, работающие под давлением, удовлетворяющие требованиям применяемого стандарта ASME¹ или стандартные детали изготовителя^{2,3}, работающие под давлением, должны быть маркированы торговым наименованием или маркой изготовителя детали, а также маркировочными обозначениями, требуемыми в соответствии со стандартом. Маркировка деталей также должна предоставлять ссылки на соответствующие протоколы испытаний на удар образцов с V-образным надрезом по Шарпи. Подобная маркировка считается гарантией изготовителя, что данное изделие соответствует указанным техническим условиям на материал и стандартам и пригодно для эксплуатации при указанных значениях давления и температуры, в рамках ограничений, накладываемых положениями KD-110 и KD-140.

(b) Стандартные детали, работающие под давлением, удовлетворяющие требованиям применяемого стандарта ASME, могут использоваться при значениях температуры и давления, указанных

в стандарте ASME; стандартные детали изготовителя могут использоваться при значениях температуры и давления, указанных в стандарте изготовителя. В качестве альтернативы, допустимые значения давления и температуры для данных деталей могут быть определены на основании положений настоящего Раздела.

КМ-102.2 Кованые, катаные или штампованные нестандартные детали, работающие под давлением. Нестандартные детали, работающие под давлением, такие как корпуса, днища, съемные дверцы и змеевики, полностью изготовленные посредствомковки, прокатки или штамповки могут поставляться как материалы. Изготовитель подобных деталей должен предоставить данные сертификации материала в соответствии с КМ-101. Данные детали должны быть маркированы торговым наименованием или маркой изготовителя, а также иными маркировочными обозначениями, необходимыми для идентификации конкретных деталей, наряду с сертификацией материалов. Изготовитель сосуда в целом должен быть уверен, что деталь соответствует требованиям настоящего Раздела в рамках проектных условий, заданных для сосуда в целом.

КМ-103 Основной материал для цельного плакирования, наплавленного слоя металла и других защитных облицовок

Основные материалы, поверх которых применяется цельное плакирование, или материалы наплавленного слоя металла должны удовлетворять требованиям Части КМ. Основные материалы, в которых используются коррозионностойкие или износостойкие вкладыши, также должны соответствовать требованиям Части КМ.

КМ-104 Цельное плакирование и материал наплавленного слоя металла сварного шва

Цельное плакирование и материалы наплавленного слоя металла сварного шва могут быть любым металлическим материалом, поддающимся сварке, который соответствует требованиям Статьи KF-3.

КМ-105 Материал защитного вкладыша

Коррозионностойкие или износостойкие материалы вкладышей могут представлять собой как металлические, так и неметаллические материалы, подходящие для соответствующих условий эксплуатации (см. KG-311).

КМ-106 Повторение установленных проверок, испытаний или термических обработок

Для данного материала дополнительно к требованиям по контрольному исследованию, испытанию и термической обработке, указанным в его технических условиях, должны быть выполнены требования Статьи КМ-2. Нет необходимости повторять термическую обработку, кроме закаленной и отпущенной стали в соответствии с требованиями KF-602.

¹ К данной категории относятся детали, работающие под давлением, соответствующие требованиям производственного стандарта ASME, на что имеется ссылка в каком-либо из пунктов настоящего Раздела и перечисленные в Таблице KG-141. Производственный стандарт ASME принят за основу при определении значений давления и температуры, а также маркировки, если его положения не противоречат положениям настоящего Раздела.

² К данной категории относятся детали, работающие под давлением, соответствующие требованиям стандарта изготовителя деталей, регламентирующего значения давления и температуры, указанные на детали, и описанные в документации изготовителя деталей. Изготовитель сосуда в целом должен быть уверен, что деталь соответствует требованиям настоящего Раздела в рамках проектных условий, заданных для сосуда в целом.

³ Детали, работающие под давлением, могут соответствовать требованиям производственного стандарта ASME, не удовлетворяя при этом положениям Сноски 1; такие детали, однако, должны удовлетворять требованиям, относящимся к стандарту изготовителя деталей и перечисленным в Сноске 2.

СТАТЬЯ КМ-2

ТРЕБОВАНИЯ К ИСПЫТАНИЯМ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МЕТАЛЛОВ

КМ-200 ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ

В КМ-100 допускается, что могут использоваться все формы металлических изделий при условии соответствия требованиям технических условий на материал, а также требованиям, предъявляемым к механическим испытаниям и проверкам, указанным в данном Разделе.

КМ-201 Определение толщины

В требованиях данной Статьи даны ссылки на толщину. Для предназначенной цели применяются следующие определения толщины T во время термической обработки.

КМ-201.1 Плиты. Толщина – это размер в поперечном направлении.

КМ-201.2 Поковки. Толщина – это размер, определенный следующим образом:

(a) для полых поковок, в которых длина по оси больше, чем радиальная толщина, толщина измеряется между минимальной внутренней и максимальной наружной поверхностями (радиальная толщина), исключая фланцы (выступы), толщина которых меньше, чем толщина стенок цилиндра;

(b) для дисковых поковок, в которых осевая длина меньше или равна наружному диаметру, толщина представляет собой осевую длину;

(c) для кольцевых поковок, где максимальная осевая длина меньше чем радиальная толщина, толщиной считается максимальный осевой размер;

(d) для прямоугольных сплошных поковок толщиной является наименьший прямоугольный размер.

КМ-201.3 Прутки и крепежные материалы. Толщиной для прутков и крепежных материалов должны являться: диаметр круглых прутков, меньшее из двух размеров поперечного сечения для прямоугольных прутков и расстояние между плоскостями для прутков шестиугольного сечения, или длина данного прутка, в зависимости от того, что меньше.

КМ-201.4 Труба. Толщиной трубы является номинальная толщина стенки.

КМ-210 МЕТОД ПОЛУЧЕНИЯ ИСПЫТАТЕЛЬНЫХ ОБРАЗЦОВ И ТЕМПЛЕТОВ ДЛЯ ВЫРЕЗКИ ОБРАЗЦОВ ДЛЯ ИСПЫТАНИЙ

Для аустенитных нержавеющей сталей и сплавов цветных металлов метод получения испытательных образцов должен соответствовать применяемым

техническим условиям на материал. Данные материалы исключены из требований КМ-211.

КМ-211 Формы изделий

КМ-211.1 Плиты

(a) При толщине меньше, чем 2 дюйма (50 мм), образцы берутся в соответствии с требованиями применяемых технических условий на материал.

(b) При толщине 2 дюйма (50 мм) и больше осевая линия для испытательных образцов должна быть взята в соответствии с требованиями применяемых технических условий на материал, но не ближе, чем T до любой термически обработанной кромки и не ближе, чем $T/4$ до ближайшей листовой поверхности.

(c) Если для представления материала сосуда используется отдельный темплет для вырезки образца для испытаний, он должен быть достаточных размеров, чтобы убедиться в том, что скорость охлаждения области, из которой взят образец, представляет собой скорость охлаждения материала глубиной, по крайней мере, $T/4$ и T от любой кромки изделия. За исключением случаев, когда скорость охлаждения применима к большей части или когда изделие моделируется согласно КМ-220, размеры темплета должны быть не менее $3T \times 3T \times T$, где T – максимальная толщина материала.

КМ-211.2 Поковки. Исходная точка, определяемая как середина базовой длины образцов для испытаний на разрыв, или место под надрезом для испытания образцов на ударную прочность, должна располагаться в соответствии с ниже следующим методами. Все испытания должны проводиться на цельных удлинениях поковок, кроме случаев, когда это допустимо согласно КМ-211.2(d).

(a) Для поковок с максимально закаленной толщиной, не превышающей 4 дюйма (100 мм), исходные точки испытательных образцов должны располагаться в поковке или испытательной поковке в середине толщины и, по крайней мере, $2T/3$ (T является максимальной термически обработанной толщиной) от закаленной поверхности торца или ближайших соседних поверхностей.

(b) Для поковок с максимально закаленной толщиной, превышающей 4 дюйма (100 мм), исходные точки испытательных образцов должны располагаться $T/4$ от ближайшей закаленной поверхности и $2T/3$ от закаленной поверхности торца или ближайших соседних поверхностей.

(c) Для очень толстых или сложных поковок, которые имеют профиль или обработаны механическим способом и, по существу, имеют конфигурацию готового изделия до термической

обработки, на чертеже, подготовленном изготовителем, должны быть указаны поверхности готового изделия, которые подвергаются высокому растягивающему напряжению при эксплуатации. Расстояние между этой поверхностью и ближайшей закаленной поверхностью определяется как толщина t .

Испытательные образцы должны отбираться из заготовки для изделия. Темплеты должны отбираться так, чтобы образцы имели продольные оси на расстоянии t ниже ближайшей термически обработанной поверхности. Середина длины образца должна быть как минимум как удвоенное расстояние, $2t$, от любой второй термически обработанной поверхности. В любом случае, продольная ось образца не должна располагаться ближе, чем $3/4$ дюйма (19 мм) до любой термически обработанной поверхности, а середина длины образца должна быть как минимум $1\frac{1}{2}$ дюйма (38 мм) от любой второй термически обработанной поверхности. Это место для испытаний известно как $t \times 2t$.

(d) С предварительного согласия изготовителя испытательные образцы могут браться из отдельного ковкого изделия при следующих условиях:

(1) отдельная испытательная поковка должна быть из той же плавки материала и должна подвергаться в значительной степени тому же обжатию и обработке, как и промышленные поковки, которые она представляет;

(2) отдельная испытательная поковка должна пройти термическую обработку таким способом, который дает аналогичную скорость охлаждения и не выше скорости охлаждения основного тела промышленной поковки. Температура и время выдержки, а также температура термической обработки для отдельной поковки должны быть такими же, как и для промышленной поковки;

(3) отдельная испытательная поковка должна иметь такую же номинальную толщину, что и промышленные поковки.

КМ-211.3 Прутки и крепежные материалы

(a) При диаметре или толщине меньше, чем 2 дюйма (50 мм), образцы берутся в соответствии с требованиями применяемых технических условий на материал.

(b) Для диаметров и толщины 2 дюйма (50 мм) и более, базисная точка образца для испытаний, которая определяется как середина рабочей длины образца для испытаний на растяжение или площадь под насечкой образца для ударных испытаний, должна находиться на $T/4$ от внешней поверхности и не ближе $2T/3$ диаметра или толщины от термообработанного конца. Для дисперсионно твердеющих сталей возможно использование $T/4$ диаметра или толщины от термообработанного конца.

КМ-211.4 Труба

(a) При толщине меньше, чем 2 дюйма (50 мм) образцы берутся в соответствии с требованиями применяемых технических условий на материал.

(b) При толщине 2 дюйма (50 мм) и больше образцы берутся в соответствии с требованиями применяемых технических условий на материал и на расстоянии как минимум $T/4$ от любой термически обработанной поверхности, где T – максимальная толщина стенки трубы, а края образцов не ближе, чем T от термически обработанного торца трубы. Испытательные образцы

ТАБЛИЦА КМ-212
УМЕНЬШЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ДЛЯ ИСПЫТАНИЙ
НА УДАР ПО ШАРПИ НИЖЕ МИНИМАЛЬНОЙ
РАСЧЕТНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ МЕТАЛЛА

Фактическая толщина материала или ширина образца для испытаний на удар по Шарпи вдоль надреза, дюйм (мм) [Примечание (1)]	Температура Обжатию °F (°C)
0,394 (10,00) (полноразмерный стандартный брусок)	0 (0)
0,354 (9,00)	0 (0)
0,315 (8,00)	0 (0)
0,295 (7,50) ($3/4$ размера бруска)	5 (3)
0,276 (7,00)	8 (4)
0,262 (6,67) ($2/3$ размера бруска)	10 (6)
0,236 (6,00)	15 (8)
0,197 (5,00) ($1/2$ размера бруска)	20 (11)
0,158 (4,00)	30 (17)
0,131 (3,33) ($1/3$ размера бруска)	35 (19)
0,118 (3,00)	40 (22)
0,098 (2,50) ($1/4$ размера бруска)	50 (28)

ПРИМЕЧАНИЕ:

(1) Допускается прямолинейное интерполирование для промежуточных значений.

отбираются из цельных удлинений трубы после завершения термической обработки и работ по формовке.

КМ-212 Образцы для испытаний на удар по Шарпи

КМ-212.1 Крепежные материалы

(a) Образцы с V-образным надрезом для испытания на удар по Шарпи должны быть стандартного размера 10 мм × 10 мм и должны располагаться параллельно оси болта.

(b) Если испытания на удар по Шарпи образцов с V-образным надрезом должны быть проведены, а диаметр болта не позволяет провести такие испытания в соответствии с Таблицей КМ-212.1 (a), может использоваться образец уменьшенных размеров. Температура испытания уменьшается согласно Таблице КМ-212.

(c) Если диаметр или длина болта не позволяют провести испытания в соответствии с Таблицей КМ-212.1(a) или (b), испытания на удар проводить не требуется.

КМ-212.2 Материалы деталей под давлением, не крепежные, не сварные

(a) Опытные образцы для испытаний по Шарпи должны располагаться так, чтобы их главные оси лежали перпендикулярно направлению максимального удлинения во время прокатки или направлению основной обработки во времяковки. Примеры допустимых расположений образцов с V-образным надрезом для испытаний на удар по Шарпи, отбираемых из плиты или трубы, показаны на соответствующих эскизах (a) и (b) на рис. КМ-212. Так как направление основной обработки в поковке может значительно варьироваться в зависимости от ее формы и способаковки, единичный представительный образец, приемлемый для испытаний по Шарпи, отобранный из такой поковки, не может быть

представлен. Углы образцов Шарпи могут быть параллельны и на стороне, противоположной надрезу как показано на эскизе (b-2), рис. КМ-212, если необходимо удерживать в надрезе калибр с поперечным сечением 10 мм.

(b) Если должны быть проведены испытания на удар по Шарпи, а размер материала или форма не позволяет это согласно КМ-212.2(a), в таком случае могут использоваться продольные образцы с главными осями, параллельными направлению максимального удлинения или направлению основной обработки, как показано на эскизе (b-3), рис. КМ-212.

(c) Если размер материала или форма не позволяют провести испытания на удар по Шарпи согласно КМ-212.2(a) или (b), могут использоваться уменьшенные продольные образцы. Температура испытаний уменьшается в соответствии с Таблицей КМ-212.

(d) Не требуется проведения испытаний на удар образцов с V-образным надрезом, если максимально возможный уменьшенный продольный образец имеет ширину вдоль надреза меньше, чем 0,099 дюйма (2,5 мм).

КМ-212.3 Материалы деталей под давлением со сварными швами

(a) Опытные образцы для испытаний на удар по Шарпи должны располагаться таким образом, чтобы их главные оси находились поперек направления сварного соединения. Углы образцов для испытаний на удар по Шарпи, параллельные надрезу и на стороне, противоположной надрезу, могут быть расположены так, как показано на рис. КМ-212, если необходимо удерживать в надрезе калибр с поперечным сечением 10 мм.

(b) Если испытания на ударную прочность по Шарпи образцов с V-образным надрезом должны быть проведены, а размер материала или форма не позволяют провести такие испытания в соответствии с КМ-212.3(a), может использоваться образец уменьшенных размеров. Температура испытаний уменьшается в соответствии с Таблицей КМ-212.

(c) Не требуется проведения испытаний на удар образцов с V-образным надрезом, если максимально возможный уменьшенный образец имеет ширину вдоль надреза меньше, чем 0,099 дюйма (2,5 мм).

КМ-213 Образцы для испытаний на трещиностойкость

Дополнительные требования на прочность материалов для деталей под давлением см. КМ-250.

КМ-213.1 Крепежные материалы. Если применимо, образцы для испытаний на трещиностойкость располагаются так, чтобы плоскость предварительно нанесенной трещины была поперек оси болта.

КМ-213.2 Материалы деталей под давлением, не крепежные, не сварные. Если применимо, образцы для испытаний на трещиностойкость располагаются так, чтобы плоскость предварительно нанесенной трещины была параллельна направлению максимального удлинения во время прокатки или направлению основной обработки во времяковки.

КМ-213.3 Материалы деталей под давлением, сварные. Если применимо, образцы для испытаний на трещиностойкость располагаются так, чтобы плоскость предварительно нанесенной трещины была параллельна направлению сварного соединения.

КМ-220 МЕТОД ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ОТДЕЛЬНЫХ ИСПЫТАТЕЛЬНЫХ ОБРАЗЦОВ

Если металлические изделия подвергаются термической обработке и испытательные образцы, представляющие эти изделия, отбираются до термической обработки, скорость охлаждения таких испытательных образцов должна быть аналогичной, не выше скорости охлаждения основной части изделия. Это правило применимо для образцов, взятых непосредственно из изделия, а также опытных образцов, взятых из отдельных темплетов для испытаний, представляющих это изделие. Для всех форм изделий, испытательных образцов или темплет, представляющих изделие, могут применяться следующие общие методы.

(a) Может применяться любой метод, который служит доказательством того, что скорость охлаждения испытательного образца соответствует скорости охлаждения основной части изделия в средней зоне между серединой толщины и поверхностью ($T/4$) и не ближе к любой из термически обработанных кромок, чем расстояние, равное номинальной охлажденной толщине (T). Скорость охлаждения испытательного образца должна воспроизводить скорость охлаждения фактической детали при температуре 25 °F (14 °C) в любой заданный момент, и любая заданная температура должна достигаться в обоих случаях, как в фактической части изделия, так и в испытательном образце, в течение 20 с при любых температурах после начала охлаждения, начиная с температуры термической обработки. Скорость охлаждения определяется любым методом, согласованным изготовителем и заказчиком, и может включать теоретические расчеты, экспериментальные методики, модели испытательных поковок или комбинирование этих методов, но не ограничиваться этим.

(b) Более быстрое охлаждение на краях изделия может компенсироваться:

(1) взятием образца, по меньшей мере, T от закаленного края, где T равняется толщине изделия;

(2) прикреплением наплавки аналогичного сплава шириной, по крайней мере, T сварным швом частичного проплавления на край изделия, где отбирается образец;

(3) использованием термических барьеров или изоляции на краях изделия, откуда отбирается образец.

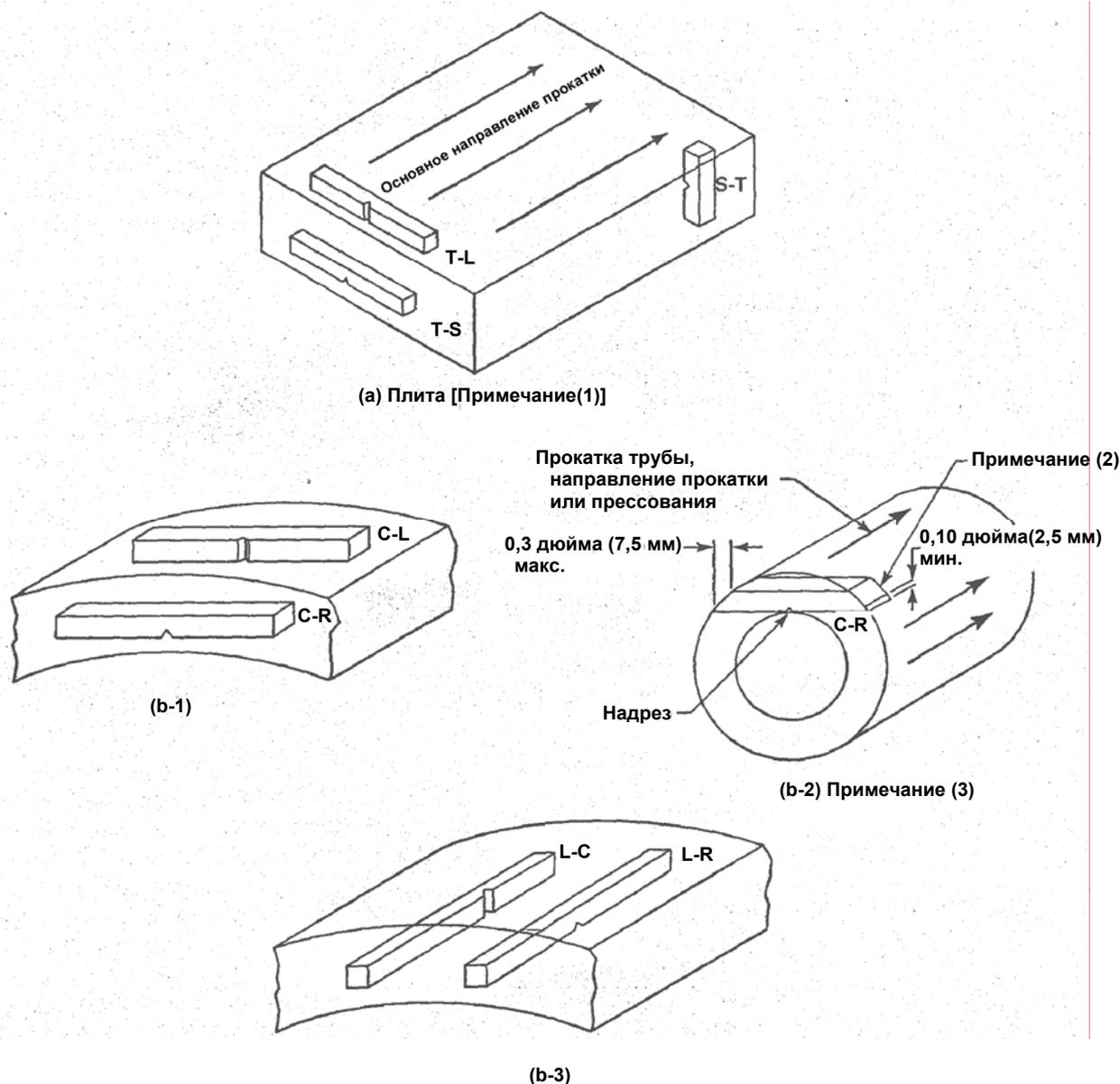
(c) Если имеются данные по скорости охлаждения изделия и устройство, контролирующее скорость охлаждения испытательного образца, испытательный образец, может быть, подвергнут термической обработке в этом устройстве, чтобы соответствовать изделию, но при условии соблюдения положений КМ-220(a).

(d) Если материал плакирован или наплавка сделана изготовителем до термической обработки, образцы плакируются или покрываются наплавленным слоем по всей толщине перед такой термической обработкой.

КМ-230 ТРЕБОВАНИЯ К МЕХАНИЧЕСКОМУ ИСПЫТАНИЮ

Испытания на растяжение и на удар по Шарпи должны осуществляться на представительных образцах всех материалов, использованных в конструкции сосудов давления, кроме необязательных испытаний на ударную прочность, указанных в Таблицах КМ-234.2(a)

РИС. КМ-212 ПРИМЕРЫ ПРИЕМЛЕМЫХ ОБРАЗЦОВ ДЛЯ ИСПЫТАНИЙ НА УДАР



(b) Образцы с V-образным надрезом из трубы для испытаний на удар по Шарпи [Примечание(4)]

ОБЩЕЕ ПРИМЕЧАНИЕ: Указанные коды расположения надрезов на образцах для испытаний на удар по Шарпи соответствуют ASTM E 1823, Приложение A2.

ПРИМЕЧАНИЯ:

- (1) Для плиты, толщина которой больше 2,2 дюйма (55 мм), может также использоваться поперечное направление (направление S-T) образцов с V-образным надрезом для испытаний на удар по Шарпи.
- (2) Углы образцов по Шарпи могут повторять профиль детали в пределах указанных границ размеров.
- (3) Данный рисунок иллюстрирует, как можно получить приемлемый поперечный образец по Шарпи из цилиндрической трубы, слишком маленький для стандартного образца во всю длину согласно ASME SA-370. Углы продольных образцов параллельно и на противоположной стороне к надрезу могут быть расположены так, как показано.
- (4) Поперечный образец с V-образным надрезом по Шарпи для трубы должен располагаться, как показано на эскизе (b-1); Допустимо расположение надреза как (C-R), так и (C-L). Если поперечное направление, показанное на эскизе (b-1), невозможно вследствие геометрии трубы, тогда направление должно быть таким, как показано на эскизе (b-2). Если направление, показанное на эскизе (b-2), невозможно вследствие геометрии трубы, тогда направление должно быть таким, как показано на эскизе (b-3); допустимо расположение надреза как (L-R), так и (L-C).

и КМ-234.2(b) гаек, шайб, материалов защитных слоев и материалов, которые не влияют на целостность границы давления. См. также КМ-250.

КМ-231 Требуемое количество испытательных образцов

(a) Для деталей или материала весом 1000 фунтов (450 кг) или меньше во время термической обработки требуется как минимум одно испытание на растяжение и один комплект из трех образцов с V-образным надрезом для испытания на удар по Шарпи на плавку, на нагрузку термической обработки.

(b) Для деталей или материала весом от 1000 фунтов до 5000 фунтов (от 450 кг до 2300 кг) во время термической обработки требуется, по меньшей мере, одно испытание на растяжение и один комплект из трех образцов с V-образным надрезом для испытания на удар по Шарпи на деталь, плиту или поковку. Если длина элемента или поковки, исключая испытательное удлинение(-я), превышает 80 дюймов (2000 мм), в таком случае должен быть отобран один комплект образцов для испытаний на каждом конце в точках, расположенных под углом в 180°. Для толстолистового проката, длина которого превышает 80 дюймов (2000 мм), отбирают по одному комплекту образцов для испытаний с каждого конца, причем по углам, расположенным диагонально по отношению друг к другу.

(c) Для детали или материала весом свыше 5000 фунтов (2300 кг) во время термической обработки требуется как минимум два испытания на растяжение и два комплекта из трех образцов с V-образным надрезом для испытания на удар по Шарпи на деталь, плиту или поковку. Следует отобрать по одному комплекту образцов с каждого конца в точках, расположенных под углом в 180°, для элемента или поковки и по диагонально расположенным углам для толстолистового проката. Если длина элемента или поковки, исключая испытательное удлинение(я), превышает 80 дюймов (2000 мм), то в таком случае должно быть отобрано два комплекта образцов для испытаний с каждого конца в точках, расположенных под углом 180°. Точки отбора образцов для испытаний с одного конца должны быть смещены на 90° по отношению к точкам отбора образцов с противоположного конца. Для толстолистового проката, длина которого превышает 80 дюймов (2000 мм), отбирают два комплекта образцов для испытаний с каждого конца, причем по обоим углам.

КМ-232 Метод испытания на разрыв

Испытание на разрыв должно проводиться в соответствии с SA-370 Секции II.

КМ-233 Метод испытания на удар

Испытание на удар по Шарпи образцов с V-образным надрезом должно проводиться в соответствии с SA-370 с помощью стандартных образцов 10 × 10 мм, кроме случаев, разрешенных в КМ-212.

КМ-234 Требования к испытаниям на удар по Шарпи образцов с V-образным надрезом

КМ-234.1 Температура испытания на удар

(a) Температура испытания на удар не должна опускаться ниже 70 °F (21 °C) или минимальной расчетной температуры металла, указанной в Технических нормах потребителя на проектирование [см. KG-311.4(d)] минус соответствующая величина температуры обжарки,

**ТАБЛИЦА КМ-234.2(a)
МИНИМАЛЬНЫЕ ЗНАЧЕНИЯ УДАРНОЙ
ПРОЧНОСТИ, ТРЕБУЕМЫЕ ПРИ ИСПЫТАНИИ
ОБРАЗЦОВ С V-ОБРАЗНЫМ НАДРЕЗОМ ПО ШАРПИ
ДЛЯ МАТЕРИАЛОВ ДЕТАЛЕЙ ПОД ДАВЛЕНИЕМ**

Расположение образца [Примечание (1)]	Количество образцов [Примечание (2)]	Энергия, фут-фунт-сила (Дж) [Примечание (3)] для установленного минимального предела текучести, тыс. фунт/кв. дюйм (МПа)	
		До 135 (930), вкл.	Свыше 135 (930)
Поперечное [Примечание (4)]	Среднее для 3 Минимум для 1	30 (41) 24 (33)	35 (47) 28 (38)
Продольное [Примечание (5)]	Среднее для 3 Минимум для 1	50 (68) 40 (54)	60 (81) 48 (65)

ОБЩЕЕ ПРИМЕЧАНИЕ: Данная таблица применима ко всем материалам деталей под давлением, кроме защитных слоев (см. KD-103), предварительно напряженных внутренних слоев, сосудов, обмотанных проволокой (см. KD-810(f) и KD-931 соответственно) и болтовых соединений (см. Таблицу КМ-234.2 (b)).

ПРИМЕЧАНИЯ:

- (1) Расположение образца в зависимости от направления максимального удлинения в процессе прокатки, или от направления основной обработки в процессековки. См. КМ-212.
- (2) См. КМ-260 для допустимых повторных испытаний.
- (3) Значения энергии в данной таблице приведены для образцов стандартных размеров. Для образцов уменьшенных размеров эти значения должны умножаться на отношение ширины фактического образца к ширине полноразмерного образца, 0,4 дюйма (10 мм).
- (4) Критерии приемки для всех металлов сварного шва и образцов для испытания на ударную прочность зон термического влияния должны быть аналогичны критериям приемки для поперечных образцов для испытаний на ударную прочность.
- (5) На ударную прочность могут испытываться продольные образцы только в том случае, если форма или размер компонента не позволяет отобрать для испытаний поперечные образцы, кроме деталей со сварными швами. См. КМ-212.

указанная в Таблице КМ-212, если применимо.

(b) Минимальная расчетная температура металла для материалов деталей под давлением, для которых не требуется проведение испытаний на удар в соответствии с КМ-212.1(c), КМ-212.2 и КМ-212.3(c), должна быть не ниже, чем -325 °F (-200 °C) для аустенитных нержавеющей сталей, или -50 °F (-45 °C) для других материалов.

КМ-234.2 Критерии приемки поглощенной энергии

(a) Материалы деталей под давлением, кроме болтовых соединений, должны соответствовать требованиям минимальной величины удара для образцов с V-образным надрезом по Шарпи, указанным в Таблице КМ-234.2(a), кроме исключенных согласно KD-810(f) и KD-931.

(b) Крепежные материалы должны соответствовать требованиям минимальной величины удара для образцов с V-образным надрезом по Шарпи, указанным в Таблице КМ-234.2(b).

КМ-234.3 Требования к отчетности по поперечному расширению и проценту сдвигающего усилия. Поперечное расширение и процент сдвигающего усилия при изломе для всех испытаний на удар должны измеряться в соответствии с SA-370 и результаты должны быть включены в Отчет по испытаниям.

ТАБЛИЦА КМ-234.2(b)
МИНИМАЛЬНЫЕ ЗНАЧЕНИЯ УДАРНОЙ ПРОЧНОСТИ ОБРАЗЦОВ С V-ОБРАЗНЫМ НАДРЕЗОМ ПО ШАРПИ
ДЛЯ КРЕПЕЖНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Технические условия на материалы ASME	Расположение образца [Примечание (1)]	Номинальный размер болта, дюйм, (мм)	Количество образцов	Энергия, фут-фунт-сила (Дж) [Примечание (2)] для установленного минимального предела текучести, тыс. фунтов/кв. дюйм МПа	
				До 135 (930), включительно	Свыше 135 (930)
SA-320	Продольные	≤2 (50)	Примечание (3)	Примечание (3)	Не применяется
Все прочие [Примечание(4)]	Продольные	Все	Среднее для 3 Минимум для 1 [Примечание(5)]	30 (41) 24 (33)	35 (47) 28 (38)

ПРИМЕЧАНИЯ:

- (1) Значения энергии в данной таблице приведены для образцов стандартных размеров. Для образцов уменьшенных размеров эти значения должны умножаться на отношение ширины фактического образца к ширине полноразмерного образца, 0,4 дюйма (10 мм).
- (2) Расположение образца относительно оси болта.
- (3) Должны применяться требования ASME SA-320, включая температуру, которая должна использоваться для испытания на удар.
- (4) Испытания образцов с V-образным надрезом на ударную прочность по Шарпи не требуются для гаек и шайб.
- (5) См. КМ-260 для допустимых повторных испытаний.

КМ-240 ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА СЕРТИФИКАЦИОННЫЕ ПРОВЕРОЧНЫЕ ИСПЫТАНИЯ ДЛЯ ГОТОВЫХ ДЕТАЛЕЙ

Должны быть проведены испытания, с целью подтвердить, что все термические обработки (например, закалка и отпуск, отжиг на твердый раствор, дисперсионное твердение и любые другие последующие термические обработки, влияющие на свойства материала) согласно применению обеспечивают требуемые свойства. Если проверочные испытания проводятся на представительном испытательном образце секции, подвергающейся термической обработке, положение и метод крепления испытательных темплетов должны наиболее близко представлять все изделие, принимая во внимание его размер и форму, в соответствии с требованиями к испытаниям, указанными в технических условиях на материал. Должны также применяться требования КМ-243.

КМ-241 Метод сертификационных испытаний

(a) Должно быть предоставлено достаточное количество темплетов для вырезки образцов для испытаний из каждой партии материала каждого сосуда согласно требованиям КМ-243. Они закаляются с сосудом или деталью сосуда. Если материал из каждой партии приваривается перед термической обработкой к материалу из этой же партии или из других партий в детали, подвергающейся закаливанию, темплет должен быть соотнесен так, чтобы образцы на растяжение и удар можно было взять из тех же мест относительно толщины, как это требуется применяемыми техническими условиями. Образцы металла сварного шва должны браться из тех же мест относительно толщины, как это требуется согласно техническим условиям на плиты, применяемые в деталях, подвергающихся обработке. По желанию, аналогичный эффект при этом минимальном расстоянии может быть достигнут при временном закреплении подходящих термических буферов. Эффективность действия таких буферов должна быть подтверждена испытаниями.

(b) В тех случаях, когда темплет не присоединяется к детали, подвергающейся термической обработке, он должен закаливаться из той же закалочной колоши и при таких же условиях, что и деталь, которую он представляет. Он должен иметь такие пропорции, чтобы испытательные образцы можно было отбирать из мест, оговоренных в КМ-241(a).

КМ-242 Отпуск

КМ-242.1 Прикрепляемые опытные образцы. Испытательные образцы должны оставаться закрепленными на сосудах или их деталях во время отпуска, за исключением случая, когда термические буферы могут удаляться после закалки. После операции отпуска и удаления с деталей темплеты должны подвергаться тем же видам термообработки (если они предусматриваются), каким позднее будут подвергаться сосуды или их детали. Время выдержки образцов не должно быть меньше времени выдержки сосудов или их деталей (за исключением, когда суммарное время выдержки при каждой температуре может длиться в течение одного цикла нагревания), а скорость охлаждения не должна быть больше.

КМ-242.2 Отдельные темплеты. Темплеты, закалка которых производится отдельно, как описано в КМ-241(b), должны быть отпущены одинаково и одновременно с сосудами и их деталями, которые они представляют. Условия для подвергающихся последующей термообработке темплетов должны соответствовать предписанным в КМ-242.1.

КМ-243 Количество испытаний

Одно испытание на растяжение и одно испытание на удар должны быть проведены на материале, взятом из темплетов, представляющих каждую партию термообработанного материала, из которого изготовлен каждый сосуд или деталь сосуда. Партия определяется как материал из одной плавки, одновременно прошедший термическую обработку и имеющий толщину в пределах ±20 % или 1/2 дюйма (13 мм) от номинальной толщины, что меньше.

(а) Темплеты, не имеющие сварных швов, должны отвечать всем требованиям к характеристикам по растяжению, оговоренным в технических условиях на материалы, и требованиям к ударным характеристикам, изложенным в настоящей Части.

(б) Темплеты, содержащие металл шва, должны испытываться в направлении поперек шва и соответствовать требованиям к необходимым механическим свойствам, оговоренным в технических условиях на материал; кроме того, образцы металла шва с надрезом должны отвечать минимальным требованиям к ударным характеристикам. Форма и размеры образцов для испытаний на растяжение должны соответствовать QW-462.1(a) или QW-462.1(d) Секции IX. Испытания на удар по Шарпи должны проводиться в соответствии с требованиями Статьи КТ-2.

КМ-250 ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ПРОЧНОСТИ ДЛЯ МАТЕРИАЛОВ ДЕТАЛЕЙ ПОД ДАВЛЕНИЕМ

Если должна быть проведена оценка механики разрушения в соответствии со Статьей КД-4, для анализа требуется значение K_{Ic} . Разработчик должен установить требуемое минимальное значение K_{Ic} , количество проводимых испытаний и должен указать, какой из следующих методов должен использоваться для доказательства того, что материал соответствует этому значению.

Направление распространения трещин для всех темплетов должно соответствовать направлению распространения трещин, предполагаемому в соответствии с проведенным анализом механики разрушения согласно Статье КД-4.

КМ-251 Испытания на удар по Шарпи образцов с V-образным надрезом

Разработчик может потребовать, чтобы детали под давлением соответствовали минимальным значениям поглощенной энергии V-образного надреза по Шарпи, которые больше, чем значения, указанные в КМ-234.2, для того, чтобы подтвердить соответствие минимальному значению K_{Ic} . Если проводятся дополнительные испытания на удар, они должны соответствовать SA-370 и проводиться при температуре, не превышающей температуру испытания на удар, указанную в КМ-234.1. В обязанности разработчика входит определение и описание соответствующего уравнения преобразования $K_{Ic}-CVN$, которое используется для установления критерия приемки образцов с V-образным надрезом по Шарпи (см. Приложение D).

КМ-252 CTOD Испытания на трещиностойкость

Разработчик может потребовать, чтобы проводилось испытание CTOD (смещение раскрытия вершины трещины) для деталей под высоким давлением, для подтверждения соответствия минимальному значению K_{Ic} . Если требуется испытание CTOD, оно должно проводиться в соответствии с ASTM E 1290 и при температуре, не превышающей температуру испытания на удар, указанную в КМ-234.1. Значения температуры

обжата, указанные в Таблице КМ-212, не применяются. В обязанности разработчика входит определение и описание соответствующего уравнения преобразования $K_{Ic}-CTOD$, которое используется для установления критерия приемки CTOD (см. Приложение D).

КМ-253 Испытания на трещиностойкость J_{Ic}

Разработчик может потребовать, чтобы было проведено испытание J_{Ic} деталей под давлением, для подтверждения соответствия минимальному значению K_{Ic} . Если требуется испытание J_{Ic} , оно должно проводиться в соответствии с ASTM E 1820 при температуре, не превышающей температуру испытания на удар, указанную в КМ-234.1. Значения температуры обжата, указанные в Таблице КМ-212, не применяются. В обязанности разработчика входит определение и описание соответствующего уравнения преобразования $K_{Ic}-J_{Ic}$, которое используется для установления критерия приемки J_{Ic} (см. Приложение D).

КМ-254 Испытания на трещиностойкость K_{Ic}

Разработчик может по своему усмотрению потребовать проведения непосредственного испытания K_{Ic} деталей под давлением, для подтверждения соответствия указанному минимальному значению K_{Ic} . Если требуется такое испытание, оно должно проводиться в соответствии с ASTM E 399 при температуре, не превышающей температуру испытания на удар, указанную в КМ-234.1. Значения температуры обжата, указанные в Таблице КМ-212, не применяются.

КМ-260 ПОВТОРНЫЕ ИСПЫТАНИЯ

КМ-261 Общие требования к повторным испытаниям

Следующие требования применяются к испытаниям на растяжение, на удар по Шарпи, трещиностойкость CTOD, J_{Ic} и K_{Ic} .

(а) Если какой-либо образец не соответствует применяемым критериям приемки по механическим причинам, таким как неисправность испытательного оборудования или неправильная подготовка образца, результаты могут быть исключены, а представительный образец заменен.

(б) Если какой-либо образец не соответствует применяемым критериям приемки по немеханическим причинам, могут быть выбраны два представительных образца как можно ближе к месту расположения первоначального образца для проведения повторного испытания без повторной термической обработки при условии, что несоответствие не было вызвано ранее существовавшими дефектами материала, такими как разрывы, чешуйки или трещины. Оба этих образца должны удовлетворять применяемым критериям приемки (см. КМ-262 для испытаний на ударную прочность образцов с V-образным надрезом по Шарпи).

(c) Разрешается только одно повторное тестирование. Если при повторном испытании материал не соответствует применяемым критериям приемки, он может быть вновь подвергнут отпуску или термической обработке, в зависимости от того, что требуется.

КМ-262 Требования к повторному испытанию на удар образцов с V-образным надрезом по Шарпи

(a) Повторное испытание на удар образцов с V-образным надрезом по Шарпи разрешается, если среднее значение поглощенной энергии удовлетворяет применяемым критериям приемки, но значение поглощенной энергии одного образца ниже указанного

минимума для отдельных образцов. Повторное испытание должно состоять из двух образцов, отобранных с места, расположенного рядом и, по возможности, с той и другой стороны местоположения первоначального образца. Величина поглощенной энергии каждого образца при повторном испытании должна быть равна минимальному среднему значению или превышать его.

(b) Разрешается только одно повторное тестирование. Если при повторном испытании материал не соответствует применяемым критериям приемки, он может быть вновь подвергнут отпуску или термической обработке, в зависимости от того, что требуется.

СТАТЬЯ КМ-3

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К КРЕПЕЖНЫМ МАТЕРИАЛАМ

КМ-300 ТРЕБОВАНИЯ КО ВСЕМ КРЕПЕЖНЫМ МАТЕРИАЛАМ

КМ-301 Область применения

В данном Разделе болтовое соединение включает следующие металлические крепления: болты, гайки, винты с головкой под ключ, шайбы, обычные и резьбовые шпильки.

КМ-302 Технические условия на материал и значения предела текучести

Технические условия, дополнительные правила и пределы текучести для температур, для допустимых для болтовых материалов, указаны в Таблице Y-3 Подчасти 1 Секции II, Части D. Эти болты должны использоваться только для привинчивания (см. КМ-100).

КМ-303 Проверка болтов, шпилек и гаек

Болты, шпильки и гайки должны проверяться в соответствии с KE-260.

КМ-304 Нарезание резьбы и механическая обработка шпилек

Нарезание резьбы и механическая обработка шпилек должны соответствовать требованиям KD-621.

КМ-305 Применение шайб

Применение шайб необязательно. В случае их применения, они должны быть изготовлены из ковального материала.

КМ-306 Материалы для гаек и шайб

Материалы для стальных гаек и шайб должны соответствовать SA-194 или требованиям к гайкам в технических условиях на крепежные материалы, в соответствии с которыми они производятся.

КМ-307 Требования к гайкам

Гайки должны пройти полустружковую обработку, иметь снятые фаски и выровненные торцы. Гайки должны нарезать по классу 2В или по более высоким допускам согласно Стандарту ASME B1.1.

КМ-307.1 Применение с фланцами. При применении с фланцами гайки должны соответствовать как минимум размерам, указанным в стандарте ASME/ANSI B18.2.2 для гаек тяжелой серии.

КМ-307.2 Применение с другими соединениями. При применении с соединениями, изготовленными в соответствии с правилами Части KD, гайки могут быть тяжелой серии согласно Американскому национальному стандарту, или могут быть других размеров при условии, что их статическая и усталостная прочность достаточна для поддержания целостности соединения. Необходимо учитывать зазор болтового отверстия, опорную поверхность, форму резьбы, класс посадки, резьбовой срез и радиальную осевую нагрузку от резьбы.

КМ-307.3 Глубина зацепления. Гайки должны зацеплять резьбу на всю глубину гайки.

КМ-307.4 Специальная конструкция. Могут применяться гайки специальной конструкции при условии, что их прочность удовлетворяет требованиям КМ-307.2.

СТАТЬЯ КМ-4

РАСЧЕТНЫЕ ДАННЫЕ ПО МАТЕРИАЛАМ

КМ-400 СОДЕРЖАНИЕ ТАБЛИЦ РАСЧЕТНЫХ ДАННЫХ ПО МАТЕРИАЛАМ

(a) В сосудах, изготовленных в соответствии с правилами данного Раздела, должны использоваться материалы, перечисленные в следующих таблицах, кроме тех материалов, которые специально исключены данным подразделом:

- (1) Таблица KCS-1
- (2) Таблица KHA-1
- (3) Таблица KNF-1

(b) Ограничения по использованию материалов приведены в Примечаниях к Таблицам KCS-1, KHA-1 и KNF-1.

(c) Данные свойств для всех материалов, которые могут применяться в соответствии с правилами данного Раздела, указаны в следующих таблицах Секции II, Части D:

(1) Пределы текучести, S_y , указаны в Таблице Y-1 Подчасти 1.

(2) Прочность на растяжение, S_u , для материалов SA-231 и SA-232 указана только в Таблице U-2 Подчасти 1.

(3) Коэффициенты термического расширения указаны в Таблицах TE-1 и TE-4 Подчасти 2.

(4) Модули упругости указаны в Таблицах TM-1 и TM-4 Подчасти 2.

(5) Коэффициенты температуропроводности указаны в Таблице TCD Подчасти 2.

(d) В Издании 2004, Часть D, Секция II разбита на два отдельных издания. Одно издание содержит только значения в традиционной американской системе единиц измерения, а другое только значения в системе единиц измерения СИ. Выбор системы мер зависит от набора величин, необходимых для строительства.

(e) Если приводятся ссылки на технические условия, марки, классы и типы, и если в технических условиях материала в Секции II, Часть A или Часть B используется двойная система единиц измерения (например, SA-516/SA-516M), расчетные величины и правила должны применяться или для издания технических условий с традиционной американской системой единиц измерения или с системой единиц измерения СИ. Например, когда в конструкции используется Марка 485 технических условий SA-516M, используются расчетные значения, перечисленные для его эквивалента – Марки 70 технических условий SA-516, в Секции II, Часть D, в единицах измерения американской или метрической системы.

ТАБЛИЦА KCS-1
УГЛЕРОДИСТЫЕ И НИЗКОЛЕГИРОВАННЫЕ СТАЛИ

Номинальный состав	Вид продукта	№ ТУ	Тип/ марка	№ ЕСН	Класс/ Условие/ Отпуск	Толщина, дюймы	Р-№.	№ группы	Мин. опр.	Мин. опр.	Примечания	Макс. проект. темп., °F
									знач. на раст., т.ф./кв.д.	знач. текучести, т.ф./кв.д.		
Углеродистая сталь	Труба	SA-106	A	K02501	...	...	1	1	48	30	...	700
Углеродистая сталь	Толстый лист	SA-516	60	K02100	...	...	1	1	60	32	...	700
Углеродистая сталь	Труба	SA-106	B	K03006	...	...	1	1	60	35	...	700
Углеродистая сталь	Бесш. труба	SA-333	6	K03006	...	...	1	1	60	35	...	700
Углеродистая сталь	Толстый лист	SA-516	65	K02403	...	...	1	1	65	35	...	700
Углеродистая сталь	Отливки	SA-105	...	K03504	...	...	1	2	70	36	...	700
Углеродистая сталь	Толстый лист	SA-516	70	K02700	...	...	1	2	70	38	...	700
Углеродистая сталь	Труба	SA-106	C	K03501	...	...	1	2	70	40	...	700
Углеродистая сталь	Толстый лист	SA-738	B	K12001	...	...	1	3	85	60	...	600
Углеродистая сталь	Толстый лист	SA-724	A	K11831	...	...	1	4	90	70	...	700
Углеродистая сталь	Толстый лист	SA-724	C	K12037	...	...	1	4	90	70	...	700
Углеродистая сталь	Толстый лист	SA-724	B	K12031	...	...	1	4	95	75	...	700
Углеродистая сталь	Пл. провка	SA-905	...	...	2	0,059	...	...	246	210	(1) (2)	100
Углеродистая сталь	Пл. провка	SA-905	...	...	2	0,051	...	...	250	214	(1) (2)	100
Углеродистая сталь	Пл. провка	SA-905	...	...	2	0,040	...	...	256	221	(1) (2)	100
Углеродистая сталь	Пл. провка	SA-905	...	...	2	0,030	...	...	262	226	(1) (2)	100
Углеродистая сталь	Пл. провка	SA-905	...	...	2	0,020	...	...	268	232	(1) (2)	100
Углеродистая сталь	Пл. провка	SA-905	...	...	1	0,059	...	...	275	239	(1) (2)	200
Углеродистая сталь	Пл. провка	SA-905	...	...	1	0,051	...	...	280	243	(1) (2)	200
Углеродистая сталь	Пл. провка	SA-905	...	...	1	0,040	...	...	285	250	(1) (2)	200
Углеродистая сталь	Пл. провка	SA-905	...	...	1	0,030	...	...	290	255	(1) (2)	200
Углеродистая сталь	Пл. провка	SA-905	...	...	1	0,020	...	...	296	260	(1) (2)	200
C-1/4Mo	Болт	SA-320	L7A	G40370	...	≤ 2 1/2	...	...	125	105	...	100
C-1/2Mo	Труба	SA-335	P1	K11522	...	...	3	1	55	30	...	700
C-V1/2Mo	Толстый лист	SA-517	J	K11625	...	≤ 1 1/4	11B	6	115	100	(3)	700
1/2Cr-1/5Mo-V	Толстый лист	SA-517	B	K11630	...	≤ 1 1/4	11B	4	115	100	(3)	700
1/2Cr-1/4Mo-Si	Толстый лист	SA-517	A	K11856	...	≤ 1 1/4	11B	1	115	100	(3)	700
1Cr-1/5Mo	Болт	SA-193	B7	G41400	...	4 < t ≤ 7	...	...	100	75	...	650
1Cr-1/5Mo	Болт	SA-320	L7M	G41400	...	≤ 2 1/2	...	...	100	80	(4)	100
1Cr-1/5Mo	Болт	SA-193	B7	G41400	...	2 1/2 < t ≤ 4	...	...	115	95	...	650
1Cr-1/5Mo	Отливки	SA-372	E	K13047	70	...	...	...	120	70	(5) (6)	700
1Cr-1/5Mo	Отливки	SA-372	F	G41350	70	...	...	...	120	70	(5) (6) (7)	700
1Cr-1/5Mo	Болт	SA-193	B7	G41400	...	≤ 2 1/2	...	...	125	105	...	650
1Cr-1/5Mo	Болт	SA-320	L7	G41400	...	≤ 2 1/2	...	...	125	105	(4)	650
1Cr-1/5Mo	Отливки	SA-372	J	G41370	110	...	...	...	135	110	(5) (6) (7) (8)	650
1Cr-1/2Mo-V	Болт	SA-193	B16	K14072	...	4 < t ≤ 7	...	...	100	85	...	700
1Cr-1/2Mo-V	Болт	SA-193	B16	K14072	...	2 1/2 < t ≤ 4	...	...	110	95	...	700
1Cr-1/2Mo-V	Болт	SA-193	B16	K14072	...	≤ 2 1/2	...	...	125	105	...	700
1 1/4Cr-1/2Mo-Si	Труба	SA-335	P11	K11597	...	...	4	1	60	30	...	700
1 1/4Cr-1/2Mo-Ti	Толстый лист	SA-517	E	K21604	...	2 1/2 < t ≤ 6	11B	2	105	90	(9)	700
1 1/4Cr-1/2Mo-Ti	Толстый лист	SA-517	E	K21604	...	≤ 2 1/2	11B	2	115	100	...	700
2 1/4Cr-1Mo	Труба	SA-335	P22	K21590	...	...	5A	1	60	30	...	700
2 1/4Cr-1Mo	Отливки	SA-336	F22	K21590	3	...	5	1	75	45	...	700
2 1/4Cr-1Mo	Толстый лист	SA-387	22	K21590	2	...	5	1	75	45	...	700
2 1/4Cr-1Mo	Отливки	SA-508	22	K21590	3	...	5C	1	85	55	...	700

2007 СЕКЦИЯ VIII — РАЗДЕЛ 3

ТАБЛИЦА KCS-1
УГЛЕРОДИСТЫЕ И НИЗКОЛЕГИРОВАННЫЕ СТАЛИ (ПРОДОЛЖЕНИЕ)

Номинальный состав	Вид продукта	№ ТУ	Тип/ марка	№ ЕСТ	Класс/ Условие/ Отпуск	Толщина, дюймы	Мин. опр. знач. прот.		Мин. опр. знач. текучести, т.ф/кв.д.	Примечания	Макс. проект. темп., °F
							№ на раст., т.ф/кв.д.	Р-№. группы			
2 ¹ / ₄ Cr-1Mo- ¹ / ₄ V	Отливки	SA-336	F22V	K31835	...	...	5C	1	85	60 (19)	700
2 ¹ / ₄ Cr-1Mo- ¹ / ₄ V	Отливки	SA-182	F22v	K31835	...	...	5C	1	85	60 (19)	700
2 ¹ / ₄ Cr-1Mo- ¹ / ₄ V	Отливки	SA-541	22V	K31835	...	...	5C	1	85	60 (19)	700
2 ¹ / ₄ Cr-1Mo- ¹ / ₄ V	Толстый лист	SA-542	D	K31835	4a	...	5C	1	85	60 (19)	700
2 ¹ / ₄ Cr-1Mo- ¹ / ₄ V	Толстый лист	SA-832	22V	K31835	...	...	5C	1	85	60 (19)	700
3Cr-1Mo- ¹ / ₄ V-Ti-B	Отливки	SA-336	F3V	K31830	...	...	5	3	85	60 (19)	700
3Cr-1Mo- ¹ / ₄ V-Ti-B	Толстый лист	SA-832	21V	K31830	...	...	5	3	85	60 (19)	700
Mn- ¹ / ₂ Mo- ¹ / ₄ Ni	Толстый лист	SA-533	D	K12529	3	...	11A	4	100	83 ...	700
Mn- ¹ / ₂ Mo- ¹ / ₂ Ni	Толстый лист	SA-533	B	K12539	3	...	11A	4	100	83 ...	700
Mn- ¹ / ₂ Ni-V	Толстый лист	SA-225	C	K12524	...	...	10A	1	105	70 (11)	700
³ / ₄ Ni- ¹ / ₂ Cr- ¹ / ₂ Mo-Si	Толстый лист	SA-517	F	K11576	...	≤ 2 ¹ / ₂	11B	3	115	100 (12)	700
³ / ₄ Ni- ¹ / ₂ Mo- ¹ / ₃ Cr-V	Отливки	SA-508	2	K12766	1	...	3	3	80	50 ...	700
³ / ₄ Ni- ¹ / ₂ Mo-Cr-V	Отливки	SA-508	3	K12042	1	...	3	3	80	50 ...	700
³ / ₄ Ni-1Cu- ³ / ₄ Cr	Толстый лист	SA-736	A	...	1	≤ ³ / ₄	...	...	90	80 ...	650
³ / ₄ Ni-1Cu- ³ / ₄ Cr	Толстый лист	SA-736	A	...	2	≤ 1	...	...	72	65 ...	650
³ / ₄ Ni-1Cu- ³ / ₄ Cr	Толстый лист	SA-736	A	...	2	1 < t ≤ 2	...	...	72	60 ...	650
³ / ₄ Ni-1Cu- ³ / ₄ Cr	Толстый лист	SA-736	A	...	2	2 < t ≤ 4	...	...	65	55 ...	650
³ / ₄ Ni-1Cu- ³ / ₄ Cr	Толстый лист	SA-736	A	...	3	≤ 2	...	...	85	75 ...	650
³ / ₄ Ni-1Cu- ³ / ₄ Cr	Толстый лист	SA-736	A	...	3	2 < t ≤ 4	...	...	75	65 ...	650
1 ¹ / ₄ Ni-1Cr- ¹ / ₂ Mo	Толстый лист	SA-517	P	K21650	...	2 ¹ / ₂ < t ≤ 4	11B	8	105	90 (9)	700
1 ¹ / ₄ Ni-1Cr- ¹ / ₂ Mo	Толстый лист	SA-517	P	K21650	...	≤ 2 ¹ / ₂	11B	8	115	100 ...	700
1 ¹ / ₄ Ni- ³ / ₄ Cr- ¹ / ₄ Mo	Болт	SA-320	L43	G43400	...	≤ 4	...	...	125	105 ...	700
2Ni- ³ / ₄ Cr- ¹ / ₄ Mo	Болт	SA-540	B23	H 43400	5	6 < t ≤ 9 ¹ / ₂	...	...	115	100 ...	700
2Ni- ³ / ₄ Cr- ¹ / ₄ Mo	Болт	SA-540	B23	H43400	5	≤ 6	...	...	120	105 ...	700
2Ni- ³ / ₄ Cr- ¹ / ₄ Mo	Болт	SA-540	B23	H43400	4	≤ 9 ¹ / ₂	...	...	135	120 (21)	700
2Ni- ³ / ₄ Cr- ¹ / ₄ Mo	Болт	SA-540	B23	H43400	3	≤ 9 ¹ / ₂	...	...	145	130 (21)	700
2Ni- ³ / ₄ Cr- ¹ / ₃ Mo	Болт	SA-540	B24	K24064	5	6 < t ≤ 9 ¹ / ₂	...	...	115	100 ...	700
2Ni- ³ / ₄ Cr- ¹ / ₃ Mo	Болт	SA-540	B24	K24064	5	≤ 6	...	...	120	105 ...	700
2Ni- ³ / ₄ Cr- ¹ / ₃ Mo	Болт	SA-540	B24	K24064	4	≤ 9 ¹ / ₂	...	...	135	120 ...	700
2Ni- ¹ / ₄ Cr- ¹ / ₃ Mo	Болт	SA-540	B24	K24064	3	≤ 9 ¹ / ₂	...	...	145	130 ...	700
2Ni-1 ¹ / ₂ Cr- ¹ / ₄ Mo-V	Отливки	SA-723	1	K23550	1	...	...	...	115	100 (13) (17)	800
2Ni-1 ¹ / ₂ Cr- ¹ / ₄ Mo-V	Отливки	SA-723	1	K23550	2	...	...	...	135	120 (13) (17) (21)	800
2Ni-1 ¹ / ₂ Cr- ¹ / ₄ Mo-V	Отливки	SA-723	1	K23550	2a	...	...	...	145	130 (13) (17)	800
2Ni-1 ¹ / ₂ Cr- ¹ / ₄ Mo-V	Отливки	SA-723	1	K23550	3	...	...	...	155	140 (13) (17) (21)	800
2Ni-1 ¹ / ₂ Cr- ¹ / ₄ Mo-V	Отливки	SA-723	1	K23550	4	...	...	...	175	160 (10) (13) (21)	700
2Ni-1 ¹ / ₂ Cr- ¹ / ₄ Mo-V	Отливки	SA-723	1	K23550	5	...	...	...	190	180 (10) (13) (21)	700
2 ³ / ₄ Ni-1 ¹ / ₂ Cr- ¹ / ₂ Mo	Толстый лист	SA-543	C	K42338	1	...	11A	5	105	85 ...	650
2 ³ / ₄ Ni-1 ¹ / ₂ Cr- ¹ / ₂ Mo	Толстый лист	SA-543	C	K42338	2	...	11B	10	115	100 ...	650
2 ³ / ₄ Ni-1 ¹ / ₂ Cr- ¹ / ₂ Mo-V	Отливки	SA-723	2	K34035	1	...	...	...	115	100 (13) (17)	800
2 ³ / ₄ Ni-1 ¹ / ₂ Cr- ¹ / ₂ Mo-V	Отливки	SA-723	2	K34035	2	...	...	...	135	120 (13) (17) (21)	800
2 ³ / ₄ Ni-1 ¹ / ₂ Cr- ¹ / ₂ Mo-V	Отливки	SA-723	2	K34035	2a	...	...	...	145	130 (13) (17)	800
2 ³ / ₄ Ni-1 ¹ / ₂ Cr- ¹ / ₂ Mo-V	Отливки	SA-723	2	K34035	3	...	...	...	155	140 (10) (13) (17) (21)	800
2 ³ / ₄ Ni-1 ¹ / ₂ Cr- ¹ / ₂ Mo-V	Отливки	SA-723	2	K34035	4	...	...	...	175	160 (10) (13) (21)	700
2 ³ / ₄ Ni-1 ¹ / ₂ Cr- ¹ / ₂ Mo-V	Отливки	SA-723	2	K34035	5	...	...	...	190	180 (10) (13) (21)	700
3Ni-1 ³ / ₄ Cr- ¹ / ₂ Mo	Толстый лист	SA-543	B	K42339	1	...	11A	5	105	85 ...	650
3Ni-1 ³ / ₄ Cr- ¹ / ₂ Mo	Толстый лист	SA-543	B	K42339	2	...	11B	10	115	100 ...	650
3 ¹ / ₂ Ni-1 ³ / ₄ Cr- ¹ / ₂ Mo	Отливки	SA-508	4N	K22375	3	...	3	3	90	70 ...	700
3 ¹ / ₂ Ni-1 ³ / ₄ Cr- ¹ / ₂ Mo	Отливки	SA-508	4N	K22375	1	...	11A	5	105	85 ...	700
3 ¹ / ₂ Ni-1 ³ / ₄ Cr- ¹ / ₂ Mo	Отливки	SA-508	4N	K22375	2	...	11A	5	115	100 ...	650

ТАБЛИЦА KCS-1
УГЛЕРОДИСТЫЕ И НИЗКОЛЕГИРОВАННЫЕ СТАЛИ (ПРОДОЛЖЕНИЕ)

Номинальный состав	Вид продукта	№ ТУ	Тип/ марка	№ ЕСН	Класс/ Условие/ Отпуск	Толщина, дюймы	Р-№	№ группы	Мин. опр.	Мин. опр.	Примечания	Макс. проект. темп., °F
									знач. проч. на раст., т.ф/кв.д.	знач. текучести, т.ф/кв.д.		
3 ¹ / ₂ Ni-1 ³ / ₄ Cr- ¹ / ₂ Mo-V	Отливки	SA-541	4N	K42343	3	...	...	...	90	70	...	700
3 ¹ / ₂ Ni-1 ³ / ₄ Cr- ¹ / ₂ Mo-V	Отливки	SA-541	5	K42348	1	...	...	...	105	85	...	700
3 ¹ / ₂ Ni-1 ³ / ₄ Cr- ¹ / ₂ Mo-V	Отливки	SA-541	4N	K42343	2	...	...	...	115	100	...	700
3 ¹ / ₂ Ni-1 ³ / ₄ Cr- ¹ / ₂ Mo-V	Отливки	SA-541	5	K42348	2	...	...	...	115	100	...	700
4Ni-1 ¹ / ₂ Cr- ¹ / ₂ Mo-V	Отливки	SA-723	3	K44045	1	...	...	...	115	100	(13) (17)	800
4Ni-1 ¹ / ₂ Cr- ¹ / ₂ Mo-V	Отливки	SA-723	3	K44045	2	...	...	...	135	120	(13) (17) (21)	800
4Ni-1 ¹ / ₂ Cr- ¹ / ₂ Mo-V	Отливки	SA-723	3	K44045	2a	...	...	...	145	130	(13) (17)	800
4Ni-1 ¹ / ₂ Cr- ¹ / ₂ Mo-V	Отливки	SA-723	3	K44045	3	...	...	...	155	140	(10) (13) (17) (21)	800
4Ni-1 ¹ / ₂ Cr- ¹ / ₂ Mo-V	Отливки	SA-723	3	K44045	4	...	...	...	175	160	(10) (13) (21)	700
4Ni-1 ¹ / ₂ Cr- ¹ / ₂ Mo-V	Отливки	SA-723	3	K44045	5	...	...	...	190	180	(10) (13) (21)	700

ТАБЛИЦА KCS-1M
УГЛЕРОДИСТЫЕ И НИЗКОЛЕГИРОВАННЫЕ СТАЛИ (МЕТРИЧЕСКАЯ СИСТЕМА)

Номинальный состав	Вид продукта	№ ТУ	Тип/ марка	№ ЕСН	Класс/ Условие/ Отпуск	Толщина, мм	Р-№. группы	№	Мин. опр. знач. проч. на раст., т.ф/кв.д.	Мин. опр. знач. текучести, т.ф/кв.д.	Примечания	Макс. прокт. темп., °С
									10	11		
Углеродистая сталь	Труба	SA-106	A	K02501	...	...	1	1	330	205	...	375
Углеродистая сталь	Толстый лист	SA-516	60	K02100	...	...	1	1	415	220	...	375
Углеродистая сталь	Труба	SA-106	B	K03006	...	...	1	1	415	240	...	375
Углеродистая сталь	Бесш. труба	SA-333	6	K03006	...	...	1	1	415	240	...	375
Углеродистая сталь	Толстый лист	SA-516	65	K02403	...	...	1	1	450	240	...	375
Углеродистая сталь	Отливки	SA-105	...	K03504	...	...	1	2	485	250	...	375
Углеродистая сталь	Толстый лист	SA-516	70	K02700	...	...	1	2	485	260	...	375
Углеродистая сталь	Труба	SA-106	C	K03501	...	...	1	2	485	275	...	375
Углеродистая сталь	Толстый лист	SA-738	B	K12001	...	...	1	3	585	415	...	325
Углеродистая сталь	Толстый лист	SA-724	A	K11831	...	...	1	4	620	485	...	375
Углеродистая сталь	Толстый лист	SA-724	C	K12037	...	...	1	4	620	485	...	375
Углеродистая сталь	Толстый лист	SA-724	B	K12031	...	...	1	4	655	515	...	375
Углеродистая сталь	Пл. пров-ка	SA-905	...	...	2	1,5	...	...	1695	1450	(1) (2)	40
Углеродистая сталь	Пл. пров-ка	SA-905	...	...	2	1,3	...	...	1725	1475	(1) (2)	40
Углеродистая сталь	Пл. пров-ка	SA-905	...	...	2	1,02	...	...	1765	1525	(1) (2)	40
Углеродистая сталь	Пл. пров-ка	SA-905	...	...	2	0,76	...	...	1805	1560	(1) (2)	40
Углеродистая сталь	Пл. пров-ка	SA-905	...	...	2	0,51	...	...	1850	1600	(1) (2)	40
Углеродистая сталь	Пл. пров-ка	SA-905	...	...	1	1,5	...	...	1895	1650	(1) (2)	100
Углеродистая сталь	Пл. пров-ка	SA-905	...	...	1	1,3	...	...	1930	1675	(1) (2)	100
Углеродистая сталь	Пл. пров-ка	SA-905	...	...	1	1,02	...	...	1965	1725	(1) (2)	100
Углеродистая сталь	Пл. пров-ка	SA-905	...	...	1	0,76	...	...	2000	1760	(1) (2)	100
Углеродистая сталь	Пл. пров-ка	SA-905	...	...	1	0,51	...	...	2040	1795	(1) (2)	100
C- ¹ / ₄ Mo	Болт	SA-320	L7A	G40370	...	≤ 64	...	...	860	725	...	40
C- ¹ / ₂ Mo	Труба	SA-335	P1	K11522	...	...	3	1	380	205	...	375
C- ¹ / ₂ Mo	Толстый лист	SA-517	J	K11625	...	≤ 32	11B	6	795	690	(3)	375
¹ / ₂ Cr- ¹ / ₅ Mo-V	Толстый лист	SA-517	B	K11630	...	≤ 32	11B	4	795	690	(3)	375
¹ / ₂ Cr- ¹ / ₄ Mo-Si	Толстый лист	SA-517	A	K11856	...	≤ 32	11B	1	795	690	(3)	375
1Cr- ¹ / ₂ Mo	Болт	SA-193	B7	G41400	...	100 < t ≤ 175	...	...	690	515	...	350
1Cr- ¹ / ₃ Mo	Болт	SA-320	L7M	G41400	...	≤ 64	...	...	690	550	(4)	40
1Cr- ¹ / ₃ Mo	Болт	SA-193	B7	G41400	...	64 < t ≤ 100	...	...	795	655	...	350
1Cr- ¹ / ₂ Mo	Отливки	SA-372	E	K13047	70	...	...	...	825	485	(5) (6)	375
1Cr- ¹ / ₂ Mo	Отливки	SA-372	F	G41350	70	...	...	...	B25	485	(5) (6) (7)	375
1Cr- ¹ / ₃ Mo	Болт	SA-193	B7	G41400	...	≤ 64	...	...	860	725	...	350
1Cr- ¹ / ₃ Mo	Болт	SA-320	L7	G41400	...	≤ 64	...	...	860	725	(4)	350
1Cr- ¹ / ₃ Mo	Отливки	SA-372	J	G41370	110	...	...	...	930	760	(5) (6) (7) (8)	350
1Cr- ¹ / ₂ Mo-V	Болт	SA-193	B16	K14072	...	100 < t ≤ 175	...	...	690	585	...	375
1Cr- ¹ / ₂ Mo-V	Болт	SA-193	B16	K14072	...	64 < t ≤ 100	...	...	760	655	...	375
1Cr- ¹ / ₂ Mo-V	Болт	SA-193	B16	K14072	...	≤ 64	...	...	860	725	...	375
¹ / ₄ Cr- ¹ / ₂ Mo-Si	Труба	SA-335	P11	K11597	...	...	4	1	415	205	...	375
¹ / ₄ Cr- ¹ / ₂ Mo-Ti	Толстый лист	SA-517	E	K21604	...	64 < t ≤ 150	11B	2	725	620	(9)	375
¹ / ₄ Cr- ¹ / ₂ Mo-Ti	Толстый лист	SA-517	E	K21604	...	≤ 64	11B	2	795	690	...	375
2 ¹ / ₄ Cr-1Mo	Труба	SA-335	P22	K21590	...	...	5A	1	415	205	...	375
2 ¹ / ₄ Cr-1Mo	Отливки	SA-336	F22	K21590	3	...	5	1	515	310	...	375
2 ¹ / ₄ Cr-1Mo	Толстый лист	SA-387	22	K21590	2	...	5	1	515	310	...	375
2 ¹ / ₄ Cr-1Mo	Отливки	SA-508	22	K21590	3	...	5C	1	585	380	...	375

ТАБЛИЦА KCS-1M
УГЛЕРОДИСТЫЕ И НИЗКОЛЕГИРОВАННЫЕ СТАЛИ (МЕТРИЧЕСКАЯ СИСТЕМА)
(ПРОДОЛЖЕНИЕ)

Номинальный состав	Вид продукта	№ ТУ	Тип/марка	№ ЕСТН	Класс/Условие/Отпуск	Толщина, мм	№		Мин. опр. проч. на раст., т.ф./кв.д.	Мин. опр. знач. текучести, т.ф./кв.д.	Примечания	Макс. проект. темп., °С
							Р-№	группы				
2 ¹ / ₄ Cr-1Mo- ¹ / ₄ V	Отливки	SA-336	F22V	K31835	...	...	5C	1	585	415	(19)	375
2 ¹ / ₄ Cr-1Mo- ¹ / ₄ V	Отливки	SA-182	F22v	K31835	...	...	5C	1	85	60	(19)	700
2 ¹ / ₄ Cr-1Mo- ¹ / ₄ V	Отливки	SA-541	22V	K31835	...	...	5C	1	85	60	(19)	700
2 ¹ / ₄ Cr-1Mo- ¹ / ₄ V	Толстый лист	SA-542	D	K31835	4a	...	5C	1	85	60	(19)	700
2 ¹ / ₄ Cr-1Mo- ¹ / ₄ V	Толстый лист	SA-832	22V	K31835	...	...	5C	1	85	60	(19)	700
3Cr-1Mo- ¹ / ₄ V-Ti-B	Отливки	SA-336	F3V	K31830	...	...	5C	3	585	415	(19)	375
3Cr-1Mo- ¹ / ₄ V-Ti-B	Толстый лист	SA-832	21V	K31830	...	...	5C	3	585	415	(19)	375
Mn- ¹ / ₂ Mo- ¹ / ₄ Ni	Толстый лист	SA-533	D	K12529	3	...	11A	4	690	570	...	375
Mn- ¹ / ₂ Mo- ¹ / ₂ Ni	Толстый лист	SA-533	B	K12539	3	...	11A	4	690	570	...	375
Mn- ¹ / ₂ Ni-V	Толстый лист	SA-225	C	K12524	...	...	10A	1	725	485	(11)	375
³ / ₄ Ni- ¹ / ₂ Cr- ¹ / ₂ Mo-Si	Толстый лист	SA-517	F	K11576	...	≤ 64	11B	3	795	690	(12)	375
³ / ₄ Ni- ¹ / ₂ Mo- ¹ / ₂ Cr-V	Отливки	SA-508	2	K12766	1	...	3	3	550	345	...	375
³ / ₄ Ni- ¹ / ₂ Mo-Cr-V	Отливки	SA-508	3	K12042	1	...	3	3	550	345	...	375
³ / ₄ Ni-1Cu- ³ / ₄ Cr	Толстый лист	SA-736	A	...	1	≤ 20	...	...	620	550	...	350
³ / ₄ Ni-1Cu- ³ / ₄ Cr	Толстый лист	SA-736	A	...	2	≤ 25	...	...	495	450	...	350
³ / ₄ Ni-1Cu- ³ / ₄ Cr	Толстый лист	SA-736	A	...	2	25 < t ≤ 50	...	...	495	415	...	350
³ / ₄ Ni-1Cu- ³ / ₄ Cr	Толстый лист	SA-736	A	...	2	50 < t ≤ 100	...	...	450	380	...	350
³ / ₄ Ni-1Cu- ³ / ₄ Cr	Толстый лист	SA-736	A	...	3	≤ 50	...	...	585	515	...	350
³ / ₄ Ni-1Cu- ³ / ₄ Cr	Толстый лист	SA-736	A	...	3	50 < t ≤ 100	...	...	515	450	...	350
1 ¹ / ₄ Ni-1Cr- ¹ / ₂ Mo	Толстый лист	SA-517	P	K21650	...	64 < t ≤ 100	11B	8	725	620	(9)	375
1 ¹ / ₄ Ni-1Cr- ¹ / ₂ Mo	Толстый лист	SA-517	P	K21650	...	≤ 64	11B	8	795	690	...	375
1 ¹ / ₄ Ni- ³ / ₄ Cr- ¹ / ₄ Mo	Болт	SA-320	L43	G43400	...	≤ 100	...	...	860	725	...	375
2Ni- ³ / ₄ Cr- ¹ / ₄ Mo	Болт	SA-540	B23	H43400	5	150 < t ≤ 38	...	...	795	690	...	375
2Ni- ³ / ₄ Cr- ¹ / ₄ Mo	Болт	SA-540	B23	H43400	5	≤ 150	...	...	825	725	...	375
2Ni- ³ / ₄ Cr- ¹ / ₄ Mo	Болт	SA-540	B23	H43400	4	≤ 238	...	...	930	825	(21)	375
2Ni- ³ / ₄ Cr- ¹ / ₄ Mo	Болт	SA-540	B23	H43400	3	≤ 238	...	...	1000	895	(21)	375
2Ni- ³ / ₄ Cr- ¹ / ₃ Mo	Болт	SA-540	B24	K24064	5	150 < t ≤ 238	...	...	795	690	...	375
2Ni- ³ / ₄ Cr- ¹ / ₃ Mo	Болт	SA-540	B24	K24064	5	≤ 150	...	...	825	725	...	375
2Ni- ³ / ₄ Cr- ¹ / ₃ Mo	Болт	SA-540	B24	K24064	4	≤ 238	...	...	930	825	...	375
2Ni- ³ / ₄ Cr- ¹ / ₃ Mo	Болт	SA-540	B24	K24064	3	≤ 238	...	...	1000	895	...	375
2Ni-1 ¹ / ₂ Cr- ¹ / ₄ Mo-V	Отливки	SA-723	1	K23550	1	...	...	...	795	690	(13) (17)	450
2Ni-1 ¹ / ₂ Cr- ¹ / ₄ Mo-V	Отливки	SA-723	1	K23550	2	...	...	...	1000	825	(13) (17) (21)	425
2Ni-1 ¹ / ₂ Cr- ¹ / ₄ Mo-V	Отливки	SA-723	1	K23550	2a	...	...	...	1000	895	(13) (17)	425
2Ni-1 ¹ / ₂ Cr- ¹ / ₄ Mo-V	Отливки	SA-723	1	K23550	3	...	...	...	1000	865	(10) (13) (17) (21)	425
2Ni-1 ¹ / ₂ Cr- ¹ / ₄ Mo-V	Отливки	SA-723	1	K23550	4	...	...	...	1205	1105	(10) (13) (21)	375
2Ni-1 ¹ / ₂ Cr- ¹ / ₄ Mo-V	Отливки	SA-723	1	K23550	5	...	...	...	1310	1240	(10) (13) (21)	375
2 ³ / ₄ Ni-1 ¹ / ₂ Cr- ¹ / ₂ Mo	Толстый лист	SA-543	C	K42338	1	...	11	5	725	585	...	350
2 ³ / ₄ Ni-1 ¹ / ₂ Cr- ¹ / ₂ Mo	Толстый лист	SA-543	C	K42338	2	...	11B	10	795	690	...	350
2 ³ / ₄ Ni-1 ¹ / ₂ Cr- ¹ / ₂ Mo-V	Отливки	SA-723	2	K34035	1	...	...	...	795	690	(13) (17)	450
2 ³ / ₄ Ni-1 ¹ / ₂ Cr- ¹ / ₂ Mo-V	Отливки	SA-723	2	K34035	2	...	...	...	1000	895	(13) (17) (21)	425
2 ³ / ₄ Ni-1 ¹ / ₂ Cr- ¹ / ₂ Mo-V	Отливки	SA-723	2	K34035	2a	...	...	...	1000	895	(13) (17)	425
2 ³ / ₄ Ni-1 ¹ / ₂ Cr- ¹ / ₂ Mo-V	Отливки	SA-723	2	K34035	3	...	...	...	1000	895	(10) (13) (17) (21)	425
2 ³ / ₄ Ni-1 ¹ / ₂ Cr- ¹ / ₂ Mo-V	Отливки	SA-723	2	K34035	4	...	...	...	1205	1105	(13) (17) (21)	375
2 ³ / ₄ Ni-1 ¹ / ₂ Cr- ¹ / ₂ Mo-V	Отливки	SA-723	2	K34035	5	...	...	...	1310	1240	(10) (13) (21)	375

ТАБЛИЦА KCS-1M
УГЛЕРОДИСТЫЕ И НИЗКОЛЕГИРОВАННЫЕ СТАЛИ (МЕТРИЧЕСКАЯ СИСТЕМА)
(ПРОДОЛЖЕНИЕ)

Номинальный состав	Вид продукта	№ ТУ	Тип/марка	№ ЕСТ	Класс/Условие/Отпуск	Толщина, мм	Мин. опр. знач.		Мин. опр. знач. текучести, т.ф/кв.д.	Мин. опр. знач. прочности, т.ф/кв.д.	Примечания	Макс. проект. темп., °С
							Р-№. группы	№ на раст.				
3Ni-1 ³ / ₄ Cr- ¹ / ₂ Mo	Толстый лист	SA-543	B	K42339	1	...	11A	5	725	585	...	350
3Ni-1 ³ / ₄ Cr- ¹ / ₂ Mo	Толстый лист	SA-543	B	K42339	2	...	11B	10	795	690	...	350
3 ¹ / ₂ Ni-1 ³ / ₄ Cr- ¹ / ₂ Mo	Отливки	SA-508	4N	K22375	3	...	3	3	620	485	...	375
3 ¹ / ₂ Ni-1 ³ / ₄ Cr- ¹ / ₂ Mo	Отливки	SA-508	4N	K22375	1	...	11A	5	725	585	...	375
3 ¹ / ₂ Ni-1 ³ / ₄ Cr- ¹ / ₂ Mo	Отливки	SA-508	4N	K22375	2	...	11A	5	795	690	...	350
3 ¹ / ₂ Ni-1 ³ / ₄ Cr- ¹ / ₂ Mo-V	Отливки	SA-541	4N	K42343	3	...	...	...	620	485	...	375
3 ¹ / ₂ Ni-1 ³ / ₄ Cr- ¹ / ₂ Mo-V	Отливки	SA-541	5	K42348	1	...	...	...	725	585	...	375
3 ¹ / ₂ Ni-1 ³ / ₄ Cr- ¹ / ₂ Mo-V	Отливки	SA-541	4N	K42343	2	...	...	...	795	690	...	375
3 ¹ / ₂ Ni-1 ³ / ₄ Cr- ¹ / ₂ Mo-V	Отливки	SA-541	5	K42348	2	...	...	...	795	690	...	375
4Ni-1 ¹ / ₂ Cr- ¹ / ₂ Mo-V	Отливки	SA-723	3	K44045	1	...	...	...	795	690	(13) (17)	450
4Ni-1 ¹ / ₂ Cr- ¹ / ₂ Mo-V	Отливки	SA-723	3	K44045	2	...	...	...	1000	825	(13) (17) (21)	425
4Ni-1 ¹ / ₂ Cr- ¹ / ₂ Mo-V	Отливки	SA-723	3	K44045	2a	...	...	...	1000	895	(13) (17)	425
4Ni-1 ¹ / ₂ Cr- ¹ / ₂ Mo-V	Отливки	SA-723	3	K44045	3	...	...	...	1000	965	(10) (13) (17) (21)	425
4Ni-1 ¹ / ₂ Cr- ¹ / ₂ Mo-V	Отливки	SA-723	3	K44045	4	...	...	...	1205	1105	(10) (13) (21)	375
4Ni-1 ¹ / ₂ Cr- ¹ / ₂ Mo-V	Отливки	SA-723	3	K44045	5	...	...	...	1310	1240	(10) (13) (21)	375

2007 СЕКЦИЯ VIII — РАЗДЕЛ 3

ТАБЛИЦА КНА-1
ВЫСОКОЛЕГИРОВАННЫЕ СТАЛИ

Номинальный состав	Вид продукта	№ ТУ	Тип/марка	№ ЕСН	Класс/Условие/Отпуск	Толщина, дюймы	Р-№, группы	№	Мин. опр. знач. на раст., т.ф/кв.д.	Мин. опр. знач. текучести, т.ф/кв.д.	Примечания	Макс. проект. темп., °F
12Cr-9Ni-2Cu-1Ti	Продукт	SA-564	XM-16	S45500	H1000	...	...	...	205	185	(10) (21)	100
12Cr-9Ni-2Cu-1Ti	Отливки	SA-705	XM-16	S45500	H1000	≥ 1/2	...	...	205	185	(10) (21)	100
12Cr-9Ni-2Cu-1Ti	Продукт	SA-564	XM-16	S45500	H950	...	...	...	220	205	(10) (21)	100
12Cr-9Ni-2Cu-1Ti	Отливки	SA-705	XM-16	S45500	H950	≥ 1/2	...	...	220	205	(10) (21)	100
12Cr-9Ni-2Cu-1Ti	Продукт	SA-564	XM-16	S45500	H900	...	...	...	235	220	(10) (21)	100
12Cr-9Ni-2Cu-1Ti	Отливки	SA-705	XM-16	S45500	H900	≥ 1/2	...	...	235	220	(10) (21)	100
13Cr-8Ni-2Mo	Продукт	SA-564	XM-13	S13800	H1150M	...	...	...	125	85	...	100
13Cr-8Ni-2Mo	Отливки	SA-705	XM-13	S13800	H1150M	...	...	...	125	85	...	100
13Cr-8Ni-2Mo	Продукт	SA-564	XM-13	S13800	H1150	...	...	...	135	90	...	100
13Cr-8Ni-2Mo	Отливки	SA-705	XM-13	S13800	H1150	...	...	...	135	90	...	100
13Cr-8Ni-2Mo	Продукт	SA-564	XM-13	S13800	H1100	...	...	...	150	135	(21)	100
13Cr-8Ni-2Mo	Отливки	SA-705	XM-13	S13800	H1100	...	...	...	150	135	(21)	100
13Cr-8Ni-2Mo	Продукт	SA-564	XM-13	S13800	H1050	...	...	...	175	165	(10) (21)	100
13Cr-8Ni-2Mo	Отливки	SA-705	XM-13	S13800	H1050	...	...	...	175	165	(10) (21)	100
13Cr-8Ni-2Mo	Продукт	SA-564	XM-13	S13800	H1025	...	...	...	185	175	(10) (21)	100
13Cr-8Ni-2Mo	Отливки	SA-705	XM-13	S13800	H1025	...	...	...	185	175	(10) (21)	100
13Cr-8Ni-2Mo	Продукт	SA-564	XM-13	S13800	H1000	...	...	...	205	190	(10) (21)	100
13Cr-8Ni-2Mo	Отливки	SA-705	XM-13	S13800	H1000	...	...	...	205	190	(10) (21)	100
13Cr-8Ni-2Mo	Продукт	SA-564	XM-13	S13800	H950	...	...	...	220	205	(10) (21)	100
13Cr-8Ni-2Mo	Отливки	SA-705	XM-13	S13800	H950	...	...	...	220	205	(10) (21)	100
15Cr-5Ni-3Cu	Продукт	SA-564	XM-12	S15500	H1150M	...	...	...	115	75	...	100
15Cr-5Ni-3Cu	Отливки	SA-705	XM-12	S15500	H1150M	...	...	...	115	75	...	100
15Cr-5Ni-3Cu	Продукт	SA-564	XM-12	S15500	H1150	...	...	...	135	105	...	100
15Cr-5Ni-3Cu	Отливки	SA-705	XM-12	S15500	H1150	...	...	...	135	105	...	100
15Cr-5Ni-3Cu	Продукт	SA-564	XM-12	S15500	H1100	...	...	...	140	115	(18)	550
15Cr-5Ni-3Cu	Отливки	SA-705	XM-12	S15500	H1100	...	...	...	140	115	(18)	550
15Cr-5Ni-3Cu	Продукт	SA-564	XM-12	S15500	H1075	...	...	...	145	125	(21)	100
15Cr-5Ni-3Cu	Отливки	SA-705	XM-12	S15500	H1075	...	...	...	145	125	(21)	100
15Cr-5Ni-3Cu	Продукт	SA-564	XM-12	S15500	H1025	...	...	...	155	145	(10) (21)	100
15Cr-5Ni-3Cu	Отливки	SA-705	XM-12	S15500	H1025	...	...	...	155	145	(10) (21)	100
15Cr-5Ni-3Cu	Продукт	SA-564	XM-12	S15500	H925	...	...	...	170	155	(10) (21)	100
15Cr-5Ni-3Cu	Отливки	SA-705	XM-12	S15500	H925	...	...	...	170	155	(10) (21)	100
15Cr-5Ni-3Cu	Продукт	SA-564	XM-12	S15500	H900	...	...	...	190	170	(10) (21)	100
15Cr-5Ni-3Cu	Отливки	SA-705	XM-12	S15500	H900	...	...	...	190	170	(10) (21)	100
15Cr-6Ni-Cu-Mo	Продукт	SA-564	XM-25	S45000	H1150	...	...	...	125	75	...	100
15Cr-6Ni-Cu-Mo	Отливки	SA-705	XM-25	S45000	H1150	≥ 1/2	...	...	125	75	...	100
15Cr-6Ni-Cu-Mo	Продукт	SA-564	XM-25	S45000	H1100	...	...	...	130	105	...	100
15Cr-6Ni-Cu-Mo	Отливки	SA-705	XM-25	S45000	H1100	≥ 1/2	...	...	130	105	...	100
15Cr-6Ni-Cu-Mo	Продукт	SA-564	XM-25	S45000	H1050	...	...	...	145	135	(21)	100
15Cr-6Ni-Cu-Mo	Отливки	SA-705	XM-25	S45000	H1050	≥ 1/2	...	...	145	135	(21)	100
15Cr-6Ni-Cu-Mo	Продукт	SA-564	XM-25	S45000	H1025	...	...	...	150	140	(10) (21)	100
15Cr-6Ni-Cu-Mo	Отливки	SA-705	XM-25	S45000	H1025	≥ 1/2	...	...	150	140	(10) (21)	100
15Cr-6Ni-Cu-Mo	Продукт	SA-564	XM-25	S45000	H1000	...	...	...	160	150	(10) (21)	100
15Cr-6Ni-Cu-Mo	Отливки	SA-705	XM-25	S45000	H1000	≥ 1/2	...	...	160	150	(10) (21)	100

ТАБЛИЦА КНА-1
ВЫСОКОЛЕГИРОВАННЫЕ СТАЛИ (ПРОДОЛЖЕНИЕ)

Номинальный состав	Вид продукта	№ ТУ	Тип/марка	№ ЕСН	Класс/Условие/Отпуск	Толщина, дюймы	Р-№. группы	№ на раст., т.ф./кв.д.	Мин. опр. знач.	Мин. опр. знач.	Примечания	Макс. прокт. темп., °F
									на раст., т.ф./кв.д.	текучести, т.ф./кв.д.		
15Cr-6Ni-Cu-Mo	Пруток	SA-564	XM-25	S45000	H950	...	...	...	170	160	(10) (21)	100
15Cr-6Ni-Cu-Mo	Отливки	SA-705	XM-25	S45000	H950	≥ 1/2	...	...	170	160	(10) (21)	100
15Cr-6Ni-Cu-Mo	Пруток	SA-564	XM-25	S45000	H900	...	...	...	180	170	(10) (21)	100
15Cr-6Ni-Cu-Mo	Отливки	SA-705	XM-25	S45000	H900	≥ 1/2	...	...	180	170	(10) (21)	100
17Cr-4Ni-4Cu	Отливки	SA-705	630	S17400	H1150M	...	...	...	115	75	(18)	100
17Cr-4Ni-4Cu	Пруток	SA-564	630	S17400	H1150	...	...	...	135	105	(18) (21)	550
17Cr-4Ni-4Cu	Отливки	SA-705	630	S17400	H1150	...	...	...	135	105	(18)	550
17Cr-4Ni-4Cu	Пруток	SA-564	630	S17400	H1100	...	...	...	140	115	(18)	550
17Cr-4Ni-4Cu	Отливки	SA-705	630	S17400	H1100	...	...	...	140	115	(18)	550
17Cr-4Ni-4Cu	Пруток	SA-564	630	S17400	H1075	...	...	...	145	125	(18) (21)	550
17Cr-4Ni-4Cu	Отливки	SA-705	630	S17400	H1075	...	...	...	145	125	(18) (21)	550
17Cr-4Ni-4Cu	Пруток	SA-564	630	S17400	H1025	...	...	...	155	145	(10) (18) (21)	550
17Cr-4Ni-4Cu	Отливки	SA-705	630	S17400	H1025	...	...	...	155	145	(10) (18) (21)	100
17Cr-4Ni-4Cu	Отливки	SA-705	630	S17400	H925	...	...	...	170	155	(10) (21)	100
17Cr-4Ni-4Cu	Отливки	SA-705	630	S17400	H900	...	...	...	190	170	(10) (21)	100
17Cr-4Ni-1Al	Отливки	SA-705	631	S17700	TH1050	...	...	...	170	140	(10) (21)	100
17Cr-4Ni-1Al	Отливки	SA-705	631	S17700	RH950	...	...	...	185	150	(10) (21)	100
25Ni-15Cr-2Ti	Болт	SA-453	660	S66286	A	...	...	...	130	85	...	900
25Ni-15Cr-2Ti	Болт	SA-453	660	S66286	B	...	...	...	130	85	...	900
25Ni-15Cr-2Ti	Отливки	SA-638	660	S662S6	1	...	...	...	130	85	...	900
25Ni-15Cr-2Ti	Отливки	SA-638	660	S66286	2	...	...	...	130	85	...	900
16Cr-12Ni-2Mo	Отливки	SA-965	F316	S31600	...	...	8	1	70	30	...	800
16Cr-12Ni-2Mo	Отливки	SA-965	F316H	S31609	...	...	8	1	70	30	...	800
16Cr-12Ni-2Mo	Труба	SA-312	TP316	S31600	Бесшовная	...	8	1	75	30	(20)	800
16Cr-12Ni-2Mo	Труба	SA-312	TP316H	S31609	Бесшовная	...	8	1	75	30	(20)	800
16Cr-12Ni-2Mo	Болт	SA-320	B8M	S31600	1	...	...	...	75	30	...	800
16Cr-12Ni-2Mo	Болт	SA-320	B8MA	S31600	1A	...	...	...	75	30	...	800
16Cr-12Ni-2Mo	Пруток	SA-479	316	S31600	Отожженный	...	8	1	75	30	(14) (15)	800
16Cr-12Ni-2Mo	Пруток	SA-479	316H	S31609	Отожженный	...	8	1	75	30'	(14)	800
16Cr-12Ni-2Mo	Пруток	SA-276	316	S31600	S	2 1/2 < t ≤ 3	...	...	80	55	(13)	600
16Cr-12Ni-2Mo	Болт	SA-320	B8M	S31600	2	1 1/4 < t ≤ 1 1/2	...	...	90	50	(16)	100
16Cr-12Ni-2Mo	Пруток	SA-276	316	S31600	S	2 < t ≤ 2 1/2	...	...	90	65	(13)	600
16Cr-12Ni-2Mo	Пруток	SA-276	316	S31600	B	1 1/2 < t ≤ 1 3/4	...	...	95	45	(13)	600
16Cr-12Ni-2Mo	Болт	SA-320	B8M	S31600	2	1 < t ≤ 1 1/4	...	...	95	65	(16)	100
16Cr-12Ni-2Mo	Пруток	SA-276	316	S31600	S	≤ 2	...	...	95	75	(13)	600
16Cr-12Ni-2Mo	Пруток	SA-276	316	S31600	B	1 1/4 < t ≤ 1 1/2	...	...	100	50	(13)	600
16Cr-12Ni-2Mo	Болт	SA-320	B8M	S31600	2	3/4 < t ≤ 1	...	...	100	80	(16)	100
16Cr-12Ni-2Mo	Пруток	SA-276	316	S31600	B	1 < t ≤ 1 1/4	...	...	105	65	(13)	600
16Cr-12Ni-2Mo	Болт	SA-320	B8M	S31600	2	≤ 3/4	...	...	110	95	(16)	100
16Cr-12Ni-2Mo	Пруток	SA-276	316	S31600	B	3/4 < t ≤ 1	...	...	115	80	(13)	600
16Cr-12Ni-2Mo	Пруток	SA-276	316	S31600	B	≤ 3/4	...	...	125	100	(13)	600
18Cr-8Ni	Болт	SA-320	B8	S30400	1	...	...	...	75	30	...	800
18Cr-8Ni	Болт	SA-320	B8A	S30400	1A	...	...	...	75	30	...	800
18Cr-8Ni	Болт	SA-320	B8	S30400	2	1 1/4 < t ≤ 1 1/2	...	...	100	50	(16)	100
18Cr-8Ni	Болт	SA-320	B8	S30400	2	1 < t ≤ 1 1/4	...	...	105	65	(16)	100
18Cr-8Ni	Болт	SA-320	B8	S30400	2	3/4 < t ≤ 1	...	...	115	80	(16)	100
18Cr-8Ni	Болт	SA-320	B8	S30400	2	≤ 3/4	...	...	125	100	(16)	100

2007 СЕКЦИЯ VIII — РАЗДЕЛ 3

ТАБЛИЦА КНА-1
ВЫСОКОЛЕГИРОВАННЫЕ СТАЛИ (ПРОДОЛЖЕНИЕ)

Номинальный состав	Вид продукта	№ ТУ	Тип/ марка	№ ЕСН	Класс/ Условие/ Отпуск	Толщина, дюймы	Р.-№. группы	№ на раст., т.ф/кв.д.	Мин. опр.	Мин. опр.	Примечания	Макс. проект. темп., °F
									знач. проч. на раст., т.ф/кв.д.	знач. текучести, т.ф/кв.д.		
18Cr-8Ni-S	Болт	SA-320	B8F	S30300	1	...	...	75	30	...	800
18Cr-8Ni-S	Болт	SA-320	B8FA	S30300	1A	...	...	75	30	...	800
18Cr-8Ni-Se	Болт	SA-320	B8F	S30323	1	...	...	75	30	...	800
18Cr-8Ni-Se	Болт	SA-320	B8FA	S30323	1A	...	...	75	30	...	800
18Cr-10Ni-Cb	Болт	SA-320	B8C	S34700	1	...	...	75	30	...	800
18Cr-10Ni-Cb	Болт	SA-320	B8CA	S34700	1A	...	...	75	30	...	300
18Cr-10Ni-Cb	Болт	SA-320	B8C	S34700	2	$1\frac{1}{4} < t \leq 1\frac{1}{2}$	...	100	50	(16)	100
18Cr-10Ni-Cb	Болт	SA-320	B8C	S34700	2	$1 < t \leq 1\frac{1}{4}$	...	105	65	(16)	100
18Cr-10Ni-Cb	Болт	SA-320	B8C	S34700	2	$\frac{3}{4} < t \leq 1$	...	115	80	(16)	100
18Cr-10Ni-Cb	Болт	SA-320	B8C	S34700	2	$\leq \frac{3}{4}$	...	125	100	(16)	100
18Cr-10Ni-Ti	Болт	SA-320	B8T	S32100	1	...	...	75	30	...	800
18Cr-10Ni-Ti	Болт	SA-320	B8TA	S32100	1A	...	...	75	30	...	800
18Cr-10Ni-Ti	Болт	SA-320	B8T	S32100	2	$1\frac{1}{4} < t \leq 1\frac{1}{2}$	...	100	50	(16)	100
18Cr-10Ni-Ti	Болт	SA-320	B8T	S32100	2	$1 < t \leq 1\frac{1}{4}$	...	105	65	(16)	100
18Cr-10Ni-Ti	Болт	SA-320	B8T	S32100	2	$\frac{3}{4} < t \leq 1$	...	115	80	(16)	100
18Cr-10Ni-Ti	Болт	SA-320	B8T	S32100	2	$\leq \frac{3}{4}$	...	125	100	(16)	100

ТАБЛИЦА КНА-1М
ВЫСОКОЛЕГИРОВАННЫЕ СТАЛИ (МЕТРИЧЕСКАЯ СИСТЕМА)

Номинальный состав	Вид продукта	№ ТУ	Тип/марка	№ ЕСН	Класс/Условие/Отпуск	Толщина, мм	Р-№	№ группы	Мин. опр. знач. проч. на раст., т.ф/кв.д.	Мин. опр. знач. текучести, т.ф/кв.д.	Примечания	Макс. проект. темп., °С
									1415	1275		
12Cr-9Ni-2Cu-1Ti	Продукт	SA-564	XM-16	S45500	H1000	...	...	...	1415	1275	(10) (21)	40
12Cr-9Ni-2Cu-1Ti	Отливки	SA-705	XM-16	S45500	H1000	≥ 13	...	...	1415	1275	(10) (21)	40
12Cr-9Ni-2Cu-1Ti	Продукт	SA-564	XM-16	S45500	H950	...	...	...	1515	1415	(10) (21)	40
12Cr-9Ni-2Cu-1Ti	Отливки	SA-705	XM-16	S45500	H950	≥ 13	...	...	1515	1415	(10) (21)	40
12Cr-9Ni-2Cu-1Ti	Продукт	SA-564	XM-16	S45500	H900	...	...	...	1620	1515	(10) (21)	40
12Cr-9Ni-2Cu-1Ti	Отливки	SA-705	XM-16	S45500	H900	≥ 13	...	...	1620	1515	(10) (21)	40
13Cr-8Ni-2Mo	Продукт	SA-564	XM-13	S13800	H1150M	...	...	...	860	585	...	40
13Cr-8Ni-2Mo	Отливки	SA-705	XM-13	S13800	H1150M	...	...	...	860	585	...	40
13Cr-8Ni-2Mo	Продукт	SA-564	XM-13	S13800	H1 150	...	...	...	930	620	...	40
13Cr-8Ni-2Mo	Отливки	SA-705	XM-13	S13800	H1 150	...	...	...	930	620	...	40
13Cr-8Ni-2Mo	Продукт	SA-564	XM-13	S13800	H1100	...	...	...	1035	930	...	40
13Cr-8Ni-2Mo	Отливки	SA-705	XM-13	S13800	H1100	...	...	...	1035	930	...	40
13Cr-8Ni-2Mo	Продукт	SA-564	XM-13	S13800	H1050	...	...	...	1205	1140	(10) (21)	40
13Cr-8Ni-2Mo	Отливки	SA-705	XM-13	S13800	H1050	...	...	...	1205	1140	(10) (21)	40
13Cr-8Ni-2Mo	Продукт	SA-564	XM-13	S13800	H1025	...	...	...	1275	1205	(10) (21)	40
13Cr-8Ni-2Mo	Отливки	SA-705	XM-13	S13800	H1025	...	...	...	1275	1205	(10) (21)	40
13Cr-8Ni-2Mo	Продукт	SA-564	XM-13	S13800	H1000	...	...	...	1415	1310	(10) (21)	40
13Cr-8Ni-2Mo	Отливки	SA-705	XM-13	S13800	H1000	...	...	...	1415	1310	(10) (21)	40
13Cr-8Ni-2Mo	Продукт	SA-564	XM-13	S13800	H950	...	...	...	1515	1415	(10) (21)	40
13Cr-8Ni-2Mo	Отливки	SA-705	XM-13	S13800	H950	...	...	...	1515	1415	(10) (21)	40
15Cr-5Ni-3Cu	Продукт	SA-564	XM-12	S15500	H1150M	...	...	...	795	515	...	40
15Cr-5Ni-3Cu	Отливки	SA-705	XM-12	S15500	H1150M	...	...	...	795	515	...	40
15Cr-5Ni-3Cu	Продукт	SA-564	XM-12	S15500	H1150	...	...	...	930	725	...	40
15Cr-5Ni-3Cu	Отливки	SA-705	XM-12	S15500	H1150	...	...	...	930	725	...	40
15Cr-5Ni-3Cu	Продукт	SA-564	XM-12	S15500	H1100	...	...	...	965	795	(18)	300
15Cr-5Ni-3Cu	Отливки	SA-705	XM-12	S15500	H1100	...	...	...	965	795	(18)	300
15Cr-5Ni-3Cu	Продукт	SA-564	XM-12	S15500	H1075	...	...	...	1000	860	...	40
15Cr-5Ni-3Cu	Отливки	SA-705	XM-12	S15500	H1075	...	...	...	1000	860	...	40
15Cr-5Ni-3Cu	Продукт	SA-564	XM-12	S15500	H1025	...	...	...	1070	1000	(10) (21)	40
15Cr-5Ni-3Cu	Отливки	SA-705	XM-12	S15500	H1025	...	...	...	1070	1000	(10) (21)	40
15Cr-5Ni-3Cu	Продукт	SA-564	XM-12	S15500	H925	...	...	...	1170	1070	(10)	40
15Cr-5Ni-3Cu	Отливки	SA-705	XM-12	S15500	H925	...	...	...	1170	1070	(10)	40
15Cr-5Ni-3Cu	Продукт	SA-564	XM-12	S15500	H900	...	...	...	1310	1170	(10)	40
15Cr-5Ni-3Cu	Отливки	SA-705	XM-12	S15500	H900	...	...	...	1310	1170	(10)	40
15Cr-6Ni-Cu-Mo	Продукт	SA-564	XM-25	S45000	H1150	...	...	...	860	515	...	40
15Cr-6Ni-Cu-Mo	Отливки	SA-705	XM-25	S45000	H1150	≥ 13	...	...	860	515	...	40
15Cr-6Ni-Cu-Mo	Продукт	SA-564	XM-25	S45000	H1100	...	...	...	895	725	...	40
15Cr-6Ni-Cu-Mo	Отливки	SA-705	XM-25	S45000	H1100	≥ 13	...	...	895	725	...	40
15Cr-6Ni-Cu-Mo	Продукт	SA-564	XM-25	S45000	H1050	...	...	...	1000	930	(21)	40
15Cr-6Ni-Cu-Mo	Отливки	SA-705	XM-25	S45000	H1050	≥ 13	...	...	1000	930	(21)	40
15Cr-6Ni-Cu-Mo	Продукт	SA-564	XM-25	S45000	H1025	...	...	...	1035	965	(10) (21)	40
15Cr-6Ni-Cu-Mo	Отливки	SA-705	XM-25	S45000	H1025	≥ 13	...	...	1035	965	(10) (21)	40
15Cr-6Ni-Cu-Mo	Продукт	SA-564	XM-25	S45000	H1000	...	...	...	1105	1035	(10) (21)	40
15Cr-6Ni-Cu-Mo	Отливки	SA-705	XM-25	S45000	H1000	≥ 13	...	...	1105	1035	(10) (21)	40

ТАБЛИЦА КНА-1М
ВЫСОКОЛЕГИРОВАННЫЕ СТАЛИ (МЕТРИЧЕСКАЯ СИСТЕМА) (ПРОДОЛЖЕНИЕ)

Номинальный состав	Вид продукта	№ ТУ	Тип/марка	№ ЕСН	Класс/Условие/Отпуск	Толщина, мм	Р-№	№ группы	Мин. опр. знач. проч. на раст., т.ф/кв.д.	Мин. опр. знач. текучести, т.ф/кв.д.	Примечания	Макс. проест. темп., °С
										
15Cr-6Ni-Cu-Mo	Пруток	SA-564	XM-25	S45000	H950	...	...	...	1170	1105	(10) (21)	40
15Cr-6Ni-Cu-Mo	Отливки	SA-705	XM-25	S45000	H950	≥ 13	...	...	1170	1105	(10) (21)	40
15Cr-6Ni-Cu-Mo	Пруток	SA-564	XM-25	S45000	H900	...	...	...	1240	1170	(10) (21)	40
15Cr-6Ni-Cu-Mo	Отливки	SA-705	XM-25	S45000	H900	≥ 13	...	...	1240	1170	(10) (21)	40
17Cr-4Ni-4Cu	Отливки	SA-705	630	S17400	H1150M	...	...	...	795	515	(18)	40
17Cr-4Ni-4Cu	Пруток	SA-564	630	S17400	H1150	...	...	...	930	725	(18)	300
17Cr-4Ni-4Cu	Отливки	SA-705	630	S17400	H1150	...	...	...	930	725	(18)	300
17Cr-4Ni-4Cu	Пруток	SA-564	630	S17400	H1100	...	...	...	965	795	(18)	300
17Cr-4Ni-4Cu	Отливки	SA-705	630	S17400	H1100	...	...	...	965	795	(18)	300
17Cr-4Ni-4Cu	Пруток	SA-564	630	S17400	H1075	...	...	...	1000	860	(18) (21)	300
17Cr-4Ni-4Cu	Отливки	SA-705	630	S17400	H1075	...	...	...	1000	860	(18) (21)	300
17Cr-4Ni-4Cu	Пруток	SA-564	630	S17400	H1025	...	...	...	1070	1000	(10) (18) (21)	300
17Cr-4Ni-4Cu	Отливки	SA-705	630	S17400	H1025	...	...	...	1070	1000	(10) (18) (21)	40
17Cr-4Ni-4Cu	Отливки	SA-705	630	S17400	H925	...	...	...	1170	1070	(10) (21)	40
17Cr-4Ni-4Cu	Отливки	SA-705	630	S1740Q	H900	...	...	...	1310	1170	(10) (21)	40
17Cr-4Ni-1Al	Отливки	SA-705	.631	S17700	TH1050	...	...	...	1170	965	(10) (21)	40
17Cr-4Ni-1Al	Отливки	SA-705	631	S17700	RH950	...	...	...	1275	1035	(10) (21)	40
25Ni-15Cr-2Ti	Болт	SA-453	660	S66286	A	...	...	...	895	585	...	475
25Ni-15Cr-2Ti	Болт	SA-453	660	S66286	B	...	...	...	895	585	...	475
25Ni-15Cr-2Ti	Отливки	SA-638	660	S66286	1	...	...	...	895	585	...	475
25Ni-15Cr-2Ti	Отливки	SA-638	660	S66286	2	...	...	...	895	585	...	475
16Cr-12Ni-2Mo	Отливки	SA-965	F316	S31600	...	...	8	1	485	205	...	450
16Cr-12Ni-2Mo	Отливки	SA-965	F316H	S31609	...	...	8	1	485	205	...	450
16Cr-12Ni-2Mo	Труба	SA-312	TP316	S31600	Бесшовная	...	8	1	515	205	(20)	450
16Cr-12Ni-2Mo	Труба	SA-312	TP316H	S31609	Бесшовная	...	8	1	515	205	(20)	450
16Cr-12Ni-2Mo	Болт	SA-320	B8M	S31600	1	...	...	...	515	205	...	450
16Cr-12Ni-2Mo	Болт	SA-320	B8MA	S31600	1A	...	...	...	515	205	...	450
16Cr-12Ni-2Mo	Пруток	SA-479	316	S31600	Отожженный	...	8	1	515	205	(14) (15)	450
16Cr-12Ni-2Mo	Пруток	SA-479	316H	S31609	Отожженный	...	8	1	515	205	(14)	450
16Cr-12Ni-2Mo	Пруток	SA-276	316	S31600	S	64 < t ≤ 75	...	...	550	380	(13)	325
16Cr-12Ni-2Mo	Болт	SA-320	B8M	S31600	2	32 < t ≤ 38	...	...	620	345	(16)	40
16Cr-12Ni-2Mo	Пруток	SA-276	316	S31600	S	50 < t ≤ 64	...	...	620	450	(13)	325
16Cr-12Ni-2Mo	Пруток	SA-276	316	S31600	B	38 < t ≤ 44	...	...	655	310	(13)	325
16Cr-12Ni-2Mo	Болт	SA-320	B8M	S31600	2	25 < t ≤ 32	...	...	655	450	(16)	40
16Cr-12Ni-2Mo	Пруток	SA-276	316	S31600	S	≤ 50	...	...	655	515	(13)	325
16Cr-12Ni-2Mo	Пруток	SA-276	316	S31600	B	32 < t ≤ 38	...	...	690	345	(13)	325
16Cr-12Ni-2Mo	Болт	SA-320	B8M	S31600	2	19 < t ≤ 25	...	...	690	550	(16)	40
16Cr-12Ni-2Mo	Пруток	SA-276	316	S31600	B	25 < t ≤ 32	...	...	725	450	(13)	325
16Cr-12Ni-2Mo	Болт	SA-320	B8M	S31600	2	≤ 19	...	...	760	655	(16)	40
16Cr-12Ni-2Mo	Пруток	SA-276	316	S31600	B	19 < t ≤ 25	...	...	795	550	(13)	325
16Cr-12Ni-2Mo	Пруток	SA-276	316	S31600	B	≤ 19	...	...	860	690	(13)	325
18Cr-8Ni	Болт	SA-320	B3	S30400	1	...	...	...	515	205	...	450
18Cr-8Ni	Болт	SA-320	B8A	S30400	1A	...	...	...	515	205	...	450
18Cr-8Ni	Болт	SA-320	B8	S30400	2	32 < t ≤ 38	...	...	690	345	(16)	40
18Cr-8Ni	Болт	SA-320	B8	S30400	2	25 < t ≤ 32	...	...	725	450	(16)	40
18Cr-8Ni	Болт	SA-320	B8	S30400	2	19 < t ≤ 25	...	...	795	550	(16)	40
18Cr-8Ni	Болт	SA-320	B8	S30400	2	≤ 19	...	...	860	690	(16)	40

2007 СЕКЦИЯ VIII — РАЗДЕЛ 3

ТАБЛИЦА КНА-1М
 ВЫСОКОЛЕГИРОВАННЫЕ СТАЛИ (МЕТРИЧЕСКАЯ СИСТЕМА) (ПРОДОЛЖЕНИЕ)

Номинальный состав	Вид продукта	№ ТУ	Тип/ марка	№ ЕСН	Класс/ Условие/ Отпуск	Толщина, мм	Р.№. группы	№ на раст., т.ф./кв.д.	Мин. опр.	Мин. опр. знач. течучести, т.ф./кв.д.	Примечания	Макс. проект. темп., °С
									проч. на раст., т.ф./кв.д.			
18Cr-8Ni-S	Болт	SA-320	B8F	S30300	1	...	...	...	515	205	...	450
18Cr-8Ni-S	Болт	SA-320	B8FA	S30300	1A	...	...	...	515	205	...	450
18Cr-8Ni-Se	Болт	SA-320	B8F	S30323	1	...	...	...	515	205	...	450
18Cr-8Ni-Se	Болт	SA-320	B8FA	S30323	1A	...	...	...	515	205	...	450
18Cr-10Ni-Cb	Болт	SA-320	B8C	S34700	1	...	...	...	515	205	...	450
18Cr-10Ni-Cb	Болт	SA-320	B8CA	S34700	1A	...	...	...	515	205	...	450
18Cr-10Ni-Cb	Болт	SA-320	B8C	S34700	2	32 < t ≤ 38	...	...	690	345	(16)	40
18Cr-10Ni-Cb	Болт	SA-320	B8C	S34700	2	25 < t ≤ 32	...	...	725	450	(16)	40
18Cr-10Ni-Cb	Болт	SA-320	B8C	S34700	2	19 < t ≤ 25	...	...	795	550	(16)	40
18Cr-10Ni-Cb	Болт	SA-320	B8C	S34700	2	≤ 19	...	...	860	690	(16)	40
18Cr-10Ni-Ti	Болт	SA-320	B8T	S32100	1	...	...	...	515	205	...	450
18Cr-10Ni-Ti	Болт	SA-320	B8TA	S32100	1A	...	...	...	515	205	...	450
18Cr-10Ni-Ti	Болт	SA-320	B8T	S32100	2	32 < t ≤ 38	...	...	690	345	(16)	40
18Cr-10Ni-Ti	Болт	SA-320	B8T	S32100	2	25 < t ≤ 32	...	...	725	450	(16)	40
18Cr-10Ni-Ti	Болт	SA-320	B8T	S32100	2	19 < t ≤ 25	...	...	795	550	(16)	40
18Cr-10Ni-Ti	Болт	SA-320	B8T	S32100	2	≤ 19	...	...	860	690	(16)	40

ТАБЛИЦА KNF-1
НИКЕЛЬ И НИКЕЛЕВЫЕ СПЛАВЫ

Номинальный состав	Вид продукта	№ ТУ	Тип/марка	№ ЕСН	Класс/Условие/Отпуск	Толщина, дюймы	Р-№. группы	№	Мин. опр. знач.	Мин. опр. знач.	Примечания	Макс. прокт. темп., °С
									на раст., т.ф/кв.д.	текущего, т.ф/кв.д.		
67Ni-30Cu	Пруток	SB-164	...	N04400	Отожженный	...	42	...	70	25	...	800
67Ni-30Cu	Труба	SB-165	...	N04400	Отожженный	> 5 внеш. диам.	42	...	70	25	...	800
67Ni-30Cu	Отливки	SB-564	...	N04400	Отожженный	...	42	...	70	25	...	800
67Ni-30Cu	Труба	SB-165	...	N04400	Отожженный	≤ 5 внеш. диам.	42	...	70	28	...	800
67Ni-30Cu	Круг. заг.	SB-164	...	N04400	Деформиров. в горяч. состоян.	12 < t ≤ 14	42	...	75.	40	...	800
67Ni-30Cu	Круг. заг.	SB-164	...	N04400	Деформиров. в горяч. состоян.	≤ 12	42	...	80	40	...	800
67Ni-30Cu	Круг. заг.	SB-164	...	N 04400	Накл. и сн. напр.	< 1/2	42	...	84	50.	...	800
67Ni-30Cu	Круг. заг.	SB-164	...	N04400	Накл. и сн. напр.	3 1/2 < t ≤ 4	42	...	84	55.	...	800
67M-30Cu	Труба	SB-165	...	N04400	Снят. напр.	...	42	...	85	55	...	800
67Ni-30Cu	Круг. заг.	SB-164	...	N04400	Накл. и сн. напр.	1/2 < t ≤ 3 1/2	42	...	87	60	...	800
67Ni-30Cu	Круг. заг.	SB-164	...	N04400	Наклепанный	< 1/2	42	...	110	85	...	800
72Ni-15Cr-8Fe	Труба	SB-167	...	N06600	Отожженный	> 5 внеш. диам.	43	...	80	30	...	800
72Ni-15Cr-8Fe	Пруток	SB-166	...	N06600	Отожженный	...	43	...	80	35	...	800
72Ni-15Cr-8Fe	Труба	SB-167	...	N06600	Отожженный	≤ 5 внеш. диам.	43	...	80	35	...	800
72Ni-15Cr-8Fe	Отливки	SB-564	...	N06600	Отожженный	...	43	...	80.	35	...	800
72Ni-15Cr-8Fe	Круг. заг.	SB-166	...	N06600	Деформиров. в горяч. состоян.	> 3	43	...	85	35	...	800
72Ni-15Cr-8Fe	Круг. заг.	SB-166	...	N06600	Деформиров. в горяч. состоян.	1/2 < t ≤ 3	43	...	90	40	...	800
72Ni-15Cr-8Fe	Круг. заг.	SB-166	...	N06600	Деформиров. в горяч. состоян.	1/4 < t ≤ 1/2	43	...	95	45	...	800
60Ni-22Cr-9Mo-3,5Cb	Пруток, стержень	SB-446	1	NQ6625	Отожженный	> 4	43	...	110	50.	...	800
60Ni-22Cr-9Mo-3,5Cb	Отливки	SB-564	...	N06625	Отожженный	> 4	43	...	110:	50	...	800
60Ni-22Cr-9Mo-3,5Cb	Труба	SB-444	1	M06625	Отожженный	...	43	...	120	60	...	800
60Ni-22Cr-9Mo-3,5Cb	Пруток, стержень	SB-446	1	N06625	Отожженный	≤ 4	43	...	120:	60	...	800
60Ni-22Cr-9Mo-3,5Cb	Отливки	SB-564	...	N06625	Отожженный	≤ 4	43	...	120	60	...	800
42Fe-33Ni-21Cr	Пруток	SB-408	...	N08800	Отожженный	...	45	...	75	30	...	800
42Fe-33Ni-21Cr	Толстый лист	SB-409	...	N08800	Отожженный	...	45	...	75	30	...	800
42Fe-33Ni-21Cr	Отливки	SB-564	...	N08800	Отожженный	...	45	...	75	30	...	800
42Fe-33Ni-21Cr	Труба	SB-407	...	N08800	Накл./отожж.	...	45	...	75	30	...	800
42Fe-33Ni-21Cr	Пруток	SB-408	...	N03810	Отожженный	...	45	...	65	25	...	800
42Fe-33Ni-21Cr	Толстый лист	SB-409	...	N08810	Отожженный	...	45	...	65	25	...	800
42Fe-33Ni-21Cr	Отливки	SB-564	...	N08810	Отожженный	...	45	...	65	25	...	800
54Ni-16Cr-16Mo-5,5Fe	Пруток	SB-574	...	N10276	Отожженный на твердый раствор	...	44	...	100	41	...	800

ТАБЛИЦА KNF-1М
НИКЕЛЬ И НИКЕЛЕВЫЕ СПЛАВЫ (МЕТРИЧЕСКАЯ СИСТЕМА)

Номинальный состав	Вид продукта	№ ТУ	Тип/марка	№ ЕСН	Класс/Условие/Отпуск	Толщина, дюймы	Р-№, группы	Мин. опр. знач.		Примечания	Макс. проект. темп., °С	
								на раст., т.ф./кв.д.	текущей, т.ф./кв.д.			
67Ni-30Cu	Пруток	SB-164	...	N04400	Отожженный	...	42	...	485	170 ...	...	450
67Ni-30Cu	Труба	SB-165	...	N04400	Отожженный	> 125 внеш. диам.	42	...	485	170 ...	...	450
67Ni-30Cu	Отливки	SB-564	...	W04400	Отожженный	...	42	...	485	170 ...	...	450
67Ni-30Cu	Труба	SB-165	...	N04400	Отожженный	≤ 125 внеш. диам.	42	...	485	195 ...	...	450
67Ni-30Cu	Круг. заг.	SB-164	...	N04400	Деформиров. в горяч. состоян.	300 < t ≤ 350	42	...	515	275 ...	...	450
67Ni-30Cu	Круг. заг.	SB-164	...	N 04400	Деформиров. в горяч. состоян.	≤ 300	42	...	550	275 ...	...	450
67Ni-30Cu	Круг. заг.	SB-164	...	N04400	Накл. и сн. напр.	≤ 13	42	...	580	345 ...	...	450
67Ni-30Cu	Круг. заг.	SB-164	...	N04400	Накл. и сн. напр.	89 < t ≤ 100	42	...	580	380 ...	...	450
67Ni-30Cu	Труба	SB-165	...	N04400	Снят. напр.	...	42	...	585	380 ...	...	450
67Ni-30Cu	Круг. заг.	SB-164	...	N04400	Накл. и сн. напр.	13 < t ≤ 89	42	...	600	415 ...	...	450
67Ni-30Cu	Круг. заг.	SB-164	...	N04400	Наклепанный	< 13	42	...	760	585 ...	...	450
72Ni-15Cr-8Fe	Труба	SB-167	...	N06600	Отожженный	> 125 внеш. диам.	43	...	550	205 ...	...	450
72Ni-15Cr-8Fe	Пруток	SB-166	...	N06600	Отожженный	...	43	...	550	240 ...	...	450
72Ni-15Cr-8Fe	Труба	SB-167	...	N06600	Отожженный	≤ 125 внеш. диам.	43	...	550	240 ...	...	450
72Ni-15Cr-8Fe	Отливки	SB-564	...	N06600	Отожженный	...	43	...	550	240 ...	...	450
72Ni-15Cr-8Fe	Круг. заг.	SB-166	...	N06600	Деформиров. в горяч. состоян.	> 75	43	...	585	240 ...	...	450
72Ni-15Cr-8Fe	Круг. заг.	SB-166	...	N06600	Деформиров. в горяч. состоян.	13 < t ≤ 75	43	...	620	275 ...	...	450
72Ni-15Cr-8Fe	Круг. заг.	SB-166	...	N06600	Деформиров. в горяч. состоян.	6 < t ≤ 13	43	...	655	310 ...	...	450
60Ni-22Cr-9Mo-3,5Cb	Пруток, стержень	SB-446	1	N06625	Отожженный	> 100	43	...	760	345 ...	...	450
60Ni-22Cr-9Mo-3,5Cb	Отливки	SB-564	...	N06625	Отожженный	> 100	43	...	760	345 ...	...	450
60Ni-22Cr-9Mo-3,5Cb	Труба	SB-444	1	N06625	Отожженный	...	43	...	825	415 ...	...	450
60Ni-22Cr-9Mo-3,5Cb	Пруток, стержень	SB-446	1	N06625	Отожженный	≤ 100	43	...	825	415 ...	...	450
60Ni-22Cr-9Mo-3,5Cb	Отливки	SB-564	...	N06625	Отожженный	≤ 100	43	...	825	415 ...	...	450
42Fe-33Ni-21Cr	Пруток	SB-408	...	N08800	Отожженный	...	45	...	515	205 ...	...	450
42Fe-33Ni-21Cr	Толстый лист	SB-409	...	N08800	Отожженный	...	45	...	515	205 ...	...	450
42Fe-33Ni-21Cr	Отливки	SB-564	...	N08800	Отожженный	...	45	...	515	205 ...	...	450
42Fe-33Ni-21Cr	Труба	SB-407	...	N08800	Накл./отожж.	...	45	...	515	205 ...	...	450
42Fe-33Ni-21Cr	Пруток	SB-408	...	N08810	Отожженный	...	45	...	450	170 ...	...	450
42Fe-33Ni-21Cr	Толстый лист	SB-409	...	N08810	Отожженный	...	45	...	450	170 ...	...	450
42Fe-33Ni-21Cr	Отливки	SB-564	...	N08810	Отожженный	...	45	...	450	170 ...	...	450
54Ni-16Cr-16Mo-5,5Fe	Пруток	SB-574	...	N10276	Отожженный на твердый раствор	...	44	...	690	285 ...	...	450

ПРИМЕЧАНИЯ К ТАБЛИЦАМ KCS-1, KHA-1 И KNF-1

ОБЩЕЕ ПРИМЕЧАНИЕ: Используются следующие сокращения: Отож., отожженный; наклеп., наклепанный; внеш. диам., внешний диаметр; бесш., бесшовный и сн. напр., снятие напряжения.

ПРИМЕЧАНИЯ:

- (1) Для обмотки сосудов и рам может использоваться только проволока, как описано в статье KD-9.
- (2) Показатели прочности, перечисленные в Секции II, Часть D, Таблица Y-I для промежуточной толщины могут быть интерполированы.
- (3) Номинальная толщина толстого листа не должна превышать $4\frac{1}{4}$ дюймов (32 мм).
- (4) Минимальная температура отпуска должна составлять 800 °F (425 °C).
- (5) Показатели предела текучести, перечисленные в Секции II, Часть D, Таблица Y-I применимы только для жидких закаленных и отпущенных материалов.
- (6) Секция IX, QW-250 переменные QW-404.12, QW-406.3, QW-407.2 и QW-409.1 также применимы к этому материалу. Эти переменные будут применяться в соответствии с правилами сварки Части KF.
- (7) Сварка недопустима, если содержание углерода превышает 0,35 % на основании ковшовой пробы, за исключением допусков согласно статье KF-7.
- (8) Номинальная толщина стенки цилиндрической части емкостей, изготовленных из материала SA-372 марка I, класс 110 не должна превышать 2 дюймов (50 мм).
- (9) Максимальная номинальная толщина толстого листа не должна превышать 6,00 дюймов (150 мм) для марки E или 4,00 дюйма (100 мм) для марки P.
- (10) Использование этого материала допускается только для внутреннего слоя сосуда, конструкция которого соответствует требованиям к отсутствию утечек KD-141.
- (11) Максимальная номинальная толщина толстого листа не должна превышать 0,58 дюймов (15 мм).
- (12) Максимальная номинальная толщина толстого листа не должна превышать 2,50 дюймов (64 мм).
- (13) Сварка этого материала недопустима.
- (14) Для профилей, полученных выдавливанием, допустима прочность на растяжение минимум 70 тыс. фунтов/кв. дюйм (485 МПа).
- (15) Показатели пределов текучести, перечисленные в Секции II, Часть D, Таблица Y-I, применимы к отожженным материалам.
- (16) При любых проектных температурах максимальная твердость будет составлять С35 по Роквеллу непосредственно под впадиной резьбы. Прочность должна измеряться на плоской поверхности с минимальным поперечным сечением $\frac{1}{8}$ дюйма (3 мм), подготовленной путем снятия резьбы; должно быть удалено только необходимое количество материала. Твердость определяется с той же периодичностью, что и прочность на растяжение.
- (17) При использовании материала при температуре выше 700 °F (375 °C) необходимо соблюдать осторожность. При использовании материала при температуре выше 700 °F (375 °C) он может проявлять свойства отпускной хрупкости и снятия напряжений. Проектировщик должен учитывать эти свойства и их влияние на сосуд.
- (18) Этот материал проявил пониженную хрупкость при комнатной температуре после выдержки при высокой температуре. Степень хрупкости зависит от состава, термообработки, времени и температуры. Минимально безопасная температура составляет около 550 °F (250 °C). См. Приложение A, A-360.
- (19) При использовании материала в сварных конструкциях применяются следующие дополнительные требования:
 - (a) Чтобы требования статей KT-1 и KT-2 считались выполненными, достаточно провести испытания на растяжение, такие как ковшовый тест, для определения послесварной термообработки при минимальной и максимальной температурах, а также ударные испытания для определения минимального времени для данной температуры. Результаты испытаний на растяжение должны соответствовать требованиям к растяжению ТУ на материал. Количество и расположение образцов при ударных испытаниях, температура испытания и критерии приемки должны соответствовать требованиям к ударным испытаниям части KM.
 - (b) Квалификационные ударные испытания при сварных процедурах должны удовлетворять требованиям ТУ на материал, как к минимальной, так и максимальной прочности на растяжение.
 - (c) Каждый нагрев или партия плавящихся сварочных электродов и каждый нагрев или партия присадочной проволоки и комбинации флюсов должна быть испытана на соответствие вышеприведенным (a) требованиям.
- (20) Этот материал должен использоваться только в бесшовном состоянии.
- (21) Рекомендуется соблюдать осторожность при использовании черных металлов с пределом текучести согласно фактическим измерениям 135 тыс. фунтов/кв. дюйм (930 МПа) и более. Материалы свыше этой прочности могут быть подвержены трещинообразованию из-за напряжения под воздействием окружающей среды и/или повреждениям из-за водорода. Эта уязвимость увеличивается по мере возрастания предела текучести выше 135 тыс. фунт/кв. дюйм (930 МПа). Проектировщик должен учитывать эти эффекты и их влияние на сосуд. См. Раздел II, Часть D, Приложение A, A-330.

Часть KD

РАСЧЕТНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ

СТАТЬЯ KD-1

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

KD-100 ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

(a) Требования данной части KD содержат конкретные критерии проектирования для некоторых широко употребительных форм сосудов давления, при нагрузках под давлением и, в определенных пределах, а также правила или руководства по расчету иных нагрузок. Данная Часть не содержит правил, касающихся всех деталей проектирования.

(b) Полный анализ всех конструктивных частей сосуда, включая анализ механики усталости и механики разрушения, должен выполняться в соответствии с применимыми Статьями данной Части. Следует учитывать все нагрузки, указанные в Технических нормах пользователя на проектирование (см. KG-311) и все напряжения, создаваемые в процессе изготовления, а также нагартовка, температурные градиенты и т. д. Этот анализ должен войти в Отчет Изготовителя о проекте. См. KG-324.

(c) Небольшие сосуды, четко оговоренные в Технических нормах пользователя на проектирование, предназначены только для лабораторных исследований и освобождаются от требований, содержащихся в Статьях KD-3 и KD-4, при условии, что выполняются следующие положения:

- (1) объем не превышает 75 дюймов³ (1,23 л);
- (2) требуемое число проектных температурных циклов не превышает 1 000;
- (3) все проектные ограничения Статьи KD-2 должны удовлетворяться;
- (4) сосуд предназначен для работы при любых условиях вместе с дополнительными устройствами защиты, обеспечивающими безопасность обслуживающего персонала.

KD-101 Материалы и комбинации материалов

Сосуд должен быть разработан и создан из таких материалов, которые разрешены положениями Части KM. Могут быть использованы любые комбинации материалов, указанных в Части KM, при условии, что выполняются требования применимых правил и все необходимые требования Секции IX для сварки разнородных металлов, если сварка применяется.

Проектировочные данные материала, такие как

модули упругости, коэффициент термического расширения, величины предела текучести и прочности, а также другие свойства материала приведены в Секции II, Часть D. Начиная с издания 2004 г. Секция II, Часть D публикуется в виде двух отдельных документов. В одном все величины приведены в стандартной американской системе, а в другом – в системе СИ. Выбор версии зависит от единиц, используемых в строительстве.

ПРИМЕЧАНИЕ: Смотрите в Секциях 2000, 5000 и 6000 Стандарта систем высокого давления ASME рекомендации по установлению требований к устройствам безопасности.

KD-102 Типы конструкции

Статья KD-2 содержит правила для основного проекта всех сосудов давления, в объеме применения настоящего Раздела. Статья KD-2 также содержит правила, касающиеся проектирования сосудов давления несварного характера, сконструированных из кованных или обработанных давлением иным способом материалов, доведенных механической обработкой до окончательной конфигурации.

Для отверстий, крышек и конструкций иного типа, как, например, комбинированные или многослойные проволочные блокировочные полосы, или сварные полосы, данные правила должны быть дополнены правилами, содержащимися в соответствующих Статьях, т. е. KD-6, KD-8, KD-9 и KD-11.

KD-103 Защитные вкладыши

Защитный вкладыш представляет собой самый внутренний слой сосуда давления, чьей функцией является предохранение поверхности элементов, испытывающих нагрузку, от химического или механического повреждения. Он может быть сделан из любого подходящего материала, и этот материал не обязательно должен быть указан в перечне в Части KM. Нет необходимости соблюдать толщину данного защитного вкладыша при расчете его статической прочности и первичного напряжения, но влияние вкладыша должно учитываться при расчетах вторичного напряжения и числе проектных нагрузочных температурных циклов. Конструктор

должен учитывать также последствия дефекта вкладыша, чтобы сохранить достоверность границы давления.

07 KD-104 Допуск по коррозии в расчетных формулах

Размерные символы, используемые во всех расчетных формулах данного Раздела, представляют размеры в состоянии коррозии.

KD-110 НАГРУЗКИ

Некоторые из нагрузок, которые должны учитываться, представлены ниже (см. KG-311.8):

- (a) Внутреннее и внешнее давление, при соответствующей температуре;
- (b) условия рабочей температуры, создающие тепловые напряжения, например, вследствие температурных градиентов или дифференциального теплового расширения;
- (c) вес сосуда с обычным содержимым в рабочих условиях или во время испытаний;
- (d) дополнительные нагрузки, вызванные другими сосудами, трубами или рабочим оборудованием;
- (e) нагрузки, вызванные ветром или землетрясением;
- (f) реакция опорных кронштейнов, колец, седел или других типов опор сосуда;
- (g) ударные нагрузки, включая быстро меняющееся давление и ответные реакции предохранительных устройств;
- (h) нагрузки, возникающие в результате расширения или сужения прилегающих труб или других частей;
- (i) остаточные напряжения, возникающие в процессе изготовления, например, нагартовка, гидростатическое испытание, горячая посадка, обмотка из предварительно напряженной проволоки или полосы, прокатка, формовка, сварка, виды термической обработки, а также обработка поверхности, например, дробеочисткой;
- (j) воздействие на нагрузку скорости движения жидкости, плотности, ударной струи, температур на входе и выходе.

KD-111 Пределы испытательного давления

Нижний и верхний пределы испытательного давления указаны в Статье КТ-3.

KD-112 Основание для расчетной температуры

(a) Если вероятность различных температур металла во время работы может быть предсказана достаточно определенно для различных осевых зон сосуда, расчет разных зон может основываться на их предсказанных температурах.

Если ожидается, что сосуд будет работать при более чем одной установленной температуре и под разным давлением, все значения температуры и сопряженного с ней давления должны приниматься во внимание.

Температуры металла при стабильных рабочих условиях могут значительно различаться из-за толщины металла. Температура, принимаемая при расчете, не должна быть меньше, чем средняя температура толщины проверяемой части при соблюдении необходимых условий. Если необходимо, температура металла должна быть

определена путем расчета или измерения, произведенного на оборудовании, находящимся в эксплуатации в эквивалентных рабочих условиях. Однако ни в коем случае температура, измеренная в любой точке металла, или расчетная температура не должны превышать максимальной температуры рассматриваемых материалов, указанной в таблицах пределов текучести в Секции II, Части D, или превышать температурные ограничения, приведенные в данном Разделе, за исключением указаний в KD-113.

Конструкция сосудов, подвергаемых повторяющимся колебаниям температуры в нормальном режиме, должна основываться на наивысшей температуре жидкости до тех пор, пока конструктор не продемонстрирует путем расчетов или экспериментально, что можно установить более низкую температуру.

При определении вязкости разрушения, используемой при вычислении механики разрушения, должна использоваться минимальная расчетная температура металла (MDMT) в интересующей точке. Для определения минимальной расчетной температуры металла и эксплуатационных ограничений, возникающих при условиях, когда температура сосуда ниже минимальной расчетной температуры металла, см. KG-311.4(d).

Нижний предел температуры металла во время гидростатического испытания приводится в КТ-320.

(b) Определение ожидаемой температуры предохранительного устройства является ответственностью конструктора.

KD-113 Условия возникновения сбоя

Неожиданно возникающий сбой, что происходит не часто, может вызвать локальное повышение или понижение температуры поверхности металла. В целях выполнения требований конструкции по статическому давлению, не следует брать в расчет такой участок толщины стенки, где предполагается превышение максимально допустимой температуры, согласно таблице предела текучести. Минимальная температура поверхности металла, возникающая во время неожиданного охлаждения, должна приниматься во внимание при расчете вязкости разрушения.

В случае вероятного возникновения сбоя требуется проведение полного анализа механики напряжения и разрушения.

KD-114 Влияние окружающей среды

Конструктор должен принимать во внимание влияние окружающей среды, например, коррозию, эрозию, образование трещин вследствие коррозии под нагрузкой и т. п., а также влияние окружающей среды на толщину материала, усталостные характеристики и разрушения.

KD-120 ПРОЕКТНАЯ БАЗА

Конструкция частей сосуда основана на требованиях, чтобы средние и местные интенсивности напряжений ограничивались величинами, обеспечивающими эквивалентную гарантию безопасности для характерных случаев повреждения при установленных условиях. Выполнение этого требования должно быть отражено в вычислениях, основанных на следующем:

(a) результаты анализа напряжений (Статья KD-2), показывающие среднюю интенсивность напряжения на площади сечения и локальную интенсивность напряжения в критических точках;

(b) предел текучести S_y (см. Часть КМ и Секции II, Часть D);

(c) стойкость к образованию трещин K_{Ic} (см. Приложение D);

(d) постоянные роста усталостных трещин C и m (см. Статью KD-4);

(e) усталостная прочность S_a (см. Статью KD-3);

(f) прокатные допуски на толщину материала;

(g) допуски на коррозию/эрозию [См. KG-311.7(b)].

KD-121 Характерные режимы сбоев

Ниже приводятся характерные режимы сбоев:

(a) сбой, произошедшие из-за пластической деформации толщины вследствие слишком высокой средней интенсивности напряжения;

(b) величина локальной текучести, которая может привести к избыточной деформации или недопустимому переносу нагрузки на другие участки конструкции или протечка;

(c) протечка, вызванная образованием стабильной усталостной трещины на стенке («протечка перед разрывом»);

(d) нестабильный рост трещины, т. е. быстрый излом;

07 (e) выпучивание (см. KD-222).

KD-130 КОНСТРУКЦИОННЫЕ КРИТЕРИИ

KD-131 Теория максимального касательного напряжения

В соответствии с данной теорией, текучесть происходит в любой точке, в том случае, когда разница между алгебраически большим и алгебраически меньшим основными напряжениями достигает предела текучести материала.

KD-132 Остаточное напряжение

За исключением положений KD-924, остаточные напряжения не являются предметом статического анализа, но учитываются в вычисляемом индексе расчетных температурных циклов в соответствии со Статьями KD-3 или KD-4.

(a) Сосуд может содержать остаточные напряжения с предварительно установленными величинами и распространением. Эти остаточные напряжения могут возникать при сборке концентрических цилиндров вследствие взаимного влияния размеров сопряженных поверхностей (горячая посадка). Такие сосуды должны отвечать требованиям Статей KD-8 и KF-8.

(b) Остаточные напряжения также могут возникать при нагартовке и проволочной обмотке, в таком случае деталь должна отвечать требованиям Статей KD-5, KD-9, KF-5 или KP-9 соответственно.

(c) Также могут присутствовать остаточные напряжения, возникшие в результате технологических работ, например, сварки или термической обработки. См. KD-110(i).

KD-133 Открытия и крышки

В Статье KD-6 приводятся правила по расчету открытий, проходящих через стенки сосуда, соединения с этими открытиями и торцевые крышки, а также их крепления к цилиндрическим сосудам. В необязательном Приложении Н приводятся дополнительные указания по данному вопросу.

KD-140 ОЦЕНКА УСТАЛОСТИ

В случае если можно показать, что сосуд окажется в режиме повреждения типа «протечка перед разрывом» (см. KD-141), вычисляемый индекс расчетных циклов может быть определен с помощью правил Статьи KD-3 или Статьи KD-4. Однако при невозможности продемонстрировать режим отказа типа «протечка перед разрывом», должна использоваться процедура, предусмотренная Статьей KD-4.

KD-141 Режим повреждения типа «протечка перед разрывом»

(a) В целях настоящего Стандарта можно предположить, что режим повреждения, при котором протечка предшествует разрыву, может иметь место в одностенном элементе или многослойном сосуде с концентрической обмоткой, если критическая глубина трещины в соответствующей плоскости больше толщины стенки на рассматриваемом участке. Поскольку многие из существующих методов расчета коэффициентов интенсивности напряжений неточны для очень глубоких трещин, они не могут являться определяющими для критической глубины трещины, в 0,8 раза превышающей толщину стенки. В этих случаях можно предположить наличие режима повреждения типа «протечка перед разрывом», если выполняются следующие условия:

(1) коэффициент интенсивности напряжений на глубине трещины, в 0,8 раза превышающей толщину стенки, меньше показателя трещиностойкости материала;

(2) остаточная связь (расстояние от начала трещины до свободной плоскости, до которой доходит трещина) меньше чем количество $(K_{Ic}/S_y)^2$.

(b) В случае повреждения вследствие возникновения трещины на касательно-радиальной плоскости, например, трещины, растущей радиально от торцевой резьбы крышки или заглушки, бывает невозможно убедиться в наличии режима повреждения типа «протечка перед разрывом». В таких случаях число проектных температурных циклов рассчитывается в соответствии со Статьей KD-4.

(c) Дополнительные критерии повреждений типа «протечка перед разрывом» многослойных корпусов с горячей посадкой содержатся в KD-810 (f). Для сосудов, обмотанных проволокой, смотрите KD-931.

(d) Дополнительно режим повреждений типа «протечка перед разрывом» может быть установлен потребителем на основании документированной в промышленности практики использования сосудов аналогичной конструкции, размера, свойств материала и условий эксплуатации (см. KG-311.10).

СТАТЬЯ KD-2

ОСНОВНЫЕ РАСЧЕТНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ

07 KD-200 ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Данная Статья содержит основные расчетные правила и определения для сосудов, сконструированных в соответствии с данным Стандартом. В последующих статьях настоящей Части излагаются дополнительные правила для усталостности и специальной методике конструкции.

(a) Все сосуды должны удовлетворять требованиям KD-220 или, в соответствующих случаях, KD-222.

(b) Разработчик может использовать метод упруго-пластического анализа (см. KD-230) для цилиндрических и сферических корпусов любого соотношения диаметра (см. KD-221).

(c) Разработчик должен использовать метод упруго-пластического анализа (см. KD-230) для цилиндрических и сферических корпусов с соотношением диаметра более 1,5 (см. KD-221).

(d) Разработчик должен использовать указания KD-240 – KD-247 для проведения линейного упругого анализа в тех случаях, когда этот метод разрешен к применению.

(e) В случае, когда детали конструкции не удовлетворяют различным конфигурациям, приведенным ниже, или если не представлены соответствующие уравнения, должен быть сделан подробный анализ напряжений на соответствие с данной Частью.

KD-210 ТЕРМИНЫ, ОТНОСЯЩИЕСЯ К АНАЛИЗУ НАПРЯЖЕНИЙ

Ниже приводятся термины, относящиеся к анализу напряжений.

(a) *Нагартовка*. Нагартовка – это процесс выработки системы благоприятных остаточных напряжений в сосуде с толстыми стенками методом наддува для создания пластической деформации в части или по всей толщине стенки.

(b) *Деформация*. Деформация комплектующей детали – это изменение ее формы или размера вследствие изменений напряжения или температуры.

(c) *Коэффициент снижения усталостной прочности*. Это коэффициент интенсивности напряжений, объясняющий влияние нарушения локальной конструкционной непрерывности (концентрации напряжений) на усталостную прочность. Величины, полученные экспериментально, для особых случаев, приводятся в других местах данного Раздела. При отсутствии экспериментальных данных, может быть использован теоретический коэффициент концентрации напряжений.

(d) *Существенное нарушение конструкционной непрерывности*. Существенное нарушение конструкционной непрерывности является источником интенсивности напряжений или деформации, затрагивающей относительно большую часть конструкции и оказывающей значительное влияние на всю схему напряжений или деформаций или конструкции в целом. Примерами существенного нарушения конструкционной непрерывности являются места соединения днища с корпусом

и фланца с корпусом, патрубки и места соединения между корпусами различных диаметров и толщин.

(e) *Неэластичность*. Неэластичность является общей характеристикой свойств материала, согласно которой материал не возвращается в пределы своей первоначальной (недеформированной) формы и размера после снятия всех приложенных нагрузок. Особенными случаями проявления неэластичности являются пластичность и ползучесть.

(1) *Пластичность*. Пластичность представляет собой особый случай проявления неэластичности, при котором материал подвергается деформации, независимой от времени и неподдающейся восстановлению.

(2) *Пластический анализ*. Пластический анализ является методом, позволяющим вычислить технические характеристики конструкции при приложении определенных нагрузок, учитывающим характерные свойства материалов, включая деформационное упрочнение и перераспределение напряжений, возникающих в конструкции. (Влияния интенсивности деформации также могут иметь значения в случаях наличия ударных или других динамических нагрузок).

(3) *Нагрузка пластической неустойчивости*. Нагрузка пластической неустойчивости для деталей, находящихся в целом под сжимающей и растягивающей нагрузками, определяется как нагрузка, при которой неограниченная пластическая деформация возникает без увеличения нагрузки. При нагрузке пластической неустойчивости растяжения истинное напряжение в материале увеличивается быстрее, чем деформационное упрочнение может адаптировать.

(4) *Предельное значение нагрузки деформации*. При установлении предела для деформации, связанная с деформационным ограничением нагрузка называется предельным значением нагрузки деформации.

(5) *Анализ предельных значений*. Анализ предельных значений представляет собой отдельный случай пластического анализа, при котором предполагается, что материал идеально пластичен (отверждается без деформации). При выполнении анализа предельных значений характеристики равновесия и потока в предельных значениях используются для расчетов разрушающей нагрузки. При проведении анализа предельных значений применяются два ограничивающих метода: приближение к нижней границе, связанной с статически допустимым полем напряжений, и приближение к верхней границе, связанной с кинематически допустимым полем скорости. При обозначении балок и рам вместо термина «кинематически допустимое поле скорости» обычно используется термин «механизм».

(6) *Анализ предельных значений разрушающей нагрузки*. Методы анализа предельных значений применяются при вычислениях максимальной нагрузки, которую может выдержать конструкция, изготовленная из идеально пластического материала. При нагрузке, называемой разрушающей нагрузкой, деформация идеально пластической конструкции безгранично возрастает.

(7) *Пластический шарнир*. Пластический шарнир является идеализированным понятием, используемым в анализе предельных значений. В случаях балки или рамы, пластический шарнир формируется в такой точке, где момент, сдвиг или осевая сила прикладываются на поверхность взаимодействия текучести. В случае листов или корпусов, пластический шарнир формируется там, где на поверхность текучести прикладываются обобщенные напряжения.

(8) *Ползучесть*. Ползучесть представляет собой особый случай неэластичности, связанный с деформацией, зависящей от напряжения и времени приложении нагрузки. После снятия всех прилагаемых нагрузок могут наблюдаться незначительные деформации, зависящие от времени.

(9) *Приращение*. «Приращение» представляет собой прогрессирующую растущую неэластичную деформацию, возникающую на участке, подвергнутом механическому, термическому напряжению или комбинации данных напряжений (приращение термического напряжения вызывается отчасти или полностью самим термическим напряжением).

(10) *«Утряска»*. «Утряска» конструкции возникает в случаях, когда в результате нескольких температурных циклов приложения нагрузки приращение деформации прекращается. Последующей реакцией конструкции является эластичность или эластопластичность, а прогрессирующая растущая неэластичная деформация отсутствует. Эластичная «утряска» представляет собой случай, при котором последующей реакцией является эластичность.

(11) *Смещение свободного конца*. Смещение свободного конца состоит из относительных перемещений, которые могут возникнуть между креплением и соединенной конструкцией или оборудованием, если два элемента были разделены. Примеры подобных сдвигов представляют собой смещения, происходящие из-за относительного теплового расширения трубопровода, оборудования и опор оборудования, или из-за вращений, приложенных на оборудование источниками, отличными от труб.

(12) *Напряжения расширения*. Напряжения расширения представляют собой напряжения, возникающие в результате ограничения смещения свободного конца.

(f) *Напряжение нагрузки*. Напряжение, возникающее в результате действия нагрузки, такой как внутреннее давление или влияние силы тяжести, в отличие от теплового напряжения.

(g) *Локальное первичное мембранное напряжение, P_1* . Имеются в виду случаи, при которых мембранное напряжение, вызванное давлением или другой механической нагрузкой и связанное с первичной нагрузкой, нарушением непрерывности или при наличии обоих этих признаков, приводит к избыточной деформации при переносе нагрузки на другие участки конструкции. Согласно общепринятой практике требуется, чтобы подобное напряжение классифицировалось как локальное первичное мембранное напряжение даже в тех случаях, когда присутствуют некоторые характеристики вторичного напряжения. Примером локального первичного мембранного напряжения является мембранное напряжение в корпусе, вызванное внешней нагрузкой и моментом на постоянной опоре или в соединении патрубка.

(h) *Локальное нарушение непрерывности конструкции*. Локальное нарушение непрерывности конструкции является источником интенсивности напряжений или деформации, оказывающей влияние на относительно малую часть конструкции и не оказывающей существенное влияние на всю схему

напряжений или деформаций или конструкции в целом. Примерами являются небольшие радиусы скругления углового шва и небольшие крепления.

(i) *Мембранное напряжение*. Мембранное напряжение — составляющая нормального напряжения, которая равномерно распределена по толщине рассматриваемого сечения и равна промежуточному значению напряжения.

(j) *Нормальное напряжение σ* . Составляющая нормального напряжения на координатную плоскость (называемая также прямым напряжением). Как правило, распределение нормального напряжения неравномерное по толщине части, поэтому напряжение рассматривается как состоящее из двух составляющих, одна из которых распределяется равномерно по толщине рассматриваемого сечения и равна промежуточному значению напряжения, а другая отличается по толщине выбранного места.

(k) *Рабочий цикл*. Рабочий цикл — начало и выполнение новых условий, за которыми следует возвращение к основным условиям начала цикла. Рассматриваются три типа рабочих циклов:

(1) цикл пуска/остановки, определяемый как любой цикл, при котором имеется атмосферная температура, давление или оба, как при экстремальных, так и нормальных рабочих условиях;

(2) запуск и возврат при любых аварийных условиях или условиях возникновения сбоя, которые должны учитываться в проекте;

(3) нормальный рабочий цикл, определяемый как любой цикл между пуском и остановкой, требуемый для выполнения назначения данного сосуда.

(l) *Пиковое напряжение F* . Основной характеристикой пикового напряжения является то, что оно не вызывает никаких существенных деформаций и может быть нежелательным только в качестве возможного источника усталостной трещины или хрупкого разрушения. Под эту категорию попадает четко нелокализованное напряжение, если оно относится к тому типу, который не может вызвать прогрессивной деформации (наращение). Примерами пикового напряжения являются:

(1) термическое напряжение, возникающее тогда, когда относительно тонкий внутренний материал корпуса отличен от относительно толстого внешнего материала корпуса;

(2) термическое напряжение в стенке сосуда или трубы, вызванное резким перепадом температуры рабочей жидкости;

(3) напряжение на участке нарушения непрерывности конструкции.

(m) *Первичное напряжение*. Нормальное напряжение или касательное напряжение, возникающее под действием прикладываемой нагрузки, которое в необходимой степени удовлетворяет простым законам равновесия внешних и внутренних сил и моментов. Основной характеристикой первичного напряжения является то, что оно не самоограничивается. Первичные напряжения, существенно превышающие предел текучести, приводят к повреждению или, по крайней мере, к серьезной деформации. Термическое напряжение нельзя рассматривать как первичное. Первичное мембранное напряжение подразделяется на общую и локальную категории. Общее первичное мембранное напряжение — напряжение, распределяемое по конструкции таким образом, что перераспределение нагрузки в результате текучести не происходит. Примерами первичного напряжения являются:

(1) среднее сквозное продольное напряжение и среднее сквозное напряжение по окружности

в замкнутом цилиндре под внутренним давлением, без неоднородностей;

(2) напряжение при изгибе в центральной части плоского днища, обусловленное давлением.

(n) *Вторичное напряжение*. Нормальное напряжение или касательное напряжение, возникающее под действием стеснения прилегающих частей или собственного стеснения конструкции. Основной характеристикой вторичного напряжения является то, что оно самоограничивается. Локальная текучесть и незначительные деформации могут удовлетворять условиям, вызывающим напряжение, и в этом случае повреждение из-за приложения напряжения не происходит. Примерами вторичного напряжения являются:

(1) общее термическое напряжение [См. KD-210(1)(1)];

(2) напряжение при изгибе при серьезной несплошности конструкции.

(o) *Коэффициент формы*. Коэффициент формы α – соотношение момента, создаваемого полнопластическим сечением (без деформационного упрочнения), и изгибающего момента, создающего начальную текучесть в крайних волокнах сечения, $\alpha = 1,5$ для прямоугольного сечения.

(p) *Касательное напряжение* τ . Касательное напряжение является составляющей касательной напряжения к координатной плоскости.

(q) *Интенсивность напряжения* S . Интенсивность напряжения определена как двукратный максимум касательного напряжения. Другими словами, интенсивность напряжения есть разница между алгебраически большим принципиальным напряжением и алгебраически меньшим принципиальным напряжением в данной точке. Напряжения растяжения рассматриваются положительными, а напряжения сжатия считаются отрицательными.

(r) *Термические напряжения*. Саморегулирующееся напряжение, вызванное неоднородным распределением температуры или различными термическими коэффициентами расширения. Термическое напряжение развивается в твердом теле в тех случаях, когда объем материала, сохраняется без изменения размера и формы, которые обычно имеются при изменении температуры. В целях установления допустимых напряжений признаются два типа термического напряжения, в зависимости от объема или места, в которых обнаружена деформация, а именно:

(1) *общее термическое напряжение*, связанное с деформацией конструкции, в которой оно возникает. В случае если напряжение этого типа, несмотря на локальные концентрации напряжения, превышают вдвое предел текучести материала, то эластический анализ может быть недействительным, а последующие термические циклы могут создать дополнительное разрушение. Поэтому данный тип классифицируется, как вторичное напряжение на Рис. KD-230. Примеры общего термического напряжения приводятся ниже:

(a) напряжение, вызванное градиентом осевой температуры в цилиндрическом корпусе;

(b) напряжение, вызванное температурной разницей между патрубком и корпусом, к которому присоединен патрубок;

(c) эквивалентное линейное напряжение, вызванное градиентом радиальной температуры в цилиндрическом корпусе. Эквивалентное линейное напряжение определяется как распределение линейного напряжения, имеющего такой же чистый изгибающий

момент, что и действительное распределение напряжения;

(2) *локальное термическое напряжение*, которое связано с практически полным подавлением дифференциального расширения и поэтому не создает существенной деформации. Подобные напряжения должны расцениваться только с точки зрения усталости и, таким образом, классифицироваться как пиковые напряжения на Рис. KD-230. Примеры локального термического напряжения приводятся ниже:

(a) напряжение на небольшой горячей точке стенки сосуда;

(b) разница между действительным напряжением и эквивалентным линейным напряжением в результате распределения радиальной температуры в цилиндрическом корпусе;

(c) термическое напряжение в материале вкладыша, имеющем отличный от расширения основного металла коэффициент.

(s) *Цикл напряжения*. Цикл напряжения является условием, при котором разница между чередующимися напряжениями (см. Статью KD-3) исходит из начального значения через алгебраическую максимальную величину и алгебраическую минимальную величину, а затем возвращается к исходному значению. Одиночный рабочий цикл может привести к одному или более циклам напряжения.

KD-220 УРАВНЕНИЯ ДЛЯ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ И СФЕРИЧЕСКИХ КОРПУСОВ

Ниже приводятся уравнения для предельных значений проектного давления. Целью этих требований является достаточная гарантия против разрушения. Данные уравнения применимы только к сферическим и цилиндрическим корпусам вдали от неоднородностей.

KD-221 Корпуса под воздействием внутреннего давления

Корпус должен иметь соотношение диаметра Y (см. KD-250), удовлетворяющее требованиям KD-221.1, KD-221.2, KD-221.3 или KD-221.4 в зависимости от случая.

KD-221.1 Цилиндрические моноблочные корпуса. Расчетное давление P_D не должно превышать предела, выраженного формулой:

$$P_D = \frac{2}{3} (S_y) \ln(Y)$$

KD-221.2 Цилиндрические многослойные корпуса. Для корпусов, состоящих из n слоев, имеющих разные пределы текучести, уравнение KD-221.1 необходимо заменить следующей формулой:

$$P_D = \sum_{j=1}^n \frac{2}{3} (S_{y_j}) \ln(Y_j)$$

где S_{y_j} и Y_j – предел текучести и соотношение диаметра каждого слоя.

KD-221.3 Сферические моноблочные корпуса. Расчетное давление P_D не должно превышать предела, выраженного формулой:

$$P_D = \frac{4}{3} (S_y) \ln(Y)$$

KD-221.4 Сферические многослойные корпуса.

Для корпусов, состоящих из n слоев, имеющих разные пределы текучести, уравнение KD-221.3 необходимо заменить следующей формулой:

$$P_D = \sum_{j=1}^n \frac{4}{3} (S_{ji}) \ln(Y_j)$$

KD-221.5 Дополнительные нагрузки. Для корпусов, подвергающихся нагрузке в дополнение к внутреннему давлению, конструкцию следует изменить таким образом, чтобы разрушающее давление при дополнительной нагрузке было выше либо равно расчетному давлению, умноженному на 1,732.

KD-222 Корпуса под воздействием внешнего давления

Корпуса должны иметь соотношение диаметра, способное обеспечить такую же устойчивость к разрушению, как описана в KD-221. Это означает, что для описания соотношения диаметров корпусов под внешним давлением применимы те же уравнения, что приведены в KD-221 для корпусов под внутренним давлением, при условии, что учитываются все нагрузки, и напряжение в продольном направлении остается промежуточным основным напряжением (т. е. в случае закрытого конца). Корпуса под воздействием внешнего давления следует также испытывать на устойчивость к деформации. В особом случае цилиндрических моноблочных корпусов следует использовать следующее уравнение:

$$P_D = \frac{E(Y-1)^3}{40(1-\nu^2)Y^3}$$

Но ни в каких случаях нельзя превышать значение P_D , приведенное в KD-221.1.

07 KD-230 УПРУГОПЛАСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ

Уравнения для цилиндрических и сферических корпусов KD-220 не обязательно использовать, если при анализе используются количественные методы, такие как анализ эласто-пластического конечного элемента или конечной разности, а результаты отвечают требованиям KD-230(a) – (f). Предполагается, что материал должен быть идеально гибок и превосходно пластичен (без деформационного упрочнения¹) с пределом текучести, равным величине по температуре из соответствующей таблицы в Секции II, Часть D.

(a) Расчетный запас прочности против разрушающей нагрузки [см. KD-210(e)(6)] должен быть, по крайней мере, 1,732 в случае наиболее неблагоприятного сочетания заданной нагрузки.

(b) Кроме того, расчетный запас прочности, равный, по крайней мере, 1,732, должен быть оставлен для нагрузки, вызывающей общую накопленную деформацию в любой точке конструкции, $D_{C,k}$, превышающую 1,0, учитывая при анализе все нагрузки, прилагаемые к элементу, и все шаговые приращения нагрузки, в соответствии со следующей процедурой:

(1) Для расположения в оцениваемом элементе определить изменение общего эквивалентного пластического напряжения $\Delta C_{peq,k}$ для k -того шагового приращения нагрузки.

(2) Определить предельную трехосную нагрузку C_{Lk} для k -того шагового приращения нагрузки по следующей формуле:

$$\epsilon_{L,k} = \epsilon_{Lu} \left(e^{\frac{-m_5}{1+m_2} \left(\frac{\sigma_{1,k} + \sigma_{2,k} + \sigma_{3,k}}{3\sigma_{e,k}} - \frac{1}{3} \right)} \right)$$

где:

C_{peq} = общее эквивалентное пластическое напряжение
 $e = 2,7183$, округленное значение основы натурального логорифма

El = минимальное заданное удлинение, процент

C_{Lk} = максимальное допустимое местное общее эквивалентное пластическое напряжение в любой точке при k -том шаговом приращении нагрузки

C_{Lu} = максимальное из m_2 , m_3 и m_4

ln = натуральный логарифм

m_2 = значение, вычисленное по Таблице KD-230

m_3 = значение, вычисленное по Таблице KD-230

m_4 = значение, вычисленное по Таблице KD-230

m_5 = значение, приведенное в Таблице KD-230

$R = S_y/S_u$

RA = минимальное заданное сокращение площади, процент

σ_{1k} = главное напряжение в направлении «1» в интересующей точке при k -том шаговом приращении нагрузки

σ_{2k} = главное напряжение в направлении «2» в интересующей точке при k -том шаговом приращении нагрузки

σ_{3k} = главное напряжение в направлении «3» в интересующей точке при k -том шаговом приращении нагрузки

σ_{ek} = пространственное триаксиальное напряжение в интересующей точке

S_y = предел текучести при температуре анализа (см. Раздел II, Часть D, Табл. Y-1)

S_u = предел текучести при температуре анализа (см. Раздел II, Часть D, Табл. U)

(3) Определить предельную деформацию напряжения при k -том шаговом приращении нагрузки по следующей формуле:

$$D_{C,k} = \Delta C_{peq,k} / C_{Lk}$$

где:

$D_{C,k}$ = деформация при k -том шаговом приращении нагрузки

$\Delta C_{peq,k}$ = изменение деформации общего эквивалентного пластического напряжения при k -том шаговом приращении нагрузки

(4) Прибавьте значение деформации при k -том шаговом приращении нагрузки $D_{C,k}$ к сумме шаговых деформаций, возникающих при каждом приращении нагрузки, для получения значения общей деформации D_C .

(5) Повторите процедуры подпараграфов (1) – (4) для каждого шага приращения нагрузки в ходе анализа.

(6) Если элемент сформован холодным способом без последующей тепловой обработки, вычислите

¹ При необходимости может быть использовано незначительное деформационное упрочнение для получения стабильности в количественном решении. Это деформационное упрочнение не должно приводить к расчетному значению напряжения в любой точке, при максимальной приложенной в ходе анализа нагрузке, превышающей более чем на 5 % предел текучести.

ТАБЛИЦА KD-230
ПРЕДЕЛЬНЫЕ ЗНАЧЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ

Материал	m_2	m_3	m_4	m_5
Ферритные стали [Примечание (1)]	0,60 (1,00 – R)	$2 \ln [1+(E/100)]$	$\ln [100/(100 - RA)]$	2,2
Аустенитные нержавеющие стали и сплавы на никелевой основе	0,75 (1,00 – R)	$3 \ln [1+(E/100)]$	$\ln [100/(100 - RA)]$	0,6
Двухфазная нержавеющая сталь	0,70 (0,95 – R)	$2 \ln [1+(E/100)]$	$\ln [100/(100 - RA)]$	2,2
Дисперсионно-твердеющие, на никелевой основе	1,90 (0,93 – R)	$\ln [1+(E/100)]$	$\ln [100/(100 - RA)]$	2,2
Алюминий	0,52 (0,98 – R)	$1,3 \ln [1+(E/100)]$	$\ln [100/(100 - RA)]$	2,2

ПРИМЕЧАНИЕ:

(1) В категорию ферритных сталей входят углеродистые, низколегированные и легированные стали, а также ферритные, мартенситные и железистые нержавеющие стали с упрочнением при старении.

Деформацию от формовки D_{Eform} , используя приведенное ниже уравнение. Если элемент не подвергался холодной формовке, либо если после холодной формовки он прошел термообработку, то деформацию от формовки D_{Eform} можно считать нулевой.

$$D_{Eform} = \epsilon_{cf} / \{ \epsilon_{Lu} e^{1-0,67(m_2/(1+m_2))} \}$$

где:

D_{Eform} = деформация исследуемого элемента в ходе формовки

ϵ_{cf} = напряжение исследуемого элемента от формовки

(7) Прибавьте деформацию после формовки к суммарному значению деформации при нагрузке для получения общего суммарного значения деформации D_{ci} :

$$D_{ci} = D_{Eform} + D_{ci}$$

(8) Определите максимальную нагрузку, вызывающую общую суммарную деформацию D_{ci} не более 1,0. Разработчик должен учитывать, что чрезмерное искажение конструкции сосуда может привести к снижению способности держать давление. Это может выражаться в виде выпучивания или образования конуса (см. KD-631.5).

(c) Применение не более двух температурных циклов максимальной рабочей нагрузки, после приложения нагрузки предполагаемого гидравлического испытания или нагартовки, должно привести к утряске до эластичного состояния, за исключением небольших участков, связанных с локальными концентрациями напряжения (деформации). На этих небольших участках присутствует стабильная петля запаздывания [см. KD-210(e9)], без каких-либо признаков прогрессивной деформации.

(d) Анализ усталости должен проводиться в соответствии со Статьей KD-3, а оценка механики излома – в соответствии со Статьей KD-4, если приемлемо. Значения напряжений и деформации, применяемые в данном анализе усталости, получены из количественного анализа.

(e) Конструктор должен учитывать воздействие смещения составляющих элементов на эксплуатационные характеристики деталей сосуда и уплотняющих компонентов при приложении расчетных нагрузок, нагрузок гидравлического испытания и нагартовки, если приемлемо.

(f) Алгебраическая сумма главных напряжений не должна превышать $2,5S_y$.

KD-240 УПРУГОПЛАСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ

Данный параграф описывает процедуру линейного гибкого вычисления интенсивности напряжений, подлежащих установленным ограничениям. Этапы данной процедуры приводятся в следующих подпараграфах.

KD-241 Вычисление интенсивности напряжения

(a) На исследуемой точке сосуда следует выбрать ортогональную сетку координат так, чтобы имелись касательная, продольная и радиальная координаты, и назначить им индексы t , l и r . Составляющие напряжения в этих направлениях назначаются, таким образом, как σ_b , σ_l и σ_r для прямых (нормальных) напряжений и τ_{tb} , τ_{tr} и τ_{rl} для напряжений сдвига.

(b) Рассчитать составляющие напряжения для каждого этапа нагрузки, которой подвергается данная часть, и назначить одной категории или группе перечисленных ниже категорий определенный комплект величин напряжения (см. Рис. KD-240):

- (1) общие первичные мембранные напряжения P_m
- (2) локальное первичное мембранное напряжение P_L
- (3) первичное напряжение при изгибе P_b
- (4) вторичное напряжение Q
- (5) пиковое напряжение F .

(c) Для назначения величин напряжения соответствующим категориям пользуйтесь Рис. KD-240. Следует учитывать каждый блок на Рис. KD-240. Для каждой из составляющих нормального напряжения и каждой из трех составляющих сдвига рассчитайте алгебраическую сумму величин, получаемых в результате различных типов нагрузки. Результатом является комплект из шести составляющих напряжения для каждого блока.

(d) Перевести составляющие напряжения по направлениям t , l и r в принципиальные напряжения σ_1 , σ_2 и σ_3 . (Во многих случаях расчетов для сосуда давления, величины направления t , l и r могут выбираться таким образом, чтобы составляющие напряжения сдвига имели нулевую величину, а σ_1 , σ_2 и σ_3 были идентичны σ_b , σ_l и σ_r , соответственно).

(e) Рассчитать разницы напряжений S_{12} , S_{23} и S_{31} из уравнений с (1) по (3)

$$S_{12} = \sigma_1 - \sigma_2 \quad (1)$$

$$S_{23} = \sigma_2 - \sigma_3 \quad (2)$$

$$S_{31} = \sigma_3 - \sigma_1 \quad (3)$$

Интенсивность напряжения S является наибольшей абсолютной величиной из S_{12} , S_{23} и S_{31} .

Интенсивность мембранного напряжения выводится из усредненных составляющих напряжения по всей толщине секции. Усреднение должно выполняться при уровне напряжения составляющей, показанном в KD-241(b) или (c).

KD-242 Предельные значения напряжения

Конструкции должны отвечать применимым требованиям в отношении наиболее жестких сочетаний нагрузок и ограничений по интенсивности напряжений. Данные требования должны отвечать положениям Рис. KD-240 и нижеприведенным подпараграфом, для всех элементов, кроме сферических и цилиндрических моноблочных корпусов, свободных от несплошностей. Интенсивность напряжения, вычисленная согласно KD-241(e) на основании значений составляющих напряжения, указанных в любой из ячеек на Рис. KD-240, не должна превышать предельного значения напряжения, указанного в кружке рядом с каждой из категорий интенсивности напряжений на Рис. KD-240. В расчеты должны включаться комбинации нагрузок и максимальные предельные значения напряжений в условиях проекта и рабочего режима.

Величины пределов текучести S_y , используемые при расчетах, должны быть взяты из таблиц Секции II, Часть D для расчетной температуры, за исключением тех, которые приводятся в Примечании (3) Рис. KD-240.

KD-243 Первичные мембранные напряжения и напряжения при изгибе

(a) Интенсивность общего первичного мембранного напряжения P_m по толщине рассматриваемого сечения, вследствие любой из назначенных комбинаций расчетного давления и механической нагрузки, не должно превышать расчетного значения интенсивности напряжений $S_y/1,5$.

(b) Интенсивность локального первичного мембранного напряжения P_L (см. Рис. KD-240), возникшая вследствие любой комбинации расчетного напряжения и механических нагрузок, не должна превышать S_y . Расстояние, вокруг которого интенсивность напряжения превышает $0,73(S_y)$, не должно распространяться на меридиональном направлении более чем $\sqrt{R_m t}$, где R_m является радиусом середины поверхности корпуса или днища в месте наивысшей интенсивности локального первичного мембранного напряжения, измеренной нормалью к поверхности от оси поворота в меридиональной плоскости, а t является номинальной толщиной корпуса или днища, которые подлежат рассмотрению.

(c) Первичный изгиб P_b плюс интенсивность локального первичного мембранного напряжения P_L в силу любой определенной комбинации расчетного напряжения и механических нагрузок, которые могут возникнуть одновременно, не должен превышать $\alpha S_y/1,5$. (см. Рис. KD-240, когда проектирование деталей включает комбинацию вычисленных напряжений.)

KD-244 Чистое касательное напряжение

Среднее первичное касательное напряжение в нагруженном сечении при чистом сдвиге (например, клавиши, срезающие кольца, штыри) должны ограничиваться значением $0,4S_y$. Для винтовой резьбы см. KD-611. Максимальное первичное касательное напряжение при проектных условиях, кроме концентрации напряжения на периферии твердого кругового сечения при кручении, должно быть ограничено $0,57S_y$.

KD-245 Напряжение смятия

(a) Среднее напряжение смятия, показывающее способность противостоять разрушению при максимальной расчетной нагрузке, должно быть ограничено пределом текучести S_y при имеющейся температуре, кроме случаев, когда расстояние до свободного конца больше расстояния, на котором приложена нагрузка смятия; при этой температуре допустима нагрузка $1,5S_y$.

(b) Когда нагрузки смятия прикладываются к деталям, имеющим свободные концы, например, выступающие концы, должна учитываться возможность разрушения при сдвиге. Если речь идет только о первичной нагрузке, промежуточное касательное напряжение должно ограничиваться величиной $0,4S_y$. В случае суммарного первичного плюс вторичного напряжений, промежуточное напряжение не должно превышать $0,5S_y$.

(c) При рассмотрении напряжений смятия со штыря на опорных элементах, при установленной температуре применяется S_y за исключением того, что величина $1,5S_y$ может использоваться при размерах штыря втрое больших, чем диаметр штыря, измеренный от края.

KD-246 Вторичные напряжения

Суммарная величина напряжений (первичное плюс вторичное) ограничивается $2S_y$ согласно Рис. KD-240.

KD-247 Трехосные напряжения

Алгебраическая сумма трех принципиальных напряжений, включая первичное, вторичное и пиковое, не должна превышать $2,5S_y$.

KD-250 ОСНОВНЫЕ НАПРЯЖЕНИЯ В МОНОБЛОЧНЫХ СОСУДАХ

Для сосуда, состоящего из полого круглого цилиндра с постоянной толщиной стенки, напряжение на стенке цилиндра вдали от его концов и других элементов неоднородности при отсутствии остаточного напряжения следует вычислять по следующим формулам:

$$\sigma_t = \frac{P}{Y^2 - 1} (1 + Z^2) \quad (1)$$

$$\sigma_r = \frac{P}{Y^2 - 1} (1 - Z^2) \quad (2)$$

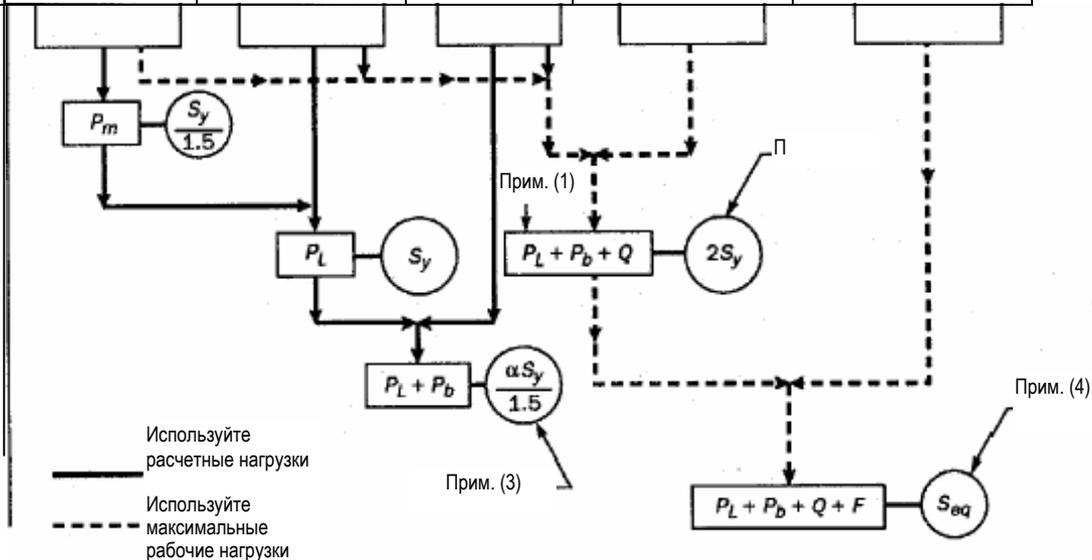
Если цилиндр имеет закрытый конец, то:

$$\sigma_l = \frac{P}{Y^2 - 1} \quad (3)$$

РИС. KD-240 КАТЕГОРИИ НАПРЯЖЕНИЯ И ПРЕДЕЛЬНЫЕ ЗНАЧЕНИЯ ИНТЕНСИВНОСТИ НАПРЯЖЕНИЯ
[Примечания к рисунку на следующей странице]

Категория напряжения	Первичное			Вторичное мембранное плюс при изгибе [Примечание (1)]	Пиковое
	Общее мембранное	Локальное мембранное	При изгибе		
Описание	Среднее первичное напряжение на твердом сечении. Исключает несплошности и концентрации. Создается только механическими нагрузками	Среднее первичное напряжение на твердом сечении. Учитывает несплошности, но не концентрации. Создается только механическими нагрузками	Составляющая первичного напряжения пропорционально расстоянию от центра тяжести твердого сечения. Исключает несплошности и концентрации. Создается механическими и нагрузками.	Самоуравновешивающееся напряжение, необходимое для обеспечения сплошности конструкции. Происходит при несплошностях конструкции. Может быть вызвано механической нагрузкой или дифференциальным тепловым расширением. Исключает локальные концентрации напряжения.	(1) Приращение, добавляемое к первичному или вторичному посредством концентрации (надрез). (2) Определенные термические напряжения, способные вызывать усталость, но не разрушение формы сосуда.
Обозначение	P_m	P_L	P_b	Q	F

Комбинация компонентов напряжения и допустимых предельных значений интенсивности напряжений



**РИС. KD-240 КАТЕГОРИИ НАПРЯЖЕНИЯ И ПРЕДЕЛЬНЫЕ ЗНАЧЕНИЯ
ИНТЕНСИВНОСТИ НАПРЯЖЕНИЯ (ПРОДОЛЖЕНИЕ)**

ОБЩЕЕ ПРИМЕЧАНИЕ: Допустимые в расчетных критериях предельные значения напряжения допускают, чтобы максимальное напряжение, рассчитанное на гибкой основе, превышало предел текучести материала. Предел интенсивности суммы первичного и вторичного напряжений $2S_y$ установлен на уровне, обеспечивающем утряску при влиянии эластичности после нескольких повторений температурных циклов напряжения, за исключением зон, имеющих существенные конструкционные несплошности или местные термические напряжения. Эти два последних фактора рассматриваются в технических характеристиках только при вычислении усталости.

ПРИМЕЧАНИЯ:

- (1) Напряжения Категории Q представляют собой те части суммарного напряжения, которые вызваны термическими градиентами, конструкционными несплошностями и т.д., и не включают первичных напряжений, которые также могут существовать в данной точке. Следует отметить, тем не менее, что детальный анализ напряжений часто приводит непосредственно к комбинации первичного и вторичного напряжения и там, где это приемлемо, эта рассчитанная величина представляет собой сумму P_m (или P_L) + P_b + Q, а не только Q. Аналогично, если напряжение категории F создается концентрацией напряжений, количество F является дополнительным напряжением, произведенным надрезом, (напряжением) превышающим номинальное напряжение. Например, если лист обладает интенсивностью номинального напряжения S и имеет надрез с коэффициентом концентрации напряжений K, то $P_m = S$, $P_b = 0$, $Q = 0$, $F = P_m (K - 1)$, а интенсивность пикового напряжения равняется $P_m + P_m (K - 1) = KP_m$.
- (2) Данное ограничение относится к рабочему диапазону интенсивности напряжений. В тех случаях, когда вторичное напряжение возникает из-за температурной амплитуды в точке анализа напряжений, величина S_y должна приниматься как средняя величин S_y , приведенных в таблице в Секции II, Часть D для самых высоких и самых низких значений температур металла во время переходного состояния. Когда часть или все вторичное напряжение возникает вследствие механической нагрузки, величина S_y должна приниматься как S_y для самой высокой температуры металла во время переходного состояния.
- (3) α - коэффициент формы [см. KD-210(o)].
- (4) Применяется только при усталостном анализе, выполняемом в соответствии со Статьей KD-3. См. KD-140.

где:

D = диаметр, соответствующий любой точке в стенке

P = внутреннее давление

Y = соотношение диаметров $D_{\text{наруж}} / D_{\text{внутр}}$

Z = $D_{\text{наруж}} / D$

Если продольное напряжение является промежуточным основным напряжением, то максимальное значение интенсивности напряжения S вычисляется

по формулам (1), (2) и (3) на поверхности отверстия и по следующей формуле:

$$S = P \frac{2Y^2}{Y^2 - 1} \quad (4)$$

Когда продольное напряжение не является промежуточным основным напряжением, то S вычисляется соответствующим образом.

СТАТЬЯ KD-3

ОЦЕНКА УСТАЛОСТИ

KD-300 ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

В данной Статье приводится традиционный подход к анализу усталости. В случае, если можно доказать, что сосуд может оказаться в режиме повреждения типа «протечка перед разрывом» (см. KD-140), расчетное число температурных циклов может быть определено согласно правилам Статьи KD-3 или Статьи KD-4. В случае, если нельзя доказать, что сосуд может оказаться в режиме повреждения типа «протечка перед разрывом», расчетное число температурных циклов может быть определено согласно Статье KD-4.

KD-301 Общие положения

Рабочие операции могут вызвать повреждения сосудов давления и их частей вследствие усталости. В сосудах с нагартовкой и многослойных сосудах трещины часто начинаются на внутренней поверхности цилиндра, но они также могут начинаться на наружных поверхностях или на межслойных соединениях. Во всех случаях, зонам с концентрацией напряжений следует уделять особое внимание. Следует определить чувствительные к усталости точки, а анализ усталости должен проводиться по каждой точке. Результатом анализа усталости должен стать установленный в результате вычислений кумулятивный индекс расчетных циклов N_f (для каждого рабочего цикла) и вычисляемый индекс расчетных циклов для эффекта накопления усталости, когда количество рабочих температурных циклов более одного.

Сопротивление усталости одной из деталей должно основываться на кривых расчетной усталости для применяемых материалов.

В некоторых случаях может быть удобным или необходимым получить экспериментальные данные по усталости самой детали, а не небольших образцов материала (см. KD-1260). Если число температурных циклов напряжения, в ходе которых возникали существенные напряжения, — два или более, их эффект накопления должен оцениваться путем расчета для каждого типа цикла напряжений прикладных коэффициентов U_1 , U_2 , U_3 и т.д., и накопительного фактора U согласно KD-330. Накопительный коэффициент U не должен превышать 1,0.

KD-302 Теория

Согласно теории, изложенной в данной Статье, усталость в любой точке контролируется переменной интенсивностью напряжений S_{alt} и связанной с ней нормалью среднего напряжения σ_{m} , проведенной на плоскость S_{alt} . Они комбинируются так, чтобы определить эквивалентную переменную интенсивность напряжений S_{eq} , которая используется с кривыми расчетной усталости при определении индекса расчетных температурных циклов N_f .

KD-302.1 Интенсивность переменного напряжения. Интенсивность переменного напряжения S_{alt} представляет собой максимальный рабочий диапазон касательного напряжения.

KD-302.2 Среднее связанное напряжение. Среднее связанное напряжение σ_{m} является средней величиной нормали напряжения на плоскость, подвергаемой максимальной интенсивности переменного напряжения.

Для сварных конструкций, конструкций из аустенитной нержавеющей стали и болтовых соединений из высокопрочной низколегированной стали среднее связанное напряжение не должно сочетаться с интенсивностью переменного напряжения [см. KD-312.4(a)].

KD-310 АНАЛИЗ НАПРЯЖЕНИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ УСТАЛОСТИ

Расчет числа температурных циклов должен основываться на анализе напряжения на всех чувствительных к усталости точках.

KD-311 Условия нагрузки и остаточные напряжения

Проводя данный анализ, следует учесть следующие нагрузки и напряжения.

KD-311.1 Остаточные напряжения, возникающие при изготовлении

(a) Некоторые технологические процессы, такие как формовка и т.п.; создают остаточные растягивающие напряжения неустановленной величины. До тех пор, пока эти напряжения не смогут управляться каким-либо методом, например, постпроизводственной термообработкой или механической перегрузкой типа нагартовки, эти первоначальные остаточные напряжения должны рассматриваться как имеющие пиковое значение, соответствующее пределу текучести материала.

(b) Технологические процессы, такие как сварка, термообработка, формование, нагартовка, горячая посадка и проволоочная обмотка, содержат остаточные напряжения. Остаточные напряжения растяжения должны включаться в расчет средних связанных напряжений. Сжимающие остаточные напряжения также могут включаться в этот расчет. При вычислении остаточных напряжений, возникающих вследствие нагартовки, следует уделить внимание влиянию эффекта Баушингера (см. Статью KD-5). При возникновении текучести в какой-либо точке в результате любого сочетания рабочих и гидроиспытательных нагрузок, следует учесть любое последующее изменение в величинах остаточного напряжения.

(с) В сварной конструкции не следует полагаться на полезные остаточные напряжения в металле сварки или в зоне термического влияния.

(d) В конструкциях из аустенитной нержавеющей стали не следует брать в расчет полезные остаточные напряжения.

KD-311.2 Рабочее напряжение. Средние и переменные напряжения должны рассчитываться для всех условий нагрузки, указанных в Технических условиях проекта пользователя. Коэффициенты концентрации напряжения должны определяться аналитически или опытным путем.

Рабочие диапазоны интенсивности напряжений вследствие циклических нагрузок и средних связанных нагрузок (остаточные плюс рабочие) должны рассчитываться при допущении гибкости технических характеристик. Если такие расчеты доказывают, что имеет место текучесть, в этом случае следует произвести исправления. См. KD-312.3.

KD-312 Расчет напряжений усталости при неизменных направлениях главных напряжений

Для каждого случая, когда направления главных напряжений в рассматриваемой точке не изменяются во время рабочего цикла, должны использоваться методы указанные в KD-312.1 по KD-312.4, определяющие элементы напряжения, контролирующие усталость.

KD-312.1 Главные напряжения. Определите величины трех главных напряжений в рассматриваемой точке для полного рабочего цикла, допуская нагрузки и условия, описываемые в KD-311. Эти напряжения обозначаются как σ_1 , σ_2 и σ_3 .

KD-312.2 Интенсивности переменного напряжения. Определите различия напряжений (сохраняя надлежащий алгебраический знак для полного рабочего цикла):

$$S_{12} = \sigma_1 - \sigma_2$$

$$S_{23} = \sigma_2 - \sigma_3$$

$$S_{31} = \sigma_3 - \sigma_1$$

В следующем уравнении символ S_{ij} используется для представления любого из этих трех различий.

Установите алгебраически наибольшую разность напряжений $S_{ij \max}$ и наименьшую разность напряжений $S_{ij \min}$ для каждой S_{ij} в ходе полного рабочего цикла. В этом случае интенсивность переменного напряжения $S_{alt \ ij}$ определяется следующим образом:

$$S_{alt \ ij} = 0.5(S_{ij \max} - S_{ij \min})$$

Абсолютные значения этих трех переменных интенсивности напряжений ($S_{alt \ 12}$, $S_{alt \ 23}$ и $S_{alt \ 31}$) являются тремя диапазонами касательного напряжения, которые должны рассматриваться при анализе усталости. Каждый должен иметь среднее связанное напряжение (определяемое ниже), которое также влияет на характеристики усталости.

KD-312.3 Среднее связанное напряжение

(a) Для сварных конструкций, конструкций из аустенитной нержавеющей стали и болтовых соединений из высокопрочной низколегированной стали см. KD-312.4(a).

(b) Для несварных конструкций среднее связанное напряжение $\sigma_{nm \ ij}$ должно вычисляться в соответствии с нижеприведенным методом.

Нормаль нагрузок σ_n на плоскость максимального касательного напряжения, связанного с тремя $S_{alt \ ij}$, приводится согласно следующему:

$$\sigma_{n \ 12} = 0,5(\sigma_1 + \sigma_2)$$

$$\sigma_{n \ 23} = 0,5(\sigma_2 + \sigma_3)$$

$$\sigma_{n \ 31} = 0,5(\sigma_3 + \sigma_1)$$

Ниже показано, что символ $\sigma_{n \ ij}$ используется для представления любого из этих нормальных напряжений.

Определите максимальную величину $\sigma_{n \ ij \ max}$ и минимальную величину $\sigma_{n \ ij \ min}$ для каждого $\sigma_{n \ ij}$ в ходе полного рабочего цикла. Затем средние нормальные напряжения $\sigma_{nm \ ij}$ должны рассчитываться следующим образом:

(1) если $S_{ij \ max} < S_y$ и $S_{ij \ min} > -S_y$, то

$$\sigma_{nm \ ij} = 0.5 (\sigma_{n \ ij \ max} + \sigma_{n \ ij \ min})$$

(2) если $S_{alt \ ij} \geq S_y$, то

$$\sigma_{nm \ ij} = 0$$

Если не применимы положения ни KD-312.3(b)(1), ни (b)(2), в этом случае значения напряжений, используемые при данном анализе, должны определяться исходя из эласто-пластического анализа (см. KD-230). В качестве альтернативы, $\sigma_{nm \ ij}$ может приниматься равным $0,5(\sigma_{nm \ ij \ max} + \sigma_{nm \ ij \ min})$, но не менее нуля.

KD-312.4 Эквивалентная интенсивность переменных напряжений

(a) В сварных конструкциях на металле сварки и в зоне термического влияния (см. Рис. KD-320.2) и в кованных несварных конструкциях из аустенитной нержавеющей стали с предельной прочностью на разрыв менее 90 тыс. фунтов/кв. дюйм (620 МПа), а также в конструкциях из аустенитной нержавеющей стали (см. Рис. KD-320.3) воздействие средних связанных напряжений включается в расчетную кривую усталости. Поэтому

$$S_{eq \ ij} = S_{alt \ ij}$$

(b) В несварных конструкциях эквивалентная интенсивность переменных напряжений S_{eq} которая предположительно влияет на усталость, являясь комбинацией интенсивности переменного напряжения S_{alt} и ее среднего связанного напряжения σ_{nm} , должна вычисляться по уравнению:

$$S_{eq \ ij} = S_{alt \ ij} \frac{1}{1 - \beta \sigma_{nm \ ij} / S'_a}$$

где S'_a является допустимой амплитудой составляющей переменного напряжения при $\sigma_{nm} = 0$ и $N = 10^6$ температурных циклов (см. KD-321).

Значение β должно быть 0,2 для кованных несварных конструкций из углеродистой или низколегированной стали (см. Рис. KD-320.1). Значение β должно быть 0,2 для $\sigma_{mij} < 0$ и 0,5 для $\sigma_{mij} > 0$ для конструкций из кованой нержавеющей стали 17-4PH или 15-5PH (см. Рис. KD-320.4). Другие значения β могут быть использованы в случае их подтверждения экспериментально. Если значения $\beta\sigma_{mij}/S'_a$ превышает 0,9, ограничьте его величиной 0,9.

Из данного уравнения получаются три значения S_{eqij} . Наибольшее из указанных трех значений должно использоваться в комбинации с кривой расчетной усталости при определении количества расчетных температурных циклов в соответствии с KD-322(a) или KD-322(d).

KD-313 Расчет напряжений усталости при изменяемых осях главных напряжений

В случаях, когда направления главных напряжений меняются во время нагруженного цикла, плоскость, несущая максимальный диапазон касательного напряжения, не определяется просто с помощью уравнений, основанных на главных напряжениях. Положение каждой плоскости в интересующей точке может быть определено по двум углам и удобному набору декартовых осей координат. Изменяя это сочетание углов по увеличению, возможно, установить диапазон касательной нагрузки на каждой плоскости. Наибольший из указанных диапазонов касательных напряжений должен рассматриваться как интенсивность переменных нагрузок, S_{ab} используемой при вычислении расчетных температурных циклов.

KD-320 ВЫЧИСЛЯЕМЫЙ ИНДЕКС РАСЧЕТНЫХ ЦИКЛОВ

Расчетное число температурных циклов N_f должно основываться либо на кривых расчетной усталости, описанных в KD-321, либо на результатах экспериментальных испытаний на усталость по элементам, как указано в KD-1260.

KD-321 Основание для кривых расчетной усталости

(a) Условия и процедуры, описанные в данном параграфе, основаны на сравнении расчетной эквивалентной интенсивности переменного напряжения S_{eq} и усталостных данных температурных циклов деформаций. Усталостные данные температурных циклов деформаций использовались для построения кривых расчетной усталости. Эти кривые показывают допустимую амплитуду S_a составляющей переменного напряжения (половина диапазона переменного напряжения), относительно индекса расчетных температурных циклов N_f , чья составляющая предположительно функционирует в безаварийном режиме.

(b) кривые расчетной усталости были получены в результате двухтактных испытаний с подконтрольной деформацией при нулевом среднем напряжении (т. е., $\sigma_{mij} = 0$) на полированных безнадрезных образцах на сухом воздухе. Возникшие деформации были размножены модулем упругости, а запас прочности был таким, который позволял непосредственно сравнить расчетную эквивалентную интенсивность переменных напряжений и допустимую амплитуду напряжений. S_{eq} и S_a имеют размеры напряжения, но не представляют реального напряжения тогда, когда превышает диапазон упругости.

(c) кривые расчетной усталости для кованных несварных конструкций, представленных в данной Статье, были выведены из результатов испытаний на усталость на сухом воздухе на полированных стальных образцах, имеющих предельный предел прочности в диапазоне 90 тыс. фунтов/кв. дюйм – 180 тыс. фунтов/кв. дюйм (620 – 1200 МПа). Испытания на усталость, при которых небольшие цилиндры, изготовленные из низколегированных сталей, заполняются под давлением маслом, при этом возникает критический предел прочности в диапазоне 130 тыс. фунтов/кв. дюйм до 180 тыс. фунтов/кв. дюйм (900 – 1200 МПа), проводились с целью подтвердить достоверность этих кривых для углеродистых или низколегированных поковок с обработанными поверхностями. Кривые расчетной усталости изображены на Рис. KD-320.1 (см. также табл. KD-320.1), где приводятся кованные конструкции из углеродистой и низколегированной стали, на Рис. KD-320.2 для сварных конструкций, на Рис. KD-320.3 для конструкций из аустенитной нержавеющей стали и на Рис. KD-320.4 для конструкций из нержавеющей стали 17-4PH или 15-5PH и Рис. KD-320.5 для болтовых соединений из высокопрочной низколегированной стали.

(d) Кривые расчетной усталости не используются при наличии агрессивного окружения. По условиям, к которым не относятся кривые расчетной усталости, изготовитель должен представить дополнительные данные по усталости.

KD-322 Использование кривой расчетной усталости

(a) Рис. KD-320.1 должен использоваться для кованных несварных частей с механически обработанными поверхностями, изготовленных из углеродистых и низколегированных сталей, имеющих минимальную величину критического предела прочности S_u , превышающего 90 тыс. фунтов/кв.дюйм (620 МПа). Кривые применяются для средней шероховатости поверхности, равной 19 R_a микродюймов (0,5 микрометров) или максимальной шероховатости, составляющей 59 микродюймов (1,5 микрометра) R_{max} (полное изменение (периодической) высоты) в чувствительных к усталости зонах. Обработка поверхности более низкого качества повлияет на усталость. Это влияние учитывается коэффициентом K_r [см. Рис. KD-320.5(a) или Рис. KD-320.5(b)], который должен комбинироваться с S_{eq} , как указано в KD-322(e), при определении вычисляемый индекс расчетных циклов N_f .

(b) Рис. KD-320.2 должен использоваться для участков сосуда, содержащих стыковые сварные соединения, отшлифованные заподлицо и для кованных несварных деталей с механически обработанной поверхностью из углеродистой и низколегированной стали с предельной прочностью на разрыв менее 90 тыс. фунтов/кв. дюйм (620 МПа). Это влияние учитывается в кривой, т.е. $K_r = 1,0$; поэтому коэффициент шероховатости применять не следует. Для других типов сварных соединений должны определяться и использоваться соответствующие коэффициенты концентрации напряжения, разрешенные данным Разделом, а не подразумевающие шлифовку заподлицо.

(c) Рис. KD-320.3 должен использоваться для кованных несварных частей с механически обработанными поверхностями, изготовленных из аустенитных нержавеющей сталей. Влияние шероховатости поверхности учитывается в кривой, т. е. $K_r = 1,0$; поэтому коэффициент шероховатости применять не следует.

(d) Рис. KD-320.4 должен использоваться для

кованных несварных частей с механически обработанными поверхностями, изготовленных из 17-4PH, имеющей величину критического предела прочности S_u , равную или превышающую 115 тыс. фунтов/кв. дюйм (793 МПа). Кривая применяется для средней шероховатости поверхности, равной $19 R_a$ микродюймов (0,5 микрометра), или максимальной шероховатости поверхности, равной 59 микродюймам (1,5 микрометра), в чувствительных к усталости зонах. Обработка поверхности более низкого качества повлияет на усталость. Это влияние учитывается коэффициентом K_r (см. Рис. KD-320.5(a) или KD-320.5(b)), который должен комбинироваться с S_{eq} , как указано в KD-322(e), при определении величины индекса расчетных температурных циклов N_f .

(e) Болты и винты из высокопрочной легированной стали могут быть проверенные на циклические режимы с помощью методов KD-3 с использованием кривой расчетной усталости на Рис. KD-320.5, при выполнении следующих условий:

(1) болты и винты изготовлены из одного из следующих материалов:

(a) SA-193, Марка B7; SA-193, B16; SA-320, L-7,

(b) SA-320, L7M и SA-320, L43;

(2) резьба должна быть треугольной с минимальным радиусом впадины резьбы не менее 0,003 дюйма (0,076 мм);

(3) радиусы галтеля на конце корпуса должны быть такими, чтобы отношение радиуса галтеля к диаметру корпуса должно быть не менее 0,060.

Напряжение болта определяется на участке резьбы. Фактор местной концентрации напряжений для резьбы см. в KD-616(c). K_r можно принять за 1,0, когда используется Рис. KD-320.5. Конструктору следует обратить особое внимание на расчет нагрузки болта от приложенного момента затяжки. Конструктору следует принять во внимание влияние коррозии на болтовое соединение, что может уменьшить усталостную стойкость болта.

(f) Если рассматривается только один рабочий цикл, производящий существенные колебания напряжений, вычисляемый индекс расчетных циклов N_f определяется следующим образом.

(1) Отождествить прилагаемую к материалу кривую усталости, как показано в KD-322(a) и (b).

(2) Ввести кривую из оси ординат на величину:

$$S_a = K_r S_{eq} \frac{E(\text{кривая})}{E(\text{анализ})}$$

Где

E (кривая) = коэффициент эластичности, приведенный на графике расчетной усталости

E (анализ) = коэффициент эластичности, использованный в ходе анализа

(3) Считать соответствующее число температурных циклов на абсциссе. Полученная величина является индексом температурных циклов N_f .

KD-330 РАСЧЕТНЫЙ ИНДЕКС ЭФФЕКТА НАКОПЛЕННОЙ УСТАЛОСТИ ПРИ РАСЧЕТНЫХ ЦИКЛАХ

Если имеется два или более типов температурных циклов напряжений, которые создают существенные напряжения, интенсивность переменных напряжений и среднее связанное напряжение должны рассчитываться для каждого типа циклов напряжений. Накопительный эффект всех циклов напряжения должен рассчитываться с помощью линейного соотношения повреждений согласно положениям KD-330(a) – (f).

(a) Рассчитать количество раз, в течение которых повторяется каждый тип цикла напряжения (типы 1, 2, 3 и т. д.) во время расчетного срока службы L . Рекомендуется, чтобы величина L основывалась на расчетной величине службы L_d , как указывается в расчетных Технических характеристиках пользователя; определите эти величины как n_1, n_2, n_3 и т. д. или в целом n_i .

(b) Для каждого типа температурного цикла напряжений следует определить значение S_a с помощью процедур, приведенных в KD-312.4. Обозначить полученные величины как S_{a1}, S_{a2}, S_{a3} , и т. д. или в целом S_{ai} .

(c) Для каждой величины S_{ai} следует использовать соответствующую кривую расчетной усталости для определения максимального числа расчетных повторов N_i , если этот тип температурного цикла был единственно действующим. Определите эти величины как N_1, N_2, N_3 и т. д. или в целом N_i .

(d) Для каждого типа температурного цикла напряжения надлежит рассчитать использование коэффициента $U_i = n_i/N_i$.

(e) Рассчитать накопительное применение коэффициента по формуле:

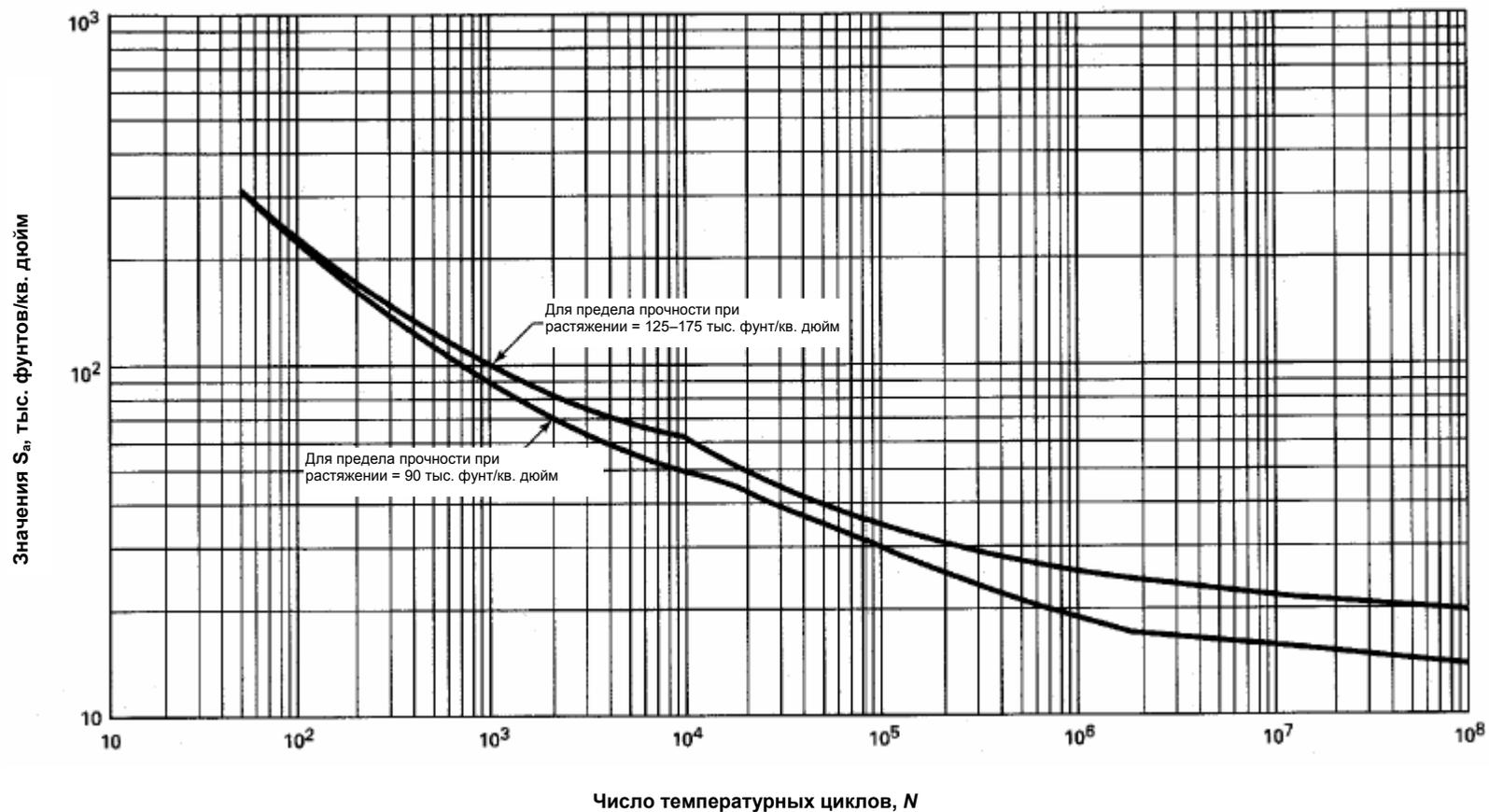
$$U = \sum_{i=1}^I \frac{n_i}{N_i}, \text{ or } U = U_1 + U_2 \dots$$

Накопительный коэффициент U не должен превышать 1,0.

(f) Рассчитать расчетный срок L_d по уравнению:

$$L_d = L/U$$

07 РИС. KD-320.1 Кривые расчетной усталости $S_a = f(N_f)$ для несварных частей, обработанных механически и изготовленных из кованных углеродистых и низколегированных сталей



ОБЩИЕ ПРИМЕЧАНИЯ:

- (a) $E=28,3 \times 10^6$ фунтов/кв. дюйм
- (b) Интерполяция для предела прочности при растяжении = 90–125 тыс. фунтов/кв. дюйм
- (c) Табл. KD-320.1 содержит табличные данные и уравнения по кривым, а также формулу для точной интерполяции этих кривых.

ТАБЛИЦА KD-320.1
ТАБЛИЧНЫЕ ЗНАЧЕНИЯ S_a , тыс. фунтов/кв.дюйм, ПО УКАЗАННЫМ РИСУНКАМ

Рис.	Кривая	Число расчетных температурных циклов, N_f																			
		5E1	1E2	2E2	5E2	1E3	2E3	5E3	1E4	2E4	5E4	1E5	2E5	5E5	1E6	2E6	5E6	1E7	2E7	5E7	1E8
320.1	Предел прочности при растяжении 90 тыс. фунтов/кв. дюйм	311	226	164	113	89	72	57	49	43	34	29	25	21	19	17	16,2	15,7	15,2	14,5	14
320.1	Предел прочности при растяжении 125 тыс. фунтов/кв. дюйм	317	233	171	121	98	82	68	61	49	39	34	31	28	26	24	22,9	22,1	21,4	20,4	19,7
320.2	Сварные детали с пределом прочности при растяжении ≤ 80 тыс. фунтов/кв. дюйм	275	205	155	105	83	64	48	38	31	24	20	16,5	13,5	2,5	12,1	11,5	11,1	10,8	10,3	9,9
320.2	Сварные детали с пределом прочности при растяжении 115–1300 тыс. фунтов/кв. дюйм	230	175	135	100	78	62	49	44	36	29	26	24	22	20	19,3	18,5	17,8	17,2	16,4	15,9
320.3	Аустенитная нержавеющая сталь	345	261	201	148	119	97	76	64	56	46	41	36	31	28	...	...	...	...	...	...
320.4	17-4PH/15-5PH Нержавеющая сталь	205	171	149	129	103	86,1	72,0	65,1	60,0	54,8	51,6	48,7	45,2	42,8	40,6	37,8	35,9	...	...	...
320.5	HSAL стальное болтовое соединение	450	300	205	122	81	55	33	22,5	15	10,5	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
												8,4	7,1	6,0	5,3						

ОБЩИЕ ПРИМЕЧАНИЯ:

- (a) Все примечания по справочным рисункам применимы к настоящим данным.
- (b) Число указанных расчетных температурных циклов следует ниже: 1EJ = 1 × 10^J, например, 5E2 = 5 × 10² или 500 циклов.
- (c) Интерполяция между табличными данными допускается на основании данных, представленных прямыми линиями на графике в логарифмическом масштабе по обеим осям. Соответственно, для $S_i > S > S_j$

$$\frac{N}{N_i} = \left(\frac{N_i}{N_j} \right)^{[\log(S_i/S) / \log(S_i/S_j)]}$$

где

S, S_i, S_j = значения S_a .

N, N_i, N_j = соответствующий вычисляемый индекс расчетных циклов, полученный по данным расчетной усталости.

Например, по нижеприведенным данным, используется формула интерполяции, приводимая выше, для вычисления индекса расчетного числа температурных циклов N для $S_a = 50,0$ тыс фунтов/кв. дюйм, когда предел прочности при растяжении ≥ 125 тыс фунтов/кв. дюйм на Рис. KD-320.1:

$$\frac{N}{10\,000} = \left(\frac{20\,000}{10\,000} \right)^{[\log(61/50) / \log(61/49)]}$$

$$N = 18\,800 \text{ cycles}$$

- (d) Уравнение для числа расчетных температурных циклов (ksi = тыс. фунтов/кв. дюйм):

- (1) Рис. KD-320.1, предел прочности при растяжении = 90 тыс. фунтов/кв. дюйм
 - $S_a \geq 42.6 \text{ ksi}$ $N = \text{EXP}[15.433 - 2.0301 \ln(S_a) + 1036.035 \ln(S_a)/S_a^2]$
 - $17 \text{ ksi} < S_a < 42.6 \text{ ksi}$ $N = [(2.127E-05) + (7.259E-10)S_a^2 - (8.636E-06)\ln(S_a)]^{-1}$
 - $S_a \leq 17 \text{ ksi}$ $N = \text{EXP}[-20.0 \ln(S_a/35.12)]$
- (2) Рис. KD-320.1, предел прочности при растяжении = 125-175 тыс. фунтов/кв. дюйм
 - $S_a \geq 60.6 \text{ ksi}$ $N = [0.00122 - (7.852E-05)S_a + (7.703E-06)S_a^{1.5}]^{-1}$
 - $24 \text{ ksi} < S_a < 60.6 \text{ ksi}$ $N = [(7.8628E-05) + (3.212E-03)S_a + (9.36E-02)S_a^2] / [1 - (8.599E-02)S_a + (1.816E-03)S_a^2 + (4.05774E-06)S_a^3]^2$
 - $S_a \leq 24 \text{ ksi}$ $N = \text{EXP}[-20.0 \ln(S_a/49.58)]$
- (3) Рис. KD-320.2, сварка, предел прочности при растяжении ≤ 80 тыс. фунтов/кв. дюйм
 - $S_a \geq 38 \text{ ksi}$ $N = [-(7.125E-04) + (4.4692E-08)(S_a^2) \ln(S_a) + (3.561E-03)/S_a^{0.5}]^{-1}$
 - $12.5 \text{ ksi} < S_a < 38 \text{ ksi}$ $N = \text{EXP}[(18.0353 - 1.3663S_a - (1.549E-03)S_a^2) / (1 - (4.031E-02)S_a - (3.854E-02)S_a^2)]$
 - $S_a < 12.5 \text{ ksi}$ $N = \text{EXP}[-20.0 \ln(S_a/24.94)]$
- (4) Рис. KD-320.2, сварка, предел прочности при растяжении = 115-130 тыс. фунтов/кв. дюйм
 - $S_{alt} \geq 43 \text{ ksi}$ $N = \text{EXP}[(9.363E-3 - 0.004E-01(S_{alt}) + 1.488E-04(S_{alt}^2)) / (1 - 2.4133E-02(S_{alt}) - 1.6829E-04(S_{alt}^2))]$
 - $20 \text{ ksi} < S_{alt} < 43 \text{ ksi}$ $N = (-1974.51 + 1063.7(S_{alt}^{0.5}) - 146.64S_{alt}) / (1 - 6.73933E-01(S_{alt}^{0.5}) + 1.51483E-01(S_{alt}) - 1.1358E-02(S_{alt}^{1.5}))$
 - $S_{alt} < 20 \text{ ksi}$ $N = \text{EXP}[-20.0 \ln(S_{alt}/39.91)]$

ТАБЛИЦА KD-320.1
ТАБЛИЧНЫЕ ЗНАЧЕНИЯ S_a , тыс. фунтов/кв.дюйм, ПО УКАЗАННЫМ РИСУНКАМ
(ПРОДОЛЖЕНИЕ)

ОБЩИЕ ПРИМЕЧАНИЯ (ПРОДОЛЖЕНИЕ):

(5) Рис. KD-320.3, аустенитная нержавеющая сталь

$$\begin{aligned} S_a \geq 55.7 \text{ ksi} & \quad N = \text{EXP}[(3.03\text{E}-02) - 0.7531 S_a - (1.968\text{E}-04) S_a^2] / (1 - (7.23\text{E}-02) S_a - (4.075\text{E}-04) S_a^2) \\ S_a < 55.7 \text{ ksi} & \quad N = \text{EXP}[(2.445\text{E}-04) + (1.656\text{E}-03) S_a - (3.416\text{E}-02) S_a^2] / (1 - (6.062\text{E}-02) S_a - (4.29\text{E}-04) S_a^2 - \\ & \quad (4.049\text{E}-05) S_a^3) \end{aligned}$$

(6) Рис. KO-320.4, 17-4PH/15-5PH нержавеющая сталь

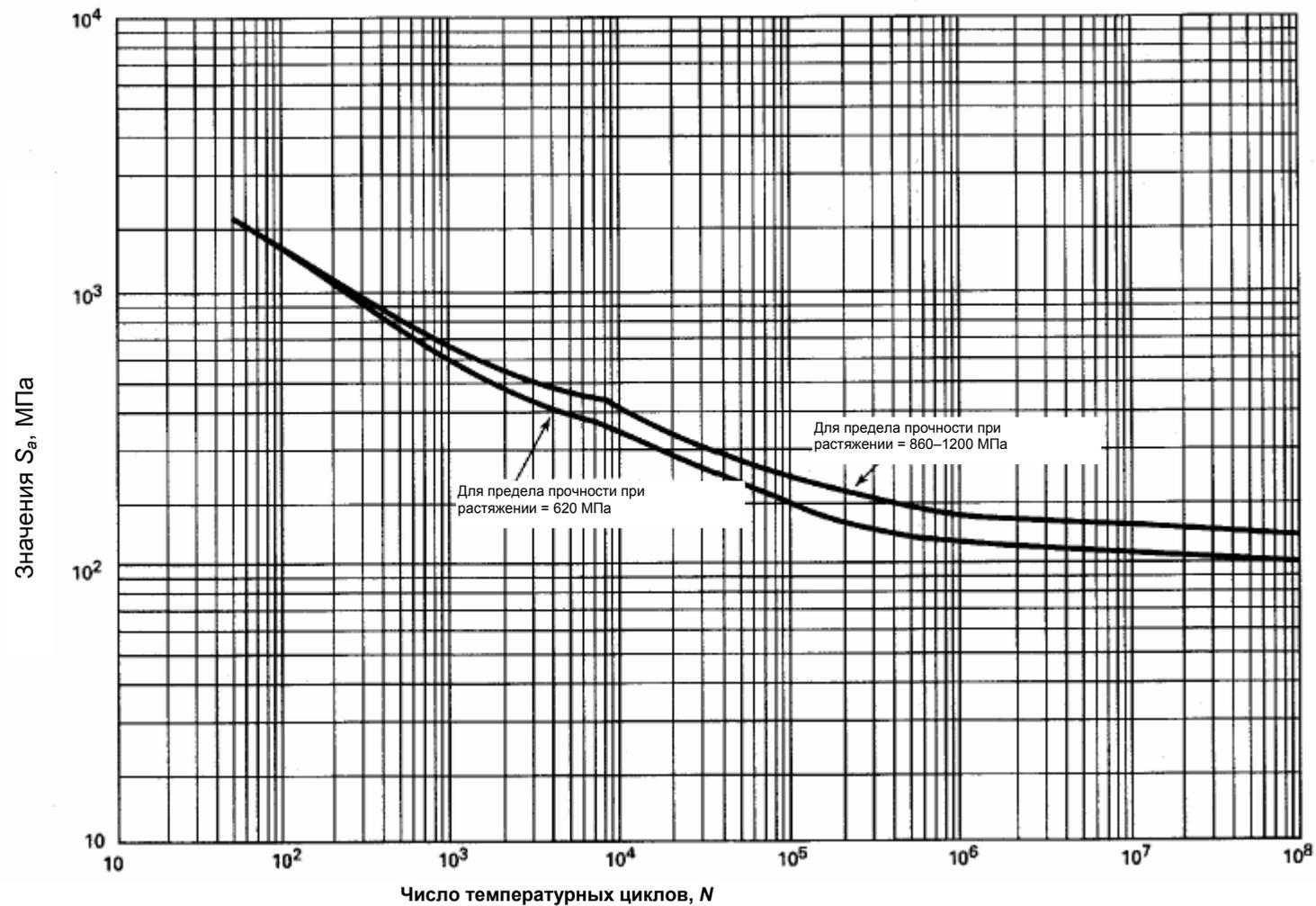
$$\begin{aligned} 129 \text{ ksi} \leq S_a < 207 \text{ ksi} & \quad N = 10^{(-10.600 [\log(S_a)]^2 + 80.024 [\log(S_a)] - 203.37 [\log(S_a)] + 175.13)} \\ 103 \text{ ksi} \leq S_a < 129 \text{ ksi} & \quad N = 10^{(56.735 [\log(S_a)]^3 - 347.76 [\log(S_a)]^2 + 707.66 [\log(S_a)] - 475.12)} \\ 71 \text{ ksi} \leq S_a < 103 \text{ ksi} & \quad N = 10^{(-29.577 [\log(S_a)]^3 + 180.59 [\log(S_a)]^2 - 370.92 [\log(S_a)] + 259.15)} \\ S_a < 71 \text{ ksi} & \quad N = 10^{(41.740 [\log(S_a)]^3 - 201.51 [\log(S_a)]^2 + 311.25 [\log(S_a)] - 146.68)} \end{aligned}$$

(7) Рис. KD-320.5, HSAL стальное болтовое соединение

$$\begin{aligned} 450 \text{ ksi} \geq S_a > 81 \text{ ksi} & \quad N = -5.1633\text{E}1 + (2.3417) S_a^{0.5} - (2.0909\text{E}4) / S_a + (9.3946\text{E}5) / S_a^{1.5} \\ 81 \text{ ksi} \geq S_a > 22.5 \text{ ksi} & \quad N = -3.5678\text{E}1 + (4.0293\text{E}5) S_a^{1.5} + (3.1693\text{E}6) / S_a^2 \\ 22.5 \text{ ksi} \geq S_a > 8.4 \text{ ksi} & \quad N = \text{EXP}[1.2990 + (3.2307\text{E}-1) \ln(S_a)^2 + (3.4538\text{E}1) \ln(S_a) / S_a] \\ S_a \leq 8.4 \text{ ksi} & \quad N = \text{EXP}[1.8243\text{E}1 - (3.9800\text{E}-1) S_a^2 + (1.0442\text{E}1) S_a^{2.5}] \end{aligned}$$

(e) Уравнения не должны применяться вне циклического диапазона, указанного в таблице.

07 РИС. KD-320.1M КРИВЫЕ РАСЧЕТНОЙ УСТАЛОСТИ $S_a = f(N_f)$ ДЛЯ НЕСВАРНЫХ ЧАСТЕЙ, ОБРАБОТАННЫХ МЕХАНИЧЕСКИ И ИЗГОТОВЛЕННЫХ ИЗ КОВАНЫХ УГЛЕРОДИСТЫХ И НИЗКОЛЕГИРОВАННЫХ СТАЛЕЙ



ОБЩИЕ ПРИМЕЧАНИЯ:

- (a) $E = 195 \times 10^3$ МПа
- (b) Интерполяция для предела прочности при растяжении = 620–860 МПа
- (c) Табл. KD-320.1M содержит табличные данные и уравнения по кривым, а также формулу для точной интерполяции этих кривых.

ТАБЛИЦА KD-320.1M
ТАБЛИЧНЫЕ ЗНАЧЕНИЯ S_a , МПа, ПО УКАЗАННЫМ РИСУНКАМ

Рис.	Кривая	Число расчетных температурных циклов, N_i																			
		5E1	1E2	2E2	5E2	1E3	2E3	5E3	1E4	2E4	5E4	1E5	2E5	5E5	1E6	2E6	5E6	1E7	2E7	5E7	1E8
320.1M	Предел прочности при растяжении 621 МПа	2140	1560	1130	779	614	496	393	338	297	234	200	172	145	131	117,2	111,8	108,2	104,8	100	96,5
320.1M	Предел прочности при растяжении 862 МПа	2190	1610	1200	834	675	565	469	421	338	269	234	214	193	179	165	157,9	152,4	147,6	140,7	135,8
320.2M	Сварные детали с пределом прочности при растяжении ≤ 552 МПа	1900	1410	1070	724	572	441	331	262	214	165	138	114	93	86	83	79	77	74	71	68
320.2M	Сварные детали с пределом прочности при растяжении 793-896 МПа	1586	1207	931	690	538	427	338	303	248	200	179	165	152	138	133	127	123	119	113	110
320.3M	Аустенитная нержавеющая сталь	2380	1800	1390	1020	821	669	524	441	386	317	283	248	214	193	...	...	...	...	...	...
320.4M	17-4PH/15-5PH нержавеющая сталь	1410	1180	1030	889	710	594	496	449	414	378	356	336	312	295	280	261	248	...	...	...
320.5	HSAL стальное болтовое соединение	3100	2070	1410	841	558	379	228	155	103	72	58	49	41	37	...	...	...	...	...	...

ОБЩИЕ ПРИМЕЧАНИЯ:

- (a) Все примечания по справочным рисункам применимы к настоящим данным.
- (b) Число указанных расчетных температурных циклов следует ниже: 1EJ = 1×10^J например, 5E2 = 5×10^2 или 500 циклов.
- (c) Интерполяция между табличными данными допускается на основании данных, представленных прямыми линиями на графике в логарифмическом масштабе по обеим осям. Соответственно, для $S_i > S > S_j$

$$\frac{N}{N_i} = \left(\frac{N_j}{N_i} \right)^{\frac{\log(S_i/S)}{\log(S_i/S_j)}}$$

где

S, S_i, S_j = значения S_a .

N, N_i, N_j = соответствующий вычисляемый индекс расчетных циклов, полученный по данным расчетной усталости.

Например, по нижеприведенным данным, используется формула интерполяции, приводимая выше, для вычисления индекса расчетного числа температурных циклов N для $S_a = 50,0$ тыс фунтов/кв. дюйм, когда предел прочности при растяжении ≥ 125 тыс. фунтов/кв. дюйм на Рис. KD-320.1:

$$\frac{N}{10\,000} = \left(\frac{20\,000}{10\,000} \right)^{\frac{\log(61/50)}{\log(61/49)}}$$

$N = 18\,800$ cycles

(d) Уравнение для числа расчетных температурных циклов:

(1) Рис. KD-320.1M, предел прочности при растяжении = 620 МПа

$S_a \geq 294$ МПа $N = \text{EXP}[19.353 - 2.0301 \ln(S_a) + (49254.16 \ln(S_a) - 95099.7)/S_a^2]$

117 МПа $< S_a < 294$ МПа $N = [(3.794E-05) + (2.297E-12)S_a^2 - (8.636E-06)\ln(S_a)]^{-1}$

$S_a \leq 117$ МПа $N = \text{EXP}[-20.0 \ln(S_a/242.11)]$

(2) Рис. KD-320.1M, предел прочности при растяжении = 860–1210 МПа

$S_a \geq 418$ МПа $N = [0.00122 - (1.139E-05)S_a + (4.255E-07)S_a^{1.5}]^{-1}$

166 МПа $< S_a < 418$ МПа $N = [(7.8628E-05) + (4.659E-04)S_a + (1.97E-03)S_a^2] / [1 - (1.247E-02)S_a + (3.820E-05)S_a^2 - (1.238E-08)S_a^3]^2$

$S_a \leq 166$ МПа $N = \text{EXP}[-20.0 \ln(S_a/341.81)]$

(3) Рис. KD-320.2M, сварка, предел прочности при растяжении ≤ 552 МПа

$S_a \geq 262$ МПа $N = [-(7.125E-04) + (9.401E-10)(S_a^2)\ln(S_a) - (1.8512E-09)S_a^2 + (9.35E-03)/S_a^{0.5}]^{-1}$

86 МПа $< S_a < 262$ МПа $N = \text{EXP}[(18.0353 - 0.19617S_a - (3.258E-04)S_a^2) / (1 - (5.846E-03)S_a - (8.107E-05)S_a^2)]$

$S_a \leq 86$ МПа $N = \text{EXP}[-20.0 \ln(S_a/171.96)]$

(4) Рис. KD-320.3M, сварка, предел прочности при растяжении = 793–896 МПа

$S_{alt} > 296$ МПа $N = \text{EXP}[(9.2095 - 4.3897E-02(S_{alt}) + 3.3186E-06(S_{alt}^2)) / (1 - 3.60E-03(S_{alt}) - 3.4936E-06(S_{alt}^2))]$

179 МПа $< S_{alt} < 296$ МПа $N = 1 / [-1.8177E-03 + 3.2023E-04 \ln(S_{alt}) + 3.9877E-01/S_{alt}^{1.5}]$

138 МПа $< S_{alt} \leq 179$ МПа $N = 6.5881E+06 - 1.4792E+02(S_{alt}^2) \ln(S_{alt}^2) + 3.1555S_{alt}^3]$

$S_{alt} \leq 138$ МПа $N = \text{EXP}[-20.0 \ln(S_{alt}/275.35)]$

ТАБЛИЦА KD-320.1М
ТАБЛИЧНЫЕ ЗНАЧЕНИЯ S_a , МПа, ПО УКАЗАННЫМ РИСУНКАМ (ПРОДОЛЖЕНИЕ)

ОБЩИЕ ПРИМЕЧАНИЯ (ПРОДОЛЖЕНИЕ):

(5) Рис.KD-320.3М, аустенитная нержавеющая сталь

$$S_a \geq 384 \text{ МПа} \quad N = \text{EXP}[(0.0303 - 0.1092 S_a - (4.140E-06) S_a^2)/(1 - (1.05E-02) S_a - (8.572E-06) S_a^2)]$$

$$S_a < 384 \text{ МПа} \quad N = \text{EXP}[(2.445E-04) + (2.402E-04) S_a - (7.186E-04) S_a^2]/(1 - (8.789E-03) S_a - (9.02E-06) S_a^2 - (1.235E-07) S_a^3)]$$

(6) Рис. KD-320.4М, 17-4РН/15-5РН нержавеющая сталь

$$889 \text{ МПа} \leq S_a < 1413 \text{ МПа} \quad N = 10^{(-10.600 [\log(S_a)]^3 + 106.689 [\log(S_a)]^2 - 359.932 [\log(S_a)] + 408.175)}$$

$$710 \text{ МПа} \leq S_a < 889 \text{ МПа} \quad N = 10^{(56.735 [\log(S_a)]^3 - 490.48 [\log(S_a)]^2 + 1410.54 [\log(S_a)] - 1346.471)}$$

$$490 \text{ МПа} \leq S_a < 710 \text{ МПа} \quad N = 10^{(-29.577 [\log(S_a)]^3 + 254.993 [\log(S_a)]^2 - 736.164 [\log(S_a)] + 714.587)}$$

$$S_a < 490 \text{ МПа} \quad N = 10^{(41.740 [\log(S_a)]^3 - 306.509 [\log(S_a)]^2 + 737.234 [\log(S_a)] - 573.962)}$$

(7) Рис. KD-320.5М, HSAL стальное болтовое соединение

$$3100 \text{ МПа} \geq S_a > 558 \text{ МПа} \quad N = -7.3187E1 + (2.8331E4)/S_a^{0.5} - (6.5611E5) \ln(S_a/S_a) + (4.0791E6)/S_a$$

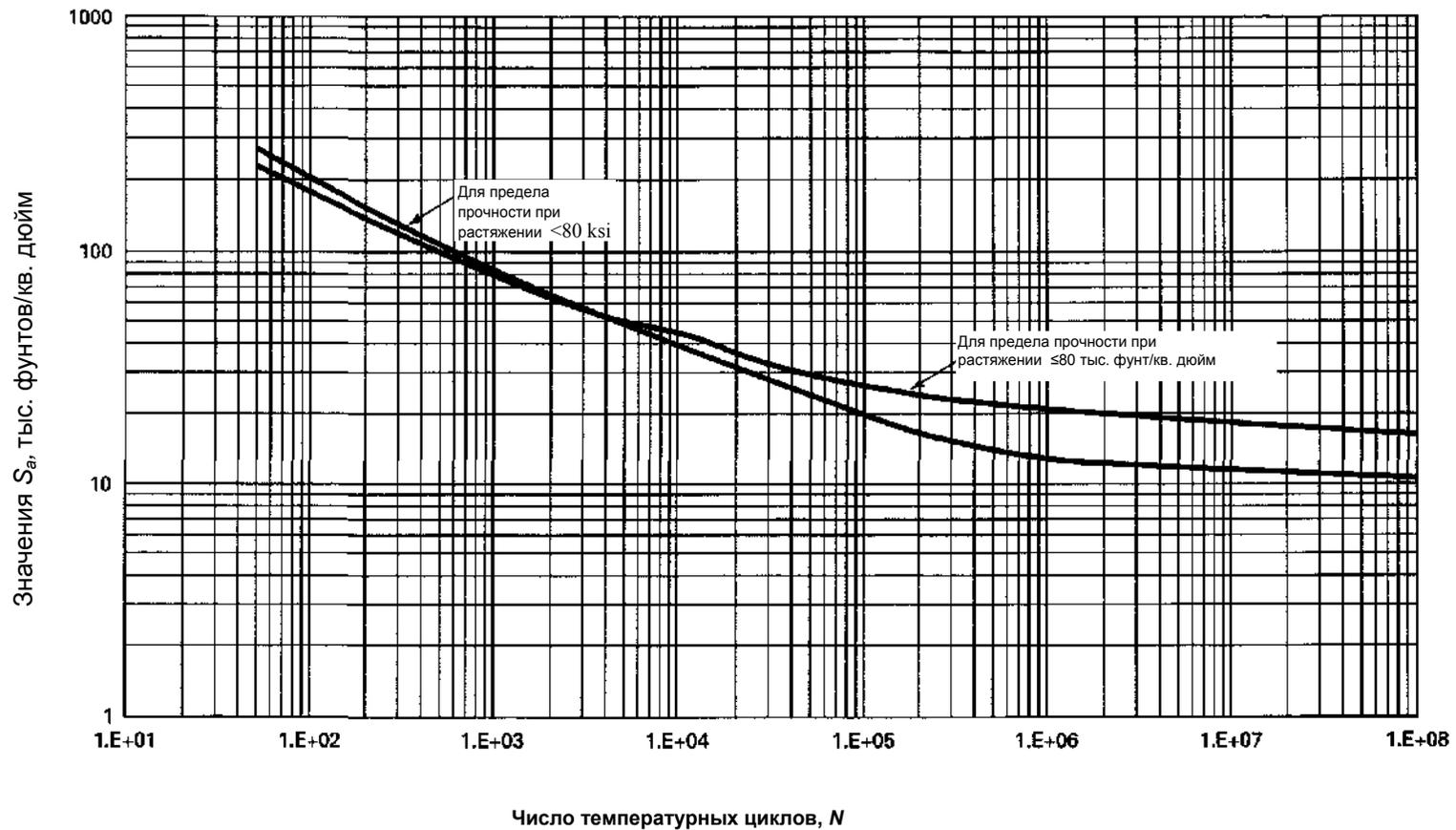
$$558 \text{ МПа} \geq S_a > 155 \text{ МПа} \quad N = 1.9878E1 + (1.1798E4)/S_a + (4.7180E7) \ln(S_a/S_a^2)$$

$$155 \text{ МПа} \geq S_a > 58 \text{ МПа} \quad N = \text{EXP}[4.4080E1 + (1.1258) \ln(S_a)^2 - (1.2592E1) \ln(S_a)]$$

$$S_a \leq 58 \text{ МПа} \quad N = [7.6208E-6 - (5.6599E-7) S_a + (1.0461E-8) S_a^2]^{-1}$$

(e) Уравнения не должны применяться вне циклического диапазона, указанного в таблице.

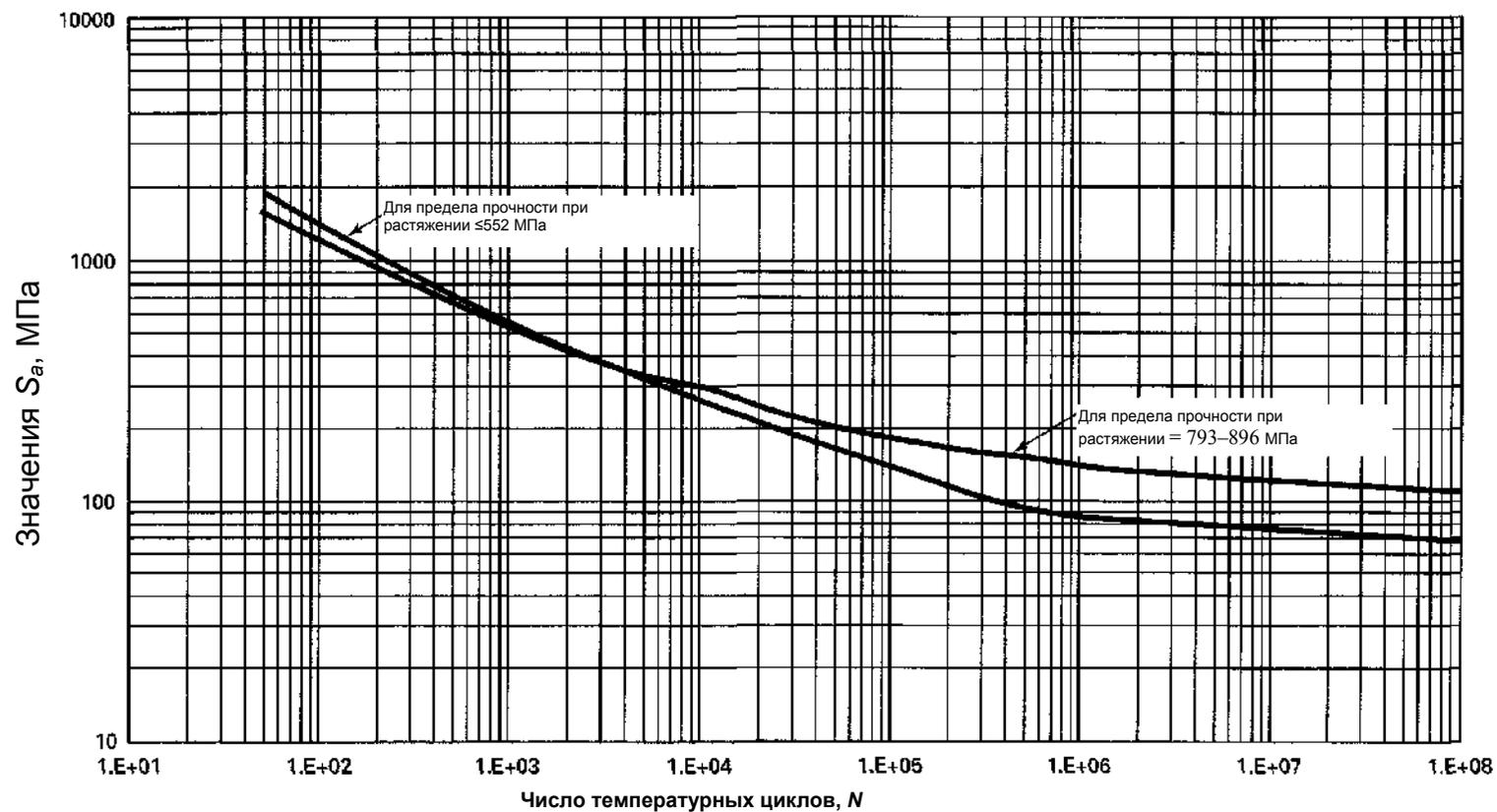
07 РИС. KD-320.2 КРИВЫЕ РАСЧЕТНОЙ УСТАЛОСТИ $S_a = f(N_f)$ ДЛЯ СВАРНЫХ ЧАСТЕЙ, ИЗГОТОВЛЕННЫХ ИЗ УГЛЕРОДИСТЫХ И НИЗКОЛЕГИРОВАННЫХ СТАЛЕЙ



ОБЩИЕ ПРИМЕЧАНИЯ:

- (a) $E = 30 \times 10^6$ фунт/кв. дюйм
- (b) Интерполяция для предела прочности при растяжении = 80–115 тыс. фунтов/кв. дюйм
- (c) Табл. KD-320.1 содержит табличные данные и уравнения по кривым, а также формулу для точной интерполяции этих кривых.

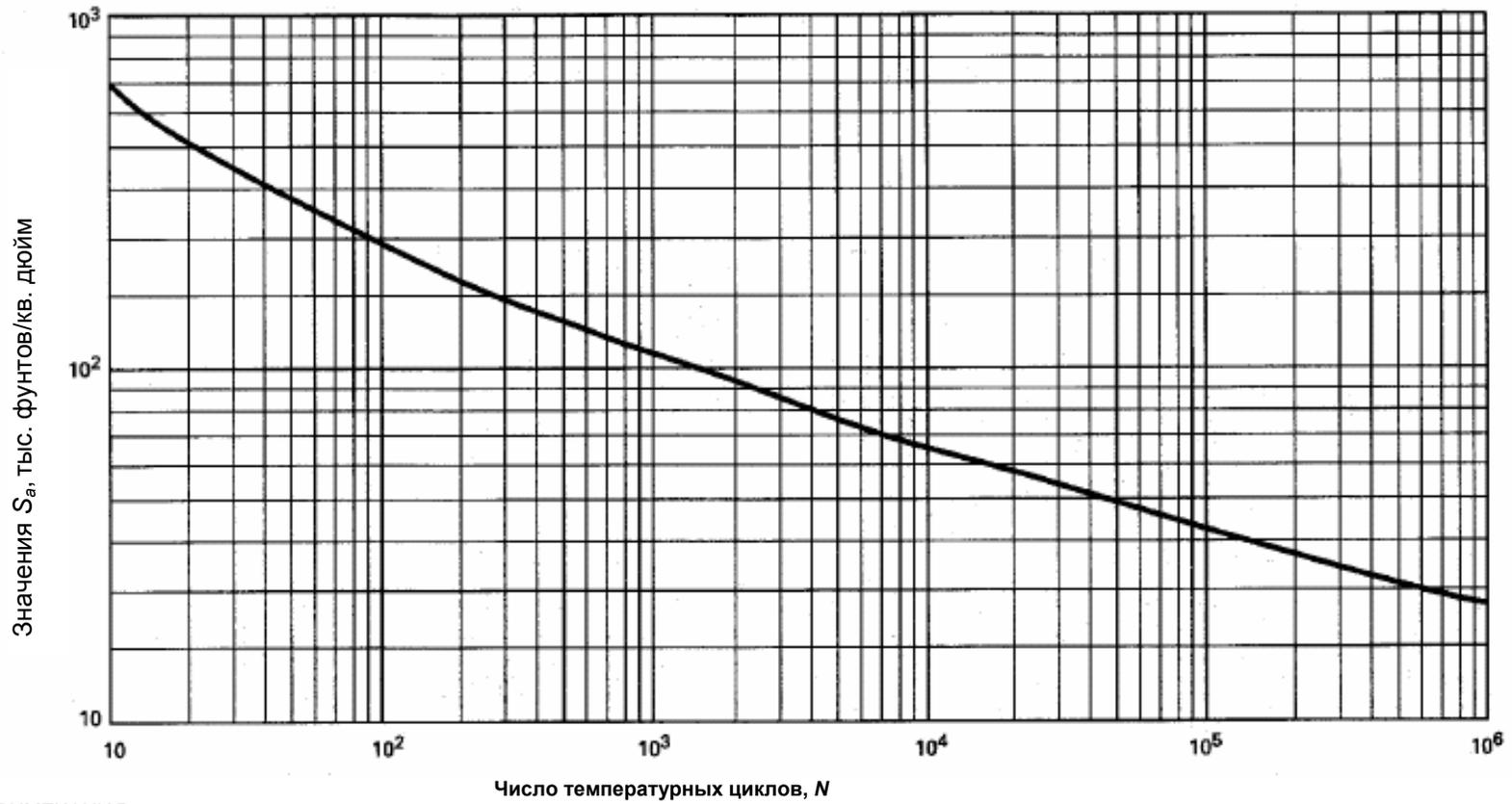
07 РИС. KD-320.2М КРИВЫЕ РАСЧЕТНОЙ УСТАЛОСТИ $S_a = f(N_f)$ ДЛЯ СВАРНЫХ ЧАСТЕЙ, ИЗГОТОВЛЕННЫХ ИЗ УГЛЕРОДИСТЫХ И НИЗКОЛЕГИРОВАННЫХ СТАЛЕЙ



ОБЩИЕ ПРИМЕЧАНИЯ:

- (a) $E = 207 \times 10^3$ МПа
- (b) Интерполяция для предела прочности при растяжении = 552–793 МПа
- (c) Табл. KD-320.1М содержит табличные данные и уравнения по кривым, а также формулу для точной интерполяции этих кривых.

РИС. KD-320.3 КРИВЫЕ РАСЧЕТНОЙ УСТАЛОСТИ ДЛЯ АУСТЕНИТНЫХ НЕРЖАВЕЮЩИХ СТАЛЕЙ
ПРИ ТЕМПЕРАТУРА Х, НЕ ПРЕВЫШАЮЩИХ 800 °F

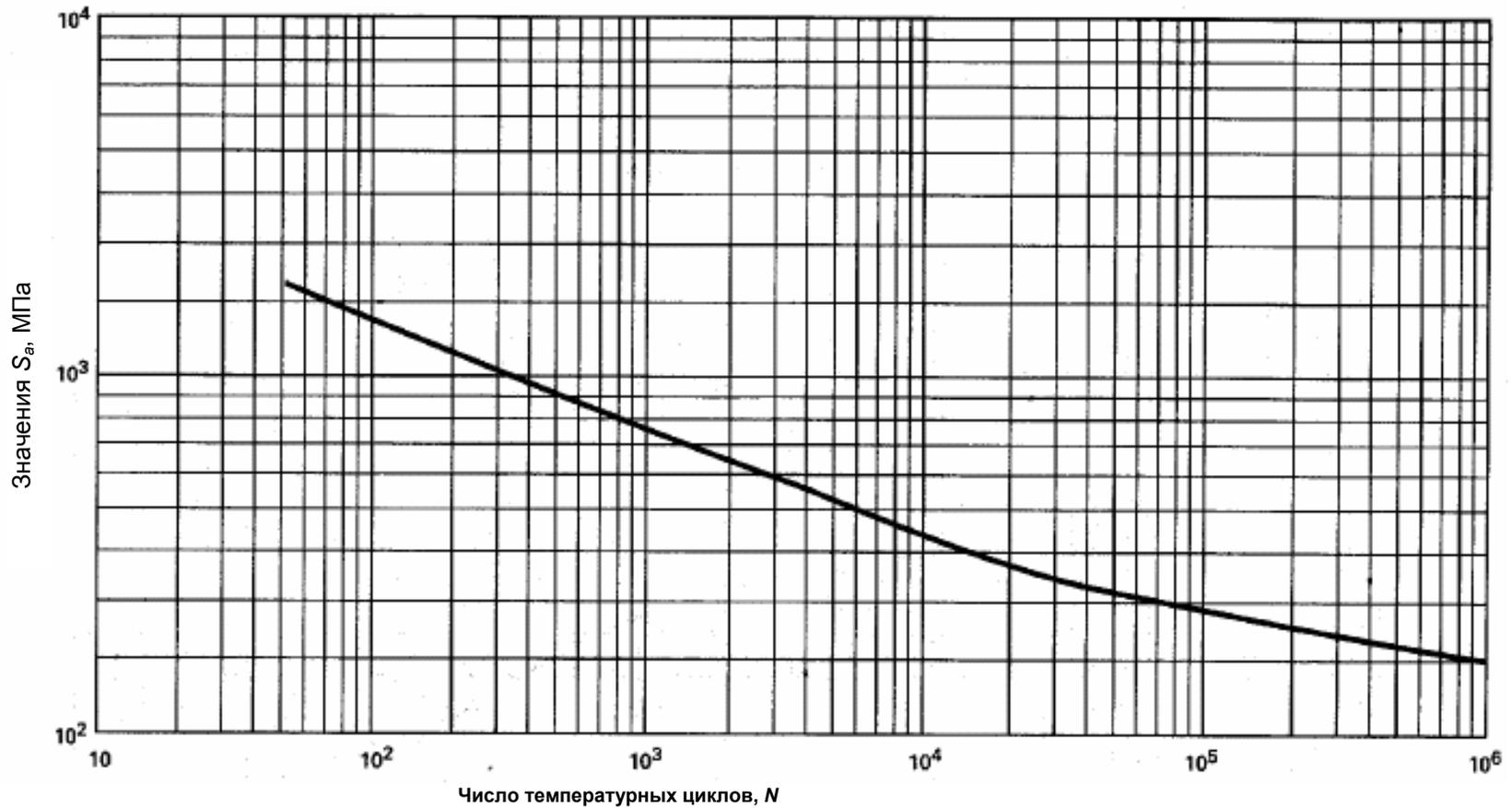


ОБЩИЕ ПРИМЕЧАНИЯ:

(a) $E = 28,3 \times 10^6$ фунт/кв. дюйм

(b) Табл. KD-320.1 содержит табличные данные и уравнения по кривым, а также формулу для точной интерполяции этих кривых.

РИС. KD-320.3М КРИВЫЕ КРИВАЯ РАСЧЕТНОЙ УСТАЛОСТИ ДЛЯ АУСТЕНИТНЫХ НЕРЖАВЕЮЩИХ СТАЛЕЙ
ПРИ ТЕМПЕРАТУРАХ, НЕ ПРЕВЫШАЮЩИХ 427 °С

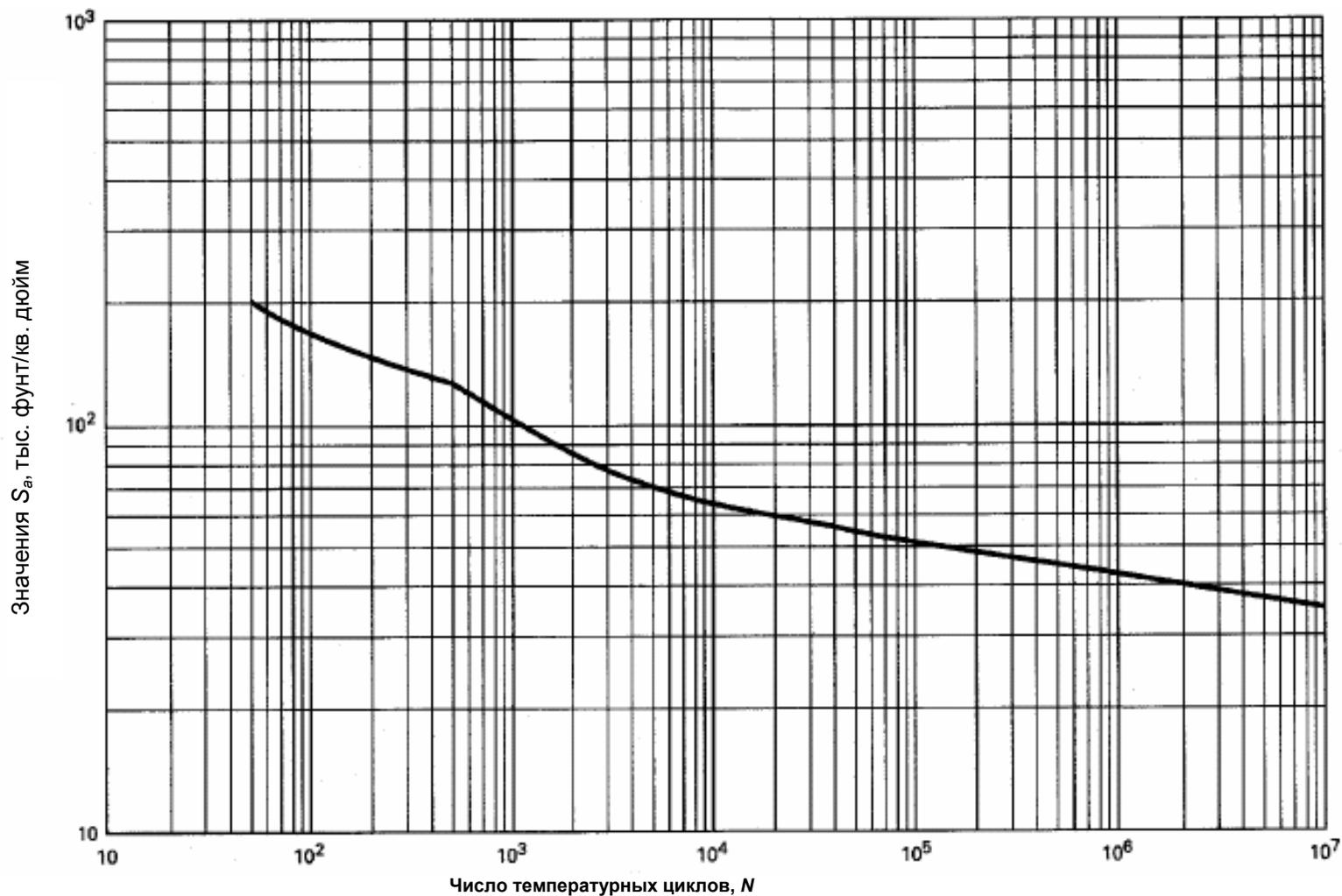


ОБЩИЕ ПРИМЕЧАНИЯ:

(a) $E = 195 \times 10^3$ МПа

(b) Табл. KD-320.1М содержит табличные данные и уравнения по кривым, а также формулу для точной интерполяции этих кривых.

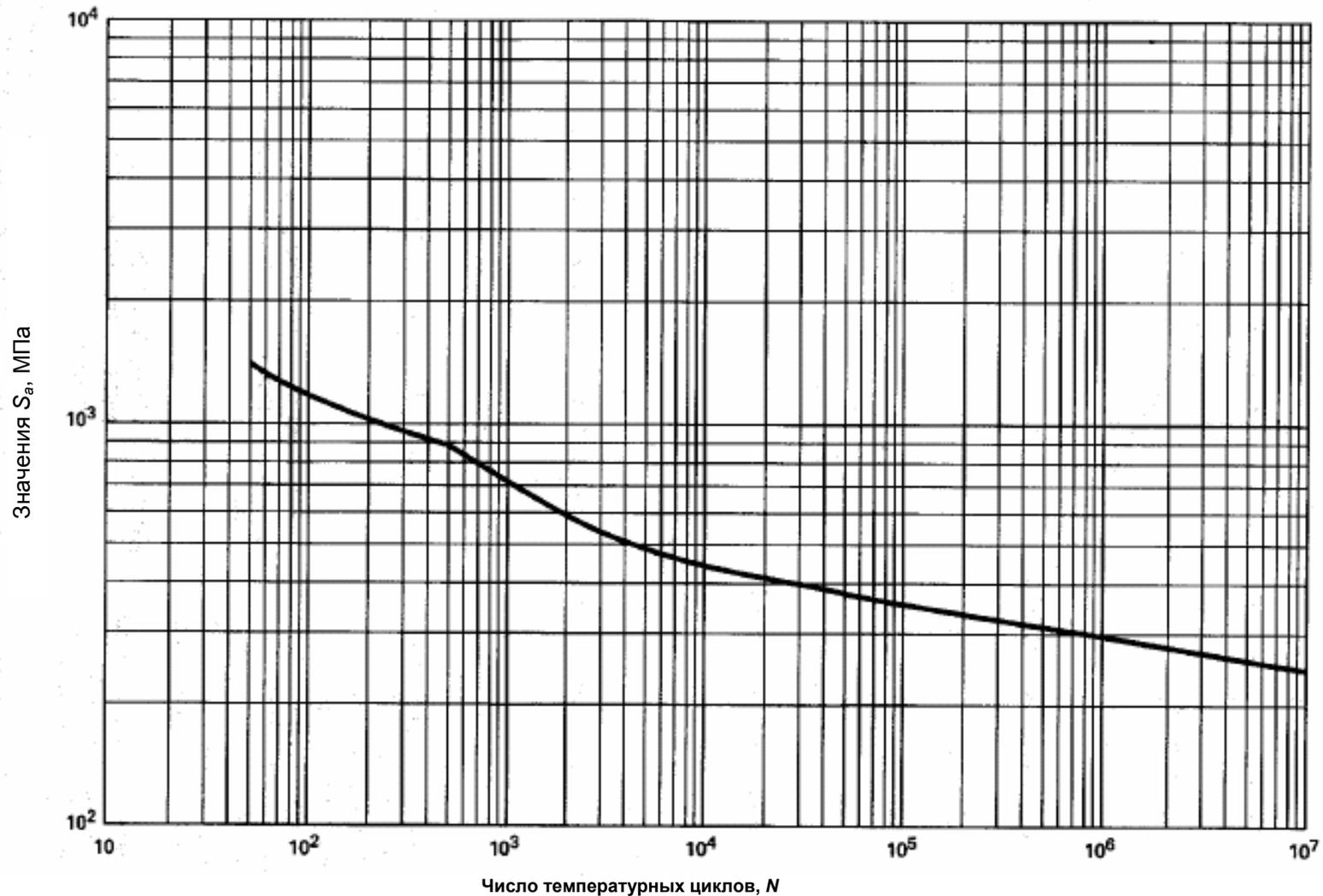
РИС. KD-320.4 КРИВАЯ РАСЧЕТНОЙ УСТАЛОСТИ $S_a = f(N_f)$ ДЛЯ НЕСВАРНЫХ ЧАСТЕЙ, ОБРАБОТАННЫХ МЕХАНИЧЕСКИ, ИЗ КОВАННОЙ НЕРЖАВЕЮЩЕЙ СТАЛИ 17-4PH/15-5PH ПРИ ТЕМПЕРАТУРАХ, НЕ ПРЕВЫШАЮЩИХ 550 °F



ОБЩИЕ ПРИМЕЧАНИЯ:

- $E = 29,0 \times 10^6$ фунтов/кв. дюйм
- Табл. KD-320.1 содержит табличные данные и уравнения по кривым, а также формулу для точной интерполяции этих кривых.
- Если условия термической обработки 17-4PH/15-5PH равны или превышают H1025, эта кривая может использоваться только для анализа защитных или внутренних слоев сосудов с «протечкой перед разрывом» (см. KD-103 и KD-141).
- Использование кривой ограничено случаями, когда пиковое значение Треска области пластических деформаций при механической нагрузке меньше 1 %.

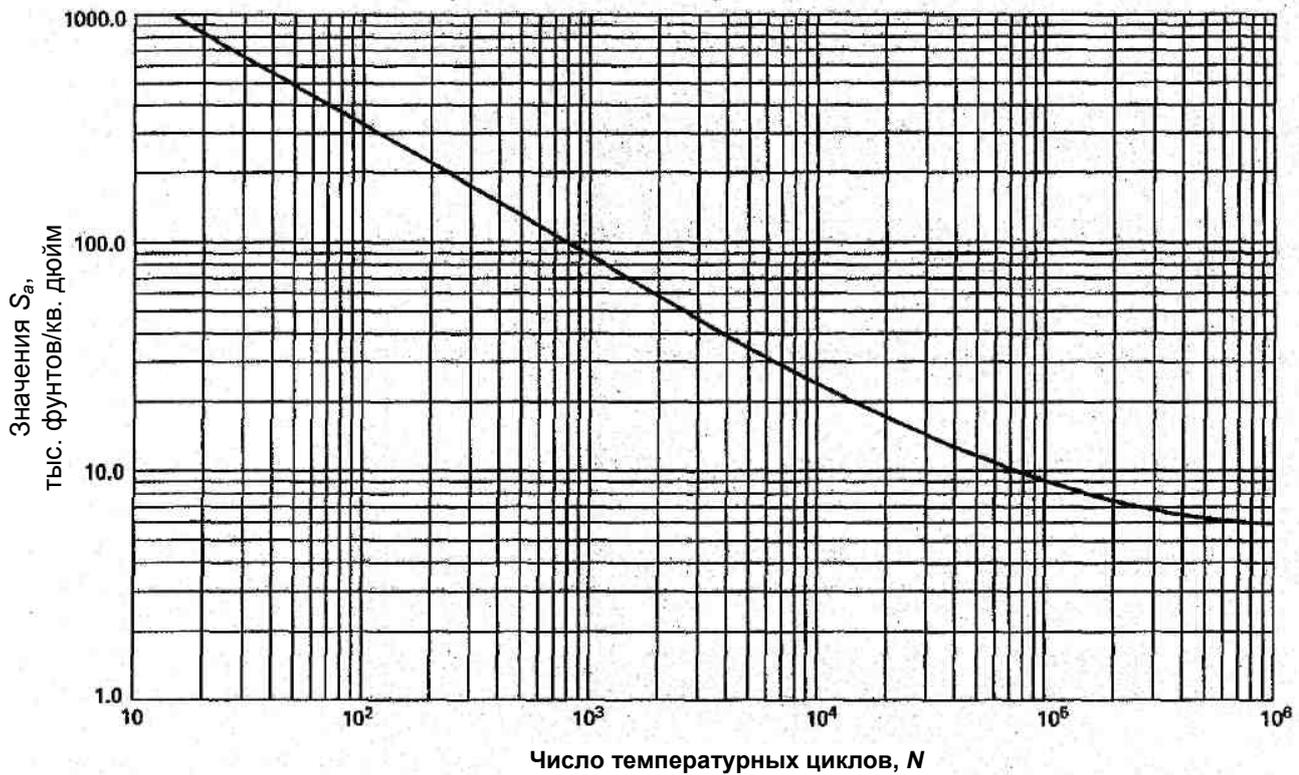
РИС. KD-320.4М КРИВАЯ РАСЧЕТНОЙ УСТАЛОСТИ $S_a = f(N_f)$ ДЛЯ НЕСВАРНЫХ ЧАСТЕЙ, ОБРАБОТАННЫХ МЕХАНИЧЕСКИ, ИЗ КОВАНОЙ НЕРЖАВЕЮЩЕЙ СТАЛИ 17-4РН/15-5РН ПРИ ТЕМПЕРАТУРАХ, НЕ ПРЕВЫШАЮЩИХ 290 °С



ОБЩИЕ ПРИМЕЧАНИЯ:

- (a) $E = 200 \times 10^3$ МПа
- (b) Табл. KD-320.1 содержит табличные данные и уравнения по кривым, а также формулу для точной интерполяции этих кривых.
- (c) Если условия термической обработки 17-4РН/15-5РН равны или превышают H1025, эта кривая может использоваться только для анализа защитных или внутренних слоев сосудов с «протечкой перед разрывом» (см. KD-103 и KD-141).
- (d) Использование кривой ограничено случаями, когда пиковое значение Треска области пластических деформаций при механической нагрузке меньше 1 %.

РИС. KD-320.5 КРИВАЯ РАСЧЕТНОЙ УСТАЛОСТИ ДЛЯ БОЛТОВОГО СОЕДИНЕНИЯ ИЗ ВЫСОКОПРОЧНОЙ СТАЛИ ПРИ ТЕМПЕРАТУРАХ, НЕ ПРЕВЫШАЮЩИХ 700 °F

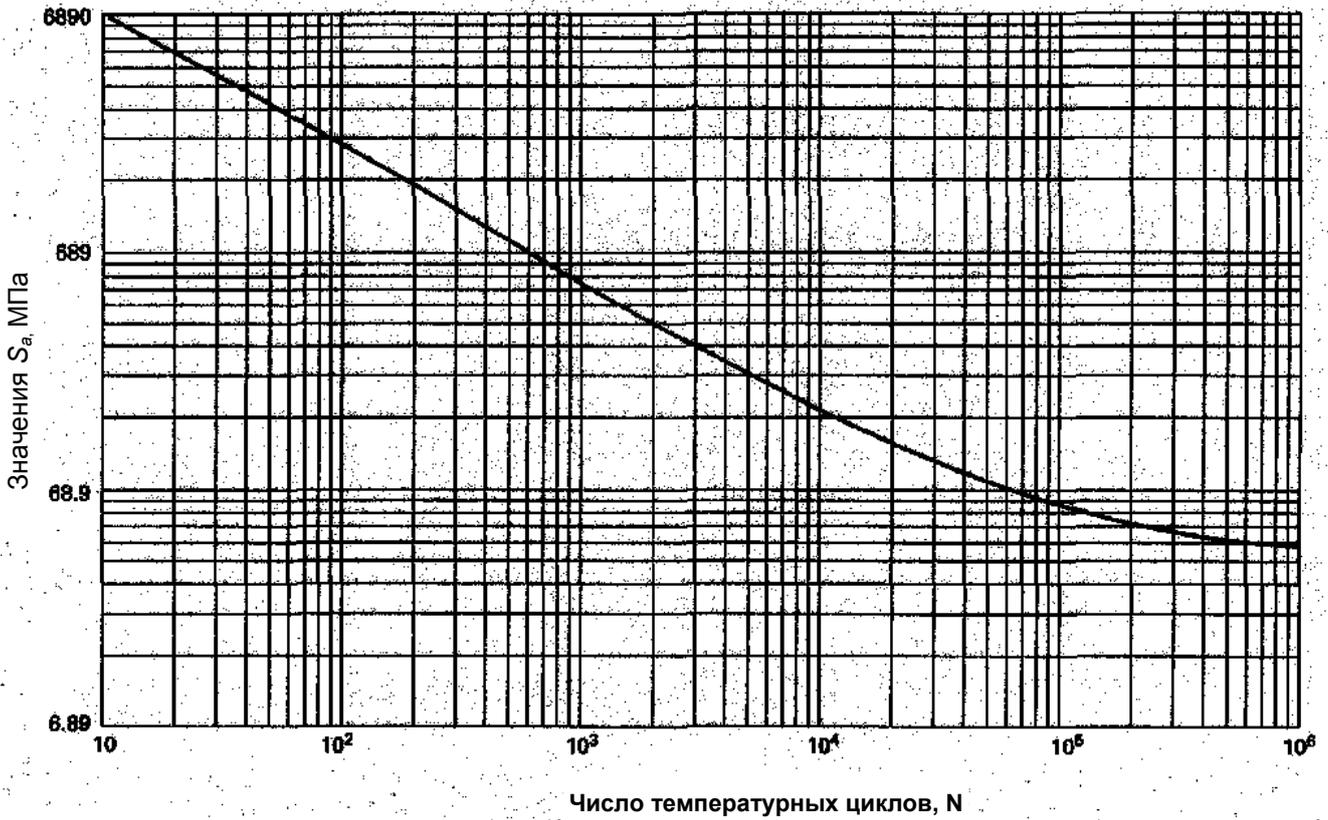


ОБЩИЕ ПРИМЕЧАНИЯ:

(а) $E = 30 \times 10^6$ фунтов/кв. дюйм

(б) Таблица KD-320.1 содержит табличные данные и уравнения для этой кривой, а также формулы для точной интерполяции этой кривой.

РИС. KD-320.5M КРИВАЯ РАСЧЕТНОЙ УСТАЛОСТИ ДЛЯ БОЛТОВОГО СОЕДИНЕНИЯ ИЗ ВЫСОКОПРОЧНОЙ СТАЛИ ПРИ ТЕМПЕРАТУРАХ, НЕ ПРЕВЫШАЮЩИХ 371 °С



ОБЩИЕ ПРИМЕЧАНИЯ:

(a) $E = 206$ ГПа

(b) Таблица KD-320.1 содержит табличные данные и уравнения для этой кривой, а также формулы для точной интерполяции этой кривой.

РИС. KD-320.5(a) КОЭФФИЦИЕНТ ШЕРОХОВАТОСТИ K_r К СРЕДНЕМУ ЗНАЧЕНИЮ ПОВЕРХНОСТНОЙ ШЕРОХОВАТОСТИ R_a МИКРОДЮЙМ АА



ОБЩЕЕ ПРИМЕЧАНИЕ:

(a) См. Стандарт В46.1 Американского национального института стандартов/Американского общества инженеров-механиков для определения значения R_a (среднеарифметическое значение шероховатости поверхности).

(b) Уравнения кривых:

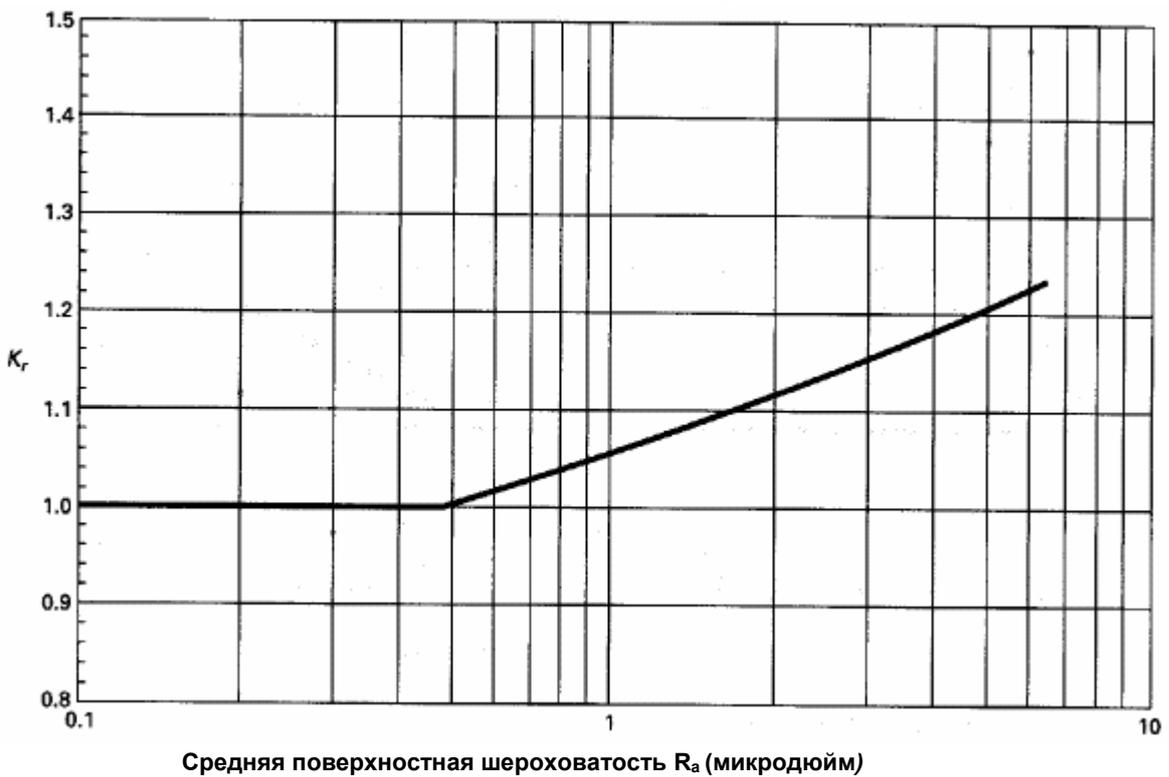
$R_a \leq 19$ микродюйм

$K_r = 1,0$

$19 < R_a \leq 250$ микродюйм

$K_r = 1/(-0,16998 \log [R_a \text{ (микродюйм)}]) + 1,2166$

РИС. KD-320.5M(a) КОЭФФИЦИЕНТ ШЕРОХОВАТОСТИ K_r К СРЕДНЕМУ ЗНАЧЕНИЮ ПОВЕРХНОСТНОЙ ШЕРОХОВАТОСТИ R_a МИКРОМЕТР АА



ОБЩЕЕ ПРИМЕЧАНИЕ:

(а) См. Стандарт В46.1 Американского национального института стандартов/Американского общества инженеров-механиков для определения значения R_a (среднеарифметическое значение шероховатости поверхности).

(b) Уравнение кривых:

$R_a \leq 0,48$ микрометр

$K_r = 1,0$

$0,5 < R_a \leq 6,4$ микрометр

$K_r = 1 / \{-0,16998 \log [R_a(\text{микрометр})] + 0,94545\}$

РИС. KD-320.5(b) КОЭФФИЦИЕНТ ШЕРОХОВАТОСТИ K_r К СРЕДНЕМУ ЗНАЧЕНИЮ ПОВЕРХНОСТНОЙ ШЕРОХОВАТОСТИ R_{max} МИКРОДЮЙМ



ОБЩЕЕ ПРИМЕЧАНИЕ:

(a) См. Стандарт В46.1 Американского национального института стандартов/Американского общества инженеров-механиков для определения значения R_a (среднеарифметического значения шероховатости поверхности).

(b) Уравнения кривых:

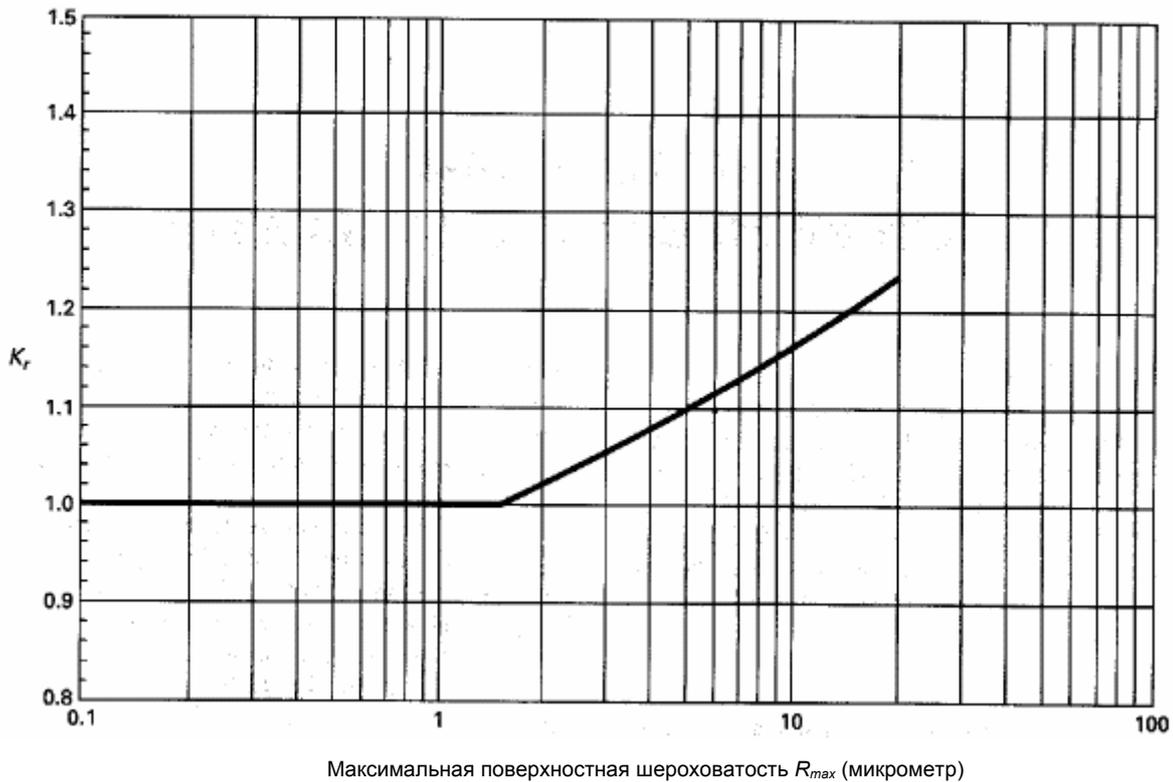
$R_{max} \leq 59$ микродюйм

$K_r = 1,0$

$59 < R_{max} \leq 785$ микродюйм

$K_r = 1 / \{-0,16998 \log [R_{max} \text{ (микродюйм)}] + 1,3011\}$

РИС. KD-320.5M(b) КОЭФФИЦИЕНТ ШЕРОХОВАТОСТИ K_r
 К МАКСИМАЛЬНОМУ ЗНАЧЕНИЮ ПОВЕРХНОСТНОЙ ШЕРОХОВАТОСТИ R_{max}
 МИКРОМЕТР



ОБЩЕЕ ПРИМЕЧАНИЕ:

(а) См. Стандарт В46.1 Американского национального института стандартов/Американского общества инженеров-механиков для определения значения R_a (среднеарифметического значения шероховатости поверхности)

(b) Уравнения кривых:

$R_{max} \leq 1,50$ микромметр

$K_r = 1,0$

$1,50 < R_{max} \leq 2,0$ микромметр

$K_r = 1/\{-0,16998 \log [R_{max} \text{ (микромметр)}] + 1,02995\}$

СТАТЬЯ KD-4

РАСЧЕТ МЕХАНИКИ РАЗРУШЕНИЯ

KD-400 ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

В данной Статье представлен расчет механики излома. В случае, если можно доказать, что сосуд окажется в режиме повреждения типа «протечка перед разрывом» (см. KD-140), вычисленный индекс расчетных температурных циклов может быть определен с помощью правил Статьи KD-3 или Статьи KD-4. В случае, если нельзя доказать, что сосуд окажется в режиме повреждения типа «протечка перед разрывом», вычисленный индекс расчетных температурных циклов может быть определен согласно данной Статье.

KD-401 Общие положения

07 (a) Данная Статья основывается на предположении, что начальная стадия образования трещины завершена, и что трещины возникли там, где в сосуде давления находятся точки с высоким напряжением. Трещины определяются в данном Разделе как дефекты, характеризующиеся в основном длиной и глубиной, с острым радиусом дна. Принципы линейной гибкой механики разрушения были использованы для разработки критериев настоящей Статьи для вычисления индекса расчетных температурных циклов при развитии этих трещин до критической глубины и максимально допустимой глубины. См. также Необязательное приложение D.

(b) Процессы изготовления, такие как сварка, термообработка, формовка, нагартовка, горячая посадка и проволочная обмотка, содержат остаточные напряжения. Некоторые трещины могут развиваться в результате поля остаточного напряжения из-за циклических нагрузок. Метод учета этих остаточных напряжений приводится в KD-420.

(c) Критическая глубина трещины для заданных условий нагрузки определяется как глубина трещины, при которой коэффициент интенсивности напряжения равняется K_{Ic} . При вычислении критической глубины трещины в расчет коэффициента интенсивности напряжения следует включить соответствующие поправки пластической зоны. Методы внесения этих поправок приводятся в Необязательном приложении D, где рассматриваются отдельные конфигурации трещин. Если критическая глубина трещины меньше, чем толщина стенки, то трудно предположить, что в данной точке имеет место режим повреждения «протечка перед разрывом». Тем не менее, см. KD-141.

KD-410 КРИТЕРИИ РАЗМЕРА ТРЕЩИНЫ

KD-411 Предполагаемый начальный размер трещины

(a) Начальный размер трещины, который должен использоваться при вычислении расчетных циклов развития трещины, должен основываться на неразрушающем контроле. Если метод неразрушающего контроля подразумевает измерение длины поверхностной индикации, то следует предположить глубину и форму предполагаемой первоначальной трещины.

(b) Трещина поверхности, не связанная с концентрацией напряжений, должна оцениваться как полуэллипсоидная с отношением глубины к длине поверхности как 1:3. Предполагаемая поверхностная длина трещины не должна быть меньше чем максимально приемлемый показатель неразрушающего контроля, как указывается в Части KE, если не указана меньшая длина в Технических нормах потребителя на проектирование [см. KG-311.12(a)]. Если указывается меньшая длина, следует ясно продемонстрировать, что применявшийся метод неразрушающего контроля достоверно указывает на признаки этого размера.

(c) В случае нитяных вершин разделки кромок или окружной щели, трещина должна рассматриваться как кольцевая. Начальная глубина трещины должна приниматься как не менее $1/3$ максимальной допустимой длины индикации поверхности при неразрушающем контроле, как указывалось выше.

KD-412 Допустимая конечная глубина трещины

Для вычисления индекса расчетных циклов N_p , основанных на развитии трещины, необходимо определить допустимую конечную глубину трещины. Допустимая конечная глубина трещины должна вычисляться в соответствии с KD-412.1 и KD-412.2. Вычисляемый индекс расчетных циклов представляет собой число циклов, необходимых для развития трещины принятого первоначального размера дефекта до величины допустимой конечной глубины трещины. Вычисляемый индекс расчетных циклов определяется как наименьшее значение из следующего:

(a) количество циклов, соответствующее половинному числу циклов, требуемых для развития трещины от принятого первоначального размера дефекта до величины допустимой конечной глубины [см. KD-401(c)];

(b) количество циклов, требуемое для развития трещины от принятого первоначального размера до величины, указанной в KD-412.1 и KD-412.2.

KD-412.1 Моноблочные сосуды. Для моноблочных сосудов допустимая конечная глубина трещины должна быть меньше 25 % толщины рассматриваемого сечения или 25 % критической глубины трещины.

07 KD-412.2 Сосуды с двумя или более слоями

(a) Для сосудов с двумя или более слоями конечная глубина трещины во внутреннем слое может быть равна толщине слоя при условии, что теоретическое разрушающее давление (значение, в 1,732 раза превышающее вычисленное в KD-221.2) комбинарованных остающихся слоев превышает, по крайней мере, на 20 % расчетное давление в сосуде, не имеющем трещины.

В противном случае, допустимая конечная глубина трещины не должна превышать 25 % толщины внутреннего слоя.

Теоретическое разрушающее давление комбинарованных остающихся слоев должно рассчитываться при использовании внутреннего диаметра наиболее удаленного из остающихся слоев, такого как диаметр нагрузочного давления.

(b) Для всех других слоев допустимая конечная глубина трещины не должна превышать 25 % толщины слоя, за исключением указанных в KD-412.2(c).

(c) Допустимая конечная глубина трещины на самом внешнем слое не должна превышать 25 % теоретической критической глубины трещины.

KD-420 ВЫЧИСЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ИНТЕНСИВНОСТИ НАПРЯЖЕНИЯ K_I

(a) Методы расчета коэффициента интенсивности напряжений механики разрушения для ряда критических участков и в типичных сосудах высокого давления приводятся в Необязательном приложении D.

(b) Все формы нагрузки должны приниматься в расчет, включая напряжения давления, термические напряжения, напряжения несплошностей и остаточные напряжения. В некоторых случаях напряжения, созданные действием давления жидкости в трещине, также должны приниматься во внимание. Руководящие указания приводятся в Необязательном приложении D.

(c) Значения K_I для всех нагрузок, за исключением остаточных напряжений, должны оцениваться с помощью учета их минимальных и максимальных величин и их хронологических отношений друг с другом. Комбинированные воздействия данных нагрузок должны регистрироваться как минимальный $K_{I \min}^*$ и максимальный $K_{I \max}^*$ коэффициенты интенсивности напряжений. Воздействия намеренно приложенных остаточных напряжений, например, тех, которые возникли из-за нагартовки, горячей посадки или проволочной обмотки, должны оцениваться отдельно путем расчета эквивалентного положительного или отрицательного коэффициента интенсивности напряженностей по $K_{I \text{ res}}$. В KD-430 определяется, как $K_{I \text{ res}}$, $K_{I \min}^*$ и $K_{I \max}^*$ комбинируются для вычисления скорости роста трещины, которое должно учитываться относительно вычисляемого индекса расчетных циклов N_p на основании развития трещины.

KD-430 РАСЧЕТ СКОРОСТЕЙ РОСТА ТРЕЩИН

(a) Скорость роста трещины da/dN , дюйм/цикл (м/цикл), принимается как функция диапазона коэффициента интенсивности напряжений ΔK , тыс. фунтов/кв. дюйм-дюйм^{1/2} (МПа-м^{1/2}), а соотношение коэффициента интенсивности напряжений R_K , где

$$\frac{da}{dN} = C [f(R_K)] (\Delta K)^m \quad (1)$$

$$\Delta K = K_{I \max}^* - K_{I \min}^*$$

и

$$R_K = \frac{K_{I \min}^* + K_{I \text{ res}}}{K_{I \max}^* + K_{I \text{ res}}}$$

При расчете скоростей роста трещины, поправки пластической зоны по коэффициенту интенсивности напряжений можно не учитывать. Если $(K_{I \max}^* + K_{I \text{ res}}) \leq 0$, то da/dN может быть принято равным нулю. Значения C и m , которые должны использоваться для ряда материалов, приведены в Таблицах KD-430 и KD-430M для $f(R_K) = 1$. Если $R_K = 0$, тогда $f(R_K) = 1$. Соотношение $f(R_K)$, которое может использоваться для ряда материалов, приводится в Необязательном приложении D.

(b) Если величина ΔK меньше, чем предельное значение ΔK (ΔK_{th}), приведенное в нижеследующем уравнении, значение da/dN может приниматься равным нулю.

$$\Delta K_{th} = \text{наименьшее из } G(1 - HR_K) \text{ или } I, \text{ но не менее } 2 \text{ тыс. фунтов/кв. дюйм-дюйм}^{1/2} (2,2 \text{ МПа-м}^{1/2})$$

Значения G , H и I для некоторых общих материалов сосудов давления, приведены в Таблице KD-430.

(c) Если появляется коррозионная усталость, скорость роста трещин может значительно возрасти. При расчете скорости роста трещин необходимо учитывать влияние внешних условий и частоту нагрузки.

KD-440 ВЫЧИСЛЯЕМЫЙ ИНДЕКС РАСЧЕТНЫХ ЦИКЛОВ

Рост трещин зависит как от циклического напряжения, так и от длины трещины, возникшей во время цикла. Таким образом, вычисляемый индекс расчетных циклов N_p в значительной степени зависит от порядка нагрузок. Конструктор должен сделать выводы о последовательности и величинах всех нагрузок и представить план расчетного роста трещины, связанный с каждой точкой в последовательности нагрузок. Эти выводы должны войти в Отчет изготовителя о проекте. Данные о перерасчете срока усталости на основании действительной последовательности и величинах нагрузок представлены в Необязательном приложении В.

Количество расчетных циклов может быть рассчитано цифровым включением величины скорости роста трещины [KD-430(a), уравнение (1)]. Следует предположить, что значения K_I являются постоянными в течение интервала роста трещины Δa . Да и они малы по сравнению с глубиной трещины.

Для того чтобы убедиться, что интервал глубины трещины мал, следует повторить расчеты с использованием интервалов уменьшающегося порядка до тех пор, пока не будет получено изменение, не имеющее значения при вычислении количества расчетных циклов N_p .

ТАБЛИЦА KD-430
РАСЧЕТ СКОРОСТЕЙ РОСТА ТРЕЩИН (Система единиц США)

Материал	C , дюйм/цикл (тыс. фунтов/ кв. дюйм-дюйм ^{3/2}) ^{-m}	m	G , тыс. фунтов/ кв. дюйм-дюйм ^{3/2}	H	I , тыс. фунтов/ кв. дюйм-дюйм ^{3/2}
Низколегированные высокопрочные стали, $S_y > 90$ тыс. фунтов/кв. дюйм	1,95E-10	3,26	6,4	0,85	5,5
Мартенситная дисперсионно твердеющая сталь	2,38E-10	3,15	6,4	0,85	5,5
Аустенитная нержавеющая сталь	1,1E-10	3,30	Неприменимо (1)	Неприменимо (1)	Неприменимо (1)

ПРИМЕЧАНИЕ:

(1) Предельные величины по аустенитным нержавеющим сталям пока не установлены.

ТАБЛИЦЫ KD-430M
РАСЧЕТ СКОРОСТЕЙ РОСТА ТРЕЩИН (Система единиц СИ)

Материал	C , м/цикл (МПа-м ^{1/2}) ^{-m}	m	G , МПа-м ^{1/2}	H	I , МПа-м ^{1/2}
Высокопрочная низколегированная сталь $S_y > 90$ тыс. фунтов/кв. дюйм	3,64E-12	3,26	7,00	0,85	6,00
Мартенситная дисперсионно твердеющая сталь	4,49E-12	3,15	7,00	0,85	6,00
Аустенитная нержавеющая сталь	2,05E-12	3,30	Неприменимо (1)	Неприменимо (1)	Неприменимо (1)

ПРИМЕЧАНИЕ:

(1) Предельные величины по аустенитным нержавеющим сталям пока не установлены.

СТАТЬЯ KD-5

РАСЧЕТЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НАГАРТОВКИ

KD-500 ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Данная Статья содержит сведения о средствах расчета распределения остаточных напряжений после нагартовки в прямых одностенных цилиндрах без сквозных отверстий или несплошностей. Цифровые эласто-пластические анализы или экспериментальные исследования могут в равной степени быть использованы для сосудов более сложной геометрии. Могут быть использованы и другие традиционные подходы.

Нагартовка — один из нескольких процессов, применяемых для создания благоприятных остаточных напряжений в тонкостенных сосудах давления. Нагартовка может применяться как отдельно, так и в комбинациях с другими процессами, такими как горячая посадка или обертывание, для производства более благоприятных остаточных напряжений, получаемых и при собственно нагартовке. Правила комбинирования указанных остаточных напряжений приведены в Статье KD-8.

В Статьях KD-3 и KD-4 приводится метод расчета усталости сосуда, учитывающий остаточные напряжения, вызванные нагартовкой. Указания по выполнению операций, связанных с нагартовкой, приводятся в Статье KF-5.

KD-501 Теория

(a) Теория нагартовки основана на том факте, что напряжение в тонкостенном цилиндрическом сосуде выше во внутреннем диаметре цилиндра, чем на наружной поверхности, при данном внутреннем давлении. Если такой сосуд подвергается постоянно растущему давлению, то весь сосуд будет деформироваться эластично до тех пор, пока не будет достигнуто определенное давление, при котором материал в зоне внутреннего диаметра цилиндра начинает пластически деформироваться. По мере того, как давление продолжает возрастать, граница, при которой материал становится текучим, начинает смещаться от внутреннего диаметра через стенку сосуда, пока не достигнет наружной стенки, вызывая пластическое разрушение [см. KD-210(e)(6)]. В процессе нагартовки давление возрастает от точки начальной текучести на внутреннем диаметре до давления, вследствие которого эласто-пластическая поверхность раздела смещается на нужный радиус. Устранение этого давления приводит к возникновению остаточного касательного напряжения сжатия во внутреннем диаметре и остаточного касательного напряжения растяжения на наружной стенке.

(b) Назначением остаточных касательных напряжений сжатия является следующее:

(1) увеличить величину любого последующего приложения внутреннего давления, что вызовет начало дополнительной постоянной деформации цилиндра;

(2) уменьшить эффективное значение среднего напряжения циклических напряжений в отверстии, и, таким образом, увеличить срок усталости;

(3) уменьшить эффективное значение коэффициента интенсивности напряжений механики разрушений в начале трещины или трещинообразного дефекта рядом с отверстием в результате внутреннего давления. Это должно замедлить рост усталостных или коррозионно-напряженных трещин в зоне поверхности внутреннего диаметра цилиндра.

KD-502 УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

07

- A_{cs} = нормаль площади поперечного сечения на продольную ось, дюйм² (мм²)
- D = диаметр цилиндрического сосуда в любой точке стенки, дюйм (мм)
- D_I = внутренний диаметр, дюйм (мм)
- D_O = наружный диаметр, дюйм (мм)
- D_P = диаметр пласто-эластичной поверхности раздела перед разгрузкой давления нагартовки, дюйм (мм)
- D_Z = диаметр, где $\sigma_{IRA} = \sigma_{rRA}$ дюйм (мм)
- E = модуль упругости, тыс. фунтов/кв. дюйм (МПа)
- F_b = поправочный коэффициент для эффекта Баушингера для $D_z < D < D_p$
- F_I = общая сила, действующая в продольном направлении на цилиндр при максимальном давлении нагартовки. Если вся сила, действующая на концевые закрытия, приходится на внешнее устройство, например раму, то $F_I = 0$ тыс. фунтов (Н)
- P_A = максимальное давление, приложенное во время нагартовки, тыс. фунтов/кв. дюйм (МПа)
- S_y = фактический измеренный предел текучести материала, подвергаемого нагартовке при температуре выполнения нагартовки, тыс. фунтов/кв. дюйм (МПа)
- Y = соотношение D_O/D_I
- ϵ_m = средняя величина максимальной касательной деформации на наружной поверхности сосуда, взятой на минимальных трехосных положениях и измеренных при максимальном давлении, применяемом при нагартовке, P_A
- ϵ_p = средняя величина постоянной касательной деформации на внутренней поверхности сосуда, взятой на минимальных трехосных положениях и измеренных после снятия давления нагартовки.
- σ_{AD} = значение σ_{IRA} при $D = D_b$, тыс. фунтов/кв. дюйм (МПа)
- σ_{CD} = значение остаточного касательного напряжения при $D = D_I$, откорректированного относительно эффекта Баушингера, тыс. фунтов/кв. дюйм (МПа)

- σ_{rR} = остаточное радиальное напряжение, откорректированное относительно эффекта Баушингера, тыс. фунтов/кв. дюйм (МПа)
- σ_{rRA} = первое приближение остаточного радиального напряжения после нагартовки для $D_I \leq D \leq D_p$, тыс. фунтов/кв. дюйм (МПа)
- σ_{tR} = остаточное касательное напряжение, откорректированное относительно эффекта Баушингера, тыс. фунтов/кв. дюйм (МПа)
- σ_{tRA} = первое приближение остаточного касательного напряжения после нагартовки для $D_I \leq D \leq D_p$, тыс. фунтов/кв. дюйм (МПа)
- ν = коэффициент Пуассона

KD-510 ПРЕДЕЛЬНЫЕ ЗНАЧЕНИЯ ДЛЯ ДАВЛЕНИЯ НАГАРТОВКИ

Для давления нагартовки не существует установленного верхнего предела. Однако постоянная касательная деформация на поверхности внутреннего диаметра цилиндра в результате нагартовки не должна превышать 2 %.

KD-520 РАСЧЕТ ОСТАТОЧНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ

(a) Для того, чтобы произвести оценку расчета сосуда с применением нагартовки, сначала следует выполнить вычисления распределения остаточных напряжений, созданных нагартовкой. Для этого вычисления требуется знание действительного значения нагартовки, полученной в ходе процесса. Это значение определяется диаметром эласто-пластической поверхности раздела D_p или соотношением наклепа $(D_p - D_I)/(D_O - D_I)$. Возможные методы определения D_p приводятся ниже. Другие методы могут быть использованы в случае, если они более точны или являются традиционными.

(b) После нагартовки допускается механическая обработка. Результирующая величина нагартовки (соотношение наклепа) для этих условий рассчитывается путем использования конечных размеров сосуда и при допущении, что D_p остается в пределах той величины, которая указана ниже. Однако следует учитывать любое из остаточных напряжений на растяжение, получаемое вследствие механической обработки.

(c) Теоретические остаточные напряжения, рассчитанные в данной Статье, основываются на критерии максимального сдвига и на допущении, что продольное напряжение является промежуточным принципиальным напряжением. Поэтому распределение остаточных продольных напряжений не может определяться по данной теории. При наиболее часто применяемой практике использования сосудов давления, продольное напряжение в стенке цилиндра, свободное от неоднородностей, представляет собой промежуточное принципиальное напряжение и поэтому не рассматривается в конструктивных расчетах. Однако в тех случаях, когда продольные напряжения должны приниматься во внимание рядом с неоднородностями, остаточное продольное напряжение, возникающее вследствие нагартовки, принимать во внимание не следует.

KD-521 Расчет диаметра эласто-пластической поверхности раздела

Диаметр эласто-пластической поверхности раздела D_p может быть определен в результате одного или более измерений, приведенных ниже:

- (a) ϵ_m ;
- (b) ϵ_p ;
- (c) P_A . Данное измерение используется для определения D_p только тогда, когда значение результирующего соотношения наклепки, полученное таким образом, не меньше 0,4.

KD-521.1 Когда известна наружная деформация.

Если ϵ_m подлежит измерению, D_p/D_O рассчитывается сле,

$$\text{соот: } (D_p/D_O)^2 = \left[E\epsilon_m + \nu \left(\frac{P_A D_I^2}{D_O^2 - D_I^2} \right) \right] / 1.15S_y \quad \text{прец}$$

(b) Для всех других случаев,

$$(D_p/D_O)^2 = [E\epsilon_m + \nu (F_I/A_{cs})] / 1.15S_y$$

KD-521.2 Когда известна остаточная внутренняя деформация. Если измеряется ϵ_p , D_p рассчитывается, исходя из следующего уравнения с использованием итерационного метода:

$$2E\epsilon_p/1.15S_y = (1 - 2\nu)[\ln(D_I/D_p)^2 - 1] + (2 - \nu)(D_p/D_I)^2 + (1 - \nu)(D_p/D_O)^2 - \frac{[\ln(D_p/D_I)^2 + (D_O^2 - D_p^2)/D_O^2] [1 - \nu + (1 + \nu)Y^2]}{Y^2 - 1}$$

KD-521.3 Когда известно давление нагартовки. Если измеряется P_A и выполняются требования KD-521(c), D_p может быть определено, исходя из следующего уравнения с использованием итерационного метода:

$$P_A = 1.15S_y [\ln(D_p/D_I) + (D_O^2 - D_p^2)/2D_O^2]$$

KD-522 Остаточные напряжения между внутренним диаметром и эластопластической поверхностью раздела

Общий способ расчета остаточных напряжений нагартовки приводится ниже на примере моноблочного цилиндра.

KD-522.1 Когда не происходит обратной текучести.

Рассчитайте в первом приближении распределения касательного и радиального остаточных напряжений (σ_{tRA} и σ_{rRA}) с использованием уравнений (1) и (2) для $D_I < D < D_p$

$$\frac{\sigma_{tRA}}{1.15S_y} = \frac{D_p^2 + D_O^2}{2D_O^2} + \ln \left(\frac{D}{D_p} \right) - \left[\frac{D_I^2}{D_O^2 - D_I^2} \right] \left[\frac{D_O^2 - D_p^2}{2D_O^2} + \ln \left(\frac{D_p}{D_I} \right) \right] \left(1 + \frac{D_O^2}{D^2} \right) \quad (1)$$

$$\frac{\sigma_{rRA}}{1.15S_y} = \frac{D_P^2 - D_O^2}{2D_O^2} + \ln\left(\frac{D}{D_P}\right) - \left[\frac{D_I^2}{D_O^2 - D_I^2} \right] \left[\frac{D_O^2 - D_P^2}{2D_O^2} + \ln\left(\frac{D_P}{D_I}\right) \right] \left(1 - \frac{D_O^2}{D^2} \right) \quad (2)$$

KD-522.2 Поправки для обратной текучести (эффект Баушингера). Остаточные напряжения должны корректироваться, поскольку при разгрузке давления нагартовки из-за уменьшения предела текучести сжатия материала в результате пластической деформации растяжения может иметь место обратная текучесть. Она известна как эффект Баушингера. Данная корректировка выполняется следующим образом:

(а) Используя уравнения (1) и (2) в KD-522.1, нужно рассчитать величину D , при которой $(\sigma_{rRA} - \sigma_{rRA}) = 0$ с использованием итерационного метода, и определить эту величину как D_Z .

(б) Рассчитать значение σ_{rRA} при $D = D_I$ из уравнения (1) в KD-522.1 и определить его как σ_{AD} . Рассчитать скорректированное значение остаточного напряжения при $D = D_I$ (определенного как σ_{CD}), используя оба уравнения (1) и (2) ниже.

$$\sigma_{CD}/\sigma_{AD} = 1.0388 - 0.1651Y + 0.6307 - 1.8871M + 1.9837M^2 - 0.7296M^3 \quad (1)$$

где M – соотношение наклепа, $(D_P - D_I)/(D_O - D_I)$, а Y – соотношение диаметров.

Если концевая нагрузка на заклепки не поддерживается стенкой цилиндра во время нагартовки (открытый конец)

$$\sigma_{CD}/\sigma_{AD} = -0.5484 + 1.8141Y - 0.6502Y^2 + 0.0791Y^3 \quad (2)$$

Если концевая нагрузка на заклепки поддерживается стенкой цилиндра во время нагартовки (закрытый конец) замените уравнение (2) на $\sigma_{CD}/\sigma_{AD} = 1,15$

Используемое значение σ_{CD} является, по меньшей мере, отрицательным относительно тех значений, которые были выведены из уравнений (1) или (2) выше.

(с) Если $\sigma_{CD}/S_y < -0,7$, тогда $\sigma_{CD}/S_y = -0.7$.

(д) Для $D_I < D < D_Z$ нужно рассчитать распределение остаточных напряжений из уравнений (3) и (4):

$$\frac{\sigma_{rR}}{\sigma_{CD}} = \frac{D_Z[\ln(D/D_I) + 1] + D_I - 2D}{D_Z - D_I} \quad (3)$$

$$\frac{\sigma_{rR}}{\sigma_{CD}} = \frac{D_Z \ln(D/D_I) + D_I - D}{D_Z - D_I} \quad (4)$$

(е) Для $D > D_Z$ остаточные напряжения должны корректироваться так, чтобы обеспечить условия целостности и равновесия. Это выполняется с помощью расчета коэффициента поправок F_b , приведенного ниже:

(1) Рассчитать σ_{rR} при $D = D_Z$, используя уравнение (3) выше.

(2) Рассчитать σ_{rRA} при $D = D_Z$, используя уравнение (2) в KD-522.1.

(3) Делить результаты подпараграфа (1) на результаты подпараграфа (2) и это равняется F_b .

(ф) Для $D_Z < D < D_P$, рассчитать остаточные напряжения, используя уравнения (1) и (2) в KD-522.1 и умножить результаты по каждому значению D на F_b .

KD-523 Остаточные напряжения между наружным диаметром и эласто-пластической поверхностью раздела

Для $D_P < D < D_O$, рассчитать остаточные напряжения, используя уравнения (1) и (2):

$$\frac{\sigma_{rR}}{S_y} = F_b \left(1 + \frac{D_O^2}{D^2} \right) \left[\frac{D_P^2}{2D_O^2} + \frac{D_I^2}{D_O^2 - D_I^2} \times \left[\frac{D_P^2 - D_O^2}{2D_O^2} - \ln\left(\frac{D_P}{D_I}\right) \right] \right] \quad (1)$$

$$\frac{\sigma_{rR}}{S_y} = F_b \left(1 - \frac{D_O^2}{D^2} \right) \left[\frac{D_P^2}{2D_O^2} + \frac{D_I^2}{D_O^2 - D_I^2} \times \left[\frac{D_P^2 - D_O^2}{2D_O^2} - \ln\left(\frac{D_P}{D_I}\right) \right] \right] \quad (2)$$

KD-530 КОНСТРУКТИВНЫЙ РАСЧЕТ

Данные значения остаточных напряжений используются при анализе усталости согласно Статье KD-3 и при анализе механики разрушения согласно Статье KD-4.

07

СТАТЬЯ KD-6

РАСЧЕТНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ ДЛЯ ЗАКРЫТИЙ, ДНИЩ, РЕЗЬБОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ И УПЛОТНЕНИЙ

07 KD-600 ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Требования данной Статьи относятся к днищам, закрытиям, болтовым соединениям и уплотнениям. Данные требования являются дополнительными к основным требованиям, приведенным в Статьях KD-1 и KD-2.

KD-601 Общие положения

(a) Закрытия, днища, резьбовые соединения и уплотнения должны быть способны выдерживать давление с той же надежностью, что и весь сосуд, в котором они используются.

(b) Конструктор должен учитывать влияние сквозных отверстий и других открытий на целостность сосуда по статической прочности. Дополнительные указания приводятся в KD-260 и необязательных Приложениях H и J.

(c) Для всех элементов, влияющих на прочность и герметичность закрытия, следует произвести полный анализ напряжений.

(d) Если использование сосуда предполагает циклические нагрузки, то все его детали кроме элемента уплотнения должны соответствовать требованиям Статей KD-3 или, в соответствующих случаях, KD-4.

KD-620 РЕЗЬБОВЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

(a) Резьбовые соединения часто описываются как болты, шпильки и анкерные крепления.

(b) Прямые резьбовые соединения допускаются согласно положениям данной Статьи¹. Конические трубные резьбы не допускаются.

(c) Там, где на граничных давлениях присутствуют резьбовые отверстия, эффект подобных отверстий (например, рост напряжения, материальные потери) должен приниматься во внимание при расчете сосуда.

(d) Распределение резьбовой нагрузки должно учитываться при расчетном циклическом анализе согласно KD-627.

¹ Конструктор предупреждается о том, что тонкая резьба может стать причиной проблем при сборке и возможной потери сцепления из-за теплового расширения, и ведет к объемному расширению из-за нагрузок.

KD-621 Болты

Необходимо определить количество и площадь поперечного сечения болтов, требуемых для соответствия основной нагрузке. Значения предела текучести должны быть такими же, как указаны в Разделе II Части D для болтов.

(a) Средняя интенсивность основного напряжения S должна быть основана на диаметре по впадине резьбы и не превышать следующего предельного значения:

$$S = \frac{1}{1.8} S_y$$

(b) Для болтов с уменьшенным стержнем, диаметр которых менее 0,9 от диаметра по впадине резьбы, вместо приведенной выше формулы нужно использовать следующее уравнение:

$$S = \frac{1}{1.5} S_y$$

если используется фактический диаметр стержня.

(c) Интенсивность первичного и вторичного напряжения мембраны плюс напряжения сгибания не должна превышать на болтах 0,75 S_y . Интенсивность первичного и вторичного напряжения мембраны не должна превышать на болтах S_y из-за сочетания расчетной и предварительной нагрузок. В вышеописанном анализе не следует учитывать усиление напряжения из-за резьбы.

KD-622 Стандартные пары болтов и гаек

Если используется стандартная пара болт-гайка, отвечающая техническим характеристикам материалов в Секции II, Части D, и обе детали изготовлены из одного и того же материала, характеристики сдвига и смятия резьбы не требуют дальнейшего описания.

KD-623 Среднее напряжение сдвига резьбы

Среднее напряжение сдвига резьбы, рассчитанное путем деления проектной нагрузки на соответствующую зону сдвига резьбы, должно ограничиваться 0,25 S_y при расчетной температуре.

KD-624 Среднее напряжение смятия резьбы

Среднее напряжение смятия в резьбе из-за максимальной расчетной нагрузки должно ограничиваться 0,75 S_y .

KD-625 Ограничения смещения резьбы

Относительное радиальное смещение между сопрягаемыми резьбами должно рассчитываться с учетом комбинации прилагаемых нагрузок и теплового влияния. Резбовое трение должно быть исключено. Результаты данного анализа должны доказать, что резьбы с относительным радиальным смещением менее 10 % минимального нахлеста резьбы отвечают требованиям KD-623 и KD-624. Резьбы с относительным радиальным смещением более 10 % не подлежат эксплуатации.

KD-626 Длина сцепления

Длина сцепления принимается минимальной тогда, когда она находится в пределах допусков по чертежам, при которых не допускается неполная резьба.

(a) Соединения, передающие нагрузки на резьбы в резьбовых отверстиях, должны отвечать требованиям KD-626(b). Сосуд или цельная сварная сборная конструкция должны иметь на корпусе плоскую, полученную механической обработкой поверхность для установки соединительной деталию.

(b) В местах с резьбовыми отверстиями резьбы должны быть полными и чистыми, а длина сцепления должна быть не менее, а лучше более d_s или

$$0,75d_s \left[\frac{S_y \text{ материала шпильки при расчетной температуре}}{S_y \text{ материала резьбы при расчетной температуре}} \right]$$

в котором d_s является диаметром впадины профиля резьбы шпильки.

KD-627 Анализ механики усталости и излома

(a) За исключением разрешающих указаний в KD-100(c), для всех резьбовых соединений требуется анализ усталости в соответствии со Статьей KD-3 или анализ механики излома в соответствии со Статьей KD-4.

(b) Расчет усталости резьбового соединения производится теми же методами, которые применяются для любой другой конструкции, на которую оказывается циклическое давление.

(c) Анализ должны подлежать напряжения, развиваемые ожидаемыми нагрузками. Коэффициент снижения усталостной прочности должен быть не меньше 4,0, пока не будет продемонстрирован результат анализа или испытания свидетельствующий о том, что нижняя величина является приемлемой.

(d) Гайки по стандартам Американского национального института стандартов (ANSI), изготовленные из материалов, разрешенных данным Разделом, не требуют анализа на усталость. Сопряжение внутренних резьб со шпилькой или болтом не требует анализа усталости на болтовые нагрузки. Однако следует учитывать влияние врезаний внутренней резьбы на номинальные первичные плюс вторичные напряжения, возникающие на элементе с внутренней резьбой.

KD-628 Нарезание резьбы на шпильки и их механическая обработка

На шпильке должна быть нарезана резьба по всей длине или они должны быть обработаны механическим способом до внутреннего диаметра

резьбы на участке без нарезки резьбы. Участки с нарезанной резьбой должны иметь, по крайней мере, длину, превышающую в $1\frac{1}{2}$ раза номинальный диаметр, до тех пор, пока результатами анализа (см. KD-623 – KD-627) не будет доказано, что надлежащее сцепление резьбы достигается более короткой длиной резьбы.

Шпильки длиной более восьми диаметров могут иметь ненарезанный участок диаметром, равным номинальному диаметру резьбы, при условии выполнения следующих требований:

(a) шпилька должна быть обработана до внутреннего диаметра резьбы на участке с минимальной длиной 0,5 диаметра, смежном с нарезанным участком;

(b) между участком с внутренним диаметром резьбы и участком с полным диаметром должен быть предусмотрен подходящий переход;

(c) резьбы должны быть типа «V», при этом минимальный радиус внутреннего диаметра резьбы должен быть по отношению к шагу не меньше, чем в 0,08 раза;

(d) радиус скругления углового шва на конце тела болта (шпильки) должен быть таким, чтобы отношение этого радиуса к диаметру тела болта не было меньше 0,060 дюйма (1,5 (мм)).

KD-629 Специальные резьбы, спаренные муфтой соединения, и другие оригинальные соединения

Соединения раструбного, безраструбного и сжатого типа не разрешаются для применения их к трубам.

Механические соединения, на которые не существует стандартов, и другие оригинальные соединения могут использоваться при условии выполнения требований KD-629(a), (b), и (c).

(a) Предусматривается обеспечение отделения соединений друг от друга при подаче всех эксплуатационных нагрузок.

(b) Прототипное соединение должно подвергаться испытаниям на технические характеристики для установления его безопасности при имитации эксплуатационных нагрузок в соответствии со Статьей KD-12. В данные испытания следует включить соответствующие нагрузки, если предполагается проверка вибрации, усталости, циклических условий, низкой температуры, теплового расширения или гидравлического удара.

(c) Во избежание роста давления, вызванного случайным или намеренным расширением зон вторичного уплотнения снаружи от назначенной уплотняющей поверхности (например, резьб), должны быть предусмотрены воздушные коридоры.

KD-630 НЕСУЩИЙ НАГРУЗКИ КОРПУС С ОДНОРЕЗЬБОВЫМИ ТОРЦЕВЫМИ ЗАТВОРАМИ

Из-за наличия большого числа переменных, и для того, чтобы не ограничивать новаторские проекты, подробные правила сведены до минимума. Как в статическом, так и в усталостном анализе затвора должны быть учтены влияния суммарной нагрузки, которой создается сопротивление, число резьб, форма резьбы, относительная жесткость сопрягаемых частей, а также трение. Напряжения могут быть сведены до минимума, посредством нанесения прочностных надрезов перед первыми витками резьбы и создания гибкости в сопрягаемых частях для обеспечения равномерности резьбовых нагрузок.

KD-631 Напряжения в сосудах на резьбах

Конструктор должен определить зону резьбового затвора, где напряжение имеет максимальную интенсивность. Это обычно участок на внутреннем диаметре резьбы, нагружаемой наиболее сильно. Расчет интенсивности такой нагрузки требует принятия во внимание действительной резьбовой нагрузки, коэффициента концентрации напряжения из-за формы резьбы (в особенности, внутренний радиус резьбы), напряжения резьбы на изгиб и мембранное и изгибное напряжение в сосуде в зоне резьбы.

KD-631.1 Продольные напряжения при изгибе. Первичное продольное изгибное напряжение в сосуде в области первого витка резьбы должно приниматься как втрое превышающее значение первичного продольного мембранного напряжения, до тех пор, пока не будет доказано с помощью анализа или испытания, что приемлемо более низкое значение.

KD-631.2 Касательное напряжение по окружности. Касательные напряжения по окружности в значительной степени подвержены влиянию расстояния до уплотнения для повышенного давления. Касательные напряжения по окружности в сосуде в зоне первого витка резьбы должны рассматриваться по отношению к цилиндру и вычисляться уравнением в Статье KD-2 до тех пор, пока не будет доказано с помощью анализа или испытания, что приемлемо более низкое значение. Кроме того, касательные напряжения по окружности должны включаться по причине результирующей радиальной нагрузки на резьбах.

KD-631.3 Распределение нагрузки резьбы. В целом, резьбы не держат концевой нагрузки равномерно. Конструктор должен определить распределение резьбовой нагрузки. См. E-200.

KD-631.4 Анализ механики разрушения. Анализ механики разрушения должен производиться в соответствии со Статьей KD-4. Данный анализ должен включать как минимум комбинированные воздействия изгиба на резьбу, а также корпусные мембранные и изгибные напряжения.

KD-631.5 Прогрессирующая деформация. Ввинчиваемые затворы и заглушки представляют собой примеры отдельно устанавливаемых соединений, которые могут подвергаться повреждению со стороны раструба или других типов прогрессирующей деформации. Подобные соединения могут подвергаться пластическим деформациям, что вызывает прогрессирующее расцепление сопрягаемых элементов. См. KD-210(e)(9).

KD-631.6 Прерывистые резьбы. Закрытия, в которых применяются прерывистые резьбы, могут рассматриваться как закрытия с непрерывными резьбами при условии, что для результирующих напряжений применяется множитель. Множитель представляет собой отношение непрерывной длины окружной резьбы к длине прерывистой резьбы. Длина контакта, применяемая при расчете распределения напряжения для прерывистой резьбы, может быть меньше, чем длина резьбы, из-за профиля резьбовых концов.

KD-632 Специальные закрытия и материалы

Резьбовые соединения, на которые не существует стандартов, могут использоваться при условии выполнения требований KD-632(a), (b) и (c).

(a) Расчет предохраняет части закрытия от разделения при всех эксплуатационных условиях, указанных в Технических нормах проектирования.

(b) Закрытие анализируется в соответствии с правилами, изложенными в Статьях KD-2, KD-3, и KD-4, или прототип должен быть рассчитан в соответствии с правилами Статьи KD-12.

(c) Для частей, где невозможно или не практикуется измерение предела текучести после окончательной обработки, максимальное допустимое напряжение растяжения при расчетном давлении должно составлять $\frac{1}{3}$ от предела прочности при расчетной температуре, до тех пор пока окончательная обработка не окажет отрицательного воздействия на предел прочности.

KD-640 ПЛОСКИЕ ЦЕЛЬНЫЕ ДНИЩА

07

Плоские днища должны отвечать расчетным критериям в KD-240, если нет иных указаний в KD-230.

Указания по расчету цельных днищ (глухих днищ) приведены в E-100.

KD-650 БЫСТРОДЕЙСТВУЮЩИЕ ЗАКРЫТИЯ**KD-651 Общие расчетные требования**

Быстродействующие закрытия должны проектироваться и устанавливаться таким образом, чтобы при визуальном внешнем осмотре можно было убедиться в исправном состоянии фиксирующих элементов и в полном зацеплении запорных устройств в закрытом положении. В качестве альтернативы, для удостоверения полного зацепления могут применяться и иные средства.

KD-652 Особые расчетные требования

Быстродействующие закрытия, удерживаемые в положении прямыми запорными устройствами и полностью расцепляемые посредством частичного вращения или ограниченного движения, как самого закрытия, так и запорного механизма, а также любые автоматизированные закрытия должны рассчитываться так, чтобы отвечать следующим условиям.

(a) Закрытие и фиксирующие его элементы полностью блокируются в заданном рабочем положении, прежде чем в сосуде создано давление.

(b) Давление, имеющее тенденцию к открыванию закрытия, должно сбрасываться перед расцеплением запорного механизма

(c) В расчетном анализе должен применяться коэффициент трения, меньший или равный 0,02.

KD-652.1 Допустимые расчетные отклонения для закрытий с ручным управлением.

Быстродействующие закрытия, которые удерживаются в рабочем положении с помощью запорного устройства или запорного механизма, требующих ручного управления и спроектированных так, что утечка содержимого сосуда будет происходить до разъединения запирающих элементов и освобождения затвора, не должны удовлетворять требованиям KD-652(a), (b) и (c). Однако такие закрытия должны быть оснащены

звуковым и/или визуальным сигнальным устройством, которое будет предупреждать оператора о наличии давления в сосуде, прежде, чем произойдет полное запирающее закрытие и фиксирующих элементов в предназначенном для работы положении, а также о попытке привести в действие запорный механизм или устройство до того, как сброшено давление внутри сосуда.

KD-652.2 Хомуты. Хомуты или рамы должны отвечать всем требованиям данного Раздела.

KD-653 Требуемые устройства индикации давления

Все сосуды, оснащенные быстродействующими закрытиями, должны иметь приборы-указатели давления, показания которых хорошо видны с рабочего места оператора.

KD-660 ТРЕБОВАНИЯ ДЛЯ ЗАКРЫТИЙ И УПЛОТНЕНИЙ

Требование по герметичности уплотнения является наиважнейшим в закрытиях, установленных на сосудах высокого давления. Это обусловлено тем, что даже небольшие протечки ведут к разрушающему (повреждающему) эффекту поверхностей уплотнения, и эти протечки могут быстро развиваться до более опасных масштабов.

KD-661 Требования к закрытиям

(a) В конструкции закрытия на случай неисправности уплотнения следует предусмотреть адекватный подвод воздуха.

(b) Влияние объемного расширения, деформации или их комбинации на детали закрытия при всех ожидаемых условиях давления и температуры не должны привести к увеличению зазоров в уплотнении, превышающих значения, необходимые для сохранения уплотняющего элемента.

KD-662 Требования к уплотняющим элементам

Выбранный материал должен быть совместим со всеми практикуемыми процессами и условиями окружающей среды, такими как давление, температура, коррозия, растворимость, химическая реакция и т. д., как указывается в расчетных Технических нормах потребителя на проектирование.

KD-662.1 Уплотняющие элементы, включенные в конструкцию. К материалам конструкции для уплотняющих элементов обычно не применяется Часть КМ. Технические нормы потребителя на проектирование должны либо приводить указания о требуемом материале, либо содержать достаточно информации, чтобы конструктор мог сделать правильный выбор.

KD-662.2 Безопорные металлические уплотняющие элементы. Уплотняющие элементы, сами по себе обеспечивающие требуемую прочность для удержания давления (например, коническое соединение, соединение внахлест и т. д.) должны отвечать требованиям данного Раздела.

СТАТЬЯ KD-7

РАСЧЕТНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К КРЕПЛЕНИЯМ, ОПОРАМ И К НАРУЖНЫМ, ОБОГРЕВАЮЩИМ И ОХЛАЖДАЮЩИМ КОЖУХАМ

KD-700 ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ

Требования данной Статьи, являются дополнением к требованиям, изложенным в Статьях KD-2, KD-3 и KD-4.

(a) Опоры, лапы, крепежные скобы, элементы жесткости и другие крепления могут привариваться к стенке сосуда или крепиться к нему болтами. Требуется подробный анализ механики усталости и разрушения, отвечающий требованиям Статей KD-3 или KD-4, относительно влияния всех креплений на границу давления, если применимо.

(b) Крепления должны в достаточной степени соответствовать кривизне корпуса, к которому они присоединяются.

(c) Крепления могут быть приварены к сосуду давления только в соответствии с правилами данного Раздела.

(1) Сваренные методом контактной сварки шпильки, зажимы и т. д. не используются.

(2) Некоторые приемлемые типы сварки приведены на Рис. KD-700.

(3) Все сварные швы, соединяющие детали, не работающие под давлением, с деталями, работающими под давлением, должны быть непрерывными и иметь полное проплавление; см. KF-220(c).

(d) Крепления могут быть приварены непосредственно к плакировочной наплавке, и в этом случае предъявляются следующие требования.

(1) Для конструкций плакировки крепления могут сопрягаться непосредственно с плакированием только в том случае, когда нагрузки, создающие первичные напряжения в сварном шве крепления не превышают 10 % величины интенсивности расчетного напряжения материала крепления или плакировки, в зависимости от того, какое из них наименьшее. При высоких нагрузках крепление должно привариваться либо непосредственно к основному металлу, либо к плакировке, полученной наплавлением шва, с запасом, достаточным для развития прочности при нагрузках первичного напряжения (участки сварного шва, не нужные для создания прочности, например, при сплошности сварного шва или уплотнении, могут привариваться непосредственно к плакировке).

(2) Для накладной облицовки крепления обычно следует присоединять непосредственно к основному металлу или к плакировке, полученной наплавлением шва. Следует провести тщательный анализ и испытания, чтобы установить адекватность и надежность кре-

пления, прежде чем присоединять любого рода крепления непосредственно к облицовке (основанием для технического решения может служить успешный опыт в случае с облицовкой сходного типа).

KD-710 МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ КРЕПЛЕНИЙ

KD-711 Крепления к деталям, находящимся под давлением

Эти крепления, привариваемые к деталям сосуда давления, должны изготавливаться из материалов, перечисленных в Части КМ. Материал и наплавленный металл шва должны быть совместимы с материалом детали, работающей под давлением. Конструктор предупреждается о том, что следует учитывать эффекты разности коэффициентов модуля упругости расширения и предела текучести между материалами при расчетной температуре.

KD-712 Небольшие крепления

Небольшие крепления определяются, как части малого размера [не более $\frac{3}{8}$ дюйма толщиной 10 мм или объемом 5 куб. дюймов (80000 мм³)], не несущие нагрузки или несущие незначительную нагрузку, которая не требуется при вычислении нагрузки конструктором, а именно, таблички, изоляционные опоры или фиксирующие лапы.

Исключая ограничения в частях KF или КМ, где не разрешается сварка, малые крепления могут изготавливаться из материалов, не приведенных в Секции II, Часть D и могут привариваться непосредственно к деталям, работающим под давлением при условии, что:

(a) материал отождествляется как отвечающий техническим характеристикам ASTM и годится для сварки;

(b) материал крепления и деталь, работающая под давлением, являются совместимыми для сварки;

(c) сварные швы подвергаются послесварочной термообработке, если это требуется в Части KF.

KD-720 СВАРНЫЕ ШВЫ, ПРИСОЕДИНЯЮЩИЕ ДЕТАЛИ, НЕ РАБОТАЮЩИЕ ПОД ДАВЛЕНИЕМ, К ДЕТАЛЯМ, РАБОТАЮЩИМ ПОД ДАВЛЕНИЕМ

KD-721 Ограничения по местоположению

Сварные швы, присоединяющие детали, не работающие под давлением, к деталям сосуда, работающим

под давлением, должны располагаться к значительным конструкционным несплошностям не ближе, чем $(R_m t_s)^{0,5}$, где

R_m = средний радиус кривизны корпуса в зоне несплошности,

t_s = толщина корпуса.

KD-722 ТИПЫ СВАРНЫХ ШВОВ КРЕПЛЕНИЯ

Сварные швы, прикрепляющие детали, не работающие под давлением, к деталям, работающим под давлением, должны быть одного из следующих типов:

(a) шов полного проплавления¹ [см. Рис.KD-700, эскиз (с)];

(b) шов полного проплавления плюс угловой сварной шов на одной или обеих сторонах, в соответствии с Рис. KD-700, эскизы (a) и (b).

KD-723 ЗНАЧЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЙ ДЛЯ МАТЕРИАЛОВ СВАРНОГО ШВА

Прочность сварного шва крепления должна основываться на минимальной зоне сварного шва и значении интенсивности расчетного напряжения в Секции II, Часть D и критериях напряжения, показанных в Статье KD-2 для более слабого из двух соединенных материалов.

KD-724 Швы крепления — Анализ усталости

Расчеты анализа усталости в Статье KD-3 или KD-4, применяются в зависимости от более целесообразного.

KD-730 КОНСТРУКЦИЯ КРЕПЛЕНИЙ

Влияние креплений, включая наружные и внутренние соединения трубопроводов, должно учитываться при проверке на соответствие другим требованиям этого Раздела.

¹ Допускается предварительное наплавление металла шва в целях получения выступа для стыкового шва при условии, что оно подвергается контролю неразрушающим методом на бездефектность. Изготовитель должен также представить соображения по поводу термообработки этого наплавленного слоя.

KD-740 КОНСТРУКЦИЯ ОПОР

(a) Опоры сосуда должны соответствовать максимальным приложенным нагрузкам. В эти нагрузки входят давление, масса сосуда и его содержимого, нагрузки от механизмов и трубопроводов, ветровые и сейсмические нагрузки и т. д. (см. KD-2). Не требуется рассматривать ветровые и сейсмические нагрузки как действующие одновременно.

(b) Интенсивность мембранного напряжения в этой части опоры, согласно положениям данного Раздела, не должна превышать пределов, установленных в Рис. KD-240.

(c) Опоры вертикальных сосудов, оборудованные съемными донными закрытиями, должны рассчитываться таким образом, чтобы обеспечивать периодический съем донного затвора для эксплуатации или инспекции.

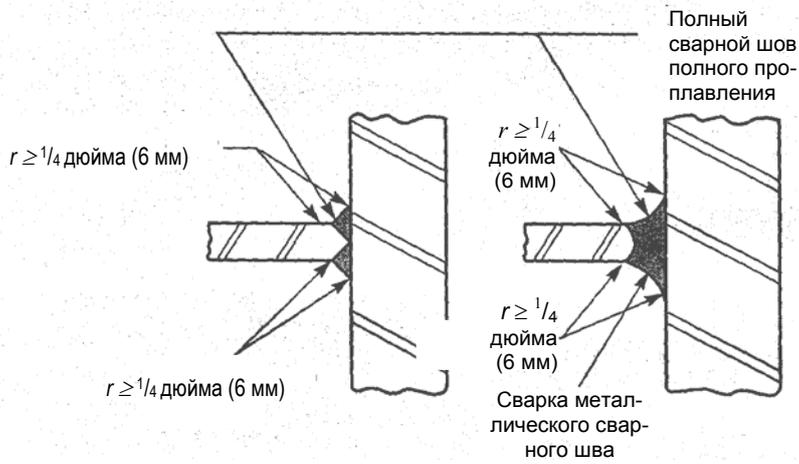
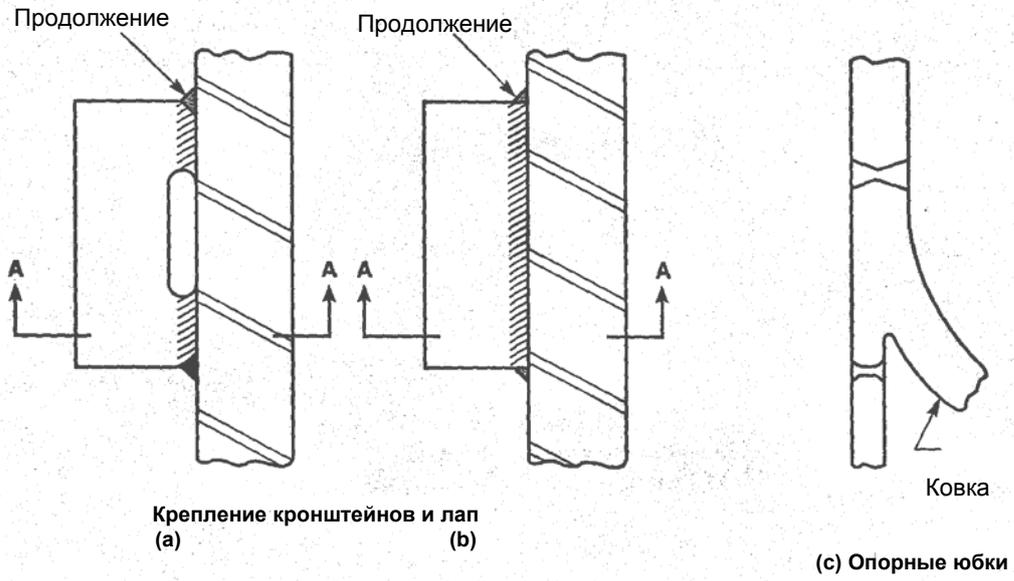
KD-750 СОСУДЫ С КОЖУХАМИ

Когда сосуд, сконструированный согласно данному Разделу, должен обеспечиваться кожухом, в целях обогрева или охлаждения, кожух должен соответствовать следующим требованиям.

(a) Часть кожуха, приваренная непосредственно к сосуду Раздела 3, должна соответствовать требованиям Раздела 3 для непосредственной сварки креплений (действительная сварка крепления и крепежный материал), как описано в Частях KF и KM. Оставшаяся часть кожуха должна соответствовать расчетным требованиям данного Раздела, Раздела 2 или Раздела 1, в соответствии с Техническими нормами потребителя на проектирование.

(b) Кожух, прикрепляемый к сосуду иначе, чем непосредственной сваркой, должен соответствовать расчетным требованиям данного Раздела, Раздела 2 или Раздела 1. Поставки из сортового проката и закрытия кожуха должны отвечать требованиям того же Раздела по материалам и изготовлению.

РИС. KD-700 НЕКОТОРЫЕ ДЕТАЛИ, ПОКАЗАТЕЛЬНЫЕ ДЛЯ СВАРКИ КРЕПЛЕНИЯ



(d) Сечение А-А

СТАТЬЯ KD-8

СПЕЦИАЛЬНЫЕ РАСЧЕТНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ ДЛЯ МНОГОСЛОЙНЫХ СОСУДОВ

KD-800 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

(a) В целях данного Раздела *многослойный сосуд* может быть определен как любой цилиндрический или сферический сосуд, состоящий из двух или более концентрических полых цилиндров или сфер, собранных таким образом, чтобы наружная поверхность каждого цилиндра или сферы находилась в контакте с внутренней поверхностью следующего большего цилиндра или сферы. Каждый отдельный цилиндр или сфера называются *слоем*.

(b) В данной Статье рассматриваются три типа многослойных конструкций сосудов:

(1) сосуды, изготовленные из кованных слоев с механической обработкой, присаженные друг к другу горячей посадкой;

(2) сосуды, изготовленные из прокатных, сварных и механически обработанных слоев, присаженных друг к другу горячей посадкой;

(3) сосуды, изготовленные из концентрически накрученных и сварных слоев.

(c) В данной Статье описываются слои и внутренние корпуса (см. KD-104), которые рассматриваются с точки зрения прочности при статической нагрузке сосуда. Вкладыши при проверке на статическую прочность не учитываются. При этом вкладыши должны отвечать требованиям KD-103.

KD-801 Расчетные критерии

(a) Статическая прочность многослойных сосудов с несущественными межслойными зазорами, отвечающими требованиям KD-810, или у которых $Q_c = 1$ (см. KD-822 и KD-824), должна определяться в соответствии с требованиями Статей KD-1 и KD-2.

(b) Уравнения, приводимые в данной Статье, основываются на анализе упругости. Однако, в случае применения сосудов с горячей посадкой, если создается добавочное предварительное напряжение вследствие нагартовки, распределение остаточных напряжений из-за местной пластической деформации должно рассчитываться в соответствии с требованиями Статьи KD-5. При определении окончательного распределения остаточных напряжений с помощью вкладыша нагартовки следует учитывать нелинейные воздействия эффекта Баушингера.

(c) Полезное распределение остаточных напряжений в сосудах, собранных методом горячей посадки, должно рассчитываться согласно правилам в KD-810. В случае применения сосуда, собранного методом горячей посадки, полезные влияния остаточного напряжения

должны учитываться только в анализе, содержащемся в Статьях KD-3 и KD-4 для тех участков сосуда, которые не входят в зону сварного шва или в зону термического влияния сварного шва.

(d) Сварные многослойные сосуды с концентрической накруткой должны рассматриваться как моноблочные сосуды, за исключением того, что радиальные и касательные окружные напряжения должны рассчитываться с поправками на эффекты промежуточных межслойных зазоров. Правила расчета данных напряжений приводятся в KD-820. Полезные эффекты, возникающие вследствие остаточных напряжений сжатия, не должны приниматься во внимание при усталостном анализе указанных типов сосудов.

KD-802 Условные обозначения

D = диаметр в любой точке стенки, дюйм (мм)

D_I = диаметр внутренней поверхности самого внутреннего слоя, дюйм (мм)

D_{if} = диаметр переходного участка между слоями, дюйм (мм)

D_n = диаметр наружной поверхности слоя n , дюйм (мм)

D_o = диаметр наружной поверхности самого внешнего слоя, дюйм (мм)

E = модуль упругости, тыс. фунтов/кв. дюйм (МПа)

E_I = модуль упругости внутреннего слоя, тыс. фунтов/кв. дюйм (МПа)

E_n = модуль упругости n -ного слоя, тыс. фунтов/кв. дюйм (МПа)

E_o = модуль упругости внешнего слоя, тыс. фунтов/кв. дюйм (МПа)

F_c = расчетный фактор кругового расширения допустимых зазоров между слоями

K = номер слоя, чей диаметр D находится в пределах

N = общее число слоев

P = давление, фунт/кв. дюйм (МПа)

P_{if} = давление переходного слоя между слоями горячей посадки, тыс. фунтов/кв. дюйм (МПа)

P_n = давление между слоями n и $n + 1$, вызванное взаимным влиянием слоев, тыс. фунтов/кв. дюйм (МПа)

P_t = внутреннее испытательное давление, тыс. фунтов/кв. дюйм (МПа)

Q_c = соотношение измеренного окружного смещения при гидравлическом испытании и расчетного значения сосуда с нулевыми зазорами

Y = D_o/D_I

Y_i = соотношение внешнего и внутреннего диаметров внутреннего слоя

Y_o = соотношение внешнего диаметра с внутренним диаметром внешнего слоя

- e_m = фактический кольцевой рост, дюйм (мм), измеряемый при давлении гидротестирования, как указано в KD-822 и KD-824
- e_{th} = теоретический кольцевой рост, дюйм (мм)
- n = номер слоя, для которого должны рассчитываться напряжения
- t = общая толщина, дюйм (мм)
- t_n = толщина слоя n , дюйм (мм)
- δ = диаметральный взаимный влияние внутреннего и внешнего слоев, только для двухкорпусных сосудов горячей посадки, дюйм (мм)
- δ_n = диаметральный взаимный влияние слоев n и $n + 1$, дюйм; мм
- ν = коэффициент Пуассона
- ν_i = коэффициент Пуассона для внутреннего слоя
- ν_o = коэффициент Пуассона для внешнего слоя
- σ_r = составляющая радиального напряжения при радиусе r , тыс. фунтов/кв.дюйм (МПа)
- σ_{rr} = радиальные остаточные напряжения, тыс. фунтов/кв.дюйм (МПа)
- σ_t = составляющая касательного напряжения при радиусе r , тыс. фунтов/кв.дюйм (МПа)
- σ_{tr} = касательные остаточные напряжения, тыс. фунтов/кв.дюйм (МПа)

KD-810 ПРАВИЛА ДЛЯ МНОГОСЛОЙНЫХ СОСУДОВ ГОРЯЧЕЙ ПОСАДКИ

(a) Конструкции данного типа отличаются от сосудов с концентрической накруткой и сварными слоями тем, что каждый уровень изготовлен отдельно и механически обработан так, чтобы вызвать взаимное давление в собранном многослойном сосуде. Изготовление и сборка цилиндрических слоев должны выполняться таким образом, чтобы распределение взаимных напряжений во всех слоях можно было определить с точностью до $\pm 10\%$. Документация по процессам изготовления и сборки должна анализироваться инженером-консультантом, подписывающим Отчет изготовителя о проекте, с целью проверки фактического распределения нагрузки в готовом сосуде.

(b) Конечное остаточное напряжение должно быть рассчитано и не должно превышать предела текучести ни в одном из слоев при любом диаметре из-за взаимных влияний, за исключением нагартованных вкладышей [см. KD-810(c)].

(c) Остаточные напряжения после посадки с натягом должны комбинироваться с другими остаточными напряжениями, возникшими во время изготовления или сборки на слоях или в готовом сосуде. См. KD-801(a) и (b). Также можно использовать данные пластического анализа, проведенного в соответствии с требованиями KD-230.

(d) Должно учитываться любое снижение предела текучести или релаксация распределения остаточных напряжений вследствие подъема температуры во время горячей посадки или в результате сварки.

(e) В KD-811 приводятся правила для сосудов, состоящих из двух слоев, а в KD-812 — правила, касающиеся сосудов, состоящих более двух слоев.

(f) Для сосудов с горячей посадкой из двух или более слоев Конструктор может допустить режим протечки перед разрывом, если выполнены все следующие условия:

(1) Быстрое хрупкое разрушение одного или более внутренних слоев не затрагивает части и один или более внешних слоев остаются неповрежденными.

(2) Концевые уплотнения не повреждены и на месте.

(3) Расчетное давление смятия неповрежденной границы сосуда должно составлять 120 % от проектного давления всего сосуда.

Материалы, используемые для строительства внутренних слоев, которые подвержены хрупкому разрушению, должны соответствовать требованиям ударных испытаний по Шарпи, указанным в соответствующих технических условиях к материалам, приведенным в Секции II, но не обязательно соответствовать дополнительным требованиям ударных испытаний по Шарпи, указанным в Таблице КМ-234.2(a). Все компоненты, целостность которых утверждается, должны соответствовать требованиям Таблицы КМ-234.2(a).

Здесь допускается определенная пластическая деформация. Также допускается возможность небольшой протечки сосуда и Конструктор должен учитывать, что этот вид анализа неприемлем, если сосуд наполнен чем-то опасным или смертоносным, см. KG-311.10(d).

KD-811 Конструкция, состоящая только из двух слоев

KD-811.1 Взаимное давление. Взаимное давление, создаваемое между внутренними и внешними слоями, рассчитывается следующим образом.

$$P_{if} = \frac{\delta}{D_{if}A}$$

где

$$A = \frac{1}{E_i} \left(\frac{D_i^2 + D_{if}^2}{D_{if}^2 - D_i^2} - \nu_i \right) + \frac{1}{E_o} \left(\frac{D_o^2 + D_{if}^2}{D_o^2 - D_{if}^2} + \nu_o \right)$$

Данный анализ подтверждает, что продольная сила по причине трения в переходной зоне не передается от внутреннего цилиндра к внешнему и обратно. В некоторых случаях при использовании горячей посадки могут развиваться продольные напряжения, которые будут влиять на давление переходного слоя, вызванное эффектом Пуассона. В некоторых случаях требуется более обстоятельный анализ для определения остаточных напряжений.

KD-811.2 Остаточные напряжения после горячей посадки. Остаточные напряжения в любой точке, вне зон несплошностей на внутреннем слое, $D_i \leq D \leq D_{if}$, вычисляются в этом случае по уравнениям (1) и (2):

$$\sigma_{tr} = -\frac{P_{if} \nu_i^2}{\gamma_i^2 - 1} \left(1 + \frac{D_i^2}{D^2} \right) \quad (1)$$

$$\sigma_{rr} = -\frac{P_{if} \nu_i^2}{\gamma_i^2 - 1} \left(1 - \frac{D_i^2}{D^2} \right) \quad (2)$$

и на внешнем слое, $D_{if} \leq D \leq D_o$ - по уравнениям (3) и (4);

$$\sigma_{rr} = \frac{P_{if}}{Y_o^2 - 1} \left(1 + \frac{D_o^2}{D^2} \right) \quad (3)$$

$$\sigma_{rr} = \frac{P_{if}}{Y_o^2 - 1} \left(1 - \frac{D_o^2}{D^2} \right) \quad (4)$$

где

$$Y_i = D_{if}/D_i$$

$$Y_o = D_o/D_{if}$$

KD-811.3 Окончательное распределение остаточных напряжений. Если детали сосуда содержат известные остаточные напряжения, вызванные нагартовкой перед сборкой, эти остаточные напряжения должны комбинироваться с напряжениями, определяемыми по уравнениям (1)–(4), приведенным выше для определения окончательного распределения остаточных напряжений после сборки; см. KD-801(a) и (b).

KD-812 Конструкция, состоящая из более чем двух слоев

Для тех случаев, когда сосуды состоят более чем из двух слоев, собранных с переходным слоем, следует придерживаться следующей последовательности действий.

(a) Следует собрать первые два слоя и рассчитать остаточные напряжения согласно KD-811.

(b) Следует определить взаимные влияния данной сборки со следующим слоем и рассчитать полученные остаточные напряжения, как если бы первые два слоя являлись единым слоем. Если первые два слоя не имеют одинакового модуля упругости, следует использовать соответствующее составное значение.

(c) Следует добавить напряжения, рассчитанные согласно KD-812(b), к напряжениям, рассчитанным согласно KD-812(a) и определить общее распределение остаточных напряжений в полученной сборке. Эта процедура может повторяться для любого количества последовательных слоев.

(d) Уравнения для расчета линейного распределения эластичных напряжений в многослойном цилиндрическом сосуде приведены ниже (см. Рис. KD-812).

(1) Давление на переходный слой:

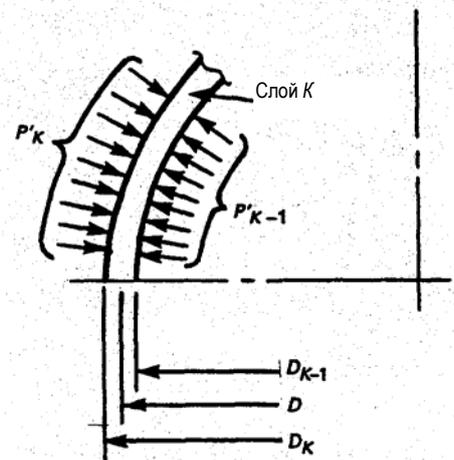
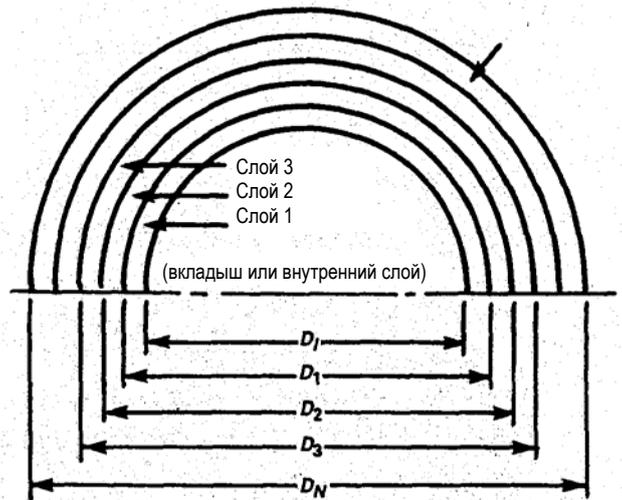
$$P_n = \frac{\delta_n E (D_n^2 - D_i^2)(D_{n+1}^2 - D_n^2)}{2D_n^3 (D_{n+1}^2 - D_i^2)}$$

(2) составляющая касательного напряжения слоя в зависимости от предварительного напряжения:

(a) для $D > D_b$, $K > 1$,

$$\sigma_r = \frac{P_{K-1} D_{K-1}^2}{D_K^2 - D_{K-1}^2} \left(\frac{D_K^2}{D^2} + 1 \right) - \left(1 + \frac{D_i^2}{D^2} \right) \sum_{n=K}^N \frac{P_n D_n^2}{D_n^2 - D_i^2}$$

РИС. KD-812 ДИАМЕТРЫ И ЧИСЛО СЛОЕВ ДЛЯ КОНЦЕНТРИЧЕСКОГО МНОГОСЛОЙНОГО ЦИЛИНДРА ГОРЯЧЕЙ ПОСАДКИ



(b) для $K = 1, D > D_I, P_{K-1} = P_I = 0,$

$$\sigma_{rr} = - \left(1 + \frac{D_I^2}{D^2} \right) \sum_{n=1}^N \frac{P_n D_n^2}{D_n^2 - D_I^2}$$

(3) составляющая радиального напряжения слоя в зависимости от предварительного напряжения:

(a) для $D > D_I, K > 1,$

$$\sigma_{rr} = - \frac{P_{K-1} D_{K-1}^2}{D_K^2 - D_{K-1}^2} \left(\frac{D_K^2}{D^2} - 1 \right) - \left(1 - \frac{D_I^2}{D^2} \right) \sum_{n=K}^N \frac{P_n D_n^2}{D_n^2 - D_I^2}$$

(b) для $K = 1, D > D_I, P_{K-1} = P_I = 0,$

$$\sigma_{rr} = - \left(1 - \frac{D_I^2}{D^2} \right) \sum_{n=1}^N \frac{P_n D_n^2}{D_n^2 - D_I^2}$$

KD-820 ПРАВИЛА ДЛЯ МНОГОСЛОЙНЫХ СОСУДОВ С КОНЦЕНТРИЧЕСКОЙ НАКРУТКОЙ И СВАРКОЙ

KD-821 Сварные слои

Правила, приведенные в KD-820, действуют только при выполнении требований параграфов (a)–(d) KD-821.

(a) Каждый слой должен иметь соотношение внешнего диаметра с внутренним не более 1.10, а минимальную толщину слоя $-1/4$ дюйма (6 мм).

(b) У всех слоев в сосуде должен быть одинаковый модуль упругости, а коэффициент Пуассона – выше расчетного диапазона температур.

(c) При анализе усталости сосуда полезные эффекты предварительного напряжения в расчет не принимаются.

(d) Влияние межслойных зазоров на напряжение, возникающее в слоях, должно рассматриваться при анализе напряжения сосуда; см. KD-822 – KD-825.

KD-822 Кольцевое расширение цилиндрических слоев

При подаче давления в многослойный цилиндрический корпус, внешняя окружность расширяется не настолько, как моноблочный сосуд тех же размеров, если все слои не находятся друг с другом в тесном контакте. Замеряя величину зазоров между слоями, рассчитывают кольцевое расширение e_{th} [см. уравнение (1)] моноблочного цилиндрического корпуса тех же размеров, и сравнивают полученную величину с фактически измеренным кольцевым расширением e_m многослойного сосуда. Это делается при давлении гидравлического испытания. Отношение фактического расширения, полученного в ходе гидроиспытания, разделенное на теоретическое гибкое расширение, полученное в ходе гидроиспытания, обозначается как Q_c [см. уравнение (2)].

$$e_{th} = \frac{P_I (2 - \nu) \pi D_O}{E(Y^2 - 1)} \quad (1)$$

Конструктор может выполнить и более тщательный анализ для расчета e_{th} , принимая во внимание концевые эффекты и сжатие.

$$Q_c = \frac{e_m}{e_{th}} \quad (2)$$

Q_c должно находиться между 0,5 и 1,0; см. KF-827.

KD-823 Расчет напряжений в цилиндрических корпусах 07

Конструктор должен принять значение Q_c , как находящееся между 0,5 и 1,0, чтобы определить распределение напряжений в сосуде. Действительное значение Q_c , измеренное в ходе гидравлического испытания, должно сообщаться конструктору для проверки того, что сосуд отвечает условиям данного Раздела. Учитывая значение Q_c , или используя измеренную величину Q_c , значение F_c , поправочного коэффициента зазора, рассчитывается с использованием уравнения (1):

$$F_c = \frac{2PD_I^2(1.0 - Q_c)}{D_O^2 - D_I^2} \quad (1)$$

Поскольку известно значение F_c для конкретного сосуда, три главных напряжения, возникающие из-за внутреннего давления, вычисляются по уравнениям (2), (3), и (4). Эти рассчитанные напряжения представляют собой первичные мембранные напряжения, используемые в KD-241, а также используются вместо рассчитанных в KD-250 для моноблочного сосуда и должны отвечать требованиям KD-242.

$$\sigma_t = \frac{PD_I^2(D_O^2 + D^2)}{D^2(D_O^2 - D_I^2)} + F_c \frac{D_O + D_I - 2D}{D_O - D_I} \quad (2)$$

$$\sigma_r = \frac{1}{D} \left\{ -PD_I + \frac{PD_I^2}{D_O^2 - D_I^2} \left[D - D_I - D_O^2 \left(\frac{1}{D} - \frac{1}{D_I} \right) \right] + \frac{F_c}{D_O - D_I} [D(D_I + D_O) - D^2 - D_O D_I] \right\} \quad (3)$$

$$\sigma_L = \frac{PD_I^2}{D_O^2 - D_I^2} \quad (4)$$

KD-824 Кольцевое расширение сварных многослойных сферических корпусов и полусферических днищ

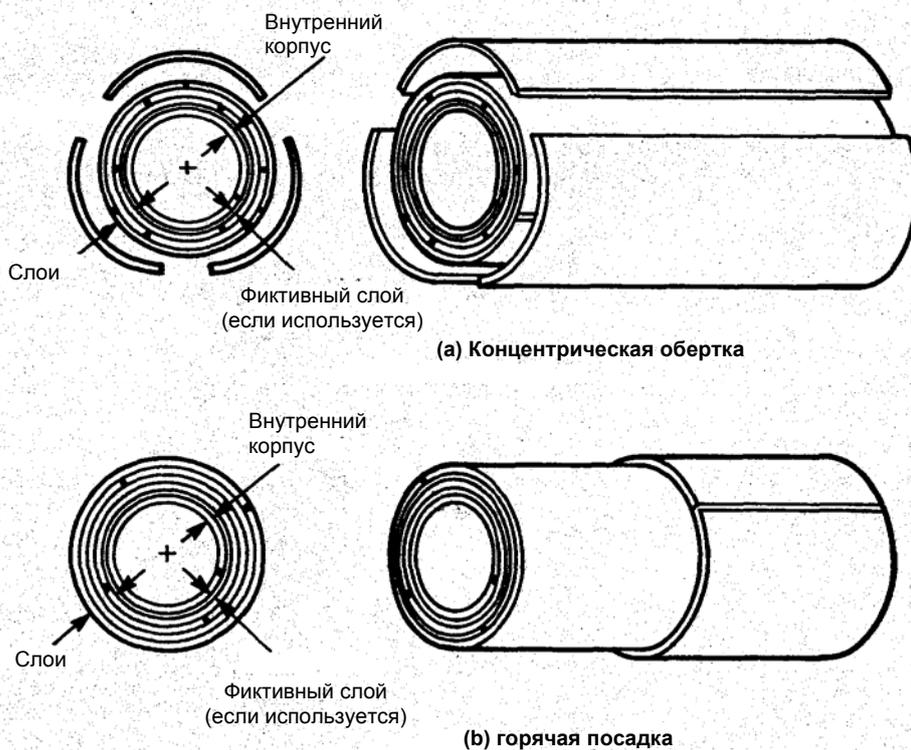
Теоретическое кольцевое расширение сферического корпуса при данном давлении e_{th} приводится в уравнении (1). Соотношение фактического кольцевого расширения в многослойном сферическом сосуде, измеренное при гидроиспытательном давлении e_m , с теоретическим расширением при таком же давлении, Q_c приводится в уравнении (2):

$$e_{th} = \frac{3P_I(1 - \nu)\pi D_O}{2E(Y^3 - 1)} \quad (1)$$

$$Q_c = \frac{e_m}{e_{th}} \quad (2)$$

Q_c должно находиться между 0,5 и 1,0; см. KF-827.

РИС. KD-830.1 ДОПУСТИМЫЕ ТИПЫ МНОГОСЛОЙНЫХ КОРПУСОВ



KD-825 Вычисление напряжения слоя в сферических корпусах и полусферических днищах, вызванное внутренним давлением

(a) Составляющая касательного напряжения слоя в зависимости от внутреннего давления

$$\sigma_t = \frac{PD_i^3(D_o^3 + 2D_i^3)}{2D^3(D_o^3 - D_i^3)} + F_c \frac{D_i + D_o - 2D}{D_o - D_i}$$

где

$$F_c = \frac{1.5D_i^3P(1.0 - Q_c)}{D_o^3 - D_i^3}$$

(b) Составляющая радиального напряжения слоя в зависимости от внутреннего давления

$$\sigma_r = \frac{1}{D^2} \left\{ -PD_i^2 + \frac{PD_i^3}{D_o^3 - D_i^3} \left[D^2 - D_i^2 - D_o^3 \left(\frac{1}{D} - \frac{1}{D_i} \right) \right] + \frac{F_c}{D_o - D_i} \left[D^2(D_i + D_o) - \frac{4D^3 - D_i^3}{3} - D_oD_i^2 \right] \right\}$$

KD-830 РАСЧЕТ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

(a) В сосудах, собранных из цилиндрических корпусов с помощью горячей посадки, все сварные швы в отдельных слоях должны быть стыковыми сварными швами Типа 1, в соответствии с требованиями

Статей KD-11, KF-2 и KF-4. Эти сварные швы должны быть отшлифованы заподлицо так, чтобы поверхность была непрерывно гладкой на всех переходных зонах между слоями, в соответствии с требованиями KD-810(a).

(b) Для сосудов, собранных путем концентрической накрутки слоев или их сварки, сварной шов на самом внутреннем слое должен относиться к стыковым сварным швам Типа 1, а сварные швы на всех других слоях – к стыковым сварным швам Типа 2. Дополнительные требования к сварке по указанным типам в KD-830(a) приводятся в Статье KF-8.

(c) Некоторые допустимые примеры сварных конструкций показаны на Рис. KD-830.1–KD-830.6.

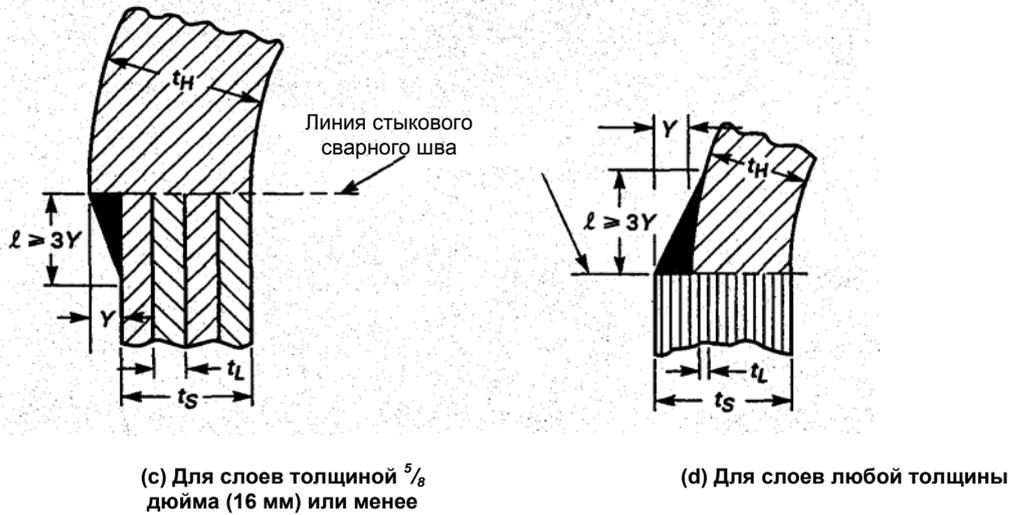
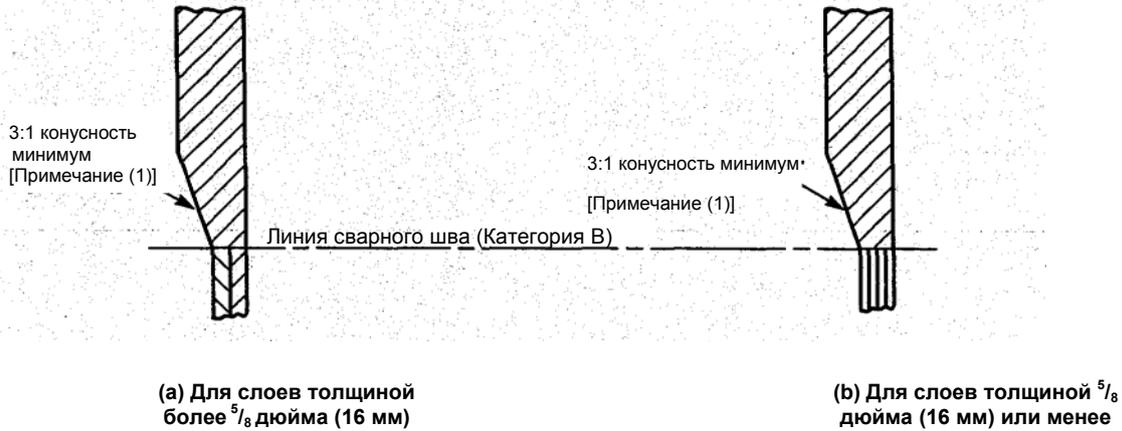
KD-840 ОТКРЫТИЯ И ИХ УСИЛЕНИЯ

Все усиления, требуемые для открытий, должны составлять одно целое с патрубками или находиться в многослойных секциях, или и то и другое. Для требуемого усиления можно использовать дополнительные готовые слои полной окружности. Усиления наплавленного типа не допускаются. См. Необязательное приложение Н.

KD-850 ОПОРЫ

Некоторые доступные опорные детали показаны на Рис. KD-850. Конструкция и подробности крепления должны соответствовать статье KD-7. Необходимо учитывать местные нагрузки, оказываемые опорами на внешние кромки.

РИС. KD-830.2 НЕКОТОРЫЕ ДОПУСТИМЫЕ КРЕПЛЕНИЯ СПЛОШНОГО МАТЕРИАЛА К МНОГОСЛОЙНОМУ



t_S = толщина многослойного корпуса
 t_L = толщина одного слоя
 t_H = толщина днища в месте соединения
 Y = смещение по оси деформации

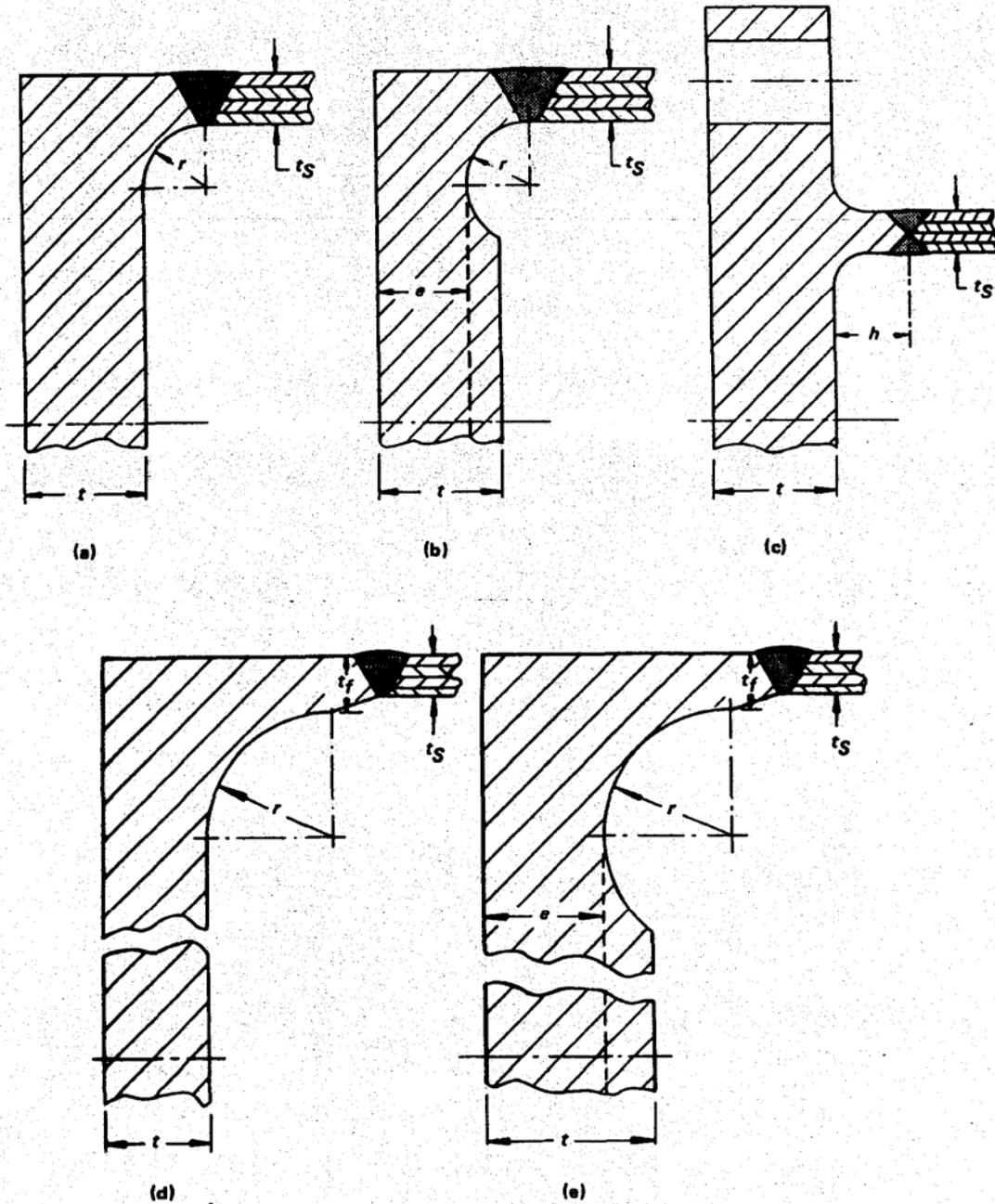
ОБЩИЕ ПРИМЕЧАНИЯ:

- (а) Фактическая толщина должна быть не меньше теоретической толщины днища.
- (б) На эскизе (с) Y не должно быть больше t_L . На эскизе (d) Y не должно быть больше $\frac{1}{2}t_S$. Во всех случаях l не должно быть меньше утроенного Y . Осевая линия корпуса может быть сдвинута в любую сторону от осевой линии днища максимум на $\frac{1}{2}(t_S - t_H)$. Длина требуемой конусности может включать ширину сварного шва

ПРИМЕЧАНИЕ:

- (1) Конусность может быть внутренней, внешней или обоудной.

РИС. KD-830.3 НЕКОТОРЫЕ ДОПУСТИМЫЕ ПЛОСКИЕ ДНИЩА СО СТУПИЦАМИ, СОЕДИНЯЮЩИМИ МНОГОСЛОЙНЫЕ КОРПУСНЫЕ СЕКЦИИ



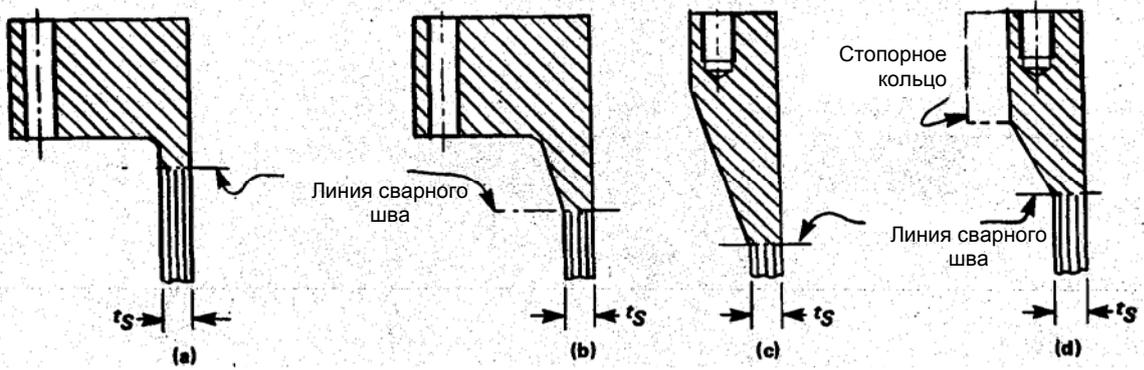
ОБЩИЕ ПРИМЕЧАНИЯ:

(a) t_s = толщина многослойного корпуса

(b) t = толщина плоского днища

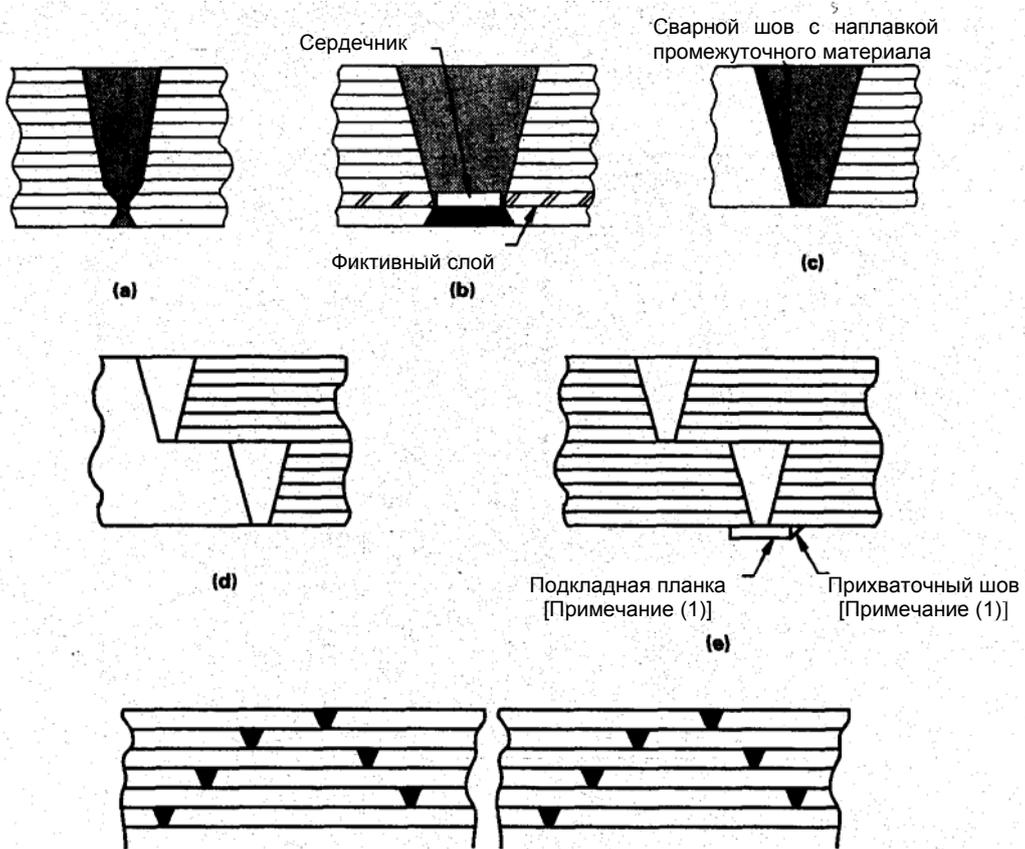
(c) Другие размеры показаны на Рис. KD-1112.

РИС. KD-830.4 НЕКОТОРЫЕ ДОПУСТИМЫЕ ФЛАНЦЫ ДЛЯ МНОГОСЛОЙНЫХ КОРПУСОВ



t_s = толщина многослойного корпуса

РИС. KD-830.5 НЕКОТОРЫЕ ДОПУСТИМЫЕ СВАРНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ МНОГОСЛОЙНЫХ С МНОГОСЛОЙНЫМИ СЕЧЕНИЯМИ И МНОГОСЛОЙНЫХ СО СПЛОШНЫМИ СЕЧЕНИЯМИ

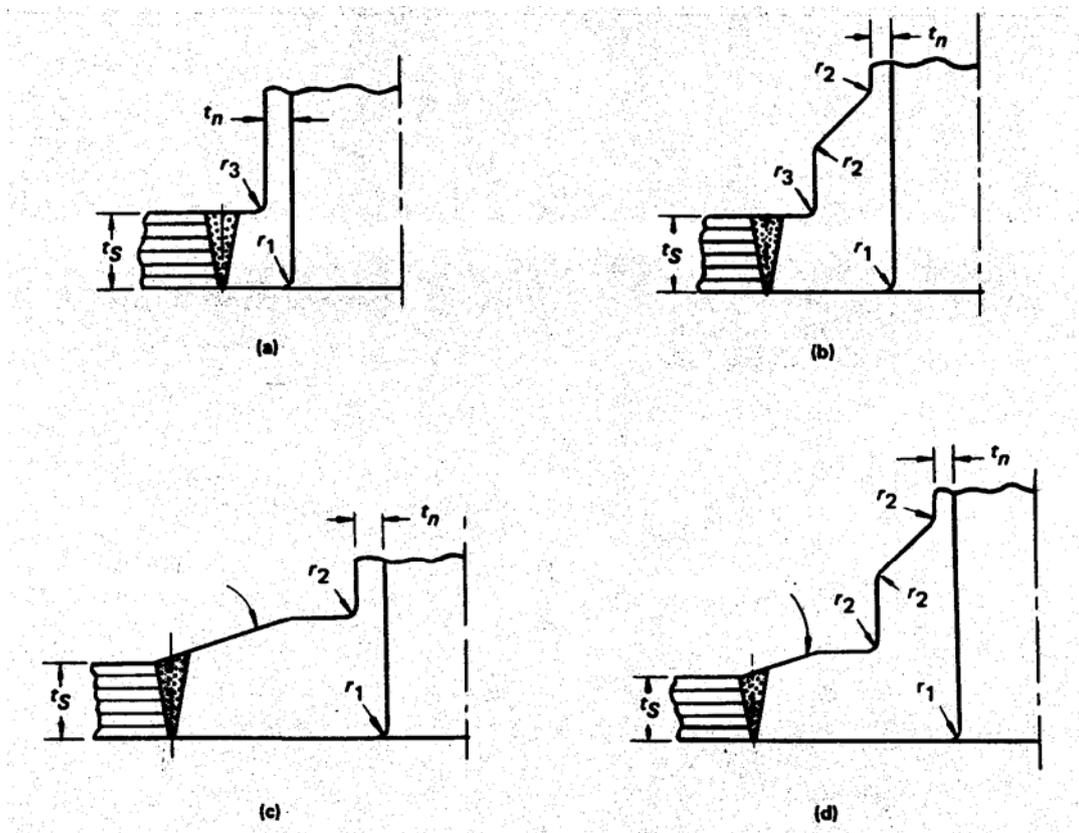


(f) Кольцевые сварные швы встык

ПРИМЕЧАНИЕ:

(1) Удаляется после сварки.

РИС. KD-830.6 НЕКОТОРЫЕ ДОПУСТИМЫЕ КРЕПЛЕНИЯ ПАТРУБКОВ
В СЕКЦИЯХ МНОГОСЛОЙНОГО КОРПУСА



t_s = толщина многослойного корпуса, дюйм

t_n = номинальная толщина стенки патрубка с наименьшим допуском на коррозию

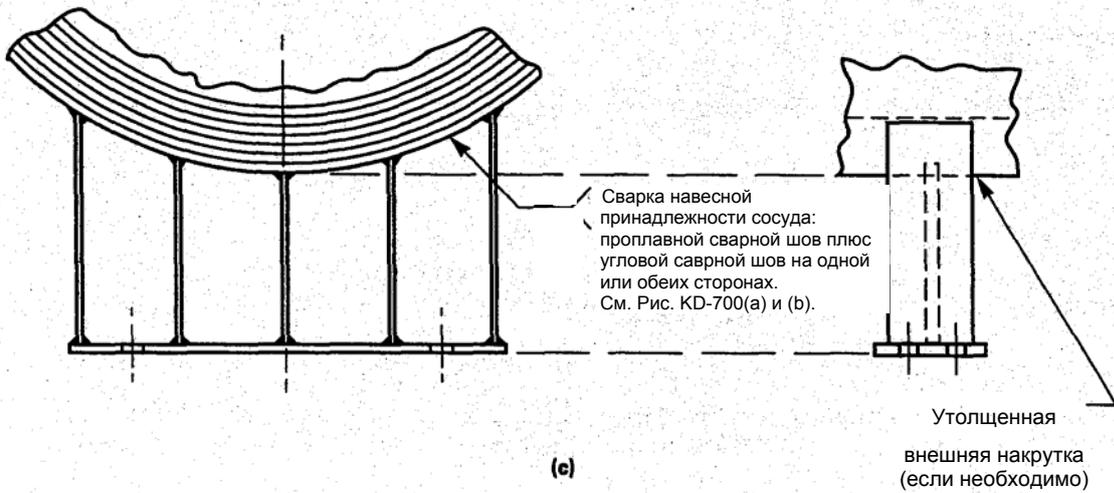
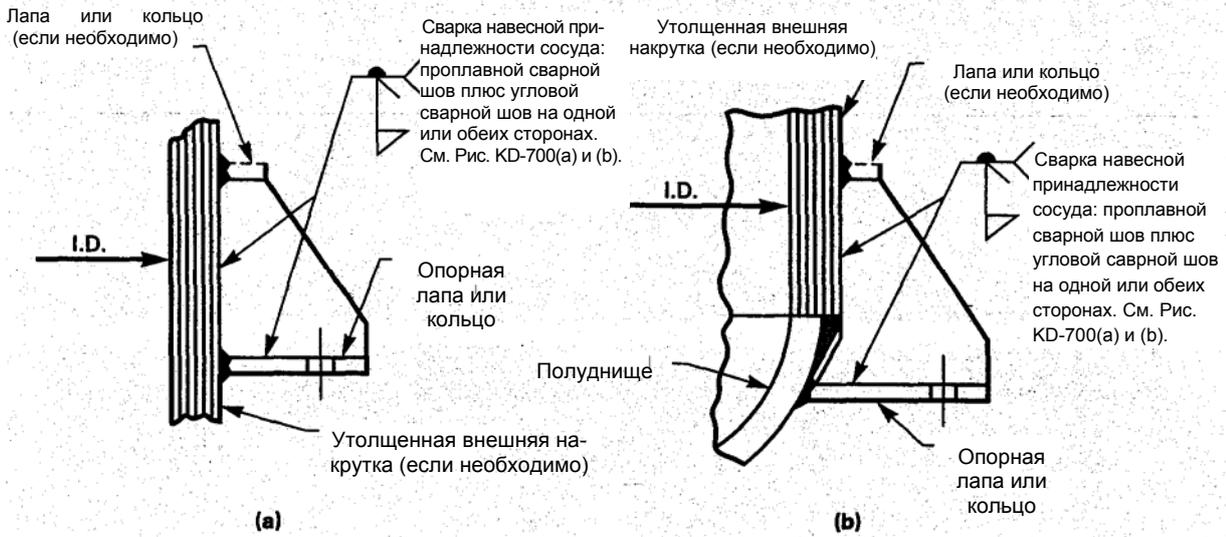
r_1 мин. = $1/4 t_n$ или $3/4$ дюйма (19 мм) в зависимости от того, что меньше

r_2 = $1/4$ дюйма (6 мм) минимум

r_3 мин. = r_1 минимум

07

РИС. KD-850 НЕКОТОРЫЕ ДОПУСТИМЫЕ ОПОРЫ ДЛЯ МНОГОСЛОЙНЫХ СОСУДОВ



СТАТЬЯ KD-9

СПЕЦИАЛЬНЫЕ РАСЧЕТНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ ДЛЯ СОСУДОВ С ПРОВОЛОЧНОЙ НАКРУТКОЙ И ДЛЯ РАМ С ПРОВОЛОЧНОЙ НАКРУТКОЙ

KD-900 ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Требования данной Статьи относятся непосредственно к сосудам давления, состоящим из внутреннего цилиндра (или нескольких внутренних цилиндров), с предварительным напряжением из-за окружающей обмотки, состоящей, по крайней мере, из десяти слоев. Обмотка состоит из проволоки, намотанной спирально от кромки до кромки с предварительным натяжением в несколько рядов и слоев вокруг наружной стороны цилиндра. Эти требования также касаются рамок с проволочной накруткой, применяемых для несения нагрузки от закрытий. См. Рис. KD-900.

Дополнительно к общим требованиям, приведенным в Статьях KD-2, KD-3 и KD-4, предъявляются также специальные требования.

KD-910 АНАЛИЗ НАПРЯЖЕНИЯ

Напряжения в сосуде, возникающие из-за внутреннего давления, должны рассчитываться в соответствии с требованиями Статей KD-1 и KD-2.

Вычисление предварительного напряжения в цилиндре должно основываться на процедуре обмотки, определяющей силу проволоки, которая должна использоваться при применении каждого обмоточного слоя (см. KF-913). Расчет должен показать уменьшение внутреннего диаметра цилиндра и остаточные напряжения во всех точках стенки сосуда, на которые наводится обмотка. Уравнения по данному расчету приведены в KD-911.

Соответствующая процедура обмотки и расчета напряжения для рамы с проволочной накруткой должны показать уменьшение контрольной длины рамы и остаточных главных напряжений на раме и на различных слоях обмотки.

Вычисленное уменьшение внутреннего диаметра и контрольной длины рамы должны определяться по интервалам и использоваться для сравнения с результатами соответствующих измерений, совершенных во время обмотки.

KD-911 Остаточные напряжения и деформации в цилиндрах, возникшие в результате плоской проволочной обмотки

Уравнения в данном параграфе действительны для плоской проволоки с квадратным сечением, намотанной от кромки до кромки. Для других форм проволоки должны быть сделаны соответствующие поправки. Принято, что обмотка выполняется при напряжении $S_w(x)$ на проволоке, и что это напряжение является функцией координаты x диаметра (см. Рис. KD-911). При применении обмоточных

слоев между $x = D_{if}$ и $x = D_w$, вводятся следующие касательные напряжения $\sigma_t(x_i)$, радиальные напряжения $\sigma_r(x_i)$, и диаметральная деформация δ при диаметре X_i внутренних цилиндров:

$$\sigma_t(x_1) = - \left[1 + \left(\frac{D_I}{x_1} \right)^2 \right] \int_{D_{if}}^{D_w} \left(\frac{x}{x^2 - D_I^2} S_w(x) \right) dx$$

$$\sigma_r(x_1) = - \left[1 - \left(\frac{D_I}{x_1} \right)^2 \right] \int_{D_{if}}^{D_w} \left(\frac{x}{x^2 - D_I^2} S_w(x) \right) dx$$

$$\delta = - \frac{2D_I}{E} \int_{D_{if}}^{D_w} \left(\frac{x}{x^2 - D_I^2} S_w(x) \right) dx$$

где

D_I = внутренний диаметр, дюйм (мм)

D_{if} = диаметр переходного участка между цилиндром и обмоткой, дюйм (мм)

D_o = внешний диаметр после завершения обмотки, дюйм (мм)

D_w = мгновенно применяемый внешний диаметр обмотки, дюйм (мм)

E = модуль упругости, тыс. фунтов/кв. дюйм (МПа)

x_1 = любой диаметр цилиндра, дюйм (мм)

x_2 = любой диаметр обмотки, дюйм (мм)

Ниже приводятся соответствующие напряжения, созданные в зоне обмотки при диаметре $x_2 (< D_w)$ обмотки:

$$\sigma_t(x_2) = S_w(x_2) - \left[1 + \left(\frac{D_I}{x_2} \right)^2 \right] \int_{x_2}^{D_w} \left(\frac{x}{x^2 - D_I^2} S_w(x) \right) dx$$

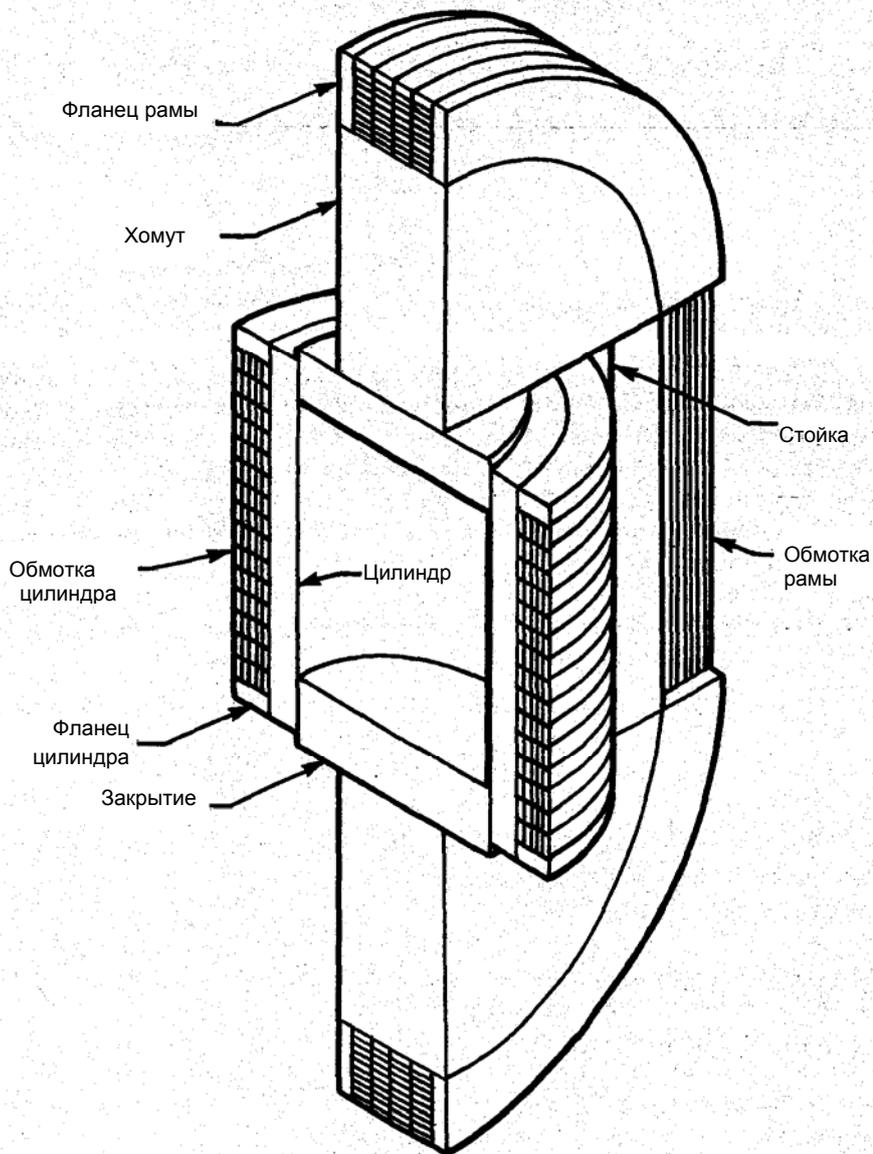
$$\sigma_r(x_2) = - \left[1 - \left(\frac{D_I}{x_2} \right)^2 \right] \int_{x_2}^{D_w} \left(\frac{x}{x^2 - D_I^2} S_w(x) \right) dx$$

Приведенные выше уравнения действительны при условии, что:

(a) угол наклона винтовой линии обмотки менее $1,0^\circ$;

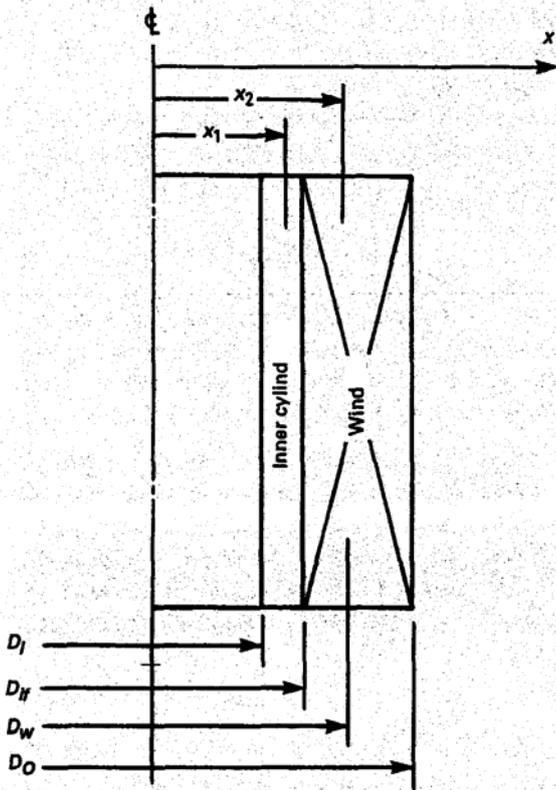
(b) максимальный зазор между проволоками в продольном направлении сосуда меньше 5 % ширины

РИС. КД-900 КОНСТРУКЦИЯ СОСУДА И РАМЫ С ПРОВОЛОЧНОЙ НАКРУТКОЙ



ОБЩЕЕ ПРИМЕЧАНИЕ: Без масштаба

РИС. KD-911 УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ ДЛЯ ЦИЛИНДРОВ С ПРОВОЛОЧНОЙ НАКРУТКОЙ



проволоки, или 0,010 дюйма (0,25 мм), в зависимости от наименьшей величины

(с) ни вкладыш, ни проволока не должны иметь текучесть. См. KD-920.

KD-912 Напряжение в рамках с проволочной накруткой

В силу большого количества возможных геометрических форм рамок, специальные уравнения здесь не приводятся. Такие рамки должны отвечать требованиям Статей KD-2, KD-3 и KD-4.

KD-920 ПРЕДЕЛЬНЫЕ ЗНАЧЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ

KD-921 Соотношение диаметров стенки сосуда

Когда используется плоская проволока с квадратным сечением, суммарное диаметральное соотношение не должно быть ниже предельного значения, приведенного в уравнении в KD-251.2. Для других форм проволоки должны быть сделаны соответствующие поправки.

07

KD-922 Предельные значения интенсивности напряжений для внутреннего(-их) цилиндра(-ов) и проволоки

При расчетных условиях средняя интенсивность напряжения по сечению каждой отдельной проволоки в любой точке обмотки не должна превышать предельного значения локального первичного мембранного напряжения, P_L , показанного на Рис. KD-240.

b) В случаях, когда соединения проволоки V-сварные (см. KF-912), соответствующая средняя интенсивность напряжений не должна превышать $2/3$ предельного локального первичного мембранного напряжения, P_L , показанного на Рис. KD-240, где S_y является пределом текучести несварного материала проволоки.

c) Расчетная интенсивность первичного-плюс-вторичного напряжений для внутреннего(-их) цилиндра(-ов) не должна превышать S_y при любом значении давления от атмосферного до расчетного и при любой установленной соответствующей температуре, или при любом значении давления от атмосферного до испытательного при испытательной температуре.

KD-923 Минимальный уровень предварительного напряжения на рамках, изготовленных из стоек и хомутов

В случае, когда рамка изготовлена из стоек и хомутов, не выполненных зацело, предварительное напряжение рамки, создаваемое обмоткой, должно быть достаточно высоким, чтобы обеспечить условия механического контакта хомутов и стоек даже при нагрузке, соответствующей 105 % давления, которое должно быть обеспечено при гидростатическом испытании (см. Статью КТ-3). Это требование должно проверяться расчетами и документироваться в Отчете изготовителя.

KD-930 ОЦЕНКА УСТАЛОСТИ

KD-931 Общие положения

(a) Расчет для определения индекса расчетных циклов должен выполняться для всех деталей сосудов и рамок с проволочной накруткой в соответствии с методами, описанными в Статье KD-140 за исключением слоев с проволочной накруткой.

В случае наличия условий окружающей среды, не охваченных отклоненной расчетной кривой усталости, изготовитель должен получить дополнительные испытательные данные по усталости.

(b) Для сосудов с проволочной накруткой Конструктор может допустить режим протечки перед разрывом, если выполнены все следующие условия, если один или более внутренних слоев подверглись быстрому хрупкому разрушению:

(1) Быстрое хрупкое разрушение одного или более внутренних слоев не затрагивает части и один или более внешних слоев остаются неповрежденными. Для этой цели все поперечное сечение проволочной обмотки считается слоем.

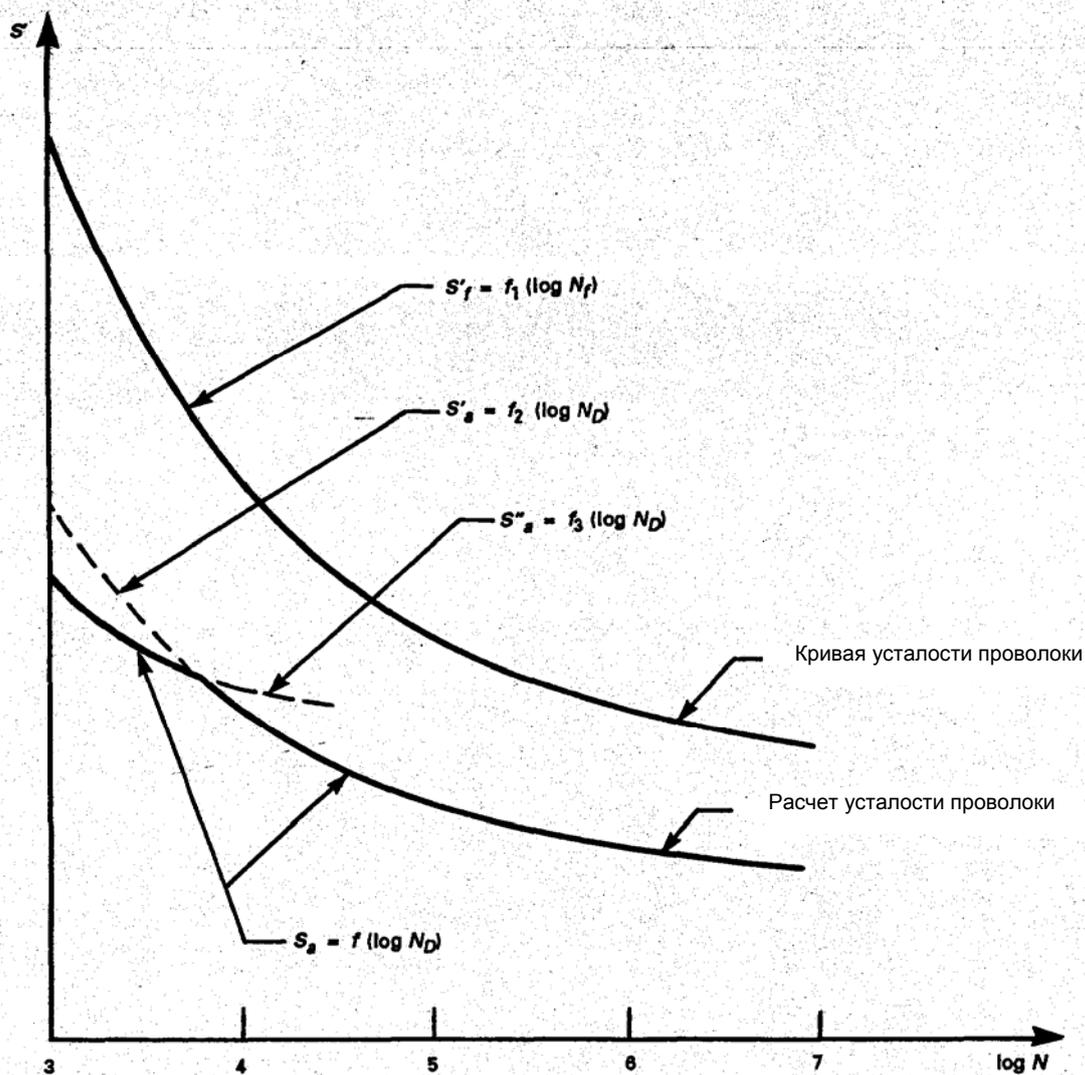
(2) Концевые уплотнения не повреждены и на месте.

(3) Расчетное давление смятия неповрежденной границы сосуда должно составлять 120 % от проектного давления всего сосуда.

Материалы, используемые для строительства внутренних слоев, которые подвержены хрупкому разрушению, должны соответствовать требованиям ударных испытаний по Шарпи, указанным в соответствующих технических условиях к материалам, приведенным в Секции II, но не обязательно соответствовать дополнительным требованиям ударных испытаний по Шарпи, указанным в Таблице КМ-234.2(a),

07

РИС. KD-932 ОТКЛОНЕНИЕ РАСЧЕТНОЙ КРИВОЙ УСТАЛОСТИ ОТ КРИВОЙ УСТАЛОСТИ ПРОВОЛОКИ



Все компоненты целостность которых утверждается, должны соответствовать требованиям Таблицы КМ-234.2(а).

Здесь допускается определенная пластическая деформация. Также допускается возможность небольшой протечки сосуда и Конструктор должен учитывать, что этот вид анализа неприемлем, если сосуд наполнен чем-то опасным или смертоносным, см. КГ-311.10(d).

KD-932 Отклонение расчетной кривой усталости для проволоки

Расчетный срок усталости N_D обмотки определяется как количество рабочих циклов с 10-процентной вероятностью того, что рассчитанная средняя дистанция между усталостными трещинами на проволоке составляет 6500 футов (1980 м). Расчетная кривая усталости для проволоки должна отклоняться, таким образом, как указано в KD-932.1–KD-932.3 (см. Рис. KD-932).

KD-932.1 Кривая усталости проволоки

Вычисление расчетного срока усталости проволоки должно основываться на кривой усталости проволоки

следующим образом.

(a) Следует провести испытания на усталость кусков проволоки с длиной, превышающей в 30 раз максимальный размер поперечного сечения, взятых из проволочных катушек, доставленных от одного изготовителя и изготовленных из материала одинакового качества и одинаковым способом, как и проволока, предназначенная к применению на сосуде или рамке.

(b) Следует выбрать среднее напряжение, при котором испытательный образец не будет подвержен вспучиванию. Следует провести все испытания на указанном среднем напряжении при всех применимых амплитудах напряжения.

(c) Следует проводить испытания как минимум на четырех уровнях амплитуды напряжения S при минимальном числе кусков проволоки, равном 6, на каждый уровень напряжения. Циклическая скорость испытания должна быть такой, чтобы провод не испытывал существенного нагрева. Следует обратить внимание на количество циклов N_f , необходимое для полного усталостного разрушения.

(d) Следует построить точки соответствующих S и N_f на полулогарифмическом графике и построить наиболее адекватную кривую $S_f = f(\log N_f)$ на основании этих точек.

(e) Следует изменить данную кривую до формы усталостной кривой проволоки $S_f' = f(\log N_f)$, выстраиваемой при нулевом среднем напряжении при помощи уравнения

$$S_f' = S_f + K_s \beta \sigma_{nm}$$

где σ_{nm} — объединенное среднее напряжение, применяемое в ходе испытания (см. KD-312.3). Значение β должно быть 0,2, если экспериментально не установлено другое. K_s рассчитывается согласно уравнению (1) в KD-932.3.

KD-932.2 Расчетная кривая усталости. Расчетная кривая усталости $S_a = f(\log N_D)$ должна отклоняться от кривой усталости проволоки, как показано в KD-932.2(a)–(c).

(a) Следует разделить величины S_f' кривой усталости проволоки на расчетный коэффициент K_s , значение которого должно определяться, как показано в уравнении (1) в KD-932.3, и построить кривую:

$$S_a' = S_f' / K_s = f_2(\log N_D)$$

(b) Следует разделить значения N_f кривой усталости проволоки на расчетный коэффициент K_N , значение которого должно определяться, как показано в уравнении (2) в KD-932.3, и построить кривую:

$$S_a'' = f_3[\log(N_f/K_N)] = f_3(\log N_D)$$

(c) Расчетная кривая усталости $S_a = f(\log N_D)$, является меньшим из двух значений S_a' или S_a'' для всех величин N_D в KD-932.2(a) и (b);

KD-932.3 Расчетные коэффициенты K_S и K_N . Значения расчетных коэффициентов K_S и K_N являются кратными коэффициентов, учитываемых при эффектах напряженной длины и разброса силы усталости по проволоке. Они должны определяться, как показано ниже:

$$K_S = K_{SL} K_{SS} \quad (1)$$

где K_{SL} — коэффициент эффекта напряженной длины, а K_{SS} — коэффициент эффекта статистической вариантности (разброса) силы усталости:

$$K_{SL} = (L_w/L_T)^{1/30} \quad (2)$$

где L_w — среднее принятое расстояние между трещинами проволоки при $N = N_D$ и вероятность трещины 10 % (см. KD-932) и L_T — длина кусков проволоки на испытаниях на усталость (см. KD-932.1). Учитывая случай, когда L_w равно 6 500 футов (1980 м) и L_T равно 8 дюймам (200 мм), в уравнении приводится $K_{SL} = 1,35$.

$$K_{SS} = 1/(1 - 1,30\bar{\Delta}s) \quad (3)$$

где $\bar{\Delta}s$ — среднее значение относительного стандартного отклонения усталостной прочности от разброса при испытании на усталость проволоочных образцов.

При вычислении значения K_{SS} , разброс усталостной прочности принимается как разброс со стандартным гауссовым распределением.

Значение 1,30 в уравнении соответствует 10 %-ной вероятности появления усталостной трещины (см. KD-932).

$$K_N = (K_S)^{4,3} \quad (4)$$

KD-933 Вычисление срока расчетной усталости обмотки

Расчетная кривая усталости, согласно KD-932, применяется при расчетах срока расчетной усталости обмотки, как описано в Статье KD-3.

СТАТЬЯ KD-10

ОСОБЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К СОСУДАМ, ИСПОЛЬЗУЕМЫМ ДЛЯ ТРАНСПОРТИРОВКИ И ХРАНЕНИЯ ГАЗООБРАЗНОГО ВОДОРОДА ПОД ВЫСОКИМ ДАВЛЕНИЕМ

KD-1000 ОБЗОР

(a) Требования данной статьи должны выполняться для всех сосудов, используемых для транспортировки и хранения газообразного водорода. Каждый элемент, находящийся под давлением, должен пройти испытание на определенный цикл усталости и соответствовать требованиям по изломостойкости, приведенным в данной статье.

Требования данной статьи являются дополнением к другим требованиям данного раздела.

(b) Требования данной статьи являются обязательными для следующих сосудов, используемых для водорода:

(b)(1) Несварные сосуды

(a) Несварные сосуды с парциальным давлением водорода, превышающим 6000 фунтов на кв. дюйм (41 МПа).

(b) Несварные сосуды, используемые для водорода, выполненные из материалов с фактической предельной прочностью на растяжение более 137 тысяч фунтов на кв. дюйм (945 МПа) (см. КМ-230 и КМ-243), при парциальном давлении водорода свыше 750 фунтов на кв. дюйм (5,2 МПа).

(b)(2) Сосуды сварной конструкции

(a) Сосуды сварной конструкции при парциальном давлении водорода свыше 2500 фунтов/кв. дюйм (17 МПа).

(b) Сосуды сварных конструкций, используемые для водорода, выполненные из материалов с фактической предельной прочностью на растяжение более 90 тысяч фунтов на кв. дюйм (620 МПа) (см. КМ-230 и КМ-243), при парциальном давлении водорода свыше 750 фунтов на кв. дюйм (5,2 МПа).

(c) Правила данной статьи применимы исключительно к материалам, перечисленным в Таблицах KCS-1 и КНА-1, и к алюминиевым сплавам 6061-T6 и 6061-T651.

KD-1001 Ограничения

(a) Расчетное давление не должно превышать 15000 фунтов на кв. дюйм (103 МПа).

(b) Максимальная расчетная температура должна быть ограничена следующим образом:

(1) Для видов углеродистой и низколегированной стали, обозначенных на рис. 1 в API RP 941, максимальная расчетная температура должна соответствовать значению на соответствующем

графике пределов рабочих параметров сосудов, используемых для водорода, на рис. 1 в API RP 941, либо быть ниже этого значения.

Для парциального давления свыше 13000 фунтов/кв. дюйм (90 МПа) до 15000 фунтов/кв. дюйм (103 МПа) включительно можно использовать график для парциального давления 13000 фунтов/кв. дюйм на Рис. 1 в API RP 941.

(2) Для аустенитных нержавеющей сталей максимальная расчетная температура должна соответствовать температуре, указанной в Таблице КНА-1.

(3) Для алюминиевых сплавов 6061-T6 и 6061-T651 максимальная расчетная температура не должна превышать 225 °F (107 °C).

(4) Для всех остальных материалов максимальная расчетная температура не должна превышать 4005 °F (205 °C).

KD-1002 Терминология

a = основное плоскостное измерение трещины, глубина трещины, дюйм (мм)

K_{Ic} = вязкость разрушения при плоской деформации, тыс. фунтов./кв. дюйм за дюйм^{1/2} (МПа-м^{1/2})

K_{IH} = пороговый коэффициент интенсивности стресса при растрескивании под воздействием водорода, тыс. фунтов/кв. дюйм за дюйм^{1/2} (МПа-м^{1/2})

l = основная ось трещины, длина трещины, дюйм (мм)

LT = испытываемый образец имеет плоскость трещины, нормаль к которой расположена в продольном направлении пластины, либо в продольном направлении изделия в виде трубы, и ожидаемое направление развития трещины поперечно основному направлению волокон, либо идет по направлению ширины пластины, либо по окружности изделия в виде трубы.

t = ширина сечения, дюйм (мм)

TL = испытываемый образец имеет плоскость трещины, нормаль к которой расположена в поперечном направлении пластины либо в поперечном направлении изделия в виде трубы, и ожидаемое направление развития трещины проходит вдоль основного направления волокон, либо по направлению длины пластины, либо по длине изделия в виде трубы.

KD-1003 Технические условия проекта Пользователя

В технических условиях проекта Пользователь должен указать, в каких случаях сосуды, изготавливаемые в соответствии с требованиями данного раздела, должны удовлетворять особым требованиям, приведенным в данной статье. (См. KG-311.)

KD-1010 ОЦЕНКА МЕХАНИКИ ТРЕЩИНООБРАЗОВАНИЯ

Проектная усталостная долговечность должна определяться путем оценки механики трещинообразования в соответствии со статьями KD-4 с учетом изменений KD-1010(a)–KD-1010(d).

(a) Критический размер трещин следует вычислять с учетом возможности образования как трещин, так и пластических деформаций, используя график оценки повреждений (FAD), описанный в Части 9 документа API RP 579, Рис. 9.20.

(b) Следует применить оценку интенсивности напряжений и соответствующие методы их снятия, представленные в API RP 579, за исключением того, что в дополнение к указанным методам снятия напряжения следует учитывать влияние давления на вершину трещины.

(c) Критическая глубина трещины должна определяться в соответствии с KD-1030(b).

(d) Скорость роста трещин и расчетное число циклов должны соответствовать статье KD-4 за исключением следующего:

(1) Коэффициенты степени увеличения трещин, указанные в Таблицах KD-430 и KD-430M, следует заменить на коэффициенты, определяемые в соответствии с правилами KD-1023.

(2) Устойчивость к образованию трещин следует определять в соответствии с KD-1021.

KD-1020 МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТРЕЩИНООБРАЗОВАНИЯ

Механические свойства трещинообразования, необходимые для анализа, следует определять в соответствии с KD-1021, KD-1022, и KD-1023.

KD-1021 Вязкость разрушения при плоской деформации, K_{IC}

(a) Значения вязкости разрушения при плоской деформации K_{IC} следует определять на наиболее толстом участке материала каждого вида термообработки, использованного при изготовлении сосуда.

Образцы для испытаний должны быть после окончательной термообработки, требуемой для изготовления сосуда (в случае ее наличия).

Испытанию подлежат по три образца из каждой из следующих зон: металл-основа, металл сварного шва и околошовные зоны, подвергшиеся нагреванию. Испытания сварных соединений (металла шва и околошовных зон) должны предоставлять данные по каждой сертифицированной технологии сварки, используемой при изготовлении сосудов. Образцы для испытаний должны проходить в направлении TL. Если взятие образцов металла сварки и околошовных швов в направлении TL невозможно, то допускается использование образцов LT. Образцы должны проходить испытания в соответствии с ASTM E 399 или E 1820 при мини-

мальной расчетной температуре металла (MDMT). Для анализа следует использовать наименьшее из измеренных значений K_{IC} .

(b) В качестве альтернативы к требованиям пункта (a) значения вязкости разрушения при плоской деформации K_{IC} можно узнать по результатам других испытаний, используя соотношения вязкости разрушения, указанные в статье D-600(a) Приложения D. Для оценки механических свойств трещинообразования следует использовать наименьшие значения, полученные в результате испытаний металла-основы, металла сварного шва и околошовных зон. (См. статью KM-2).

(c) В качестве альтернативы к требованиям пункта (a) для оценки нижней границы вязкости разрушения при плоской деформации алюминиевых сплавов 6061-T6 и 6061-T651 можно использовать испытание на растяжение образца с острым надрезом. Полученное в результате соотношение удельной прочности в трещине к пределу текучести на разрыв (NYR) должно составлять не менее 0,9, и при оценке механических свойств трещинообразования следует брать нижнюю границу вязкости разрушения $K_{IC} = 23$ тысяч кв. фунтов/дюйм^{1/2} (25 МПа·м^{1/2}). Образец для испытания на растяжение с острым надрезом должен соответствовать ASTM E 338, Рис. 3 для листовых образцов и E 602, Рис. 1 для круглых.

KD-1022 Квалификационные испытания порогового коэффициента интенсивности стресса при растрескивании под воздействием водорода, K_{IH}

(a) Целью данного испытания является квалификация материала конструкции путем испытания трех зон термообработки материала. Пороговые значения интенсивности стресса K_{IH} следует определять на наиболее толстом участке материала каждого вида термообработки. Образцы для испытаний должны быть после окончательной термообработки, требуемой для изготовления сосуда (в случае ее наличия). Испытанию подлежат по три образца из каждой из следующих зон: металл-основа, металл сварного шва и зоны, подвергшиеся нагреванию, вблизи швов, сваренных с использованием технических условий той же сертифицированной технологии сварки (WPS), что применяется при изготовлении сосудов. При изменении технологии сварки испытания сварных швов исключаются (испытывается металл-основа и околошовные зоны). Образцы для испытаний должны проходить в направлении TL. Если взятие образцов металла сварки и околошовных швов в направлении TL невозможно, то допускается использование образцов LT. Значения K_{IH} должны определяться при испытаниях по методике, описанной в KD-1040. Для анализа следует использовать наименьшее из измеренных значений K_{IH} .

(b) Значения, полученные согласно пункту (a), можно использовать и для других сосудов, изготовленных из материалов того же сорта или с теми же характеристиками, либо из материалов другого аналогичного сорта или со сходными характеристиками, имеющих тот же номинальный химический состав и прошедших такую же термообработку, если их прочность на разрыв и предел текучести не превышают значений для материалов, прошедших квалификационные испытания, более чем на 5 %. Сварные соединения должны соответствовать требованиям технических условий для технологии сварки (WPS), использованной для квалификации материалов конструкции.

KD-1023 Коэффициент усталостного увеличения трещины, da/dn

(a) Целью данного испытания является квалификация материала конструкции путем испытания трех зон каждого вида термообработки материала. Значения коэффициента распространения усталостной трещины в виде $da/dn = c (\Delta K)^m$ следует получать, используя метод испытания, описанный в KD-1050.

Данные da/dn следует получать для материалов каждого типа термообработки. Образцы для испытаний должны быть после окончательной термообработки, требуемой для изготовления сосуда (в случае ее наличия). Испытанию подлежат по три образца из каждой из следующих зон: металл-основа, металл сварного шва и околошовные зоны, подвергшиеся нагреванию. Испытания сварных соединений (металла шва и околошовных зон) должны предоставлять данные по каждой сертифицированной технологии сварки, используемой при изготовлении сосудов. Образцы для испытаний должны проходить в направлении TL. Если взятие образцов металла сварки и околошовных швов в направлении TL невозможно, то допускается использование образцов LT. Для анализа следует использовать верхнее граничное значение.

(b) Значения, полученные согласно пункту (a), можно использовать и для других сосудов, изготовленных из материалов того же сорта или с теми же характеристиками, либо из материалов другого аналогичного сорта или со сходными характеристиками, имеющих тот же номинальный химический состав и прошедших такую же термообработку, если их прочность на разрыв и предел текучести не превышают значений для материалов, прошедших квалификационные испытания, более чем на 5 %. Сварные соединения должны соответствовать требованиям технических условий для технологии сварки (WPS), использованной для квалификации материалов конструкции.

KD-1030 РАСЧЕТ УСТАЛОСТНОЙ ДОЛГОВЕЧНОСТИ

Для определения допустимой усталостной долговечности следует произвести анализ описанным ниже способом.

(a) Усталостную долговечность черных металлов не следует определять с помощью правил KD-3 или KD-12.

(b) Вычислите критическую глубину трещины при расчетном давлении как меньшую из величин K_{IC} или K_{IH} (см KD-1021 и KD-1022). Критический размер трещины должен быть не менее $0,25 t$ в глубину и $1,5 t$ в длину, где t принимается толщина сечения.

(c) Вычислите количество усталостных циклов в соответствии с требованиями статьи KD-4 и дополнений KD-1010.

(d) Сосуды, изготовленные из алюминиевых сплавов, должны соответствовать требованиям к анализу утомляемости и растрескивания, приведенным в данной статье, с тем исключением, что для алюминиевого сплава 6061-T6 нет необходимости учитывать воздействие окружающего водорода на свойства усталости и растрескивания, как описано в KD-1040 и KD-1050.

KD-1040 МЕТОДИКА ИСПЫТАНИЯ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ K_m **KD-1041 Общие сведения**

(a) Испытания следует проводить, используя соответствующие правила ASTM E 1681 и дополнительные правила, описанные в данном документе.

(b) Образец с предварительно сделанной усталостной трещиной следует подвергнуть постоянной нагрузке или нагрузке методом постоянного цикла до интенсивности стресса K_{IAPP} , определяемой пользователем на основе вычислений механических свойств трещины. В нагруженном состоянии образец следует продержать в течение заданного промежутка времени в сжатом газообразном водороде при комнатной температуре. По истечении времени испытания следует обследовать образец на предмет развития существовавшей трещины до подкритической.

(c) Если подкритический рост трещины, наблюдаемый на испытуемом образце, не превышает 0,01 дюйма (0,25 мм), то материал характеризуется как пригодный для изготовления сосудов давления с учетом требования устойчивости к возникновению трещин под воздействием водорода (НАС). Значение K_{IAPP} обозначается как K_{IH} .

(d) Если подкритический рост трещины, наблюдаемый на испытуемом образце, равен или превышает 0,01 дюйма (0,25 мм), то для определения значения K_{IH} должна использоваться процедура, описанная в ASTM E 1681, параграфы 9.2.1 и 9.2.2.

KD-1042 Терминология

НАС = Растрескивание под воздействием водорода.

K_{IAPP} = Начальный коэффициент интенсивности эластичного напряжения, тыс. кв. фунтов/дюйм за дюйм^{1/2} (МПа·м^{1/2}).

KD-1043 Форма образцов и количество испытаний

(a) Следует использовать образцы с формой, соответствующей описанию в ASTM E 1681. Толщина образцов должна быть не менее 85 % от расчетной толщины квалифицируемого материала сосуда. Образцы с толщиной менее 85 % от расчетной толщины можно использовать в том случае, если они успешно пройдут проверку пригодности, описанную в параграфе 9.3 документа ASTM E 1681.

(b) Ориентация образцов должна быть TL, как указано в ASTM E 399. При испытаниях металла сварного шва острый разрез должен быть выполнен в середине по ширине шва и проходить перпендикулярно поверхности материала. При испытаниях околошовных зон, подвергшихся нагреву, острый разрез должен быть выполнен приблизительно перпендикулярно поверхности материала и таким образом, чтобы трещина, получаемая из предварительной в результате испытания, захватывала как можно больше материала, подвергнутого нагреву.

(c) В ходе каждого испытания следует проводить серию из трех измерений.

Следует отобрать три образца на поперечное растяжение из областей, примыкающих к компактным образцам, и испытать их при комнатной температуре в соответствии с ASTM A 370. Среднее значение

по измерениям предела текучести следует использовать при проверке пригодности образцов, описанной в KD-1045(d).

KD-1044 Создание предварительной усталостной трещины

Создание предварительной усталостной трещины должно производиться в соответствии с параграфами 7.3.3–7.3.5 документа ASTM E 1681.

KD-1045 Методика испытания образцов

(a) Нагрузите испытуемый образец с предварительной усталостной трещиной до интенсивности напряжения K_{IAPP} , определенной при анализе растрескивания. Значение K_{IAPP} должно быть не менее K_{IH} , определенного при анализе растрескивания.

Образец можно подвергнуть постоянной нагрузке или нагрузке постоянного цикла.

(b) Метод постоянного цикла

(1) Необходимо определить K_{IH} на основе подкритичного увеличения трещины при усталостном испытании предварительной трещины (ASTM E 1681, параграф 9.2.2). Если подкритичное увеличение трещины не наблюдается (см. KD-1047(c)), то K_{IAPP} полагается равным нижнему граничному значению K_{IH} .

(2) При определении K_{IH} приподкритичном увеличении трещины отношение окончательной длины трещины (a) к ширине образца (W) не должно превышать 0,65.

(c) *Метод постоянной нагрузки.* Следует соблюдать все соответствующие правила ASTM E 1681.

(d) Все образцы должны соответствовать требованиям пригодности, приведенным в параграфе 9.3 документа ASTM E 1681.

KD-1046 Методика испытания

(a) Поместите образцы в камеру высокого давления для испытаний.

(b) Откачайте воздух из камеры для устранения следов влаги, абсорбированной стенами. Для улучшения результатов очистки можно очистить испытательный газ перед тем, как закачать его вакуумным насосом.

(c) Доведите давление газообразного водорода в камере до значения, равного или превышающего расчетное давление сосуда.

(d) По окончании испытания измерьте состав водородного газа. Газ должен соответствовать следующим предельным значениям примесей: $O_2 < 1 \%$, $CO_2 < 1 \%$, $CO < 1 \%$ и $H_2O < 3 \%$. Как правило, такие показатели по примесям достигаются при подаче газа с составом 99.9999 % водорода.

(e) Образцы ферритных сталей (см. Табл. KCS-1) и мартенситных нержавеющих сталей (см. Табл. KHA-1) следует подвергать в ходе испытания постоянной нагрузке или постоянному циклу в течение минимум 1000 часов при комнатной температуре. Для аустенитной нержавеющей стали продолжительность испытания должна быть не менее 5000 часов.

(f) Во время испытания оксиды на поверхности предварительной трещины могут ингибировать внедрение водорода в материал. Влияния оксидов можно избежать путем приложения K_{IAPP} в окружающем водородном газе при испытаниях постоянной нагрузкой (см. KD-1045). При испытаниях циклом нагрузки образец и камеру испытания следует разместить в шкафу для работы с опасными веществами

с инертной атмосферой, содержащей $< 5 \%$ O_2 и $< 50 \%$ H_2O . После размещения в испытательной камере компактных образцов с нагрузкой на болты нет необходимости держать испытательную камеру в шкафу для работы с опасными веществами в течение указанного времени испытания.

KD-1047 Исследование увеличения трещины

(a) По истечении указанного времени испытания разгрузите образец и отметьте увеличение трещины под воздействием водорода (HAC), используя один из следующих методов:

(1) Окраска путем нагрева образца до $570 \text{ }^\circ\text{F}$ ($300 \text{ }^\circ\text{C}$) в течение 30 минут.

(2) Циклическая усталостная нагрузка при максимальном коэффициенте интенсивности напряжения, не превышающем $0,6 K_{IAPP}$. Увеличьте трещину минимум на 1 мм.

(b) Измерьте рост трещины с помощью сканирующего электронного микроскопа. Измерения должны производиться перпендикулярно предварительной трещине в точках 25 % B, 50 % B и 75 % B, где B – ширина образца. Вычислите среднее из этих трех значений.

(c) Если среднее увеличение трещины согласно замерам не превышает 0,01 дюйма (0,24 мм), то образец успешно прошел испытание. Значение K_{IH} данного материала равно K_{IAPP} .

(d) Оцените протяженность подкритического увеличения трещины и определите K_{IH} в соответствии с параграфами 9.2.1 и 9.2.2 документа ASTM E 1681 и KD-1045.

KD-1048 Квалификация материала сосуда

(a) Если все образцы успешно проходят испытания, то материал квалифицируется по максимальной прочности на разрыв, равной средней по трем значениям прочности на разрыв, полученным в ходе выполнения KD-1043(d).

(b) Если ограничительное требование по пригодности, описанное в KD-1045(d), не выполняется, то материал является пригодным при толщине стенки сосуда до расчетной. [См. KD-1043(a)].

KD-1049 Записи

Информация, описанная в параграфе 10 документа ASTM E 1681, должна быть зафиксирована. Записи должны содержать отметки о том, соблюдены ли критерии пригодности, а также микроснимки сканирующего электронного микроскопа согласно KD-1047(b). Записи должны быть переданы на постоянное хранение как подтверждение того, что материал сосудов прошел испытания и признан приемлемым.

KD-1050 ИСПЫТАНИЯ СТЕПЕНИ УСТАЛОСТНОГО УВЕЛИЧЕНИЯ ТРЕЩИН

KD-1051 Метод испытания для определения коэффициента усталостного увеличения трещины

Данный метод испытания предназначен для измерения коэффициента усталостного увеличения трещины при заданном давлении в газообразном водороде в виде соотношения $da/dn = c(\Delta K)^m$.

KD-1052 Испытания для определения коэффициента усталостного увеличения трещины

Испытание следует проводить в соответствии со всеми применимыми правилами документа ASTM E 647 при комнатной температуре в газообразном водороде под давлением не менее расчетного давления сосуда.

KD-1053 Форма образцов и количество испытаний

(a) Толщина образцов должна быть не менее 85 % от расчетной толщины квалифицируемого материала сосуда. Образцы с толщиной менее 85 % от расчетной толщины можно использовать в том случае, если они успешно пройдут проверку пригодности, описанную в документе ASTM E 647.

(b) Образцы должны располагаться в направлении TL, как указано в ASTM E 399. При испытаниях металла сварного шва острый разрез должен быть выполнен в середине по ширине шва и проходить перпендикулярно поверхности материала. При испытаниях околошовных зон, подвергшихся нагреву, острый разрез должен быть выполнен приблизительно перпендикулярно поверхности материала и таким образом, чтобы трещина, получаемая из предварительной в результате испытания, захватывала как можно больше материала, подвергшегося нагреву.

(c) В ходе испытания следует получить три значения da/dn по ΔK .

KD-1054 Методика испытания

(a) Откачайте воздух из камеры для устранения следов влаги, абсорбированной стенами. Для улучшения результатов очистки можно очистить испытательный газ перед тем, как закачать его вакуумным насосом.

(b) Доведите давление газообразного водорода в камере до значения, равного или превышающего расчетное давление сосуда.

(c) По окончании испытания измерьте состав водородного газа. Газ должен соответствовать следующим предельным значениям примесей: $O_2 < 1 \%$, $CO_2 < 1 \%$, $CO < 1 \%$ и $H_2O < 3 \%$. Как правило, такие показатели по примесям достигаются при подаче газа с составом 99,999 % водорода.

KD-1055 Частота испытаний

Частота испытания должна устанавливаться пользователем в соответствии с предполагаемыми условиями эксплуатации, однако продолжительность цикла не должна превышать 0,1 Гц.

KD-1056 Коэффициент R

Коэффициент R определяется как K_{min}/K_{max} и не обязательно должен быть менее 0,1.

KD-1057 Значение da/dn

Значение $da/dn = c(\Delta K)^m$ должно определяться для всего желаемого диапазона ΔK , используемого при анализе трещин.

KD-1058 Запись данных

Запись данных должна производиться в соответствии с разделом 10 документа ASTM E 647.

СТАТЬЯ KD-11

РАСЧЕТНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К СВАРНЫМ СОСУДАМ

KD-1100 ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Правила, содержащиеся в данной Статье, относятся к расчету сварных сосудов.

Специальные требования данной Статьи являются дополнением к общим требованиям, изложенным в Статьях KD-2, KD-3 и KD-4. Если требования данной Статьи отличаются от приведенных в KD-2, KD-3, и KD-4, они оговариваются отдельно.

KD-1101 Общие требования к сварным сосудам

Сварные сосуды (см. Часть KF) могут изготавливаться из кованных колец или других кованных изделий, таких как прокатный лист, при условии, что

(a) выполняются применимые требования по сварке, содержащиеся в данном Разделе, а также положения Секции IX ASME и Квалификационных оценок сварки и пайки;

(b) все сварные швы отвечают требованиям по изготовлению и проверке, содержащимся в Частях KF и KE;

(c) механические свойства сварного шва и зоны термического влияния должны проверяться на соответствие свойствам основного металла, указанным в Части KM, после завершения всех операций по изготовлению и термической обработке.

KD-1110 ТИПЫ ДОПУСТИМЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Все соединения, за исключением описанных в Статьях KD-7, KD-830(b), KD-1131 и KF-821(g), должны быть стыковыми соединениями Типа 1 (см. KF-221).

KD-1111 Переходные стыковые соединения

Угловое соединение с кольцевым стыковым соединением, соединяющее переход с цилиндром, должно рассматриваться как удовлетворяющее данному требованию при условии, что угол конуса относительно оси цилиндра не превышает 30°, а также как удовлетворяющее требованиям стыковых соединений Типа 1. Все требования, относящиеся к стыковым соединениям, должны распространяться на угловые соединения.

KD-1112 Кованые плоские днища с втулками для стыковых соединений

(a) Втулки для стыковых сварных швов при сварке к прилегающему корпусу, днищу или другим деталям, работающим под давлением, таким как плоские днища с втулками (см. Рис. KD-1112), не должны механически обрабатываться со стороны плоского листа.

(b) Втулки должны быть кованы так, как показано на Рис. KD-1112, что соответствует требованиям к стыковым сварным швам Типа 1.

(c) Механические свойства кованого выступа, привариваемого к корпусу, должны удовлетворять тем же требованиям, что и сам корпус. Подтверждение этого должно обеспечиваться с помощью образца для испытания на растяжение (в необходимых случаях уменьшенного размера), отобранного в указанном направлении как можно ближе к втулке.¹

(d) Высота втулки должна быть в 1,5 раза больше толщины детали под давлением, к которой приваривается втулка, или $\frac{3}{4}$ дюйма (19 мм), но не должна быть больше, чем 2 дюйма (50 мм).

KD-1113 Угловые сварные соединения

Не допускается, чтобы угловые сварные соединения, состоящие из сварных швов полного проплавления с разделкой кромок, и/или угловые сварные швы использовались при присоединении днищ, фланцев и т. п. к корпусам.

KD-1120 Переходные соединения между секциями неодинаковой толщины

Требования данного Параграфа не применимы для втулок фланцев.

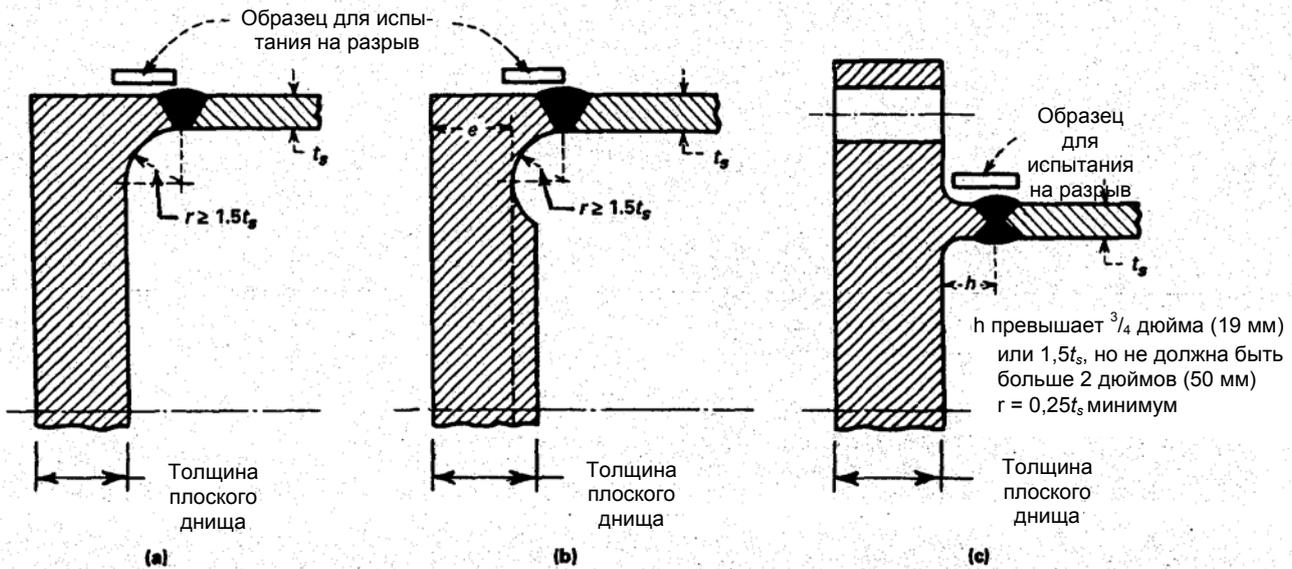
KD-1121 Соединения корпуса и днища

(a) Если статические и циклические анализы (Статьи KD-2, KD-3 и KD-4) или экспериментальный анализ (Статья KD-12) не указывают иное, конический переход, как показано на Рис. KD-1121, должен осуществляться между сечениями, отличающимися друг от друга по толщине более чем на одну четверть толщины самого тонкого сечения, или на значение, превышающее указанную толщину более чем на $\frac{1}{8}$ дюйма (3,2 мм), в зависимости от того, что меньше.

(b) Переходный участок может быть сформован любым способом, обеспечивающим равномерный уклон. При формовке перехода с помощью добавления дополнительного сварного металла сверх того, что в иных случаях являлся бы кромкой шва, такой дополнительный навар сварного металла должен отвечать требованиям по изготовлению сварных швов, приведенным в данном Разделе и Секции DC.

¹ Один образец для испытания может представлять группу поковок при условии, что они имеют одинаковую конструкцию, изготовлены из материала одной и той же плавки и откованы одним и тем же способом.

РИС. KD-1112 ТИПИЧНЫЕ ДЕТАЛИ ПОД ДАВЛЕНИЕМ СО СТЫКОВЫМИ СВАРНЫМИ ВТУЛКАМИ
(не должны механически обрабатываться со стороны прокатного листа)



ОБЩЕЕ ПРИМЕЧАНИЕ: Образец для испытания на разрыв может быть расположен внутри или снаружи втулки.

(с) Стыковой сварной шов частично или полностью может находиться в конусном сечении, как показано на Рис. KD-1121. Если циклический анализ (Статьи KD-2, KD-3 и KD-4) или экспериментальный анализ (Статья KD-12) не указывают иное, должны применяться следующие дополнительные требования.

(1) Длина уклона должна быть не менее утроенного смещения между прилегающими поверхностями.

(2) Если на любом фасонном днище, предназначенном для крепления встык, требуется уклон, то юбка должна быть длиной настолько, чтобы требуемая длина уклона не выступала за касательную линию.

(3) Эллипсоидальное или полусферическое днище, толщина которого превышает толщину цилиндра с таким же внутренним диаметром, может быть механически обработано до наружного диаметра цилиндра, при условии, что оставшаяся толщина, по крайней мере, такая же, какая требуется для корпуса такого же диаметра.

KD-1122 Горловина патрубка, ведущего к соединениям трубы

В случаях, когда горловина патрубка крепится к трубе с меньшей толщиной стенки, можно предусмотреть

конический переходный участок на привариваемом конце патрубка с тем, чтобы обеспечить соответствие толщине трубы, хотя эта толщина меньше толщины, требуемой правилами данного Раздела. Этот конический переходный участок должен удовлетворять ограничениям, приведенным на Рис. KD-1122.

KD-1130 КРЕПЛЕНИЯ ПАТРУБКОВ

Все сварные швы креплений патрубков должны быть стыковыми соединениями Типа 1 (см. Рис. KD-1130), если нет специальных указаний в KD-1131.

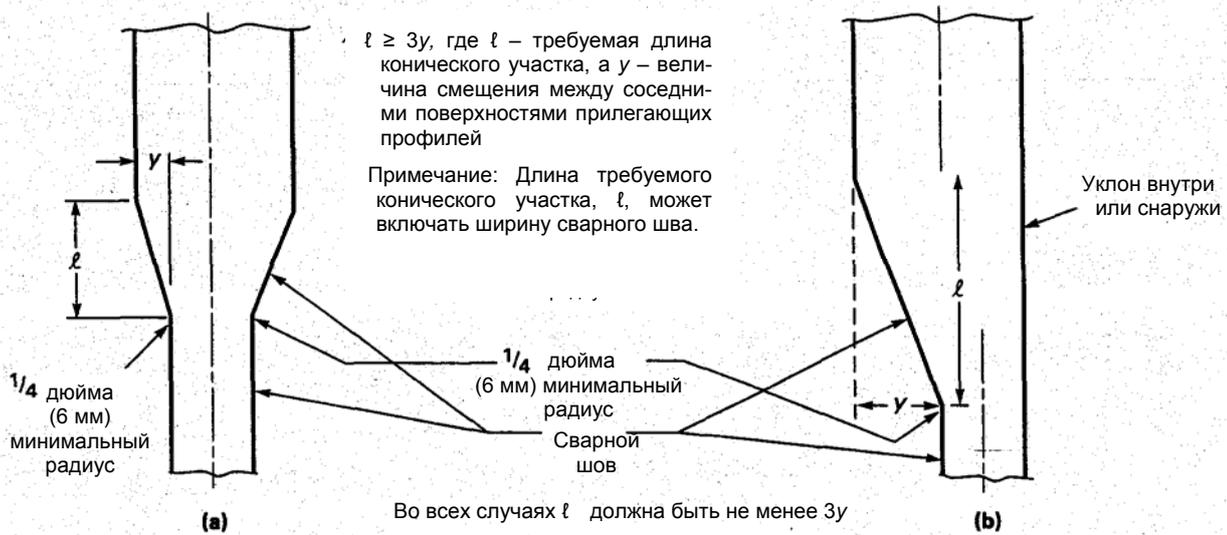
KD-1131 Крепления патрубков к поверхностям сосудов

Патрубки, прикрепленные к внешней поверхности сосуда, для создания непрерывного потока, с отверстием, сделанным в стенке сосуда, должны крепиться с помощью сварного шва полного проплавления с разделкой кромок (см. Рис. KD-1131).

KD-1132 Усиления патрубков

Отдельно устанавливаемое усиление патрубка не допускается. Все усиления должны составлять одно целое с корпусом, патрубком или обоими. Дополнительные указания приводятся в Необязательном приложении Н.

РИС. KD-1121 СОЕДИНЕНИЯ МЕЖДУ СФОРМОВАННЫМИ ДНИЩАМИ И КОРПУСАМИ

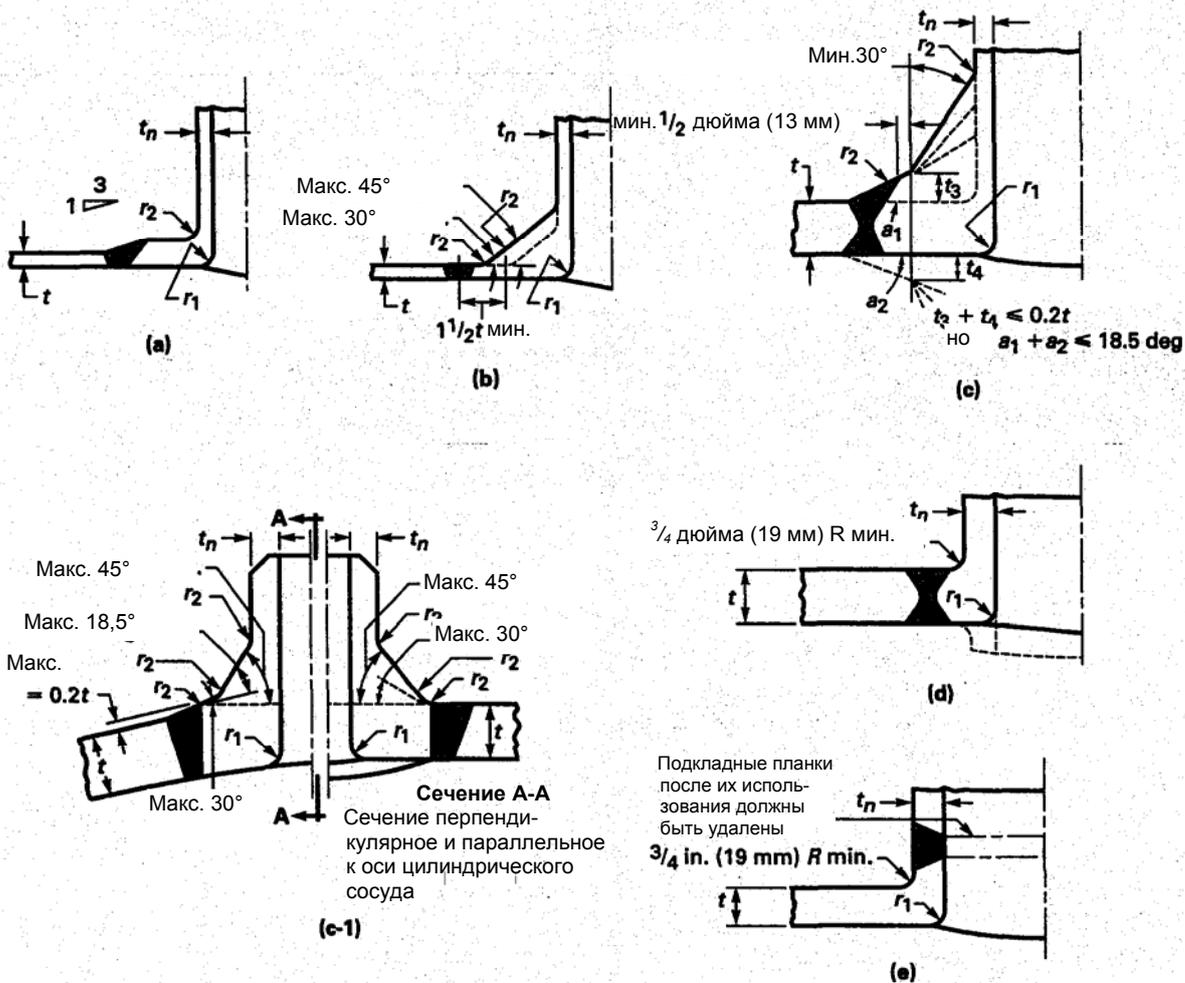


Стыковая сварка сечений неравной толщины



Соединения между сформованными днищами и корпусами

РИС. KD-1130 НЕКОТОРЫЕ ДОПУСТИМЫЕ СВАРНЫЕ КРЕПЛЕНИЯ ПАТРУБКОВ



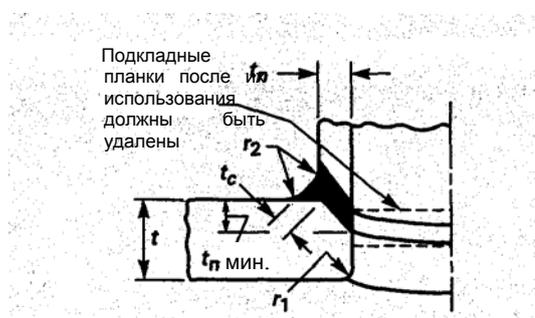
t = номинальная толщина корпуса или днища

t_n = номинальная толщина патрубка

$r_1 \geq \frac{1}{4}t$ или $\frac{3}{4}$ дюйма (19 мм), в зависимости от того, что меньше

$r_2 \geq \frac{1}{4}$ дюйма (6 мм)

РИС. KD-1131 ДОПУСТИМОЕ СВАРНОЕ КРЕПЛЕНИЕ ПАТРУБКА С ПОЛНЫМ ПРОПЛАВЛЕНИЕМ, НЕ ПОДГОТОВЛЕННОЕ К РАДИОГРАФИЧЕСКОМУ КОНТРОЛЮ



- r_1 мин. = $\frac{1}{4}t$ или $\frac{3}{4}$ дюйма (19 мм) в зависимости от того, что меньше
 r_2 = $\frac{1}{4}$ дюйма (6 мм) мин.
 t = толщина проплавленной части
 t_c мин. = $0,7t_n$ или $\frac{1}{4}$ дюйма (6 мм), в зависимости от того, что меньше
 t_n = толщина проплавленной части

СТАТЬЯ KD-12

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ РАСЧЕТНАЯ ПРОВЕРКА

KD-1200 ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ

KD-1201 Когда требуются экспериментальные анализы напряжения

Критические или определяющие напряжения в тех частях, для которых теоретический анализ напряжения не является полным, или для которых нет расчетных значений, должны быть заменены экспериментальным анализом напряжения.

KD-1202 Когда перерасчет не требуется

Не требуется перерасчет для конфигураций, для которых имеются подробные экспериментальные результаты, отвечающие требованиям данной Статьи.

KD-1203 Учет допуска на коррозию и т. п.

Проведение испытаний и разъяснение полученных результатов должны быть такими, чтобы учитывалось влияние материала, добавленного к толщине деталей, такое, например, как допуск на коррозию, или другого материала, который не рассматривается как способствующий прочности детали.

KD-1204 Проверки и отчетные документы

На испытаниях, проводимых в соответствии с данной Статьей, присутствие инспектора не требуется. Однако в Отчет о проекте изготовителя следует включить подробный отчет об испытаниях и полученных результатах.

KD-1210 ТИПЫ ИСПЫТАНИЙ

Испытания можно проводить для установления определяющих напряжений, разрушающего давления или соответствия детали циклическим нагрузкам. При установлении определяющих напряжений и разрушающего давления достаточно провести единое испытание.

KD-1211 Испытания по установлению определяющих напряжений

Допустимые для установления значения определяющих напряжений типы испытаний – это испытания, связанные с измерением деформаций, и фотоупругие испытания. Испытания на хрупкость покрытия могут быть применены только для целей, определенных в KD-1241. Результаты испытаний по измерению смещений и испытаний по разрушению

неприемлемы для установления определяющих напряжений.

KD-1212 Испытания для определения разрушающего давления (РД)

Испытания на измерение деформации могут использоваться при установлении разрушающих давлений РД. Испытания на измерение деформации можно использовать для определения РД, если можно ясно доказать, что настройка испытательной аппаратуры выдает достоверные результаты для конфигурации, при которой производятся измерения. Испытания на хрупкость покрытия и испытания на разрушение должны применяться при установлении РД.

KD-1213 ИСПЫТАНИЯ НА УСТАЛОСТЬ

Испытания на усталость могут проводиться для оценки пригодности детали для циклической нагрузки, как показано в KD-1260.

KD-1220 МЕТОДИКА ИСПЫТАНИЯ ИЗМЕРЕНИЯ ДЕФОРМАЦИЙ

KD-1221 Требования к тензомерам

Могут применяться тензометры любого типа, способные отображать деформации с точностью 0,00005 дюйм/дюйм (мм/мм) (0,005 %), или более точные. Рекомендуется выбрать расчетную длину таким образом, чтобы максимальная деформация в пределах этой расчетной длины не превышала среднего значения деформации в пределах расчетной длины более чем на 10 %. Контрольно-измерительные приборы должны отвечать характеристикам, при которых оба главных напряжения поверхности могли бы определяться в каждом месте расположения тензометра в пределах зоны упругости материала в данном месте тензометрического измерения. Аналогичное число и ориентация контрольно-измерительных приборов в местах их расположения должны использоваться во время испытаний в пределах зоны упругости материала. Тензометры и применяемые цементы должны продемонстрировать надежность при эксплуатации на полированной поверхности материала и при конфигурации, с учетом значений деформации, по крайней мере, на 50 % превышающей ожидаемое значение.

KD-1222 Применение моделей для измерения деформации или разрушения

Данные тензометров могут быть получены как от фактической детали, так и от модельной детали любого масштаба, отвечающей требованиям,

применяемым к длине прибора, указанным в KD-1221, кроме тех случаев, когда испытания проводятся для измерения *РД*. Модельный материал не должен совпадать с материалом детали, но должен иметь модуль упругости, который известен или устанавливается при испытаниях. Также должны выполняться требования к размерному сходству.

В случае испытаний на разрушительное давление, допускаются только полномасштабные модели, имеющие прототипы по всем параметрам, за исключением ситуаций, когда испытатель доказательно демонстрирует используемые законы подобия. Испытательный сосуд или его деталь, применяемые для определения *РД*, должны изготавливаться из материала того же типа, класса или категории, как и эксплуатационный сосуд.

KD-1230 МЕТОДИКА ИСПЫТАНИЙ ФОТОУПРУГОСТИ

При проявлении на модели конструкционных влияний нагрузки могут применяться как двухмерные, так и трехмерные технологии.

KD-1240 МЕТОДИКА ИСПЫТАНИЙ

KD-1241 Расположение средств измерения

(a) При испытаниях для установления определяющих напряжений должно быть исследовано достаточное количество точек на сосуде, чтобы убедиться, что измерения проведены на наиболее критических участках. Расположение критических участков и оптимальная ориентация испытательных приборов могут быть установлены в ходе испытания на хрупкость покрытия.

(b) При испытаниях, проводимых для измерения *РД*, должны проводиться достаточные измерения, чтобы все участки, на которых существует вероятность фиксации минимального *РД*, были в равной степени охвачены. Однако нужно отметить, что назначением измерений является запись перемещений в сосуде вследствие влияний первичной нагрузки. Не следует проводить измерения на участках с концентрацией напряжения, поскольку там могут проявляться вторичное или пиковое влияния. При использовании тензодатчиков для определения *РД*, следует удостовериться в том, что измеряются деформации (мембранные, деформации изгиба или комбинированные), фактически указывающие на способность конструкции выдерживать давление. При использовании приборов для измерения разрушения, следует удостовериться в том, что именно изменение существенных размеров или измеряемые отклонения, такие как увеличение диаметра или длины, или отклонения в размерах балки или листа, фактически указывают на тенденцию конструкции к достижению *РД*.

KD-1242 Требования к манометрам и преобразователям

Манометры и преобразователи должны отвечать требованиям Статьи КТ-4.

KD-1243 Приложение давления или нагрузки

(a) При испытаниях, устанавливающих определяющие напряжения, внутреннее давление или механическая нагрузка должны прилагаться с такими приращениями, чтобы разные значения деформации в зависимости от нагрузки можно было графически отобразить так, чтобы выявить соотношение напряжения с нагрузкой в пределах упругости. Если начальные нагрузки приводят к деформациям, нелинейно-пропорциональным нагрузке,

допускается последовательная разгрузка и повторная нагрузка до тех пор, пока не установится линейная пропорциональность.

(b) При использовании фотоупругой техники низкотемпературного напряжения, можно приложить только одно значение нагрузки, в случае которого нагрузка не будет такой высокой, чтобы привести к деформациям, делающим результаты испытания недостоверными.

(c) При испытаниях, проводимых для измерений *РД*, пропорциональная нагрузка должна прилагаться с достаточно несущественным приращением таким образом, чтобы получить достаточное количество точек данных для каждого измерителя с целью статистического анализа при линейном пределе упругости. Следует провести оценку всех измерительных приборов перед тем, как увеличивать нагрузку сверх указанного значения. Должен применяться, по крайней мере, анализ в кубических футах (регрессия), для получения наиболее подходящей прямой линии, а доверительный интервал должен сравниваться с установочными значениями с целью принятия или отказа от тензодатчика или другого измерительного прибора. Контрольно-измерительные приборы, оказавшиеся неприемлемыми, должны быть заменены, а заменяющие их контрольно-измерительные приборы должны пройти аналогичные испытания.

(d) После того, как все контрольно-измерительные приборы были проверены на соответствие требованиям, испытание должно быть продолжено на базе постоянного контроля над величиной деформации и смещения, с временными интервалами между сменами нагрузки для всех пластических деформаций металла, достаточными для завершения указанных нагрузок.

KD-1250 ИНТЕРПРЕТАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ

KD-1251 Разъяснение результатов должно производиться на основании упругости

Полученные экспериментальные результаты должны разъясняться на основании упругости для определения напряжений, соответствующих расчетным нагрузкам; то есть, при расчете напряжений по данным измерений деформации, вычисления должны производиться с допущением, что материал обладает определенной упругостью. Константы упругости, применяемые при расчете экспериментальных данных, должны соответствовать испытательному материалу при испытательной температуре.

KD-1252 Требуемый объем анализа напряжения

Объем выполняемого экспериментального анализа напряжения должен быть достаточным для того, чтобы установить определяющие напряжения, для которых отсутствуют расчетные значения, как показано на KD-1201. В тех случаях, когда это возможно, следует использовать комбинированные аналитический и экспериментальный методы по разделению первичного, вторичного и местных напряжений таким образом, чтобы каждая комбинация категорий могла бы контролироваться применимыми предельными напряжениями.

KD-1253 Определение разрушающего давления *РД*

(a) При проведении испытаний по измерению деформации, нагрузки на графике строятся в виде ординаты, а измеренные отклонения – в виде абсциссы.

При инструментальных замерах механического напряжения, нагрузки на графике строятся в виде ординаты, а максимальные главные механические напряжения (деформации) на поверхности – в виде абсциссы. Испытательное P_D принимается как давление, производящее замеренную деформацию на величину не более 2 %. Эта предельная деформация должна основываться на фактической деформации испытываемого сосуда в силу влияний первичного напряжения. Следовательно, измерители механического напряжения или деформации должны располагаться таким образом, чтобы получить результаты приложения первичной нагрузки, а не результаты вторичных или пиковых влияний (см. KD-1241).

(b) Если сосуд разрушен или не способен удерживать предельное давление до того, как определено P_D , сосуд должен быть перерасчитан или повторно испытан. Процесс повторяется до тех пор, пока сосуд не сможет удерживать давления, значительные в такой степени, чтобы выдерживать P_D в предписанной форме.

(c) P_D , применяемое для расчетных целей, должно быть испытательным P_D , умноженным на отношение предела прочности установленного материала к фактически измеренному пределу прочности испытательного материала при испытательной температуре. В случаях, когда расчетное давление основывается на испытании P_D , максимальное расчетное давление должно определяться в соответствии с KD-1254. Следует внимательно относиться к фактическим размерам модели, полученной непосредственно во время испытания, при корреляции P_D испытательной модели с тем давлением, которое ожидалось для фактической конструкции, для которой производился расчет.

KD-1254 Определение максимального расчетного давления при комнатной температуре

Максимальное расчетное давление P , в случаях, когда оно основано на испытании P_D , как описано в данном параграфе, должно вычисляться по одному из следующих уравнений с использованием фактического предела текучести материала.

(a) В случаях, когда измеренный предел прочности определяется только в результате испытания, требуемого по техническим характеристикам материала,

$$P = \frac{0.8}{1.732} CP \left(\frac{S_y}{S_{yms}} \right)$$

где

S_y = определенный минимальный предел прочности при комнатной температуре, кфунт/кв.дюйм (МПа);

S_{yms} = фактический предел прочности, основанный на испытании, требуемом по техническим характеристикам материала, кфунт/кв.дюйм (МПа), но не менее S_y .

(b) Если фактический предел прочности определяется в соответствии с дополнительными испытаниями, предписанными ниже,

$$P = \frac{1}{1.732} CP \left(\frac{S_y}{S_{yact}} \right)$$

где

S_{yact} = фактический средний предел прочности испытательных образцов при комнатной температуре, кфунт/кв.дюйм (МПа), но не менее S_y .

(c) Предел текучести материала в испытываемой детали

должен определяться в соответствии с ASME SA-370 со следующими дополнительными требованиями.

(1) Предел текучести, определенный таким образом (S_{yact}), должен равняться среднему значению, полученному в результате испытания минимум трех образцов, вырезанных из испытываемой детали после завершения испытания. Образцы нужно вырезать из того места, где напряжение в процессе испытаний не превышало предела текучести. Образцы не должны вырезаться с помощью газоплазменной резки, так как это может повлиять на прочность материала.

(2) При избытке материала, обработанного давлением, из которого изготавливают деталь, допускается вырезать образцы из этого избыточного материала при условии, что он подвергался такой же термообработке для снятия напряжения, что и сама деталь под давлением. Образцы не следует вырезать методом газоплазменной резки или другим методом, при котором выделяется большое количество тепла, оказывающего отрицательное влияние на свойства образца.

KD-1260 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДОПУСТИМОГО ЧИСЛА РАБОЧИХ ЦИКЛОВ

В качестве альтернативы требованиям Статьи KD-3, для определения допустимого числа рабочих циклов деталей и сосудов могут быть использованы экспериментальные методы. Такой подход должен применяться только для сосудов или его деталей, которые были показаны для демонстрации режима наличия неисправности типа «протечка перед разрывом».

KD-1261 Описание испытания

При использовании испытания на усталость для демонстрации способности детали или части детали выдерживать циклическую нагрузку, описание испытания должно включаться в Расчетный отчет. Такое описание должно содержать достаточное количество деталей для демонстрации соответствия предъявляемым здесь требованиям.

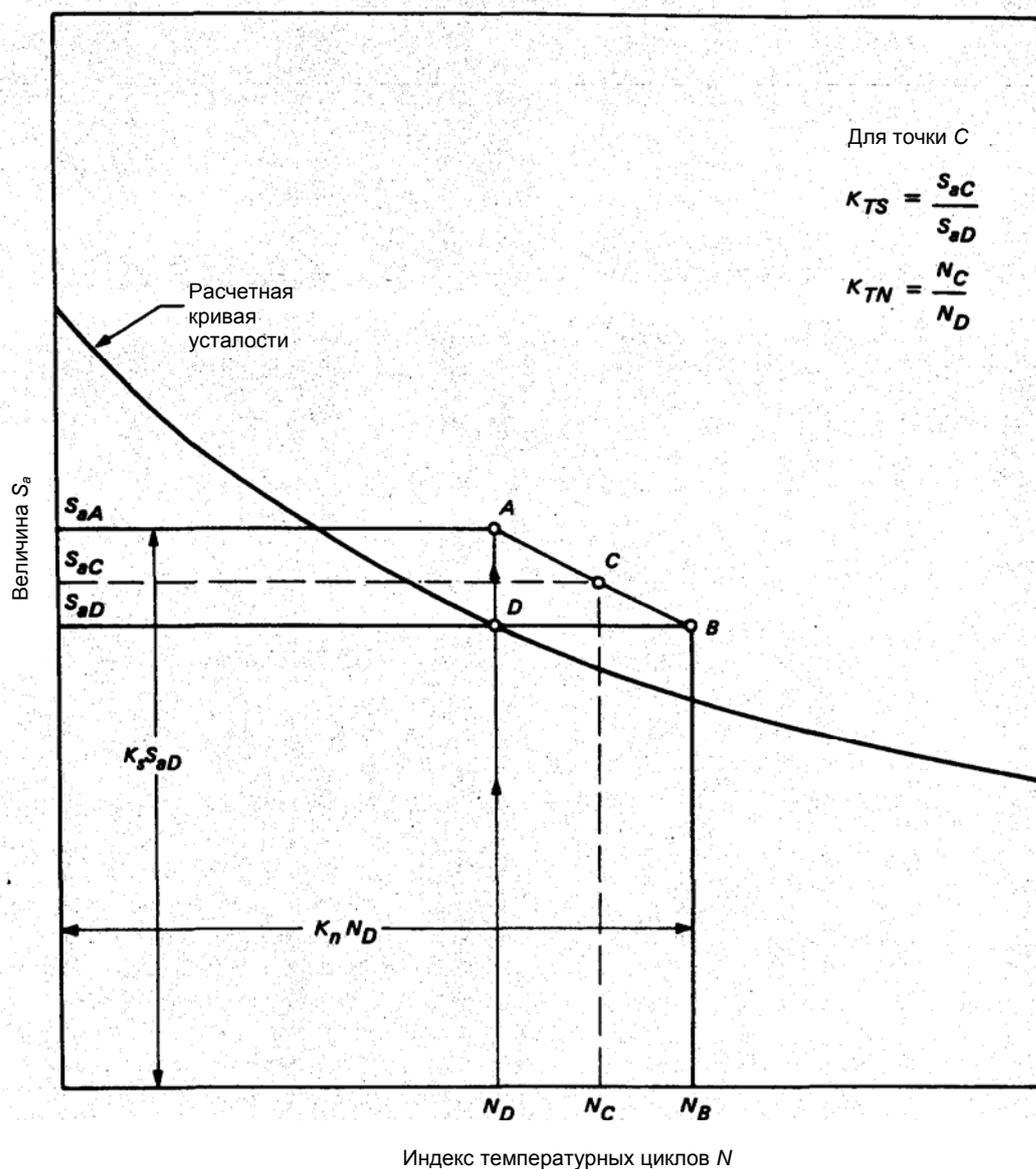
KD-1262 Процедура испытания

(a) Испытываемая деталь или ее часть должны быть изготовлены из материала, имеющего тот же состав, и подвергаться таким же механическим рабочим нагрузкам и термообработке, чтобы проявлять механические свойства, эквивалентные свойствам материала прототипной детали. Структурная аналогичность должна поддерживаться, по крайней мере, в тех частях, чья способность выдерживать циклические нагрузки изучается, и в тех прилегающих зонах, которые влияют на напряжения, возникающие в испытываемой части.

(b) Испытываемая деталь или ее часть должны выдерживать ряд циклов, как указано в KD-1262(c), перед тем как произойдет повреждение. Под повреждением понимается развитие трещины по всей толщине, что может привести к измеримой протечке в детали с остаточным давлением.

(c) Минимальное число испытательных циклов N_T , которое должна выдержать деталь, и значение нагрузки P_T [см. уравнения (1), (2), и (3)], которая должна быть

РИС. KD-1260.1 ПОСТРОЕНИЕ ГРАФИКА КОЭФФИЦИЕНТА ИСПЫТАТЕЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ



приложена к детали в ходе испытания, должны определяться умножением расчетных рабочих циклов N_D на установленный коэффициент K_{TN} , а расчетных рабочих нагрузок P_D на K_{TS} . Значения данных коэффициентов должны определяться при помощи графика коэффициентов испытательных параметров, который строится следующим образом и показан на Рис. KD-1260.1.

(1) Следует проецировать вертикальную линию от расчетных рабочих циклов N_D на абсциссу S_a относительно графика N , чтобы пересечь расчетную кривую усталости S_a на соответствующем рисунке в Статье KD-3, до значения ординаты K_S раз S_{aD} . Следует обозначить данную точку как A . K_S является коэффициентом, учитывающим эффект нескольких тестовых параметров [см. KD-1262(g)].

(2) Следует продлить горизонтальную линию

за точку D , пока ее длина не будет соответствовать значению абсциссы K_n раз N_D . Следует обозначить данную точку как B . Следует учесть, что K_n является коэффициентом, учитывающим эффект нескольких тестовых параметров [см. KD-1262(g)].

(3) Следует соединить точки A и B . Сегменты AB охватывают все допустимые комбинации K_{TS} и K_{TN} [см. KD-1262(e) для ускоренных испытаний]. Любая точка C в данном сегменте может быть выбрана на усмотрение испытателя. Ссылаясь на Рис. KD-1260.1, коэффициенты K_{TS} и K_{TN} определяются по:

$$K_{TS} = \frac{\text{значение ординаты в точке } C}{\text{значение ординаты в точке } D}$$

$$K_{TN} = \frac{\text{значение абсциссы в точке } C}{\text{значение абсциссы в точке } D}$$

Таким образом,

$$P_T (\text{испытательная нагрузка}) = K_{TS} P_D \quad (1)$$

$$N_T (\text{испытательные циклы}) = K_{TN} N_D \quad (2)$$

(d) Следует заметить, что, если испытательная деталь не является полноразмерной, а геометрически схожей моделью, то величина P_T должна будет подвергнуться корректировке соответствующим масштабным коэффициентом, чтобы определяться по структурным принципам сходства, если нагрузка носит иной характер, чем давление. Число циклов, которое должна выдержать деталь во время испытания без дефекта, должно быть не меньше, чем N_p , при этом, подвергаясь циклической испытательной нагрузке P_T , которая должна корректироваться при необходимости с использованием принципов модельной схожести, если деталь не является полноразмерной.

(e) Ускоренное испытание на усталость (испытательные циклы N_D) может проводиться в том случае, если расчетные циклы N_D превышают значение 10^4 и условия проведения испытаний определяются согласно следующему порядку, проиллюстрированному на Рис. KD-1260.2. На этом рисунке точки A , B и D соответствуют одинаково маркированным точкам на Рис. KD-1260.1.

(1) Минимальное количество испытательных циклов $N_{T \min}$ должно соответствовать:

$$N_{T \min} = 10^2 \sqrt{N_D}$$

Проецировать вертикальную линию от $N_{T \min}$ на абсциссу S_a относительно графика N , чтобы пересечь ее и зайти за расчетную кривую усталости.

(2) Построить кривую через точку A и пересечь вертикальную проекцию $N_{T \min}$ [см. KD-1262(e)(1)] умножением каждой точки на расчетной кривой усталости на коэффициент K_s [см. KD-1262(c)(1)]. Маркировать пресечение этой кривой с вертикальной проекцией $N_{T \min}$ как A' .

(3) Любая точка C на сегменте A , A' , B определяет разрешенные сочетания K_{TS} и K_{TN} . Коэффициенты K_{TS} и K_{TN} получаются таким же способом как в KD-1262(c).

(f) В некоторых случаях может оказаться целесообразным (или возможным) проводить испытания на увеличение только нагрузки или числа циклов, но не обоих этих факторов, в случае чего из вышеприведенного общего случая возникают два специальных случая с интересными результатами.

(1) *Случай 1* (коэффициент относится только к циклам). В этом случае $K_{TS} = 1$ и

$$K_{TN} = \frac{\text{абсциссная величина в точке } B}{\text{абсциссная величина в точке } D}$$

Число испытательных циклов, которое должна выдержать деталь сосуда в ходе данного испытания, должно таким образом быть не менее, чем:

$$N_T = K_{TN} N_D$$

при этом, подвергаясь циклической расчетной рабочей нагрузке, откорректированной согласно требованиям, если применяется модель.

(2) *Случай 2* (коэффициент относится только к нагрузке). В этом случае, $K_{TN} = 1$ и

$$K_{TS} = \frac{\text{ординатная величина в точке } A}{\text{ординатная величина в точке } D}$$

Таким образом, деталь должна выдерживать ряд циклов, число которых равно, по крайней мере, количеству расчетных рабочих циклов, в то же время, подвергаясь циклической тестовой нагрузке,

$$P_T = K_{TS} P_D \quad (3)$$

также регулируемой согласно требованиям, если присутствует модель.

(g) Величины K_s и K_n являются множителями коэффициентов, которые учитывают для явлений размера, обработки поверхности, циклической скорости, температуры, и ряда повторных испытаний.

Они должны определяться следующим образом:

$$K_n = \text{большее из } (K_s)^{4.3} \text{ или } 2,6,$$

$$K_s = \text{большее из } K_{sa} K_{sf} K_{sc} K_{st} K_{ss} \text{ или } 1,25,$$

$$K_{sa} = \text{коэффициент влияния размера участка поверхности с сильным напряжением на срок усталости}$$

$$= \text{большее из } (A_p/A_T)^{1/30} \text{ или } 1,0, \text{ где } A_p \text{ есть размер участка поверхности с сильным напряжением прототипной детали, а } A_T \text{ есть размер участка поверхности с сильным напряжением испытательной детали,}$$

$$K_{sc} = \text{коэффициент разницы кривых усталости при разных температурах}$$

$$= \text{большее из } \frac{(S_a N \text{ при } T_c) (S_a 10^n \text{ при } T_t)}{(S_a N \text{ при } T_D) (S_a 10^n \text{ при } T_c)} \text{ или } 1,0$$

$$K_{sf} = \text{коэффициент влияния полировки поверхности}$$

$$= \text{большее из } K_r(P)/K_r(T) \text{ или } 1,0, \text{ где } K_r(P) \text{ коэффициент шероховатости поверхности, а } K_r(T) \text{ коэффициент шероховатости поверхности испытательной детали. Коэффициенты } K_r(P) \text{ и } K_r(T) \text{ основываются на степени полировки поверхности и должны браться из Рис. KD-320.3,}$$

$$K_{ss} = \text{коэффициент статистической разности в тестовых результатах}$$

$$= \text{большее из } 1,470 - (0,044 \times \text{число повторных тестов}) \text{ или } 1,0,$$

$$K_{st} = \text{коэффициент влияния испытательной температуры}$$

$$= \text{большее из } (E \text{ при } T_t)/(E \text{ при } T_D) \text{ или } 1,0, \text{ где } E \text{ является модулем упругости материала детали,}$$

$$S_a 10^n = S_a \text{ на кривой приложимой усталости при максимальном числе циклов, определенных на кривой,}$$

$$T_c = 700 \text{ }^\circ\text{F} (370 \text{ }^\circ\text{C}) \text{ для углеродистой и низколегированной сталей, и } 800 \text{ }^\circ\text{F} (425 \text{ }^\circ\text{C}) \text{ для аустенитной нержавеющей стали и никель-хром-железных сплавов,}$$

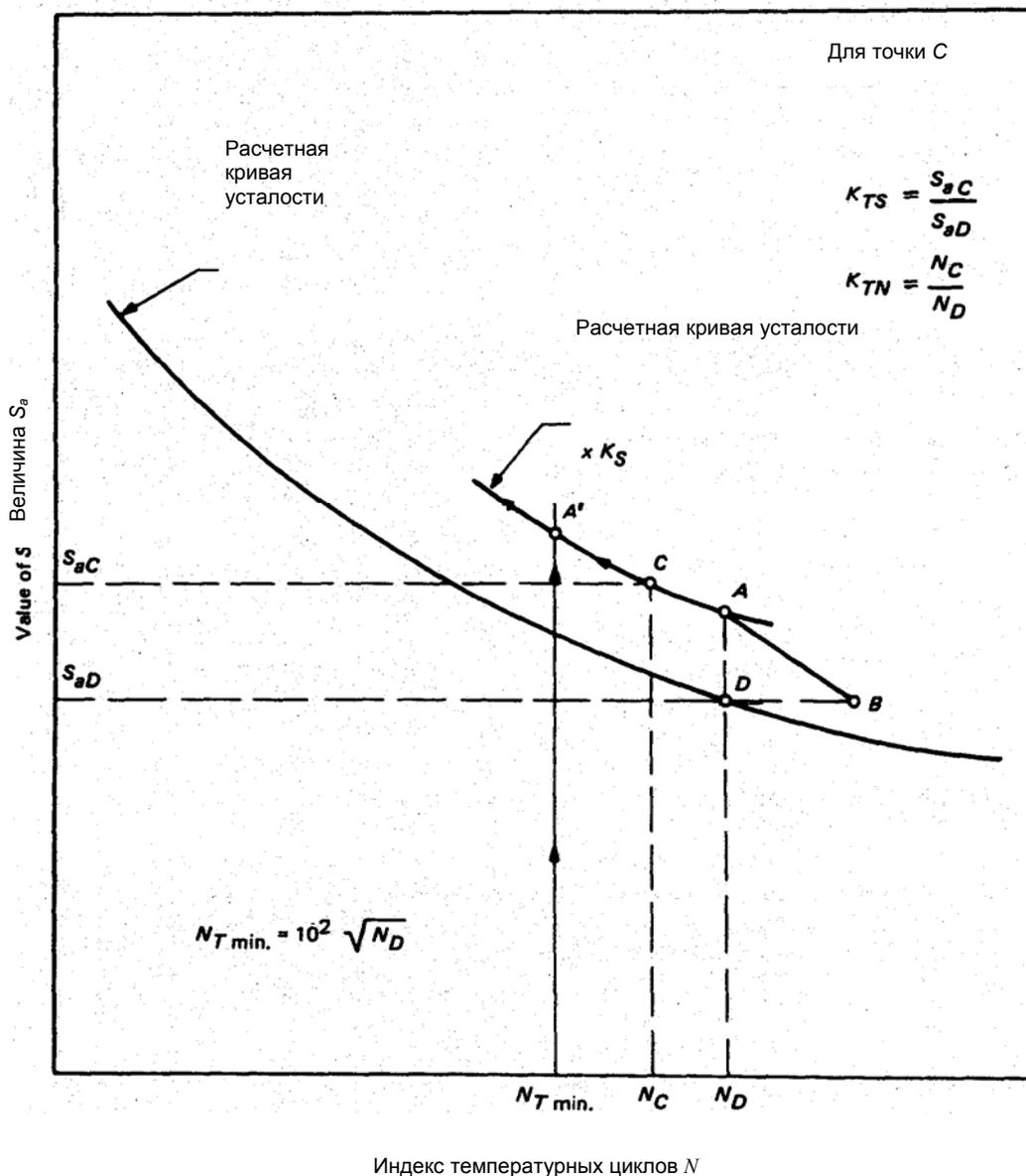
$$T_D = \text{расчетная температура,}$$

$$T_t = \text{температура испытаний.}$$

KD-1270 ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТОВ СНИЖЕНИЯ УСТАЛОСТНОЙ ПРОЧНОСТИ

(a) Экспериментальное определение коэффициентов снижения усталостной прочности должны соответствовать следующим процедурам.

РИС. KD-1260.2 ПОСТРОЕНИЕ ГРАФИКА КОЭФФИЦИЕНТА ИСПЫТАТЕЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ДЛЯ УСКОРЕННЫХ ТЕСТОВ



(1) Испытательная часть должна быть изготовлена из материала того же номинального химического состава, с теми же механическими свойствами и прошедшего такую же термообработку, как и деталь.

(2) Уровень напряжения в образце должен быть таким, чтобы интенсивность выровненного первичного-плюс-вторичного напряжений ($P_L + P_b + Q$) не превышает предписанного в Рис. KD-240 предела с тем, чтобы не произошел дефект за количество циклов менее чем 1000.

(3) Конфигурация, полировка поверхности, и состояние напряжения образца должны близко

совпадать с ожидаемыми свойствами детали. В особенности градиент напряжения не должен быть более резким, чем ожидается у детали.

(4) Циклическая скорость испытания должна быть такой, чтобы провод не испытывал существенного нагревания.

(b) Рекомендуется, чтобы коэффициент снижения усталостной прочности определялся испытаниями на образцах с надрезами и без надрезов и рассчитывался, как отношение «безнадрезного» напряжения к «надрезному» напряжению для дефекта.

Часть KF

ТРЕБОВАНИЯ К ИЗГОТОВЛЕНИЮ

СТАТЬЯ KF-1

ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ИЗГОТОВЛЕНИЮ

KF-100 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

(a) Типы изготовления, описываемые в Части KF, не единственные в данном Разделе. Уникальность данного Раздела состоит в том, что в нем описывается значение благоприятных остаточных напряжений, возникающих в ходе изготовления при отсутствии сварочных операций, а также говорится о разрешении, предоставляемом конструктору для использования полной мощности высокопрочных материалов в качестве средств удержания первичного давления.

(b) Поскольку для всех сосудов, согласно правилам данного Раздела, требуется проведение анализа усталости, и большинство сосудов представляют собой толстостенные конструкции, многие требования данной Части предназначены для производства сосудов, соответствующих допущению конструктора о том, что отсутствуют внутренние трещины, что является более вероятным для роста трещин при усталости, чем для предполагаемых поверхностных трещин, ограниченных требованиями Части KE.

(c) Изготовитель должен иметь возможность контролировать распределение остаточных напряжений и убедиться, что свойства материала и дефекты материала в сосуде и его деталях согласуются с основными положениями расчета.

KF-101 Область применения

(a) В Статье KF-1 содержатся общие требования по изготовлению, касающиеся всех сосудов, описываемых в данном Разделе.

(b) В Статье KF-2 содержатся общие требования по всем сварным сосудам, описываемым в данном Разделе. Сюда включаются сосуды как изготовленные из прокатных и сварных плит, так и изготовленные из свариваемых поковок, таких как кольцевые поковки, соединенные с кольцевыми сварными швами, и поковки для патрубков, подвергаемых полной рентгенографии. Материалы, допущенные для сварных конструкций, приведены в Части KM.

(c) В Статье KF-3 содержатся дополнительные требования по защитным вкладышам.

(d) В Статье KF-4 содержатся требования для послесварочной термообработки всех свариваемых деталей, включая ремонтные сварные швы.

(e) В Статье KF-5 содержатся дополнительные требования к нагартованным сосудам.

(f) В Статье KF-6 содержатся дополнительные требования для сосудов, изготовленных или из листового, или из ковального материала, чьи характеристики растяжения были усилены закалкой и отпуском.

(g) В Статье KF-7 содержатся дополнительные требования, относящиеся непосредственно к материалам, используемым при изготовлении сосудов в тех случаях, когда сварные материалы не допускаются Частью KM.

(h) В Статье KF-8 содержатся дополнительные требования к многослойным сосудам. Поскольку расчетные допустимые напряжения в данном Разделе основаны на пределе текучести и не ограничены характеристиками растяжения, требования данной Статьи носят более ограничительный характер, чем те, что касаются многослойных сосудов, приведенные в других Разделах настоящего Стандарта.

(i) В Статье KF-9 содержатся требования к сосудам с проволоочной намоткой и рамками.

KF-110 МАТЕРИАЛ

KF-111 Сертификация и проверка материалов

Изготовитель должен требовать предъявления сертификатов на все материалы, включая сварочные, для удостоверения их соответствия с требованиями Части KM. Кроме того, все материалы должны проверяться в соответствии с Частью KE. Сертифицированные результаты этих испытаний и проверок должны документироваться в Отчете изготовителя о конструкции (см. KG-325).

KF-112 Идентификация материала

(a) Материал для деталей под давлением следует располагать так, чтобы на готовом сосуде были хорошо видны оригинальные идентификационные маркировки, требуемые согласно техническим условиям на материал. В тех случаях, когда оригинальная идентификационная

маркировка удалена или материал разделен на две или более части, прежде чем выполнить резку, изготовитель должен аккуратно перенести один комплект идентификационной маркировки на то место, где бы он был хорошо виден на готовом сосуде. В качестве альтернативы следует использовать кодированную маркировку, приемлемую для инспектора, чтобы обеспечить идентификацию каждой части материала в ходе изготовления, а также последующую идентификацию маркировки на готовом сосуде. Кроме случая, указанного в KF-112.1, материал может быть маркирован любым способом, приемлемым с точки зрения инспектора. Инспектору необязательно лично присутствовать при переносе маркировки, но он должен убедиться, что перенос был выполнен правильно.

(b) Все готовые части, где бы они ни располагались, должны маркироваться именованным штампом изготовителя данной детали и идентификационной маркой детали. Если идентификационные марки были уничтожены в процессе изготовления, для небольших деталей можно использовать другие средства идентификации.

KF-112.1 Способ переноса маркировки. Если условия эксплуатации исключают нанесение идентификационной маркировки материала методом штамповки и если это оговорено пользователем, то изготовитель материала и изготовитель сосуда должны наносить требуемые для маркировки сведения на материал таким образом, чтобы обеспечить достоверную информацию при поставке. Вся маркировка должна быть зарегистрирована, с тем, чтобы точно идентифицировать каждую часть материала в ее конкретном местоположении в готовом сосуде для удовлетворения инспектора. Перенос маркировки на материал в случае его разделения должен выполняться в соответствии с KF-112(a). Допустимые типы маркировки приводятся в Статье KS-1.

KF-112.2 Перенос маркировки, выполняемый лицом, отличным от изготовителя. Если материал сформован в виде различных профилей лицом, отличным от изготовителя, и оригинальная маркировка, требуемая в соответствии с применимыми техническими условиями на материал, неизбежно срезается или материал разделяется на две или несколько частей, то изготовитель профиля должен или:

(a) перенести оригинальную идентификационную маркировку на другой участок профиля; или

(b) обеспечить идентификацию с помощью кодированной маркировки, соответствующей требуемой оригинальной маркировке, используя способ маркировки, согласованный и описанный в Системе качества изготовителя готового сосуда давления.

Сертификат металлургического предприятия, удостоверяющий требования к физическим и химическим характеристикам данного материала, в сочетании с указанными выше изменениями требований к маркировке, следует считать достаточными для идентификации данных профилей. Отчет о деталях изготовителя и штамповке частей должен соответствовать требованиям KM-102 и KS-120.

KF-112.3 Отчетные документы по идентификации материала. Должен быть выполнен построочный эскиз или составлена таблица материалов, идентифицирующие

местоположение каждой части материала, совместно с утвержденным Отчетом об испытаниях или Сертификатом соответствия, и закодированной маркировкой.

KF-113 Ремонт дефектного материала

Материал, чьи дефекты, превышающие предельные значения Статьи KE-2, либо известны, либо выявлены в ходе изготовления, считается неприемлемым. Если нет запрещения по техническим условиям на материалы в Секции II, в Технических нормах потребителя на проектирование, или Части KM, дефекты можно устранить, а материал восстановить силами изготовителя сосуда или изготовителя материала по получении разрешения от изготовителя. Все ремонтные операции должны производиться в соответствии с положениями Статьи KE-2 и Отчетом изготовителя по конструкции.

KF-120 ФОРМОВКА МАТЕРИАЛА

Все материалы для профилей корпусов и днищ должны быть сформованы для получения требуемого профиля с помощью любого процесса, который не ухудшает механические свойства материала.

KF-121 Подготовка материала

KF-121.1 Проверка материалов

(a) Все материалы, используемые при изготовлении сосуда давления, необходимо проверить до формовки и изготовления, с целью возможно более полного выявления дефектов, превышающих предельные значения Статьи KE-2. Все кромки, срезаемые во время изготовления (включая кромки открытых, обрезаемые по всей толщине), должны пройти осмотр в соответствии с KE-310. Все дефекты, превышающие предельные значения KE-310, должны документироваться и устраняться.

(b) Срезные кромки основного материала с толщиной более 1½ дюйма (38 мм) должны быть осмотрены на несплошности с помощью магнитопорошковой или капиллярной дефектоскопии в соответствии с KE-233. Данный осмотр не требуется для срезных кромок открытых с диаметром 3 дюйма (76 мм) и менее. Однако, в соответствии с KE-232, материал должен быть подвергнут ультразвуковому контролю на 100 %-ной площади, где врезается открытие. При наличии дефектов, превышающих предельные значения KE-232, такие дефекты следует устранить в соответствии с KF-113. Неслоистые и слоистые неоднородности для плит и поковок обрабатываются по-разному. Критерии приемлемости каждого из дефектов, превышающих предельные значения KE-232, такие дефекты следует устранить в соответствии с KF-113. Неслоистые и слоистые неоднородности для плит и поковок обрабатываются по-разному. Критерии приемлемости каждого из перечисленных материалов приводятся в Статье KE-2. На резьбовых соединениях, уплотняющих детали против давления, не должно быть никаких несплошностей.

KF-121.2 Резка материала. Плиты, кромки днищ и другие детали можно обрезать по форме и размеру механическими способами, например, обработкой на станке, резкой ножницами, шлифовальным кругом или

термической резкой. После термической резки, весь шлак и участки, где произошло изменение цвета материалов в результате оплавления, должны быть удалены механическим способом до проведения следующих технологических операций или использования. Если применяется термическая резка, необходимо учитывать ее влияние на механические свойства. Свариваемые кромки должны быть однородными и гладкими.

KF-121.3 Чистовая обработка открытых внутрь кромок патрубков. Открытые внутрь кромки патрубков, отличающиеся от предусмотренных на Рис. KD-1130 и KD-1131, должны быть обработаны по радиусу (допуская шлифование) по крайней мере, до $t/4$ или $3/4$ дюйма (19 мм), в зависимости от того, что меньше, если внутренний конец горловины патрубка отделан заподлицо с внутренней стенкой корпуса. Если внутренний конец горловины патрубка выступает за внутреннюю стенку корпуса в направлении центра кривизны, он должен быть обработан по радиусу (допуская шлифование) с обеих сторон поверхности горловины, внутренней и наружной, по крайней мере, до $t_n/4$ или $3/8$ дюйма (10 мм), в зависимости от того, что меньше.

KF-130 ДОПУСКИ ДЛЯ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ И СФЕРИЧЕСКИХ КОРПУСОВ И ДНИЩ

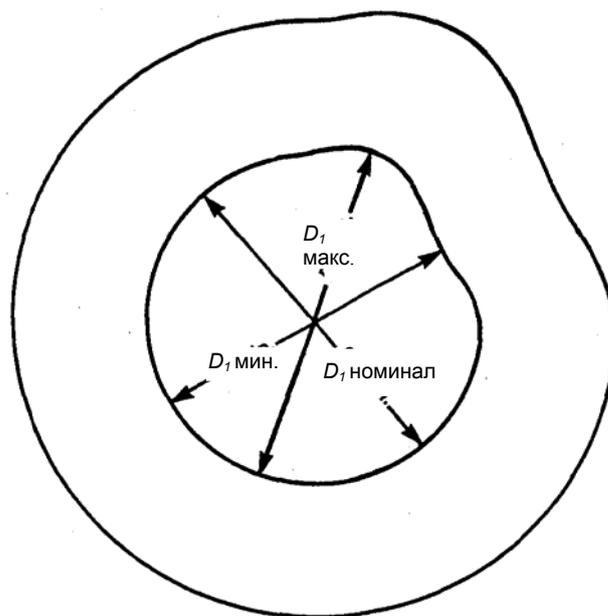
KF-131 Цилиндрические корпуса

(a) Разность между максимальным и минимальным внутренними диаметрами в любом поперечном сечении не должна превышать 1 % от номинального диаметра рассматриваемого сечения. Диаметры могут быть измерены по внутренней или наружной стороне сосуда. В случае измерения по наружной стороне, значения диаметров должны корректироваться с учетом минимальной требуемой толщины материала в рассматриваемых поперечных сечениях (см. Рис. KF-131). Отклонение при изготовлении от установленных допусков запрещается, если не оговорено иное по отклонениям в расчетных вычислениях, и если они не согласованы потребителем, изготовителем и инспектором (см. Статью KD-2).

KF-132 Многослойные сферические корпуса и формованные днища

(a) Отклонения от установленного профиля внутренней поверхности сферических корпусов и формованных днищ не должны превышать $+1\frac{1}{4}\%$ и $-3/8\%$ номинального внутреннего диаметра сосуда.

РИС. KF-131 ПРИМЕРЫ РАЗНОСТИ МЕЖДУ МАКСИМАЛЬНЫМ И МИНИМАЛЬНЫМ ДИАМЕТРАМИ В ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ КОРПУСАХ



$$D_1 \text{ макс.} - D_1 \text{ мин.} < 0,01 (D_1 \text{ номинал.})$$

Такие отклонения должны измеряться перпендикулярно к профилю и не должны быть скачкообразными.

(b) Измерения отклонений должны проводиться на поверхности основного металла, а не на сварных швах.

(c) Прямой фланец или торец цилиндра формованного днища или кромка сферического корпуса должны быть округлыми в пределах допусков, указанных в KF-131.

СТАТЬЯ KF-2

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К СВАРНОМУ ИЗГОТОВЛЕНИЮ

KF-200 ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ КО ВСЕМ ШВАМ

KF-201 Способы сварки

Способы сварки, которые могут применяться при изготовлении сосудов, приведенных в данной Части, перечислены ниже:

- (a) дуговая сварка покрытым электродом
- (b) дуговая сварка под слоем флюса
- (c) дуговая сварка в среде защитного газа
- (d) дуговая сварка вольфрамовым электродом в среде защитного газа.

Определения даны в Секции IX, которая содержит варианты этих способов.

KF-202 Ограничения, связанные с содержанием углерода

При превышении содержания углерода в материале на 0,35 % при термическом анализе, сварочные процессы, включающие сварные швы креплений, не допускаются. Сварочные ремонтные работы могут быть разрешены согласно правилам Статьи KF-7.

KF-203 Проверка поверхностей кромок, подготавливаемых под сварку

Подготавливаемые под сварку кромки в материалах толщиной 2 дюйма (51 мм) или более, должны проверяться в соответствии с KE-310. Дефекты должны устраняться в соответствии с правилами Части KE.

KF-204 Окончательная чистовая обработка сварного шва

Сварные швы при чистовой обработке должны быть отшлифованы или механически обработаны до степени совпадения с поверхностями соединяемых деталей. Как радиусы скругления, так и поверхности, подлежащие чистовой обработке сварной наплавки, должны осматриваться для удостоверения того, что они отвечают расчетным требованиям технологической части проекта.

KF-205 Идентификация, погрузочно- разгрузочные операции и хранение электродов и других сварочных материалов

Изготовитель несет ответственность за контроль сварочных электродов и других материалов, предназначенных для использования при изготовлении

сосуда. Должен соблюдаться порядок обеспечения необходимой идентификации, условий хранения и транспортировки в отношении электродов, флюсов и других сварочных материалов. Должны быть приняты меры предосторожности, чтобы свести до минимума поглощение влаги электродами с низким содержанием водорода и флюсом.

KF-206 Допустимые окружающие условия во время сварки

При температуре поверхности металла, расположенной в 3 дюймах (75 мм) от точки сварки, ниже 60 °F (16 °C), ни один из видов сварки не допускается.

В случаях, когда поверхности влажные или покрыты льдом, или когда на поверхности, подлежащие сварке, падает дождь или снег, а также при наличии сильного ветра, сварка не допускается до тех пор, пока не будут созданы надлежащие защитные условия сварки.

KF-210 КВАЛИФИКАЦИЯ СВАРКИ И ОТЧЕТНЫЕ ДОКУМЕНТЫ

KF-211 Ответственность изготовителя

Каждый изготовитель несет ответственность за сварку, если она производится его предприятием. Изготовитель должен выполнять и квалифицировать методы сварки в соответствии с Секцией IX. Изготовитель также несет ответственность за дополнительные требования данного Раздела и за квалификационную оценку сварщиков и операторов, выполняющих настоящие процедуры и требования. Выполнение сварки субподрядчиком описано в KG-420.

KF-212 Ограничения квалификационных испытаний

Сварка всех темплетов для вырезки образцов для испытаний должна проводиться изготовителем. Испытание всех темплетов для вырезки образцов должно подпадать под ответственность изготовителя. Квалификация метода сварки, выполненная одним изготовителем, не должна квалифицировать эту процедуру, если она применяется другим изготовителем, кроме случаев, указанных в QW-201 Секции IX. Квалификационная оценка качества работ, проведенная одним изготовителем, не должна квалифицировать сварщика или оператора для выполнения работы для любого другого изготовителя, кроме случая, оговоренного в QW-300 Секции IX.

KF-213 **Производственная сварка до проведения квалификации**

Производственная сварка до произведения квалификации методов сварки не должна выполняться.

KF-214 **Квалификация метода сварки**

(a) Каждый применяемый метод сварки должен быть подробно отражен в отчетных документах изготовителя в виде форм, предусмотренных Секцией IX, или форм, содержащих требуемую информацию.

(b) Процедура, используемая для сварки деталей под давлением, и для соединения не находящихся под давлением, но несущих нагрузку деталей (креплений) с деталями под давлением, должна быть квалифицирована согласно Секции IX. Если, согласно Секции IX, требуются образцы для испытания на разрыв, следует также определить предел текучести, используя метод, требуемый для основного металла. Предел текучести для каждого испытываемого образца не должен быть менее чем наименьшее значение определенного минимума предела текучести для соединенного основного металла. Кроме того, следует выполнить испытание на ударную прочность в соответствии со Статьей КТ-2.

(c) При изготовлении испытательных плит для стыковых сварных соединений согласно Секции IX необходимо уделить внимание влиянию углового, поперечного и концевых ограничений на свариваемую деталь. Изготовитель обязан обеспечить, чтобы испытываемые на квалификационную оценку листы имитировали эти ограничения на свариваемую деталь.

KF-215 **Квалификационная оценка сварщиков и операторов**

(a) Сварщики и операторы, выполняющие сварку деталей под давлением, и соединения не работающих под давлением, но несущих нагрузку деталей (креплений) с деталями под давлением, должны быть квалифицированы согласно Секции IX и Статьи КТ-2. Механическое испытание необходимо для всех испытаний, связанных с квалификационной оценкой качества работ; квалификационная оценка по неразрушающему контролю не допускается. Дополнительные требования к испытаниям сварочной позиции, испытаниям на ударную вязкость, и требованиям к испытательной пластине приводятся в Статье КТ-2.

(b) Квалификационные испытания операторов должны проводиться на отдельных испытательных плитах до начала сварочных работ или на первом обрабатываемом изделии.

KF-216 **Ведение отчетной документации по квалификационной оценке и изготовлению**

Изготовитель должен вести отчетную документацию по процедурам сварки и нанятым на работу сварщикам и операторам с указанием даты проведения и результатов испытаний, а также идентификационного знака, присвоенного каждому сварщику. Эти отчетные документы следует вести согласно требованиям Секции IX.

KF-220 **ДОПУСТИМЫЕ СВАРНЫЕ ШВЫ И ИХ ПРОВЕРКА**

Стыковые соединения Типа 1, согласно описанию в KF-221, должны использоваться для всех сварных соединений, за исключением перечисленных в пп. (a)–(c) ниже. Более подробное описание приводится в KD-1110. Сварные швы с частичным проплавлением, такие как угловые сварные швы, не используемые в сочетании со швами полного провара, как описывается ниже, не допускаются в деталях под давлением.

(a) Сварные швы с полным проплавлением допускаются для креплений патрубков согласно правилам KD-1130. Они описаны в KF-222.

(b) Односторонние сварные швы с разделкой кромок Типа 2 допускаются согласно правилам Статьи KF-8, при соединении слоев, отличных от самого внутреннего корпуса на сварных многослойных сосудах. Данные швы описаны в KF-223.

(c) Сварные швы, применяемые для крепления нагревающих и охлаждающих кожухов, и опорные зажимы допускаются в соответствии с правилами Статей KD-7 и KF-224. Данные сварные швы являются швами полного проплавления с разделкой кромок, как показано на Рис. KD-700 и как описано в KF-222. В некоторых случаях данные швы могут использоваться в сочетании со сварными угловыми швами.

Требуемая проверка сварных швов должна производиться после окончания послесварочной термической обработки и должна соответствовать Статье KE-3. За этим следует специальное обсуждение четырех типов соединений, допустимых согласно правилам данного Раздела.

KF-221 **Стыковые соединения Типа 1**

Стыковые сварные соединения Типа 1 – это соединения, полученные с помощью двустороннего сварного шва или другими средствами, которые обеспечивают такое же качество наплавленного металла шва на его внутренней и наружной поверхностях. Сварные швы с использованием подкладок, которые остаются потом на месте, не могут быть квалифицированы как стыковые соединения Типа 1.

Стыковые соединения Типа 1 должны иметь полное проплавление и полный провар и должны быть отшлифованы или обработаны механическим способом заподлицо с соединяемыми вместе деталями. Все стыковые соединения Типа 1, как продольные, так и кольцевые, должны быть полностью проверены по всей длине в соответствии со Статьей KE-3.

KF-222 **Сварные швы полного проплавления с разделкой кромок, закрепляющие патрубки**

Закрепляющие элементы патрубков – это обычно стыковые соединения Типа 1, описываемые расчетными правилами KD-1130 и показанные на Рис. KD-1130. Сварные швы полного проплавления с разделкой кромок также допускаются для крепления патрубков к корпусам в соответствии с расчетными правилами KD-1131. Данные сварные швы не подготовлены к рентгенографии. Подкладочные полосы не допускаются.

KF-222.1 Квалификационные оценки сварочной процедуры. Обычно такой шов представляет собой соединение односторонних швов. Следует обратить внимание на применение такого метода сварки, как

дуговая сварка вольфрамовым электродом в среде защитного газа, способная производить высококачественный сварной шов на внутреннем диаметре патрубка. Надлежащий выбор электрода и способа сварки, включающей предварительное и послесварочное обогривание, должен быть сделан путем создания образца сварного шва с разделкой кромок, как показано в QW-461.1 и QW-461.3 Секции IX на материале того же анализа и той же толщины, что соответствуют QW-451.1 и QW-451.2 Секции IX. Образец перед сваркой должен находиться в тех же условиях термообработки, в каких должна производиться сама работа. После сварки образец должен подвергаться термической обработке, эквивалентной той, что назначается для готового изделия. Следует также взять образцы для испытания на растяжение и изгиб, как показано в QW-462.1, QW-462.2 и QW-462.3(a) Секции IX. Данные испытания должны соответствовать требованиям QW-150 и QW-160 Секции IX. Радиус оправки, применяемый при испытании на изгиб на оправке должен находиться в следующих пределах:

Толщина образца:	Радиус оправки	Радиус D [Примечание (1)]
$\frac{3}{8}$ дюйма (10 мм)	$1\frac{1}{4}$ дюйма (32 мм)	$1\frac{11}{16}$ дюйма (43 мм)
1 дюйм (25 мм)	10/3	$9\frac{1}{2} + \frac{1}{16}$ дюйма (1,5 мм)

ПРИМЕЧАНИЕ:

(1) Соответствует размерам B и D для материала P-№ 11 в QW-466.1 Секции IX и другим размерам в пропорции.

KF-222.2 Осмотр сварного шва. Кроме требований к окончательному осмотру Статьи KE-3, следует учитывать промежуточный осмотр сварного шва, например, такой как магнитопорошковый контроль, для обеспечения бездефектности сварного шва по завершении процесса.

KF-223 Стыковые соединения Типа 2

Стыковые соединения Типа 2 допускаются только на слоях, следующих за внутренним корпусом сварных многослойных сосудов. Правила расчета и изготовления приведены в Статьях KD-8 и KF-8. Специальные требования к сварке и сварочной оценке приводятся в Статье KF-8.

KF-224 Качественные и инспекционные требования к угловым сварным швам, применяемым в комбинации со сварными швами полного проплавления с разделкой кромок

При использовании углового сварного шва совместно со сварным швом полного проплавления с разделкой кромок, последний должен квалифицироваться и выполняться в соответствии с правилами KF-222 перед наплавлением углового сварного шва. Угловой сварной шов должен отвечать следующим требованиям.

(a) Понижение толщины прилегающих поверхностей у основания углового сварного шва не должно превышать $\frac{1}{32}$ дюйма (0,8 мм) или создавать условия, при которых прилегающий материал имеет толщину в любой точке менее расчетного требуемого минимума.

(b) Обработка поверхности должна проверяться согласно правилам KF-204, а сама поверхность проверяется в соответствии с правилами KE-334.

KF-225 Капиллярный контроль

В отношении любого сварного шва из аустенитных хромоникелевых легированных сталей, аустенитно-ферритных двусторонних сталей, и никелевых сплавов, как стыковой, так и угловой, должен производиться капиллярный контроль (см. KE-334). Данный контроль должен быть выполнен после термической обработки, если требуется. Все дефекты должны быть устранены, а ремонтные действия документированы в соответствии с положениями KF-240. Отремонтированный участок должен быть повторно осмотрен и проверен с использованием капиллярного контроля.

KF-226 Поверхностное наплавление металла сварного шва

Конструкция, при которой сварочный металл наносится на поверхность основного металла с целью восстановления толщины основного металла или изменения конфигурации сварных соединений, в соответствии с требованиями KD-1120 или KF-234(b) по коническим переходным участкам, должна отвечать следующим требованиям.

(a) Перед сваркой метод сварки должен быть квалифицирован на толщину наплавленного металла.

(b) Весь объем наплавленного металла должен проверяться по всей поверхности наплавления с использованием магнитопорошкового или капиллярного контроля в соответствии с KE-334.

(c) Объем наплавленного металла, превышающий $\frac{3}{8}$ дюйма (10 мм) по толщине, должен осматриваться по всей наплавке или с использованием радиографического или ультразвукового контроля в соответствии с KE-220.

(d) Если поверхность наплавленного металла шва используется в сварных соединениях, которые требуют объемной проверки, то в отношении наплавленного металла шва должна быть выполнена объемная проверка.

KF-230 ТРЕБОВАНИЯ К ХОДУ ВЕДЕНИЯ СВАРОЧНЫХ РАБОТ

Свариваемые детали должны быть очищены, выровнены, пригнаны и зафиксированы в нужном положении в ходе сварки.

KF-231 Подготовка обратной стороны соединений с двусторонним швом

Обратная сторона соединений с двусторонним швом должна быть подготовлена стружкой, шлифованием или расплавлением, с тем, чтобы обеспечить качественный металл в основании первоначального наплавленного металла шва до нанесения металла шва с обратной стороны. Устранение прохода при заварке корня шва не требуется ни при одном из сварочных процессов, при котором основание шва сохраняется свободным от примесей. Перед началом сварки с обратной стороны очищенная зона основания шва должна быть осмотрена в соответствии с KE-334.

KF-232 Очистка поверхностей под сварку

Поверхности свариваемых частей должны быть чистыми, свободными от окалины, ржавчины, масла, смазки и других агрессивных посторонних материалов.

ТАБЛИЦА KF-234
МАКСИМАЛЬНО ДОПУСТИМЫЙ СДВИГ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Толщина сечения	Направление соединений в цилиндрических корпусах	
	Продольное	Кольцевое
Не более $1^{5/16}$ дюйма (24 мм)	Наименьший из $t/5$ или $3/32$ дюйма (2,4 мм)	$t/5$
Более $1^{5/16}$ дюйма (24 мм), менее или равное $1^{1/2}$ дюйма (38 мм)	$3/32$ дюйма (2,4 мм)	$3/16$ дюйма (4,8 мм)
Более $1^{1/2}$ дюйма (38 мм)	$3/32$ дюйма (2,4 мм)	$t/8$, но не более $1/4$ дюйма (6 мм)

Для всех материалов, вредные окислы должны быть удалены с участка контакта с наплавленным металлом на расстоянии, по крайней мере, 2 дюйма (50 мм) от подготовленного для сварки участка. При нанесении сварочного металла поверх сварного слоя, нанесенного ранее, следует удалить весь шлак для того, чтобы в сварной металл не попали примеси.

KF-233 Совмещение свариваемых частей в ходе сварки

(a) Оправки, зажимы, тиски, прихваточные сварные швы или другие подходящие средства можно использовать для обеспечения выравнивания кромок, подлежащих сварке. Если используются прихваточные швы, то они должны быть полностью удалены, после того как были использованы по назначению, либо их начальный и конечный участки должны надлежащим образом быть подготовлены шлифованием или другими способами, с тем, чтобы их можно было включить в окончательный шов. Прихваточные швы должны наноситься квалифицированными сварщиками по утвержденным процедурным правилам. Постоянные прихваточные швы должны проверяться либо магнитопорошковой, либо капиллярной дефектоскопией. Критерии приемки и ремонта должны соответствовать условиям KE-334.

(b) Односторонний соединительный шов (т. е. шов только с одной стороны), согласно разрешению KF-220, допустим при условии, что инспектор удовлетворен качеством плавки и провара. При использовании данного типа сварного шва особое внимание следует уделить совмещению и разделению соединяемых элементов.

KF-234 Допуски на совмещение кромок под стыковую сварку

(a) Совмещение секций на кромках, предназначенных для стыковой сварки, должно быть таким, чтобы максимальный сдвиг совмещаемых секций не превышал предельные значения, указанные в Таблице KF-234.

(b) Все смещения должны быть обтекаемы с уклоном 3 к 1 по ширине окончательно обработанного сварного шва или, если необходимо, обтекаемость достигается при помощи дополнительного наплавления сварного шва сверх того, что иначе было бы кромкой шва. Такая добавочная наплавка к сварному металлу должна отвечать требованиям KF-226.

(c) Переходные соединения между сечениями неравной толщины описаны в KD-1120.

KF-235 Меры предосторожности в случае возобновления процесса сварки

Если процесс сварки по каким-то причинам был прерван, то исключительное внимание при его возобновлении следует обратить на то, чтобы обеспечить требуемые проплавление и провар.

KF-236 Удаление временных креплений и прожогов электродом

Участки, с которых были удалены временные крепления, или участки с прожогами электродом, должны быть гладко отшлифованы и проверены с использованием магнитопорошкового или капиллярного контроля в соответствии с KE-233. Дефекты должны быть устранены, а материал должен быть проверен, с целью подтверждения их устранения. Если необходимо исправление сварных швов, оно должно быть выполнено квалифицированными сварщиками с использованием квалифицированных методов сварки и проверено, как указано в KF-226.

KF-237 Проковка

Контролируемая проковка должна выполняться с целью уменьшения деформации. Проковка не должна применяться на первоначальном (корневом) слое металла шва или окончательном (лицевом) слое, если сварной шов не подвергается послесварочной термической обработке.

KF-238 Идентификационная маркировка или отчетные документы для сварщиков и операторов

(a) Каждый сварщик и оператор должен ставить идентификационную маркировку в виде номера, буквы или символа, присвоенных изготовителем, рядом или с интервалами не более 3 футов (0,9 м), учитывая процедуры маркировки согласно требованиям KF-112 и KF-601, от сварных швов, изготавливаемых ими на материале с толщиной $1/4$ дюйма (6 мм) или более. В качестве альтернативы, у изготовителя хранится отчет о каждом соединении, сваренном каждым сварщиком или оператором. Этот отчет должен предъявляться инспектору.

(b) Если на сосуде производится большое количество постоянных сварных швов на креплениях деталей, не работающих под давлением, изготовителю не обязательно устанавливать каждого сварщика или оператора, сваривших то или иное соединение при условии, что:

(1) система контроля качества изготовителя включает в себя процедуру, связанную с идентификацией сварщиков или операторов, которые выполняют такие швы на каждом сосуде, с тем, чтобы инспектор мог удостовериться в надлежащей квалификации сварщиков и операторов

(2) сварные швы каждой категории имеют один и тот же тип и одну и ту же конфигурацию и выполнены по одним и тем же Техническим условиям на методы сварки.

(c) постоянное идентификационное обозначение сварщиков или операторов, выполняющих прихваточные швы, которые являются частью окончательного сварного шва, находящегося под давлением, не требуется при условии, что Система качества изготовителя включает процедуру, позволяющую инспектору удостовериться в том, что такие прихваточные швы были выполнены квалифицированными сварщиками или операторами.

KF-240 УСТРАНЕНИЕ ДЕФЕКТОВ СВАРНОГО ШВА

KF-241 Устранение дефектов

Обнаруженные в ходе необходимых по Статье KE-3 осмотров или гидростатических испытаний дефекты должны устраняться механическими средствами или

посредством термической поверхностной резки. При использовании термической поверхностной резки изготовитель должен гарантировать, что процесс не нанесет вреда материалу.

KF-242 Повторная сварка в зонах, подлежащих ремонту

Зоны, подлежащие ремонту, должны быть повторно сварены квалифицированными сварщиками с использованием квалифицированных методов сварки (см. KF-210).

KF-243 Проверка исправленных сварных швов

После ремонта сварные швы должны быть подвергнуты повторному контролю теми же методами, которые первоначально были использованы для контроля шва. Исправленный сварной шов должен приниматься только в том случае, если результаты контроля являются удовлетворительными.

KF-244 Послесварочная термическая обработка исправленных швов

Для всех исправлений сварных швов следует применять правила послесварочной термообработки, содержащиеся в Статье KF-4 .

KF-245 Документация о ремонтах

Все исправления сварочных швов должны быть документированы в Отчете изготовителя о конструкции.

СТАТЬЯ KF-3

ТРЕБОВАНИЯ К ИЗГОТОВЛЕНИЮ ДЛЯ МАТЕРИАЛОВ С ЗАЩИТНОЙ ОБЛИЦОВКОЙ

KF-300 ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Данная Статья применяется к материалам с защитной облицовкой, осуществляемой в виде выполненной зацело плакировкой или покрытия сварных швов. В данной Статье не описываются средства облицовки с предварительным напряжением, выполненные как часть корпуса (см. Статью KF-8).

KF-301 Типы допустимых соединений

Применяемые типы соединений и методы сварки должны быть такими, чтобы свести к минимуму возможность образования хрупкого сварного шва, возникающего вследствие смешивания металлов коррозионнотойкого сплава и основного материала.¹

KF-302 Состав металла шва

Сварные швы, подверженные воздействию коррозии со стороны содержимого сосуда, должны обладать стойкостью к коррозии, которая лишь незначительно меньше, чем при цельном коррозионнотойком наплавленном плакировании или облицовке. Рекомендуется применение присадочного металла, наплавляющего металл шва практически того же состава, что и присоединяемый металл. Наплавленный металл различного состава может применяться в том случае, если, по мнению изготовителя, он обладает более высокими механическими свойствами, а потребитель удовлетворен степенью коррозионной стойкости для выполнения намеченной работы. Содержание ниобия в наплавленном шве из ниобий-стабилизированной аустенитной коррозионнотойкой стали не должно превышать 1,00 %, за исключением тех случаев, когда допускается более высокое содержание в свариваемом материале.

KF-303 Присадочные сплавы 400 серии

Присадочные сплавы 400 серии не могут быть допущены к применению в тех случаях, когда присадочный металл приваривается к основному.

¹ Ввиду разницы в коэффициентах теплового расширения различных металлов, следует быть очень осторожным в расчетах и изготовлении сосудов согласно положениям настоящих параграфов, чтобы избежать трудностей при эксплуатации в условиях предельных температур или чрезмерных нагрузок на детали, которые могут возникнуть в точках концентрации напряжений.

KF-310 Квалификация методов сварки

Квалификация методов сварки проводится, согласно рекомендациям, после того, как конструкция подверглась плакировке, наплавлению шва и облицовке, и должна быть подробно документирована.

KF-311 Методы, квалифицированные согласно Секции IX

Все методы сварки, связанные с применением защитных средств облицовки, должны квалифицироваться в соответствии с положениями Секции IX, QW-217.

KF-312 Квалификация метода крепления облицовки

(a) Каждый метод сварки, применяемый для крепления облицовочного материала к основному материалу, должен быть квалифицирован в отношении облицовки крепежных швов, выполненных в формах и расположении, используемых в конструкции, и теми материалами, которые отвечают ограничениям по химическому составу применяемых материалов, для основного материала, облицовочного материала и наплавленного металла, соответственно.

(b) Сварные швы должны выполняться в каждом положении, описанном в Секции IX, QW-120, применимом в конструкции. В каждом положении должен быть вырезан, отшлифован и протравлен один образец в целях четкого определения границы между зоной плавления и основным металлом.

(c) Для квалификации метода, в отношении образца, подвергнутого внешнему осмотру невооруженным глазом, должно быть проведено полное оплавление и выявлено полное отсутствие трещин в зоне плавления и в металле зоны термического влияния.

KF-313 Требования к составным сварным швам

KF-313.1 Квалификация методов выполнения сварных швов с разделкой кромок на основном материале с коррозионнотойкой цельной плакировкой и наплавлением металла сварного шва. Следует придерживаться требований по квалификации метода, приведенных в Секции IX, QW-217. Метод выполнения сварных швов может быть квалифицирован как в KF-311, или сварной шов в главном или плакировочном соединении может быть квалифицирован отдельно согласно правилам Секции IX.

KF-313.2 Квалификация работ по выполнению составных сварных швов. Для квалификации работ следует соблюдать требования, приведенные в Секции IX, QW-310 и KF-313.1 или KF-313.3.

KF-313.3 Испытательные пластины для составных сварных швов. Демонстрационные испытания технических характеристик для квалификации должны выполняться в соответствии с Секцией IX, посредством подготовки испытательного материала из плакированного зацело материала или материала наплавленного металла с теми же Р-номерами по QW/QB-422, что и у основного материала. Применяемые в ходе испытания цельные плакированные или с наплавленным слоем сварного металла материалы должны обладать таким же F-номером по QW-432, что и присадочный металл, применяемый в конструкции. Если цельные плакированные или с наплавленным слоем сварного металла материалы не приведены в списке QW/QB-422, квалификация должна выполняться на уровне, предусмотренном для сосуда. Термическая обработка не требуется, хотя допускается, если работа сварщика в отношении конструкции должна подвергаться термообработке. Нижеследующие условия также должны быть выполнены. Поперечное сечение, произведенное на испытательном материале перпендикулярно направлению сварки и надлежащим образом подготовленное и протравленное, должно иметь плавление не длиннее $\frac{1}{8}$ дюйма (3,2 мм). Общая длина наплавленной плакировки не должна превышать 10 % длины испытательного материала, перпендикулярного направлению сварки.

KF-320 ЦЕЛЬНОПЛАКИРОВАННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Испытание на сдвиг должно показать для цельноплакированных материалов минимальную прочность на сдвиг 20 тыс. фунтов/кв. дюйм (140 МПа).

KF-330 ПОСЛЕСВАРОЧНАЯ ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ОБЛИЦОВКИ

KF-331 Когда основной металл должен подвергаться послесварочной термической обработке²

Сосуды или детали сосудов, изготовленные из цельных плакированных или с наплавленным слоем сварного металла материалов, должны подвергаться послесварочной термической обработке, если основной материал требует послесварочной термической обработки. При применении указанных правил определяющей толщиной должна быть общая толщина основного материала. В случаях, когда основной материал требует послесварочной термической обработки, ее следует проводить после восстановления наплавки приварочного металла или плакировки.

KF-332 Требования для случаев, когда основным или облицовочным металлом является хромистая легированная сталь

Сосуды и детали сосудов, изготовленные из материалов с металлом шва плакировки из хромистой нержавеющей стали или с накладной облицовкой

из хромистой нержавеющей стали, должны подвергаться после сварочной термической обработке при всех толщинах, за исключением сосудов, которые плакированы или облицованы материалами Типа 405 или Типа 410S и сварены аустенитными электродами или нетвердеющими на воздухе хромо-никеле-железными электродами; такие сосуды не нуждаются в послесварочной термической обработке, если это не требуется KF-331.

KF-333 Термическая обработка, которая может повлиять на перераспределение напряжения сосуда

Изготовителю следует убедиться, в соответствии с KG-323(d), с тем, что любая термическая обработка сосуда или детали сосуда, не оказывает неблагоприятного воздействия на перераспределения напряжения сосуда, требуемого в Статьях KD-5, KD-8, KD-9 и KD-10. Кроме того, для многослойных или нагартованных сосудов изготовитель должен соблюдать применимые требования для термической обработки, содержащиеся в Статьях KF-830 или KF-540(b), если применимо.

KF-340 ТРЕБОВАНИЯ К ПРОВЕРКЕ

KF-341 Проверка основного материала, защищенного сварным покрытием

Проверка, согласно требованиям Статьи KE-3, должна проводиться после того, как соединение завершено, включая нанесение коррозионностойкого слоя. Данная проверка может проводиться на сварном шве базового материала перед наплавлением покрывающего шва из сплава, при условии соблюдения следующих требований:

(a) толщина основного материала в месте сварного соединения должна быть не меньше, чем требуется по проектировочным расчетам;

(b) коррозионностойкая легированная наплавка не упрочняется на воздухе;

(c) готовая легированная наплавка проверяется любым методом, посредством которого можно обнаружить трещины в соответствии с KE-233.

KF-342 Проверка плакирующего покрытия из хромистого сплава

Соединения между плакирующими наплавками из хромистого сплава или незакрепленными облицовочными листами должны подвергаться проверке на наличие трещин.

KF-342.1 Присадочный металл из чистого хромистого сплава

(a) Соединения, выполненные из присадочного металла из чистого хромистого сплава, должны подвергаться проверке по всей длине. Сварные швы из хромистого сплава, находящиеся в постоянном контакте со швами на

(b) Облицовочные сварные швы, примыкающие к основному металлу, но едва пересекающие швы на основном металле, должны проверяться в соответствии с KE-334.

KF-342.2 Присадочный металл из аустенитной хромоникелевой стали. Соединения, выполненные присадочным металлом из аустенитной хромоникелевой стали или нетвердеющим на воздухе хромоникележелезным присадочным металлом, должны проверяться методом цветной дефектоскопии по всей длине согласно KE-334 или точечным ультразвуковым методом по 10 % длины в соответствии со Статьей KE-3.

² Послесварочная термообработка может производиться в диапазоне температур выделения карбида в нестабилизированных аустенитных хромоникелевых сталях, а также в диапазоне образования сигма-фазы, вследствие чего при неосторожном использовании такой обработки возможно образование материала с ухудшенными физическими свойствами и пониженной стойкостью к коррозии, что может привести к полному разрушению сосуда.

**KF-350 КОНТРОЛЬНАЯ ПРОВЕРКА
И ИСПЫТАНИЯ****KF-351 Общие требования**

Правила следующих параграфов должны применяться вместе с общими требованиями к контрольной проверке Части KE, а для испытаний – с требованиями Части KE, которая относится к применяемому методу изготовления.

**KF-352 Испытание на герметичность защитной
облицовки**

Рекомендуется провести испытание на герметичность защитной облицовки, которая должна соответствовать назначению сосуда, но составляющие испытания должны обсуждаться между потребителем и изготовителем. Испытание не должно повредить

основной, несущий нагрузку, лист. Если есть основания предполагать, что из-за контакта с содержимым сосуда может возникнуть быстрая коррозия основного материала, особое внимание следует обратить на оборудование и выполнение испытания на герметичность.

KF-360 КЛЕЙМЕНИЕ И ОТЧЕТЫ

Положения для клеймения и отчетов в Части KS должны применяться к сосудам, изготовленным из цельной плакировки, наплавного слоя металла или защитной облицовки, и должны включать в себя технические условия и тип облицовочных материалов. Эта информация должна быть включена в Отчет изготовителя.

СТАТЬЯ KF-4

ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА СВАРИВАЕМЫХ ДЕТАЛЕЙ

KF-400 ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА СВАРИВАЕМЫХ ДЕТАЛЕЙ

В данной Секции представлены требования к термической обработке свариваемых деталей. Дополнительные требования к термической обработке для закаленных и отпущенных сталей изложены в KF-630.

KF-401 Требования к предварительному нагреву

Технические условия на методы сварки для свариваемых материалов устанавливают минимальные требования к предварительному нагреву в соответствии с требованиями к методам сварки Секции IX. Необходимость проведения и температура предварительного нагрева зависят от ряда параметров, таких, как химический анализ, степень сжатия соединяемых деталей, физические свойства в условиях повышенной температуры и толщина материала.

KF-402 Требования к термической обработке после проведения сварки³

Перед применением конкретных требований и допусков в данных параграфах, следует провести соответствующую квалификацию применимых методов сварки в соответствии с Секцией IX и ниже приведенными ограничениями. Все сосуды давления и детали сосудов давления, исключая цветные металлы и черные металлы, представленные в Таблицах KF-402.1 и KF-402.1M, должны пройти послесварочную термическую обработку при температурах не ниже, чем приведенные в Таблицах KF-402.1 и KF-402.1M, если номинальная толщина любого сварного соединения сосуда или детали сосуда, включая допуск на коррозию, превышает предельные значения, представленные в Таблицах KF-402.1 и KF-402.1M. Материалы из Таблиц KF-402.1 и KF-402.1M приведены по Р-номеру, который находится в QW/QB-422 Секции IX и таблицах значений напряжения Секции II, Части D.

KF-402.1 Возможность превышения температуры и времени выдержки. За исключением случаев, когда это запрещено Таблицами KF-402.1 и KF-402.1M, возможно применять температуру и/или время выдержки, превышающие минимальные значения, приведенные в Таблицах KF-402.1 и KF-402.1M (см. КТ-112 для дополнительных требований для времени и температуры). Записи данных о температуре и времени проведения послесварочной температурной обработки следует представлять для ознакомления

инспектору. Общее время выдержки при температуре, указанной в Таблицах KF-402.1 и KF-402.1M может быть суммой времени проведения многократных циклов термической обработки.

KF-402.2 Термическая обработка деталей под давлением, соединенных с группой с Р-номером и деталями, не находящимися под давлением. При сваривании двух деталей под давлением из материалов двух групп с различным Р-номером, послесварочная термическая обработка должна проводиться в соответствии с Таблицами KF-402.1 и KF-402.1M и их приложениями для материалов, требующих более высоких температур проведения послесварочной термической обработки. В случае приваривания деталей, не находящихся под давлением, к деталям под давлением, следует контролировать температуру послесварочной термической обработки детали под давлением.

KF-402.3 Определение номинальной толщины при послесварочной термической обработке. Номинальная толщина в Таблицах KF-402.1, KF-402.1M и Таблицах KF-630 и KF-630M является толщиной приведенного здесь сварного соединения. Поскольку послесварочную термическую обработку сосудов давления и деталей сосудов давления проводят в печи, это наибольшая свариваемая толщина любого сосуда давления или детали сосуда давления, не подвергавшихся ранее послесварочной термической обработке.

(a) В случае, когда сварное соединение соединяет детали равной толщины, используя полностью проплавленный стыковой сварной шов, номинальной толщиной является общая глубина сварного шва, исключая разрешенное усиление сварного шва.

(b) Для сварного шва с разделкой кромок, номинальной толщиной является глубина разделки кромок.

(c) Для углового сварного шва номинальной является толщина сварного шва. Если угловой сварной шов применяется вместе с разделкой кромок, номинальной величиной является либо глубина разделки кромок, либо толщина сварного шва, в зависимости от того, что больше.

(d) При соединении сваркой деталей различной толщины за номинальную толщину следует принимать:

(1) наиболее тонкую из двух примыкающих деталей, свариваемых стыковым сварным швом, включая соединения днища с корпусом.

(2) толщину корпуса в соединениях с трубной плитой, плоским днищем, крышкой, фланцем и аналогичными конструкциями.

(3) На Рис. KD-700, KD-1112, KD-1121, KD-1122, KD-1130 и KD-1131 толщину сварного шва в поперечном

³ Дополнительные требования к выполнению послесварочной термической обработки могут исходить из требований Статьи КТ-2

Таблица KF-402.1
ТРЕБОВАНИЯ ДЛЯ ПОСЛЕСВАРОЧНОЙ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ ПОД ДАВЛЕНИЕМ
И КРЕПЛЕНИЙ (Система единиц США)

Материал	Номинальная температура выдержки, °F, мин.	Минимальное время выдержки при нормальной температуре для номинальной толщины (см. KF-402.1).		
		До 2 дюймов	От 2 до 5 дюймов	Свыше 5 дюймов
P-номер 1 [Примечание (1)]	1100	1 ч/дюйм. (1 ч мин.)	2 ч + 15 минут на каждый дополнительный дюйм при толщине свыше 2 дюймов	2 ч + 15 минут на каждый дополнительный дюйм при толщине свыше 2 дюймов
P-номер 3 [Примечание (2), (3)]	1100	1 ч/дюйм (1 ч мин.)	2 ч + 15 минут на каждый дополнительный дюйм при толщине свыше 2 дюймов	2 ч + 15 минут на каждый дополнительный дюйм при толщине свыше 2 дюймов
P-номер 4	1200	1 ч/дюйм (1 ч мин.)	1 ч/дюйм	5 ч + 15 минут на каждый дополнительный дюйм при толщине свыше 5 дюймов
P-номер 5A [Примечание (2), (3)] P-номер 5C [Примечание (2), (3)]	1250	1 ч/дюйм. (1 ч мин.)	1 ч/дюйм	5 ч + 15 минут на каждый дополнительный дюйм при толщине свыше 5 дюймов
P-номер 8 [Примечание (4)]	...	...	...	...
P-номер 10A [Примечания (3), (5)]	1100	Минимум 1 час + 15 минут на каждый дополнительный дюйм при толщине свыше 1 дюйма	Минимум 1 ч + 15 минут на каждый дополнительный дюйм при толщине свыше 1 дюйма	Минимум 1 ч + 15 минут на каждый дополнительный дюйм при толщине свыше 1 дюйма
P-номер 42 [Примечание (4)]	...	...	...	...
P-номер 43 [Примечание (4)]	...	...	...	...
P-номер 44 [Примечание (4)]	...	...	...	...
P-номер 45 [Примечание (4)]	...	...	...	...

ПРИМЕЧАНИЯ:

- (1) Послесварочная термическая обработка обязательна при следующих условиях:
 - (a) для материалов с номинальной толщиной свыше $1\frac{1}{4}$ дюйма;
 - (b) для материалов номинальной толщиной свыше $\frac{5}{8}$ дюйма, предназначенных для деталей под давлением, подвергающихся воздействию открытого огня.
- (2) Если во время проведения послесварочной термической обработки максимальные значения температуры или давления для любой детали сосуда превышают допустимые в положении КТ-112, необходимо сделать дополнительные темплеты для вырезки образцов для испытаний и провести эти испытания.
- (3) послесварочная термическая обработка необходима при следующих условиях:
 - (a) для всех материалов, номинальная толщина которых превышает $\frac{3}{8}$ дюйма.
 - (b) для материалов любой толщины, предназначенных для деталей под давлением, подвергающихся воздействию открытого пламени.
- (4) Проведение послесварочной термической обработки необязательно, но допустимо для соединений между P-номерами 8, 42, 43, 44 или 45, либо любыми их комбинациями.
- (5) Следует иметь в виду возможность охрупчивания материалов, содержащих до 0,15 % ванадия при проведении послесварочной термической обработки при минимальных температурах.

ТАБЛИЦА КФ-402.1М
ТРЕБОВАНИЯ К ПОСЛЕСВАРОЧНОЙ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ ДЕТАЛЕЙ ПОД ДАВЛЕНИЕМ
И КРЕПЛЕНИЙ (Значения в системе единиц СИ)

Материал	Номинальная температура выдержки °С, мин.	Минимальное время выдержки при нормальной температуре для номинальной толщины (см. КФ-402.1)		
		До 50 мм	Свыше 50 до 130 мм включительно	Свыше 130 мм
Р-номер 1 [Примечание (1)]	590	1 ч на 25 мм (1 ч мин.)	2 ч + 15 минут на каждые дополнительные 25 мм при толщине свыше 50 мм	2 ч + 15 минут на каждые дополнительные 25 мм при толщине свыше 50 мм
Р-номер 3 [Примечание (2), (3)]	590	1 ч на 25 мм (1 ч мин.)	2 ч + 15 минут на каждые дополнительные 25 мм при толщине свыше 50 мм	2 ч + 15 минут на каждые дополнительные 25 мм при толщине свыше 50 мм
Р-номер 5А [Примечание (2), (3)]	680	1 ч на 25 мм (1 ч мин.)	1 час на 25 мм	5 ч + 15 минут на каждые дополнительные 25 мм при толщине свыше 130 мм.
Р-номер 8 [Примечание (4)]	...	...	...	...
Р-номер 10А [Примечания (3), (5)]	590	Минимум 1 ч + 15 минут на каждые дополнительные 25 мм при толщине свыше 25 мм	Минимум 1 ч + 15 минут на каждые дополнительные 25 мм при толщине свыше 25 мм	Минимум 1 ч + 15 минут на каждые дополнительные 25 мм при толщине свыше 25 мм
Р-номер 42 [Примечание (4)]	...	...	...	...
Р-номер 43 [Примечание (4)]	...	...	...	...
Р-номер 44 [Примечание (4)]	...	...	...	...
Р-номер 45 [Примечание (4)]	...	...	...	...

ПРИМЕЧАНИЯ:

- (1) Послесварочная термическая обработка обязательна при следующих условиях:
 - (а) для материалов с номинальной толщиной свыше 30 мм;
 - (б) для материалов номинальной толщиной свыше 15 мм, предназначенных для деталей под давлением, подвергающихся воздействию открытого огня.
- (2) Если во время проведения послесварочной термической обработки максимальные значения температуры или давления для любой детали сосуда превышают допустимые в положении КТ-112, необходимо сделать дополнительные темплеты для вырезки образцов для испытаний и провести эти испытания.
- (3) послесварочная термическая обработка обязательна при следующих условиях:
 - (а) для материалов номинальной толщиной свыше 10 мм;
 - (б) для материалов любой толщины, предназначенных для деталей под давлением, подвергающихся воздействию открытого огня.
- (4) Проведение послесварочной термической обработки необязательно, но допустимо для соединений между материалами с Р-номерами 8, 42, 43, 44 или 45, либо любыми их комбинациями
- (5) Следует иметь в виду возможность охрупчивания материалов, содержащих до 0,15 % ванадия при проведении послесварочной термической обработки при минимальных температурах.

размере сопла форсунки, корпуса, днища либо крепления углового сварного шва, в зависимости от того, что больше.

(4) Толщина сопла форсунки в соединениях сопла форсунки с фланцем.

(5) Толщина сварного шва в месте соединения детали под давлением с деталью, не находящейся под давлением.

(6) Толщина сварного шва в соединениях труб с трубной плитой.

(f) При ремонте за номинальную толщину принимают глубину исправляемого сварного шва.

KF-410 ПРОЦЕДУРЫ НАГРЕВА ДЛЯ ПОСЛЕСВАРОЧНОЙ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

KF-411 Методы нагрева

Термическую обработку после сварки следует проводить по одному из методов, указанных в данном Параграфе. В приведенных ниже методах область выдержки определяется объемом металла, требуемого для достижения или превышения минимальных температур термической обработки после сварки, представленных в Таблицах KF-402.1 и KF-402.1M. Как минимум, в область выдержки должны входить сварной шов, зона термического воздействия и участок основного металла, прилегающего к сварному шву, подвергаемому термической обработке. Минимальной шириной данного участка является самое широкое место сварного шва плюс $1t$ или 2 дюйма (50 мм), (что меньше) с каждого бокового участка или конца сварного шва. t – номинальная толщина, определяемая в KF-402.3.

KF-411.1 Нагрев всего сосуда. Нагрев всего сосуда как целого элемента в закрытой печи предпочтительней, и его следует проводить всегда, когда это возможно.

KF-411.2 Нагрев элементов сосуда. Допускается нагрев сосуда в печи за более чем один прием, если нагреваемые части сосуда покрываются, по крайней мере, на 5 футов (1,5 м). В случае применения данного метода, часть сосуда, находящаяся вне печи, должна быть экранирована таким образом, чтобы температурный градиент был безопасным (см. KF-412). Поперечное сечение места выхода сосуда из печи не должно пересекать форсунки либо другие конструктивные несплошности.

KF-411.3 Нагревательные элементы и кольцевые сварные швы

(a) Разрешается нагревать участки обечаек, днища и другие детали сосудов для проведения термической обработки после сварки продольных соединений или сложных сварных деталей до соединения деталей для сборки сосуда. Разрешается проводить послесварочную термическую обработку кольцевого соединения, не подвергавшегося ранее послесварочной термической обработке, путем нагревания кольцевого элемента, которое включают эти соединения.

(b) Данный метод, возможно, также использовать для местной тепловой обработки кольцевых соединений в трубах, трубопроводах или кольцевых форсунках. В последнем случае, близость к корпусу увеличивает термическое ограничение и конструктору необходимо создать подходящую длину для возможности проведения термической обработки без создания опасных градиентов в соединениях с форсункой. Если это невозможно, см. KF-411.5.

(c) Ширина нагреваемого кольца с каждой стороны наибольшей ширины готового обработанного сварного соединения должна быть не меньше двойной толщины корпуса. Часть элемента, находящаяся с наружной стороны нагреваемого участка должна быть защищена от температурного градиента. При проведении такого местного нагрева, круговая полоса должна охватывать все кольцо. Часть элемента, находящаяся за пределами круговой полосы, должна быть защищена от температурного градиента. Данный метод, возможно, также применять для послесварочной термообработки деталей сосуда после их ремонта.

KF-411.4 Нагрев сосуда изнутри. Сосуд, возможно, нагревать изнутри, используя при этом подходящие средства, если используются соответствующие приборы, показывающие и записывающие температуру и обеспечивающие равномерное распределение температуры по стенке сосуда. Сосуд, если необходимо, должен быть полностью изолирован до нагрева для соответствия температурным требованиям KF-413.

KF-411.5 Местный нагрев форсунок и внешних креплений сосудов.

(a) Нагрев кольцевых участков, включающих форсунки или другие сварные крепления, требующие послесварочной термической обработки, должен проводиться таким способом, чтобы была обеспечена возможность наблюдения за необходимым температурным режимом внутренней области (см. KF-413) и нагрев был проведен в течение установленного времени. За исключением изменений KF-411.5(b), нагревать необходимо весь сосуд, включая форсунку или сварное крепление. Внешняя часть сосуда должна быть экранирована во избежание опасности температурного градиента.

(b) Данный метод, возможно, также использовать для местной тепловой обработки кольцевых соединений в трубах, трубопроводах или кольцевых форсунках. В последнем случае, близость к стенке сосуда увеличивает термическое ограничение, следовательно, конструктор должен обеспечить необходимую длину для возможности термической обработки без создания опасного температурного градиента в креплениях форсунок, или нагревать полностью кольцевую область вокруг корпуса, включая форсунку.

Ширина кольцевой области нагрева может изменяться в зависимости от форсунки или сварного соединения, требующих послесварочной термической обработки, и должна обеспечивать нагрев области обработки форсунки или сварного соединения при соответствующей температуре и в течение соответствующего времени. Как альтернатива изменения ширины обрабатываемой области, температура внутри кольцевой области обработки, в зависимости от форсунок и сварных соединений, может быть изменена и не достигать требуемого значения, обеспечивающего нагрев области обработки вокруг форсунки или сварного соединения и не поддерживаться в течение заданного времени; температурный градиент также не опасен во всем охлаждаемом или нагреваемом участке. Внешняя часть сосуда должна быть экранирована во избежание опасности температурного градиента.

(c) Метод KF-411.5(a) применим также к послесварочной термической обработке деталей сосудов после ремонта.

KF-411.6 Нагрев участков двойных изогнутых днищ или стенок. Местный нагрев области вокруг форсунок или приваренных креплений в местах наибольшего радиуса двойных изогнутых днищ или сферических корпусов и днищ проводят таким образом, чтобы данная область равномерно нагревалась до требуемой температуры (см. KF-413) и выдерживалась в течение установленного времени. Обрабатываемая область должна включать форсунку или приваренное крепление. Обрабатываемая область должна включать область, выходящую за пределы кромки приваренного крепления во всех направлениях минимум на 1 или 2 дюйма (50 мм) в зависимости от того, какая величина окажется меньше. Снаружи данный участок сосуда должен быть экранирован во избежание опасности температурного градиента.

KF-411.7 Нагрев остальных конфигураций. Местный нагрев областей остальных конфигураций, не входящих в разделы KF-411.1 – KF-411.6, разрешен при соблюдении условия, что данные мероприятия (исходя из соответствующего количества документально подтвержденных испытаний) проведены с учетом воздействия термического градиента, всех значительных конструктивных несплошностей (таких, как форсунки, крепления, соединения днищ с корпусом) и любых механических нагрузок, которые могут возникнуть при проведении послесварочной термической обработки. Снаружи данный участок сосуда должен быть экранирован во избежание опасности температурного градиента.

KF-412 Термическая обработка, которая может повлиять на перераспределение напряжения сосуда

Изготовителю следует убедиться, в соответствии с KG-323(d), что любая термическая обработка, проведенная в отношении сосуда или части сосуда, не оказывает неблагоприятного воздействия на перераспределение напряжения сосуда, требуемого в Статьях KD-5, KD-8, KD-9 и KD-10. Кроме того, изготовитель должен соблюдать применимые требования для термической обработки, содержащиеся в KF-830 или KF-540(b).

KF-413 Скорость нагрева и охлаждения

Послесварочную термическую обработку следует проводить только методами, описанными в KF-411 и в соответствии со следующими требованиями.

(a) Температура в печи не должна превышать 800 °F (430 °C) во время нахождения в ней сосуда или его деталей.

(b) При температуре свыше 800 °F (430 °C) скорость нагрева не должна превышать 400 °F/ч (220 °C/ч) на дюйм (25 мм) максимальной толщины металла корпуса или материала днища, но не должна в любом случае превышать 400 °F/ч (220 °C/ч) и не должна быть менее 100 °F/ч (55 °C/ч). Во время нагрева разность температур нагреваемой части сосуда не должна превышать 250 °F (140 °C) на каждом участке длиной 15 футов (4,6 м).

(c) Сосуд или его детали следует выдерживать при установленной температуре или ее превышающей в соответствии с Таблицами KF-402.1 и KF-402.1M в течение требуемого времени. Во время нагрева разница температур не должна составлять более 100 °F (55 °C) между максимальной и минимальной температурами нагреваемого участка сосуда.

(d) Во время нагрева и выдержки атмосфера в печи должна контролироваться таким образом, чтобы избежать избыточного окисления поверхности сосуда. Печь должна быть такой конструкции, чтобы она могла предотвращать прямое попадание пламени на стенки сосуда.

(e) Если это не определено в Статье KF-6, охлаждение до температуры выше 800 °F (430 °C) следует проводить в закрытой печи или охлаждающей камере со скоростью не более 500 °F/ч (280 °C/ч) на каждый дюйм (25 мм) максимальной толщины металла корпуса или материала днища, но в любом случае скорость не должна быть менее 100 °F/ч (55 °C/ч). Начиная с температуры 800 °F (430 °C), сосуд можно охлаждать в условиях неподвижного воздуха.

KF-420 ПОСЛЕСВАРОЧНАЯ ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ПОСЛЕ ПРОВЕДЕНИЯ РЕМОНТА

Сосуды либо их детали, подвергавшиеся послесварочной термической обработке в соответствии с требованиями данной Статьи, необходимо вновь подвергнуть послесварочной термической обработке после проведения ремонта, если сварные швы, выполненные во время ремонта, требуют послесварочной термической обработки в соответствии с требованиями данной Статьи. Изготовитель должен гарантировать, что любая дополнительная требуемая термическая обработка не повлияет негативно на свойства материалов сосуда

СТАТЬЯ KF-5

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ИЗГОТОВЛЕНИЮ НАГАРТОВАННЫХ СОСУДОВ

KF-500 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Правила данной Статьи применимы именно для изготовления нагартованных сосудов и должны применяться совместно со Статьей KF-1.

KF-510 ПРОВЕРКА И РЕМОНТ

(a) Все основные материалы, применяемые при изготовлении, необходимо проверить методом ультразвукового контроля в соответствии с KE-232.

(b) Необходимо получить подтверждение от инженера-консультанта, сертифицирующего Отчет изготовителя о проекте до производства любых ремонтных работ с использованием сварки.

(c) Любые ремонтные работы должны производиться изготовителем материалов или изготовителем в соответствии со Статьей KE-2 и документированы в соответствии с KE-214.

KF-520 МЕТОДЫ НАГАРТОВКИ

Изготовитель должен иметь подробную методику в письменном виде. Методика должна содержать как минимум следующее.

(a) Метод проведения нагартовки.

(b) Метод контроля расширения нагартовки.

(c) Метод записи времени, температуры и давления во время нагартовки.

(d) Метод измерения расширения полученной нагартовки и определения того, что это происходит в установленных пределах. Статья KD-5 содержит уравнение, соотносящее измеряемую деформацию к расширению нагартовки.

(e) Любую механическую обработку после нагартовки необходимо документировать. Влияние механической обработки после проведения нагартовки описано в KD-520(b).

KF-521 Документация о количестве нагнетаний

Конструктор должен внести в документацию сведения о зависимости появления трещин и изменения

значения предельной усталости от многократного проведения нагартовки, превышающей в 1,25 раза расчетное давление. Изготовитель сосуда должен документировать данные действия и представить их инженеру-консультанту, сертифицировавшему Отчет изготовителя о проекте для согласования.

KF-530 ПРОВЕРКА ПОСЛЕ НАГАРТОВКИ

Поверхности, которые подлежат проверке на воздействие пластической деформации во время нагартовки и которые будут недоступными во время проведения окончательного исследования поверхности, требуемого в KE-400, следует проверить одним из подходящих методов KE-230.

KF-540 ИСПРАВЛЕНИЕ ДЕФЕКТОВ ПОСЛЕ НАГАРТОВКИ

(a) Изготовитель может устранить дефекты и произвести ремонт сосуда в соответствии с KF-510.

(b) Если проведен ремонт посредством сварки, сомнение в положительном эффекте нагартовки на данном участке должно быть снято проверкой на усталость, требуемой Частью KD. Ремонтная сварка должна проводиться в соответствии с требованиями Статьи KE-2. Если требуется проведение послесварочной термической обработки, влияние этой тепловой обработки на распределение остаточного напряжения должно документироваться изготовителем в его Отчете изготовителя о проекте.

KF-550 КЛЕЙМЕНИЕ И ОТЧЕТНЫЕ ДОКУМЕНТЫ

Положения для клеймения и отчетных документов из части KS следует применять и для сосудов давления, изготовленных в соответствии с данной Статьей. Помимо требуемой маркировки, ниже символа следует ставить буквы PS (см KF-601).

СТАТЬЯ KF-6

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ЗАКАЛЕННЫМ И ОТПУЩЕННЫМ СТАЛЯМ

KF-600 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Следующие дополнительные правила применимы для сталей, пригодных для сварных частей сосудов, физические свойства которых были улучшены способом термической обработки закаливанием и отпуском. Положения KM-240 также применимы для материалов, свойства которых улучшены закаливанием и отпуском.

KF-601 МАРКИРОВКА НА ПЛИТАХ И ДРУГИХ МАТЕРИАЛАХ

Любое клеймение на стали методом отиска не должно делаться сильным надавливанием. Клеймение любой стали отиском можно не делать, если толщина материала составляет $\frac{1}{2}$ дюйма (13 мм) или менее. Об использовании других методов маркировки вместо клеймения – см. KF-112.

KF-602 ТРЕБОВАНИЯ К ТЕПЛОВОЙ ОБРАБОТКЕ ПОСЛЕ ФОРМОВКИ

(a) Детали, сформованные после закалки и отпуска, и те детали, которые сформованы при температуре ниже, чем температура окончательного отпуска, должны быть обработаны согласно Таблицам KF-630 и KF-630M, где максимальное относительное удлинение волокон от формовки превышает 5 % от определенного уравнениями (1) или (2),

(1) Для двойной кривизны (например, днищ):

$$\% \text{ предельное удлинение волокон} = \frac{75t}{R_f} \left(1 - \frac{R_f}{R_o} \right) \quad (1)$$

(2) Для одинарной кривизны (например, цилиндров);

$$\% \text{ предельное удлинение волокон} = \frac{50t}{R_f} \left(1 - \frac{R_f}{R_o} \right) \quad (2)$$

где

R_f = окончательный радиус осевой линии, дюйм (мм)

R_o = начальный радиус осевой линии (эквивалентный бесконечности корпуса), дюйм (мм)

t = толщина листа, дюйм (мм)

(b) Детали, сформованные при температуре, равной или выше, чем температура начального отпуска, следует вновь закалить и отпустить в соответствии с прилагаемыми техническими условиями на материалы до или после приваривания к сосуду.

KF-603 Минимальная толщина после формовки

Минимальная толщина после формовки любого профиля, подверженного давлению, должна составлять $\frac{1}{4}$ дюйма (6 мм).

KF-610 ТРЕБОВАНИЯ К СВАРКЕ

KF-611 Квалификация методов сварки и сварщиков

Квалификация методов сварки и сварщиков должна соответствовать требованиям Секции IX и всем дополнительным требованиям данной Секции.

KF-612 Присадочный металл

Присадочный металл, содержащий более чем 0,08 % ванадия использовать для свариваемых деталей, подвергающихся послесварочной термической обработке, нельзя.

KF-613 Подготовка основного металла

Подготовка толстолистовой стали, кромок, сварочных скосов и фасок, а также аналогичные операции, вызывающие удаление металла, должны проводиться механической обработкой, строжкой, шлифованием, или газопламенной резкой или воздушной дуговой строжкой, как указано в KF-613.1.

KF-613.1 Необходимые меры предосторожности при использовании газопламенной резки или строжки.

Если удаление металла производится с использованием методов, вызывающих расплавление, таких, как газопламенная резка или воздушная дуговая строжка и т.п., это следует производить с должными мерами предосторожности во избежание растрескивания. Если поверхности резания невозможно впоследствии освободить от наплавки, наплавка должна быть удалена с помощью механической обработки или строжки на глубину, по крайней мере, $\frac{1}{16}$ дюйма (1,6 мм) с последующим контролем методом магнитопорошковой дефектоскопии или капиллярным методом в соответствии с KE-233.

KF-614 Чистовая обработка сварного шва

Наплавка должна гладко соединяться с основным металлом без резких переходов.

ТАБЛИЦА КФ-630
ТРЕБОВАНИЯ ПОСЛЕСВАРОЧНОЙ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДЛЯ ЗАКАЛЕННЫХ
И ОТПУЩЕННЫХ МАТЕРИАЛОВ ТАБЛИЦЫ KCS-1 (Система единиц США)

№ ТУ	Категория или тип	Р-номер и номер группы	Толщина, при которой требуется послесварочная термическая обработка, дюйм	Температура послесварочной термообработки, °F	Время выдержки	
					ч/дюйм	мин. ч
Листовая сталь						
SA-517	Категория А	11В Группа 1	Свыше 0,58	1000–1100	1	1/4
SA-517	Категория В	11В Группа 4	Свыше 0,58	1000–1100	1	1/4
SA-517	Категория Е	11В Группа 2	Свыше 0,58	1000–1100	1	1/4
SA-517	Категория F	11В Группа 3	Свыше 0,58	1000–1100	1	1/4
SA-517	Категория J	11В Группа 6	Свыше 0,58	1000–1100	1	1/4
SA-517	Категория Р	11В Группа 8	Свыше 0,58	1000–1100	1	1/4
SA-533	Категории В и D, Кл. 3	11А Группа 4	Свыше 0,58	1000–1050	1/2	1/2
SA-543	Типы В и С, Кл. 1	11А Группа 5	(Примечание (2))	1000–1050	1	1
SA-543	Типы В и С, Кл. 2	11В Группа 10	(Примечание (2))	1000–1050	1	1
SA-724	Категории А и В	1 Группа 4	Нет	НП	НП	НП [Примечание(1)]
SA-724	Категория С	1 Группа 4	Свыше 1,5	[Примечание(1)] 1050–1100	[Примечание(1)] 1	1/2
Покровки						
SA-372	Категория Е, Кл. 70	...	} — См. SA-372 в Секции II, Части А для требований к термической обработке			
SA-372	Категория F, Кл. 70	...				
SA-372	Категория J, Кл. 110	...				
SA-508	Категория 4N, Кл. 1	11А Группа 5	Примечание (2)	1000–1 050	1	1
SA-508	Категория 4N, Кл.2	11В Группа 10	Примечание (2)	1000–1 050	1	1
SA-508	Категория 4N, Кл. 3	3 Группа 3	Примечание (2)	1000–1050	1	1

ПРИМЕЧАНИЯ:

- (1) Сокращение НП означает «Не применимо».
(2) Послесварочная термическая обработка не обязательна, но и не запрещена. Следует учитывать возможность охрупчивания при отпуске. Скорость охлаждения после проведения послесварочной термообработки, если она применяется, не должна быть меньше скорости охлаждения в спокойном воздухе.

КФ-615 Требования прочности для сварных швов

В сварных сосудах, в которых сварные швы не подвергаются закалке и отпуску, наплавленный металл и зона термического воздействия должны отвечать значениям испытания на удар КМ-234 при проведении испытания в соответствии со Статьей КТ-2. В случае, когда сварные швы закалены и отпущены, они должны быть испытаны на удар в соответствии со Статьей КМ-2.

КФ-620 ПРИМЕНЕНИЕ ВРЕМЕННЫХ СВАРНЫХ ШВОВ В РАЗРЕШЕННЫХ СЛУЧАЯХ

(a) Прихваточные швы для наплавок, подъемных лап и других деталей, не подвергающихся давлению, так же, как и временные лапы, для выравнивания могут быть использованы квалифицированными сварщиками в соответствии с КФ-210.

(b) Прихваточные швы должны удаляться, а поверхность металла должна восстанавливаться до гладких очертаний. Данные участки должны проверяться магнитопорошковым методом или капиллярным методом в соответствии с КЕ-233. Если необходима ремонтная сварка, она должна быть документирована в соответствии с КЕ-210. Прихваточные и ремонтные швы должны учитываться так же, как остальные швы, принимая во внимание требования к квалификации сварщиков, методам сварки и тепловой обработки.

КФ-630 ПОСЛЕСВАРОЧНАЯ ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА

(a) Сосуды или детали сосудов, изготовленные из закаленных и отпущенных сталей должны пройти послесварочную термическую обработку, требуемую в Таблице КФ-630. При определении толщины материала, требующего проведения послесварочной термической обработки, в Таблице КФ-630 для плакировки или покрытых наплавкой сосудов или частей сосудов, должна использоваться суммарная толщина основного материала.

(b) Послесварочная термическая обработка должна проходить в соответствии со Статьей КФ-4, отвечая требованиям Таблицы КФ-630. Температура послесварочной обработки ни в коем случае не должна превышать температуру отпуска. Термическую обработку после сварки и отпуск можно завершить одновременно. Если согласно техническим условиям на материалы требуется ускоренное охлаждение от температуры отпуска, то такая же минимальная скорость охлаждения должна использоваться при послесварочной термообработке.

(c) Все сварные швы соединений и креплений должны пройти послесварочную термообработку, если это требуется исходя из Таблиц КФ-630 и КФ-630М, составленных для наибольшей толщины материала в точке соединения с днищем или корпусом (см. КФ-402.1 и КФ-402.2).

Таблица KF-630M
ТРЕБОВАНИЯ К ПОСЛЕСВАРОЧНОЙ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ ДЛЯ ЗАКАЛЕННЫХ
И ОТПУЩЕННЫХ МАТЕРИАЛОВ ТАБЛИЦЫ KCS-1 (Система единиц СИ)

№ ТУ	Категория или тип	Р-номер и номер группы	Толщина, требующая проведение послесварочной термообработки, мм	Температура послесварочной термообработки, °С	Время выдержки, ч	
					ч/25 мм	мин. ч
Листовая сталь						
SA-517	Категория А	11В Группа 1	Свыше 14,	540-595	1	1/4
SA-517	Категория В	11В Группа 4	Свыше 14,7	540-595	1	1/4
SA-517	Категория Е	11В Группа 2	Свыше 14,7	540-595	1	1/4
SA-517	Категория F	11В Группа 3	Свыше 14,7	540-595	1	1/4
SA-517	Категория J	11В Группа 6	Свыше 14,7	540-595	1	1/4
SA-517	Категория P	11В Группа 8	Свыше 14,7	540-595	1	1/4
SA-533	Категории В и D, Кл. 3	11А Группа 4	Свыше 14,7	540-565	1/2	1/2
SA-543	Типы В и С, Кл. 1	11А Группа 5	(Примечание (2))	538-566	1	1
SA-543	Типы В и С, Кл. 2	11А Группа 10	(Примечание (2))	538-566	1	1
SA-724	Категории А и В	1 Группа 4	Нет	НП [Примечание(1)]	НП [Примечание(1)]	НП [Примечание(1)]
SA-724	Категория С	1 Группа 4	Свыше 38	565-59	1	1/2
Поковки						
SA-372	Категория Е, Кл. 70	...	} — См SA-372 в Секции II, Части А для требований к термической обработке			
SA-372	Категория F, Кл. 70	...				
SA-372	Категория J, Кл. 110	...				
SA-508	Категория 4N, Кл. 1	11А Группа 5	Примечание (2)	540-590	1	1
SA-508	Категория 4N Кл. 2	11В Группа 10	Примечание (2)	540-565	1	1
SA-508	Категория 4N Кл. 3	3 Группа 3	Примечание (2)	540-590	1	1

ПРИМЕЧАНИЯ:

- (1) Сокращение НП означает «Не применимо».
- (2) Послесварочная термическая обработка не обязательна, но и не запрещена. Следует учитывать возможность охрупчивания при отпуске. Скорость охлаждения после операции послесварочной термообработки, если она применяется, не должна быть меньше скорости охлаждения в спокойном воздухе.

(d) Печи должны быть оборудованы приборами для автоматической записи температур. Температура металла сосуда или деталей сосуда во время обработки должна записываться, при этом температурные колебания не должны превышать ± 25 °F (± 14 °C).

(e) Сосуды или их детали можно быстро охлаждать после проведения послесварочной термообработки струйным методом или погружением, если важен характер охрупчивания. Требования сертификации термообработки см. в КМ-240.

KF-640 ПРОВЕРКА И ИСПЫТАНИЯ

KF-641 Проверка после термообработки

После проведения окончательной термообработки сосуда необходимо проверить на наличие трещин на наружной поверхности днища и корпуса, также необходимо проверить внутреннюю поверхность, если это возможно. Проверка должна проводиться в соответствии с KE-233.

KF-642 Проверка термообработки испытанием на твердость

После окончательной термической обработки, закаленные и отпущенные материалы должны быть испытаны на твердость по Бринеллю. Образцы необходимо взять минимум с трех участков, находящихся приблизительно в центре и в каждом торце испытываемого элемента. Осевой промежуток между участками не должен превышать 5 футов (1,5 м). Четыре образца необходимо взять с участков, одинаково расположенных вокруг контуров каждого из этих участков. Среднее значение твердости по Бринеллю любого испытываемого участка не должно отличаться более чем на 40 НВ.¹

¹ Возможно, применять и другие методы испытания на твердость; их результаты можно привести к числам Бринелля с помощью таблицы ASME E 140.

KF-650 КЛЕЙМЕНИЕ И ОТЧЕТЫ

Условия для маркировки клеймения и отчетов в Части KS применимы к сосудам, собранным целиком или частично из закаленных и отпущенных сталей, за исключением того, что при толщине стенок менее ½ дюйма (13 мм) использование табличек обязательно. Предпочтительно использовать таблички, а не клеймение, на сосудах из закаленной и отпущенной стали толщиной более ½ дюйма (13 мм). В дополнение к требуемым маркировкам, ниже символа должно быть нанесено буквенное обозначение UQT (см. KF-601).

СТАТЬЯ KF-7

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К МАТЕРИАЛАМ, ИМЕЮЩИМ ОГРАНИЧЕНИЯ ПО СВАРКЕ

KF-700 ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

В данной Статье представлены дополнительные требования к кованным сосудам и деталям сосудов, изготовленных из материалов, имеющих ограничение по сварке.

KF-710 ИСПРАВЛЕНИЕ ДЕФЕКТОВ

KF-711 Локальные области утоньшения

Поверхностные дефекты можно удалить шлифованием, при этом учитывая ограничения KE-211.

KF-712 Исправление дефектов сваркой

Материалы, не допускаемые для сварных изделий Частью KM, можно исправить сваркой, если при этом выполняются *все* следующие условия.

(a) Содержание углерода по анализу наплавки меньше или равно 0,40 % .

(b) Ремонтная сварка не запрещена ни Частью KM, ни техническими условиями на материалы, перечисленными в Секции II, Части А.

(c) Потребитель, изготовитель материала и изготовитель сосуда согласны на проведение ремонтной сварки.

(d) Ремонтная сварка соответствует подходящим техническим условиям на методы сварки и выполняется сварщиками или операторами, квалифицированными в соответствии с Секцией IX.

(e) Применимость электродов и метода, включая предварительный нагрев и нагрев после сварки, должна определяться по образцу сварного шва с разделкой кромок, как показано в QW-461.2 и QW-461.3 Секции IX, изготовленного из материала, имеющего аналогичный анализ и толщину в соответствии с QW-451.1 и QW-451.2 Секции IX. До начала сварки образец должен быть также термически обработан,

что и деталь, к которой он относится, а после проведения сварки образец должен пройти такую же термообработку, которую будут проводить с деталью. Следует также взять образцы для испытания на растяжение и изгиб, как это показано в QW-462.1, QW-462.2 и QW-462.3(a) Секции IX. Данные испытания должны соответствовать требованиям QW-150 и QW-160 Секции IX. Радиус оправки, используемый в испытании на изгиб на оправке, должен соответствовать KF-222.1.

(f) Допускаемая глубина исправлений указана в Статье KE-2.

(g) Готовые сварные швы должны пройти послесварочную термообработку, требуемую в технических условиях на применяемые материалы. Данная сварка должна быть выполнена перед окончательной термообработкой, за исключением уплотняющего сварного шва резьбовых отверстий, который может быть выполнен до или после окончательной обработки.

(h) Готовые сварные швы необходимо проверить после проведения послесварочной термообработки в соответствии с требованиями Статьи KE-3.

KF-720 СПОСОБЫ ФОРМОВКИ КОВАННЫХ ДНИЦ

За исключением днищ, составляющих с корпусом единое целое, как описано в KD-640, остальные днища должны изготавливаться в виде отдельных поковок, или закрытием оконечности пустотелых кованых стержней до такого профиля и размеров, которые требуются для изготовления окончательной формы необходимой детали.

СТАТЬЯ KF-8

ОСОБЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ИЗГОТОВЛЕНИЮ МНОГОСЛОЙНЫХ СОСУДОВ

KF-800 ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

(a) Область применения данного Раздела распространяется на все многослойные сосуды, за исключением специально выделенных в данной Статье. Правила данной Статьи применимы именно к многослойным сосудам, многослойным корпусам и многослойным днищам.

(b) В данном Разделе представлены правила, касающиеся двух основных типов многослойных сосудов: изготовленных методом горячей посадки стандартных слоев и изготовленных методом посадки и сварки слоев с концентрической накруткой. Дальнейшее рассмотрение данных типов многослойных сосудов содержится в Статье KD-8.

(c) Правила изготовления данных двух типов сосудов различны. В параграфах с KF-810 по KF-814 перечислены правила изготовления сосудов методом горячей посадки, а в параграфах с KF-820 по KF-827 перечислены правила для концентрически смещенных сварных многослойных сосудов.

(d) В параграфе KF-830 перечислены правила послесварочной термообработки, применимые к обоим типам изготовления сосудов.

KF-810 ПРАВИЛА ИЗГОТОВЛЕНИЯ СОСУДОВ МЕТОДОМ ГОРЯЧЕЙ ПОСАДКИ

KF-811 Изготовление отдельных слоев

До начала процесса горячей посадки каждый слой должен быть соответствующим образом изготовлен, термически обработан и проверен в соответствии с правилами данного Раздела. Если до начала горячей посадки слой нагартован, в таком случае к данному слою применяются правила Статьи KF-5. Если слой изготовлен методом проката или сварки, до начала сборочного процесса к нему необходимо применить правила Статей KF-2 и KF-4. К каждому слою, где это применимо, относятся также правила проверки Части KE.

KF-812 Температуры процесса горячей посадки

Температуры, необходимые для проведения проектной посадки, не должны превышать температуру отпуска для данного материала. Изготовитель должен гарантировать, что свойства материалов из-за нагрева не ухудшатся.

KF-813 Метод сборки и отчетные документы

Изготовитель должен представить письменное изложение методов, подробно описывающее пошаговый процесс изготовления, который будет использоваться

для получения проектного распределения остаточного напряжения. Этот метод содержит, но не ограничивается следующим.

(a) Должен быть обозначен метод получения распределения напряжения и необходимые методы контроля процесса.

(b) Следует указать переменные, которые необходимо контролировать для получения расчетного распределения давления, а также изменения их значений, необходимые для обеспечения соответствующего контроля над процессом.

(c) Следует определить методы измерения значения достигнутого распределения остаточного напряжения, с точностью, соответствующей критериям KF-813(b). Надежность результатов должна быть получена дублированием измерительных приборов или другими способами. Если используются тензометры для измерения термически скомпенсированного сопротивления деформации, в таком случае необходимо использовать минимум четыре тензометра.

(d) Все результаты измерений из KF-813(a), (b) и (c) должны быть внесены в документы и представлены разработчику, подписывающему Отчет изготовителя о проекте. Разработчику также необходимо предоставить копию описания процесса сборки методом горячей посадки с внесенными в нее полученными результатами измерений.

KF-814 Проверка сосудов с тремя или более слоями

В дополнение к требованиям KF-811 и KE-400, в отношении сосудов, состоящих из трех и более слоев, необходимо также провести следующие проверки. По завершении каждого этапа горячей посадки каждая поверхность, которая будет покрыта следующим слоем в процессе сборки, в соответствии с KE-233, должна быть полностью проверена.

KF-820 ПРАВИЛА, ПРИМЕНИМЫЕ ДЛЯ СВАРНЫХ МНОГОСЛОЙНЫХ СОСУДОВ С КОНЦЕНТРИЧЕСКОЙ НАКРУТКОЙ

KF-821 Требования к выполнению сварочных работ

(a) Внутренний слой должен быть или бесшовным, или со стыковым соединением Типа 1 (см. KF-221). Сварные швы, соединяющие внутреннее днище с внутренним корпусом, должны быть Типа 1. Применение постоянных подкладных планок запрещено.

(b) Стыковые соединения Типа 2 являются односторонними швами, использующими предыдущий слой

в качестве подкладки. Данные типы соединений должны располагаться в шахматном порядке. Их нельзя применять в качестве сварных швов полной толщины для соединения многослойных секций. При использовании стыкового соединения Типа 2, необходимо уделять особое внимание выставлению и выбору соединяемых деталей таким образом, чтобы происходило полное проплавление и проварка соединяемых деталей, начиная с нижней части соединений и по всей длине.

(с) Сварные швы необходимо отшлифовать для обеспечения контакта зоны сварного шва с последующим слоем до использования данного слоя.

(d) Сварные соединения Категории А в секциях многослойных корпусов необходимо смещать по оси деформации таким образом, чтобы центры продольных соединений прилегающих слоев были расположены по окружности на расстоянии, равном как минимум пятикратной толщине слоя сварного соединения. Виды сварных швов описаны в КЕ-321.

(e) Сварные соединения Категории А в многослойных днищах можно смещать по оси деформации; если они смещены, соединения прилегающих слоев должны располагаться друг от друга на расстоянии, равном как минимум пятикратной толщине слоя свариваемого соединения.

(f) Сварные соединения Категорий А и В, соединяющие многослойную секцию с однородной, должны быть выполнены в виде стыковых соединений Типа 1. См. Рис. КД-830.6 для выбора подходящей конфигурации.

(g) Сварные соединения Категории В, соединяющие многослойную секцию с многослойной, должны быть выполнены или в виде стыковых соединений Типа 1 или располагаться со смещением по оси деформации таким образом, чтобы центры прилегающих сварных соединений располагались друг от друга на расстоянии, равном как минимум пятикратной толщине слоя.

KF-822 Квалификация методов сварки

Требования для квалификации методов сварки и отчетных документов должны соответствовать KF-210, за исключением того, что квалификация методов сварки на испытательной пластине должна превосходить ниже приведенным образом.

(a) Минимальная и максимальная толщины, квалифицируемые с использованием испытательной пластины, должны быть такими, как показано в Таблице QW-451 Секции IX, исключая следующее:

(1) для сварных швов Категории А многослойной секции корпуса, квалификация должна основываться на толщине самого толстого отдельного слоя, исключая внутренний корпус или внутреннее днище;

(2) для квалификации сварных швов Категории В, толщина многослойной испытательной пластины не должна превышать 3 дюйма (75 мм), она должна состоять как минимум из двух слоев, но не должна быть менее 2 дюймов (50 мм) толщиной;

(3) для сварных соединений Категории В, выполненных отдельно для каждого слоя и расположенных на расстоянии, равном, по крайней мере, толщине одного слоя, применяется квалификация метода сварки, используемая для Категории А.

(b) Квалификация продольных сварных соединений внутреннего корпуса или внутреннего днища, а также продольных сварных соединений многослойного корпуса

или многослойного днища проводится отдельно, кроме случая применения материалов с одним и тем же R-номером. Зазор сварного шва продольного сварного соединения слоя должен быть эквивалентным минимальной ширине, рассматриваемой в процедуре квалификационной оценки для слоев $7/8$ дюйма (22 мм) и минимальной толщины.

(с) Кольцевые многослойные сварные соединения или сварные соединения многослойного соединения с однородным в однородных днищах, фланцах или торцевых крышках должны быть квалифицированы с применением имитирующего слоя тестовой пластины, как показано на Рис. KF-822(a) для толщины слоя $7/8$ дюйма (22 мм) и менее. Из многослойного темплета для испытания согласно Рис. KF-822(b). Необходимо изготовить образец специального типа для испытания соединения на разрыв. Образцы для испытаний на изгиб с растяжением внешней и корневой сторон шва должны изготавливаться, как из внутреннего, так и из наружного сварного шва на всю толщину слоя путем разрезания шва по толщине слоя.

KF-823 Квалификация работы сварщика

Сварка должна производиться только сварщиками и операторами, квалифицированными согласно Секции IX. Минимальная и максимальная толщины, квалифицируемые с использованием испытательной пластины, должны быть такими, как показано в Таблице QW-452 Секции IX.

KF-824 Вентиляция между слоями

Необходимо обеспечить наличие вентиляционных отверстий для обнаружения утечек из внутреннего корпуса и предотвращения нарастания давления внутри слоев, как изложено ниже.

(a) В каждой обечайке корпуса или в каждом сегменте днища слой может быть изготовлен из одной или нескольких плит. В плите для каждого слоя должно быть, по крайней мере, два вентиляционных отверстия диаметром $1/4$ дюйма (6 мм) или более. Отверстия могут просверливаться радиально сквозь несколько слоев или располагаться в шахматном порядке на плитах отдельных слоев.

(b) Вентиляционные отверстия нельзя закрывать. Если применяется система контроля, то она должна быть сконструирована таким образом, чтобы не допускать повышения давления внутри слоев.

KF-825 Неразрушающий контроль сварных соединений

Правила следующих параграфов являются дополнением и изменением требований Части КЕ. Они применимы исключительно к неразрушающим методам контроля для сосудов давления и их деталей, изготовленных с использованием многослойной конструкции.

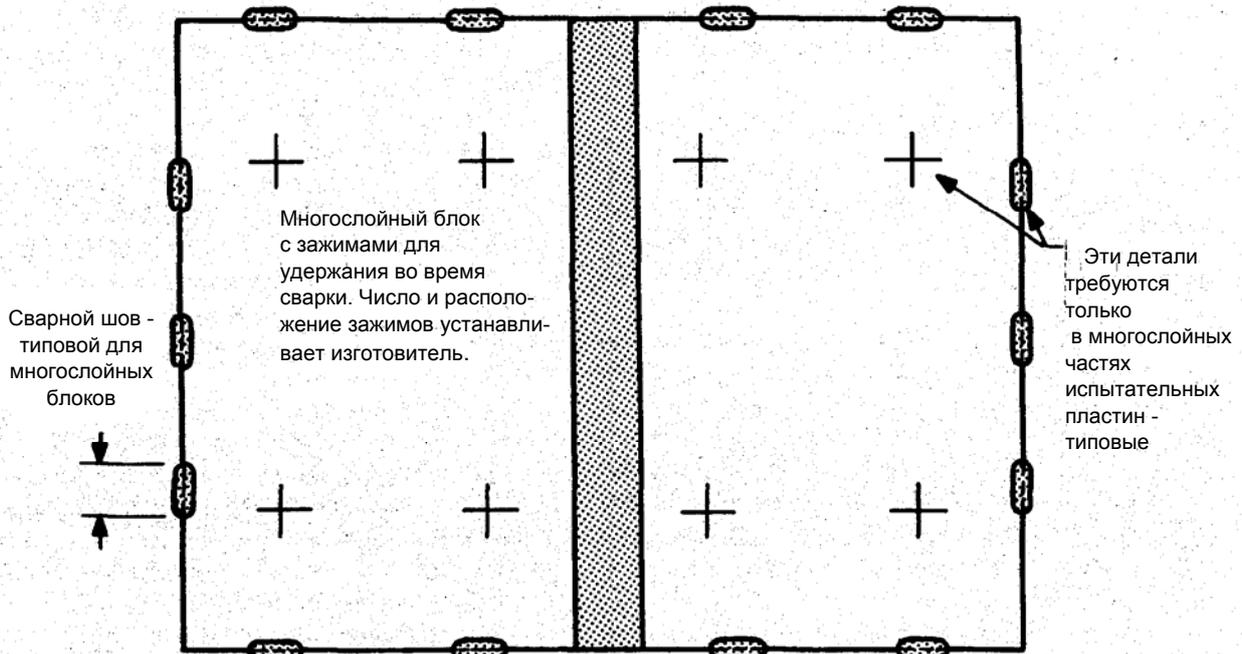
KF-825.1 Внутренние корпуса и внутренние днища.

Сварные соединения Категорий А и В на внутренних корпусах секций многослойных корпусов и на внутренних днищах многослойных днищ перед наложением последовательных слоев должны быть проверены по всей длине и отвечать требованиям Статьи КЕ-3.

KF-825.2 Сварные соединения слоев Категории А

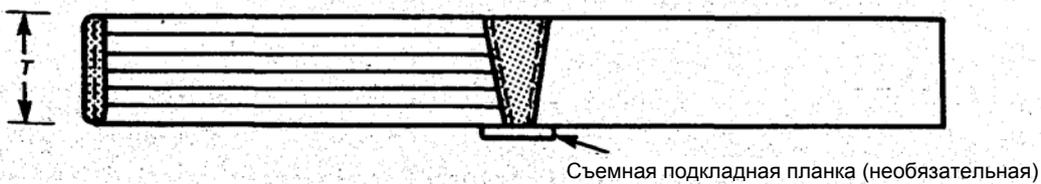
(a) Соединения Категории А слоев от $1/4$ дюйма (6 мм) до $5/16$ дюйма (8 мм) толщиной, приваренные к предыдущей поверхности, необходимо проверить

РИС. KF-822(a) СПЛОШНЫЕ МНОГОСЛОЙНЫЕ И МНОГОСЛОЙНО-МНОГОСЛОЙНЫЕ ИСПЫТАТЕЛЬНЫЕ ПЛАСТИНЫ

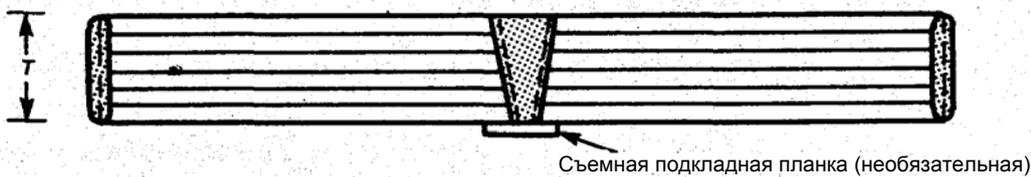


После того как разметка образца произведена, наружные края многослойного блока должны свариваться в указанных местах для предотвращения разделения слоев.

(a) Горизонтальная проекция сплошных многослойных и многослойно-многослойных испытательных пластин



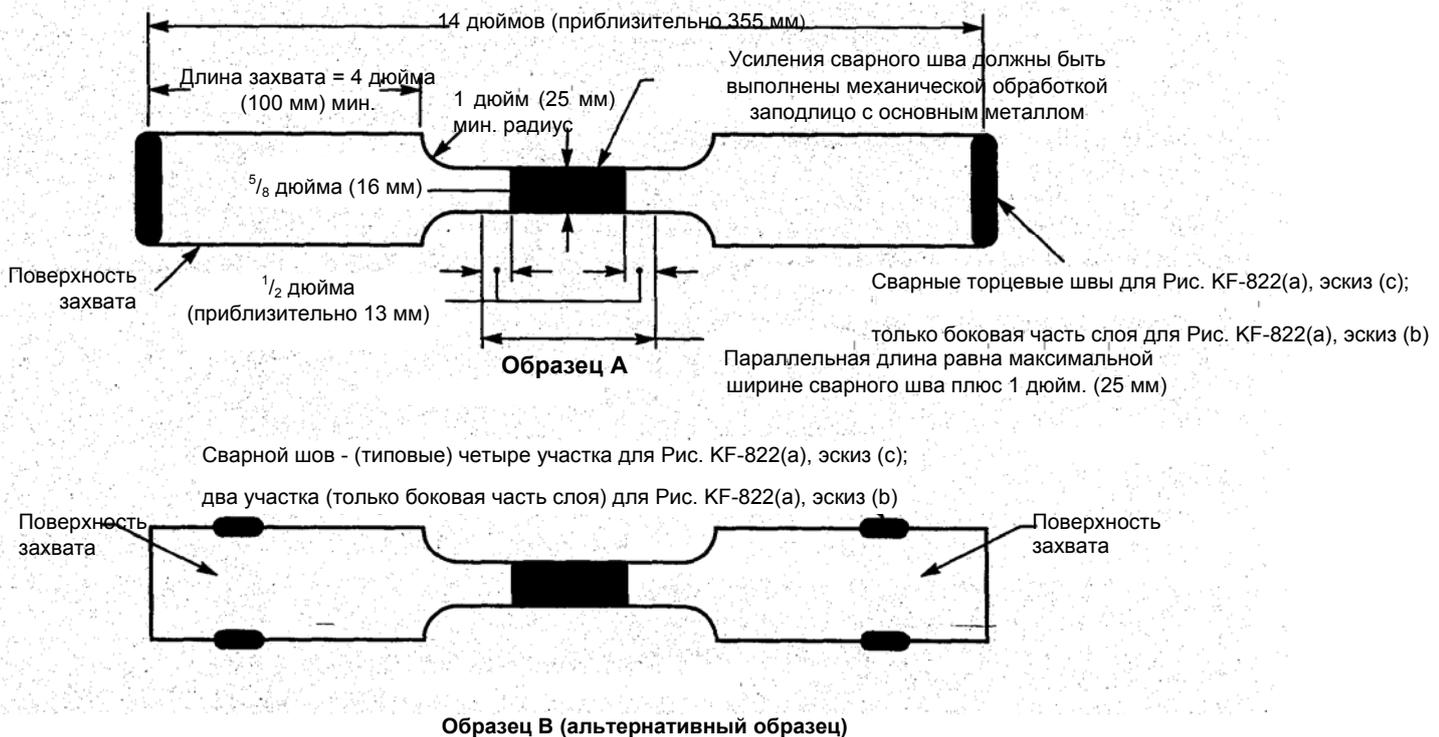
(b) сплошная многослойная испытательная пластина



(c) многослойно-многослойная испытательная пластина

ОБЩЕЕ ПРИМЕЧАНИЕ: Для $T > 1$ дюйма (25 мм) может использоваться набор образцов из Секции IX, QW-151

РИС. KF-822(b) ОПЫТНЫЕ ОБРАЗЦЫ ДЛЯ КВАЛИФИКАЦИИ МЕТОДОВ СВАРКИ



ОБЩЕЕ ПРИМЕЧАНИЕ: Образцы А и В - горизонтальные проекции для Рис. KF-822(а), эскизов (b) и (с), они идентичны за исключением местоположений поверхности захвата и сварных швов. Все поверхности захвата должны быть механически обработаны до плоского состояния.

по всей их длине в соответствии со Статьей KE-3 только магнитопорошковым или капиллярным методом.

(b) Соединения Категории А слоев от $\frac{5}{16}$ дюйма (8 мм) толщиной, приваренные к предыдущему слою, необходимо проверить по всей их длине в соответствии со Статьей KE-3 посредством поверхностного и объемного контроля. Для ультразвукового метода кривая дистанционно-амплитудных поправок или эталонный уровень могут быть увеличены на 6 дБ для исходных 10 % толщины сварного шва.

KF-825.3 Ступенчатые сварные кольцевые соединения слоев

(a) Соединения Категории В слоев от $\frac{1}{4}$ дюйма (6 мм) до $\frac{5}{16}$ дюйма (8 мм) толщиной должны пройти контроль как минимум на 10 % от их длины в соответствии со Статьей KE-3 с использованием магнитопорошкового или капиллярного метода. Контроль в произвольно выбранных точках должен осуществляться в соответствии с KF-825.8.

(b) Соединения Категории В слоев от $\frac{5}{16}$ дюйма (8 мм) до $\frac{7}{8}$ дюйма (22 мм) толщиной должны пройти выборочную проверку по всей длине в соответствии со Статьей KE-3 с использованием магнитопорошкового или капиллярного метода. Кроме того, эти соединения должны пройти выборочную проверку как минимум на 10 % их длины ультразвуковым методом в соответствии со Статьей KE-3, за исключением того, что кривая дистанционно-амплитудных поправок или эталонный уровень могут быть увеличены на 6 дБ для исходных 10 % толщины сварного шва. Выборочная проверка должна осуществляться в соответствии с KF-825.8.

(c) Соединения Категории В слоев от $\frac{7}{8}$ дюйма (22 мм) толщиной должны пройти поверхностный и объемный контроль по всей длине в соответствии со Статьей KE-3. Для ультразвукового метода кривая дистанционно-амплитудных поправок или эталонный уровень могут быть увеличены на 6 дБ для исходного 10 % толщины сварного шва.

KF-825.4 Стыковые соединения по всей толщине

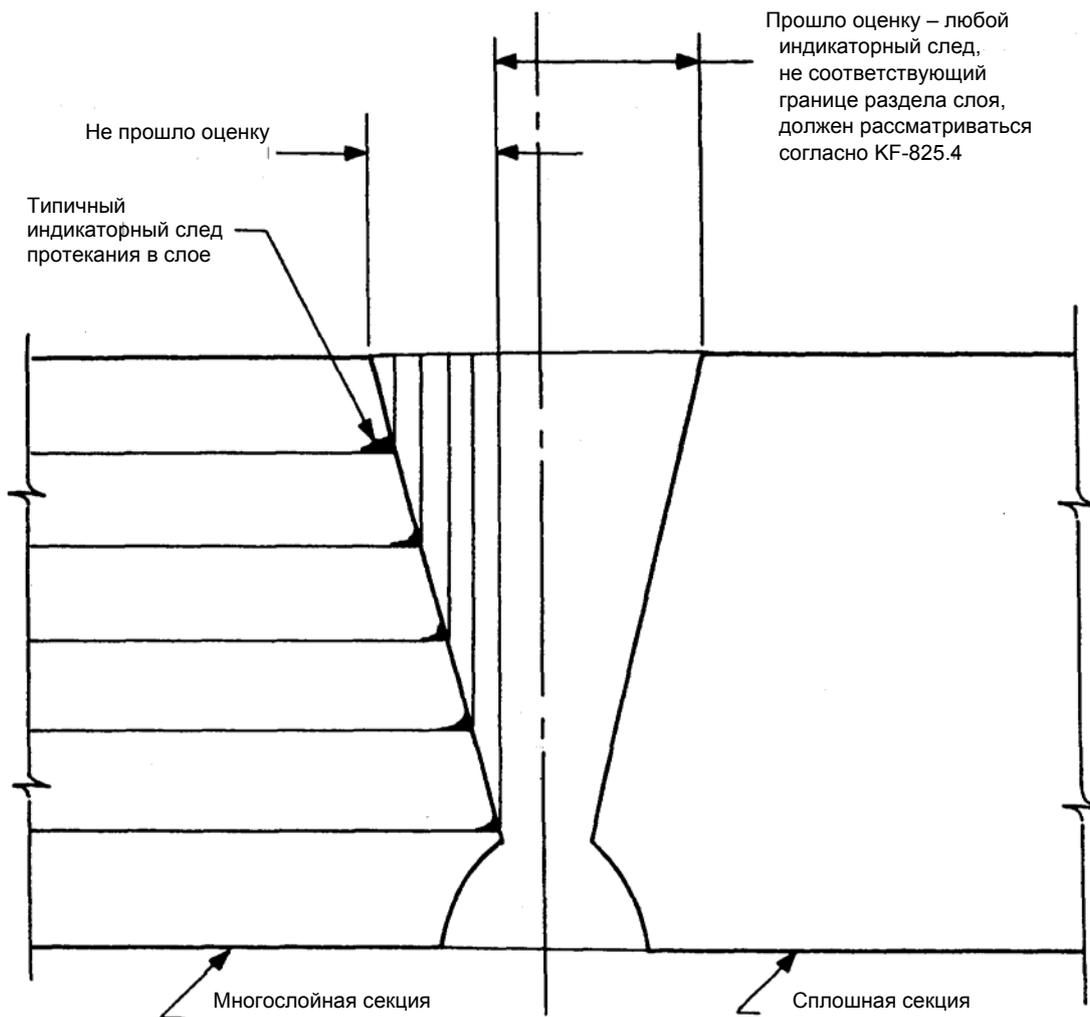
(a) Соединения Категорий В и D, соединяющие однородную секцию с многослойной секцией или многослойную секцию с многослойной, должны пройти контроль по всей их длине в соответствии со Статьей KE-3.

(b) Общеизвестно, что протекание в слое¹ или приемлемые зазоры (см. KF-826) могут проявляться как индикаторные следы, трудно отличимые на радиографической пленке от шлака. Критерии приемлемости должны быть основаны на обращении к геометрическим характеристикам шва, как показано на Рис. KF-825.4(а). В качестве альтернативы, для определения местонахождения отдельных зазоров с целью определения приемлемости индикаторных следов, может быть использован ракурсный радиографический метод, как это показано на Рис. 825.4(б).

KF-825.5 Сварные соединения плоских днищ и трубных досок. Соединения Категории С, соединяющие

¹ Протекание в слое определяется как индикаторные следы, возникающие в результате небольшого проплавления шва на границах раздела слоев.

РИС. KF-825.4(a) ИНДИКАТОРНЫЙ СЛЕД ПРОТЕКАНИЯ В СЛОЕ



многослойный корпус или многослойное днище с плоскими днищами и трубными листами, должны проходить проверку на соответствие требованиям, установленным для Категории В в KF-825.3.

KF-825.6 Сварные швы, соединяющие детали, не находящиеся под давлением и элементы жесткости. Все сварные швы, присоединяющие опоры, лапы, скобы, элементы жесткости и другие элементы, не находящиеся под давлением к деталям под давлением (см. Раздел KD-7), должны быть проверены по всем открытым поверхностям магнитопорошковым методом или капиллярным методом в соответствии с требованиями Статьи KE-3. Однако требуемая в KF-224 проверка должна проходить после проведения послесварочной термической обработки.

KF-825.7 Переходные сварные швы.

(a) Весь металл, наплавленный в переходах от однородных секций к многослойным, должен пройти контроль над всей поверхностью или магнитопорошковым или капиллярным методом в соответствии с требованиями Статьи KE-3.

(b) Когда применяется данное наплавление металла в сварных соединениях, требующих радиографического

или ультразвукового контроля, в проверку должны быть включены и участки наплавленного металла.

KF-825.8 Выборочная проверка и исправление сварных швов. Исследования магнитопорошковым методом или исследования методом капиллярной дефектоскопии в произвольно выбранных точках, согласно KF-825.3(a), и исследования ультразвуковым методом, согласно KF-825.3(b), должны выполняться приведенным ниже способом.

(a) Место случайной выборки должен определить инспектор, за исключением тех случаев, когда инспектор заранее был должным образом уведомлен и не может присутствовать или по какой-либо другой причине не может произвести выбор точек, изготовитель может сам определить это место или места. Минимальная длина шва в выбранном месте должна составлять 6 дюймов.

(b) Если при случайной проверке обнаруживается наличие сварки, не отвечающей минимальным требованиям к качеству, приведенным в соответствующих параграфах Статьи KE-3, то на том же отрезке сварного шва в местах, удаленных от первоначального места, должны быть проверены два дополнительных места

РИС. КФ-825.4(б) РАКУРСНЫЙ РАДИОГРАФИЧЕСКИЙ МЕТОД ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОТЕКАНИЯ В СЛОЕ

Граница проплавления

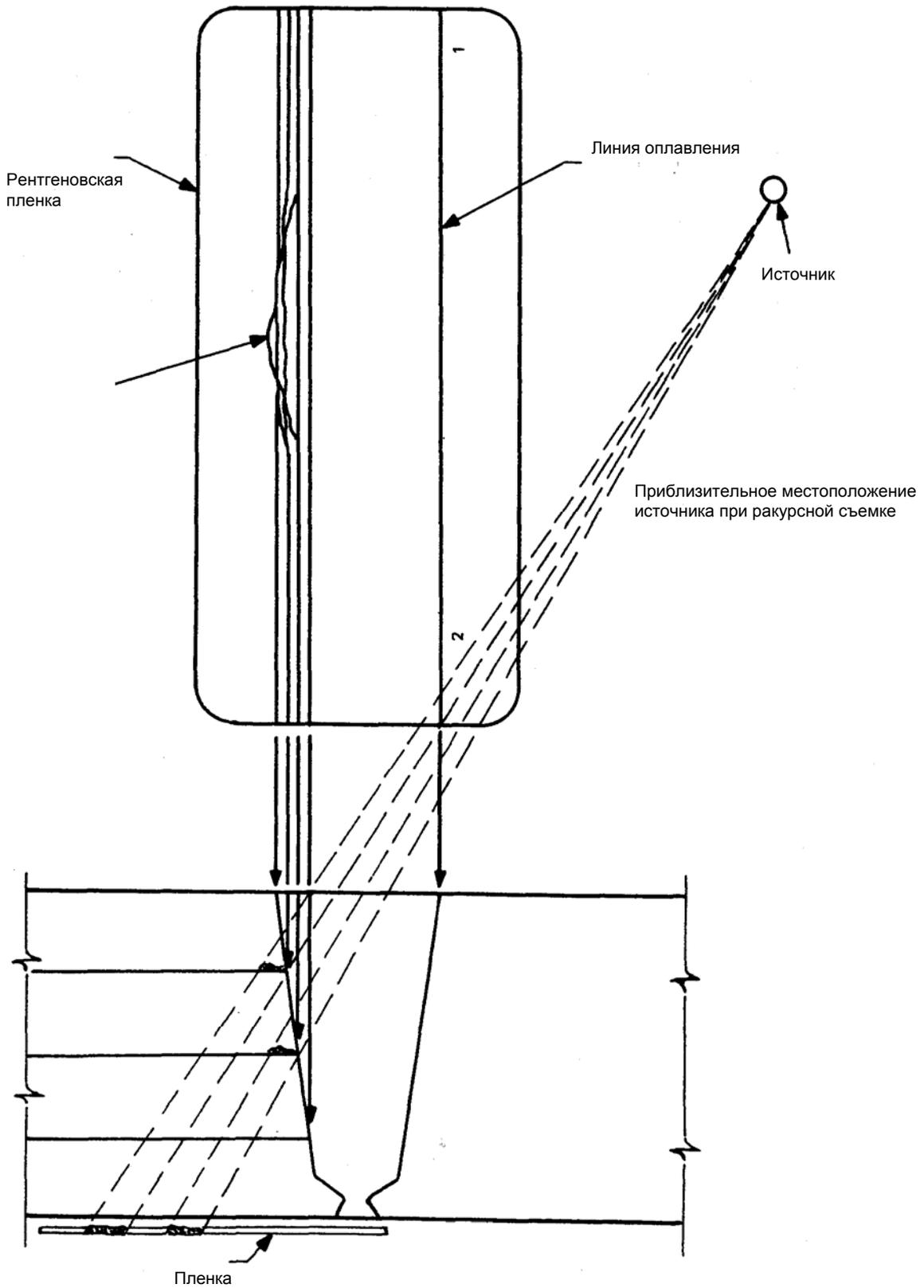
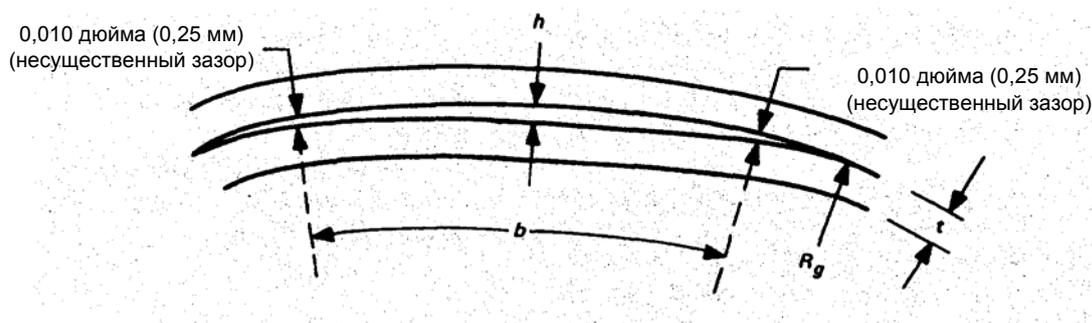


РИС. KF-826 ПЛОЩАДЬ ЗАЗОРА МЕЖДУ СЛОЯМИ



- h = радиальный зазор, дюйм (мм)
 b = длина дуги существенного радиального зазора, дюйм (мм)
 R_g = радиус сосуда в месте зазора, дюйм (мм)
 t = толщина слоя, дюйм (мм)
 A_g = площадь поверхности зазора (приблизительно) = $\frac{2}{3} hb$, дюйм² (мм)²

с одинаковой длиной шва. Расположение этих дополнительных мест должно определяться инспектором или изготовителем, как это предусмотрено для первоначальной случайной проверки.

(c) Если при случайной проверке обнаруживается, что в каком-либо из двух дополнительных мест сварка не отвечает минимальным требованиям к качеству, приведенным в соответствующих параграфах Статьи KE-3, то весь представленный шов должен быть забракован. Забракованный шов должен быть полностью удален, и соединение должно быть повторно сварено или, по решению изготовителя, весь представленный шов должен быть полностью проверен и только дефектная сварка должна быть исправлена.

(d) Ремонтная сварка должна производиться с использованием подходящего метода и способом, разрешенным инспектором. В отношении сварного соединения или областей исправленных швов, в одном месте должна быть проведена случайная проверка в соответствии с требованиями KF-825.3(a) и KF-825.3(c).

KF-826 Зазоры между слоями

(a) После подготовки швов и перед проведением сварки кольцевыми швами, необходимо измерить высоту радиальных зазоров между двумя соседними слоями, причем эти измерения следует проводить на торцах секции многослойного корпуса или секции многослойного днища под прямым углом к оси сосуда; необходимо также измерить длину в дюймах существенного радиального зазора, пренебрегая радиальным зазором менее 0,010 дюйма (0,25 мм) как несущественным. Должно быть вычислено приблизительное значение площади зазора, как показано на Рис. KF-826.

(b) В случае многослойных сфер или многослойных днищ, если зазоры не могут быть измерены, как это требуется в KF-826(a), измерения высоты зазоров должны проводиться через вентиляционные отверстия в каждой многослойной обечайке (см. KF-824), чтобы удостовериться, что высота зазоров между любыми двумя слоями не превышает значения, допустимого в KF-826(c). Расположение вентиляционных отверстий должно быть таким, чтобы можно было определить длину зазоров. Если при измерении через вентиляционное отверстие зафиксирована чрезмерная высота зазора, следует просверлить дополнительные отверстия для определения

его длины. На каждый сегмент слоя должно приходиться, по крайней мере, два вентиляционных отверстия.

(c) Максимальное количество и размер допустимых зазоров в каждом поперечном сечении многослойного сосуда должны ограничиваться наиболее жесткими условиями, представленными в KF-826 (c)(1)–(c)(5).

(1) Максимальный зазор между любыми слоями не должен превышать значение h , заданное в уравнении (1) или $\frac{3}{16}$ дюйма (5 мм), в зависимости от того, что меньше.

$$h = 0.55 \left(2.5 - \frac{P}{0.67S_y} \right) \left(\frac{0.67S_y R_g}{E} \right) \quad (1)$$

где

E = модуль упругости, тыс. фунтов/кв. дюйм (МПа);
 h = зазор между любыми двумя слоями, дюйм (мм);
 P = расчетное давление, тыс. фунтов/кв. дюйм (МПа);
 R_g = наружный радиус слоя, над которым расположен зазор, дюйм (мм);
 S_y = предел текучести при расчетной температуре, тыс. фунтов/кв. дюйм (МПа);

(2) Максимально допустимое число зазоров и их соответствие длине дуги любого поперечного сечения многослойного сосуда должно вычисляться ниже изложенным способом. Следует измерить каждый зазор и соответствующую ему длину по всему сечению, h и b ; затем вычислить значение F для каждого из зазоров, используя уравнение (2):

$$F = 0.109 \frac{bh}{R_g^2} \quad (2)$$

где

b = длина зазора, дюйм (мм);
 F = величина зазора (безразмерная);
 h = зазор между любыми двумя слоями, дюйм (мм).
 R_g = наружный радиус слоя, над которым расположен зазор, дюйм (мм);

(3) Общая сумма значений F , вычисленная выше, не должна превышать значение F_T , вычисленное в уравнении (3):

$$F_T = \frac{1 - \nu^2}{E} \left(1.67S_y - \frac{2PR_0^2}{R_0^2 - R_i^2} \right) \quad (3)$$

где

- E = модуль упругости, тыс. фунтов/кв. дюйм (МПа);
 P = расчетное давление, тыс. фунтов/кв. дюйм (МПа);
 R_1 = внутренний радиус сосуда, дюйм мм;
 R_0 = наружный радиус сосуда, дюйм (мм);
 S_y = предел текучести при расчетной температуре, тыс. фунтов/кв. дюйм (МПа);
 ν = коэффициент Пуассона.

(4) Площадь зазора A_g , выраженная в единицах измерения площади, между двумя любыми прилегающими слоями не должна превышать толщину наименьшего и этих двух прилегающих слоев.

(5) Максимальная длина любого зазора не должна быть больше внутреннего диаметра сосуда. Если между двумя прилегающими слоями имеется более чем один зазор, то сумма длин зазоров не должна превышать внутренний диаметр сосуда.

(d) Все результаты измерений из KF-826(a), (b) и (c) должны быть документированы и представлены разработчику, подписывающему Отчет изготовителя о проекте.

KF-827 Кольцевое расширение во время проведения гидравлического испытания

Во время проведения гидравлического испытания для проверки контакта между прилегающими слоями и влияния, которое зазоры могут оказывать или не оказывать на слои, необходимо провести перечисленные ниже измерения.

(a) Необходимо измерить длину окружности в средней точке между прилегающими круговыми соединениями или между круговым соединением и любым патрубком на обечайке корпуса. Измерения необходимо проводить два раза. Первый раз измерения должны проводиться при нулевом давлении до проведения гидравлического испытания.

Второй раз измерения должны проводиться во время гидравлического испытания (см. КТ-330). После того, как давление поднимется, и будет держаться в течение как минимум 5 минут, измерения следует провести во второй раз, при давлении, созданном во время гидравлического испытания. Разница в измерениях должна усредняться по каждой обечайке сосуда, а результаты регистрироваться как усредненное кольцевое расширение e_m в дюймах.

(b) Теоретическое кольцевое расширение e_{th} однородного сосуда должно вычисляться в соответствии с KD-822.

(c) Критерий приемки кольцевого расширения при давлении гидравлического испытания приведен в KD-822.

(d) Все результаты измерений из KF-827(a), (b) и (c) должны быть документированы и представлены разработчику, подписывающему Отчет изготовителя о проекте.

KF-830 ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА СВАРИВАЕМЫХ ДЕТАЛЕЙ

(a) Послесварочная термическая обработка слоев после сборки методом горячей посадки вызовет распределение остаточного напряжения, полученного в процессе горячей посадки, которое необходимо уменьшить. Остаточное напряжение не уложится в допуски, требуемые в KD-810(a). Поэтому, если слои, прошедшие процесс горячей посадки, подвергнутся термообработке, то этим будет снят положительный эффект на распределение давления от процесса посадки. Альтернативные правила, относящиеся к послесварочной термообработке многослойных сосудов см. в KF-830(b).

(b) В случае необходимости детали под давлением должны пройти послесварочную термообработку в соответствии с требованиями Статей KF-4 и KF-6; однако многослойные сосуды или секции многослойных сосудов не следует подвергать послесварочной термообработке, если сварные соединения связывают многослойную секцию с многослойной секцией или многослойную секцию со сплошной стенкой, при условии выполнения всех указанных ниже требований:

(1) Толщина, указанная в Таблицах KF-402.1, KF-402.1M, KF-630 и KF-630M является толщиной одного слоя. При использовании нескольких слоев, в расчетах следует принимать толщину наиболее толстого слоя.

(2) Для окончательной подготовки соединения сплошной секции или сплошного патрубка, которые требуют проведения послесварочной термической обработки по условиям Таблиц KF-402.1 и KF-402.1 или Таблиц KF-630 и KF-630M, необходимо наплавить промежуточный материал, не требующий послесварочной термообработки, толщиной как минимум $1/4$ дюйма (6 мм). Сплошные секции, изготовленные из материалов с Р-номером 1, не нуждаются в таком наплавленном слое. Затем перед прикреплением к многослойной секции производится послесварочная термообработка сплошной секции с наплавленным слоем. Послесварочная термообработка сварного шва для последующего прикрепления к многослойной секции не требуется, если только многослойная секция не нуждается в этом.

(3) Следует принимать многопроходный метод сварки, при этом максимальная толщина свариваемого слоя не должна превышать $1/4$ дюйма (6 мм). В случае применения материалов, указанных в Таблицах KF-630, последний проход должен быть обработан методом изготовления временного валикообразного сварного шва².

(4) Для всех исправлений сварных швов следует применять правила послесварочной термообработки Статьи KF-4.

² Метод изготовления временного валикообразного сварного шва заключается в том, что после завершения основного сварного шва делается дополнительный утолщающий шов для использования во время последующего отпуска. Данные дополнительные валикообразные швы наваривают на предыдущие утолщения, не касаясь при этом основного металла, при этом концы последнего слоя должны выступать. Лишние швы затем удаляются шлифованием или иными способами.

СТАТЬЯ KF-9

ОСОБЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ИЗГОТОВЛЕНИЮ СОСУДОВ И РАМ С ПРОВОЛОЧНОЙ НАМОТКОЙ

KF-900 ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Требования данной Статьи применимы к сосудам давления, состоящих из внутреннего цилиндрического корпуса (или нескольких концентрических корпусов), предварительно напряженных обмоткой по внешней стороне. Окончательная нагрузка не несетя ни сосудом, ни намоткой. Процесс намотки заключается в наматывании по спирали предварительно натянутой проволоки с определенным количеством витков и слоев вокруг наружной части цилиндра. Данные требования также относятся к дополнительным каркасам, применяемым для выдерживания нагрузки от сжатий.

Требования данной Статьи должны применяться дополнительно или вместо соответствующих требований, представленных в Статьях с KF-1 по KF-7. Если требования данной Статьи отличаются от требований Статей KF-1 и KF-7, в таком случае они выделены особым образом.

KF-910 ТРЕБОВАНИЯ К ИЗГОТОВЛЕНИЮ

Необходимо соблюдать выполнение общих и специальных требований Статей KF-1, KF-6, KF-7 и KP-8, если применимо. Требования к проведению сварки, установленные в Статьях с KF-2 по KF-8 следует заменить требованиями KF-911.

KF-911 Требования к проведению сварочных работ

Запрещается делать обычные и ремонтные сварные швы в тех деталях, которые подвергнуты предварительному напряжению способом намотки проволоки и испытывают нагрузки от давления. Однако исключения составляют сварные соединения, необходимые для удлинения проволоки с целью получения непрерывающейся намотки. Требования к таким сварным соединениям установлены в KF-912.

KF-912 Сварные проволочные соединения

В случае, когда необходимо производить непрерывающуюся намотку проволокой, для соединения концов проволоки применяют соединение стыковым сварным швом. Минимальное расстояние между такими соединениями должно быть не менее 6500 футов (2000 м), а среднее расстояние должно быть не менее 12 000 футов (3 700 м). На внешнем слое намотки не должно быть сварных швов. Для получения

гладкой поверхности и восстановления первоначального сечения сварное соединение необходимо тщательно отшлифовать.

Изготовитель должен измерять уменьшение прочности сваренных соединений проволоки в результате проведенной им сварки. Усилие, приложенное к проволоке должно быть уменьшено до соответствующего нижнего уровня для, как минимум, двух витков до и после сварного соединения.

После сварки и до изготовления, к каждому соединению должно быть приложено растягивающее напряжение, значение которого должно быть равно не менее двум третьим от значения величины напряжения, указанного в технических условиях для несваренной проволоки. Если соединение порвется, в таком случае сварку необходимо повторять до тех пор, пока не будут удовлетворены требования к прочности, указанные выше.

KF-913 Требования к намотке

Каждый сосуд с проволочной намоткой должен быть намотан в соответствии с подробной методикой процесса намотки проволокой. Описание методики должно содержать все подробности, касающиеся намотки проволокой, включая описание намоточного станка и информацию о том, какая сила растяжения была приложена к проволоке, как она контролировалась и измерялась. Вся намотка должна выполняться в соответствии с указанной здесь методикой.

Намотка проволоки на цилиндр или раму должна проводиться на специальном намоточном станке, оборудованном устройствами для контроля и измерения силы растяжения, используемого для намотки проволоки. Изготовитель должен также построить диаграмму изменения силы растяжения. Измерительные устройства должны поверяться, по крайней мере, раз в 6 месяцев или каждый раз, когда возникает сомнение в правильности их показаний.

В описании метода намотки должно входить вычисленное значение усилия, приложенного к проволоке (см. KD-912), которая должна использоваться для каждого слоя. Следует производить измерения сжатия с указанным в программе интервалом и сравнивать их с расчетными данными. Необходимо использовать методы измерения, гарантирующие получение результатов с соответствующей точностью. Если будет замечена разница между указанным и измеренным значениями сжатия, и есть основание предположить, что, если

следовать первоначальной программе, то указанное окончательное сжатие достигнуто не будет, в таком случае необходимо внести изменения в текущую программу, увеличив указанное усилие, приложенное к проволоке, но не более чем на 10 %. Конечная разница между требуемым и измеренным значением силы сжатия не должна превышать 5 %.

Для предотвращения разматывания конец проволоки должен быть тщательно закреплен.

СТАТЬЯ KF-11

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ИЗГОТОВЛЕНИЮ СВАРНЫМ СТАРЕНИЕМ НЕРЖАВЕЮЩИХ СТАЛЕЙ

KF-1100 Общие положения

К состаренным нержавеющей сталям SA-705 и SA-564, которые можно найти в Таблице Y-3, которые используются для изготовления сварных сосудов и их компонентов, применяются следующие дополнительные правила.

KF-1110 ТРЕБОВАНИЯ К СВАРКЕ

KF-1111 Квалификационная оценка процедуры сварки и сварщиков

(a) Квалификация процедуры сварки и сварщиков должна соответствовать требованиям этой статьи и части KF.

(b) Сваренные образцы должны пройти ударные испытания, как требует статья KM-2, при этом должны быть получены величины ударных испытаний, указанные в KM-234.

(c) Образцы для ударных испытаний должны быть отобраны как из наплавленного материала, так и из зоны термического воздействия.

KF-1112 Присадочный металл

(a) Компоненты, изготовленные из состаренной нержавеющей стали SA-705 и SA-564, марки XM-12, XM-25 и 630, должны свариваться с использованием присадочного металла с тем же номинальным составом, что и UNS (единая система нумерации ECH) S17400.

(b) Состаренная нержавеющая сталь SA-705 и SA-564, марки 631 и XM-13 должны свариваться с использованием присадочного металла с тем же номинальным составом, что и у основного металла.

KF-1120 УСЛОВИЯ ТЕРМООБРАБОТКИ ОСНОВНЫХ МЕТАЛЛОВ

Перед сваркой любой материал должен пройти термообработку до состояния отжига или до достижения предела текучести 105 тыс. фунтов на кв. дюйм или менее в соответствии с требованиями применимых ТУ материала к условиям термообработки.

KF-1130 ПРИХВАТКА, ГДЕ ДОПУСТИМО

(a) Прихватка прокладок, проушин и других деталей не под давлением, а также временных проушин для выравнивания должна производиться квалифицированными сварщиками, а процедуры должны соответствовать требованиям этой статьи и KF-210.

(b) Прихватки и временные швы должны считаться одним и тем же, как и все остальные швы в той степени, в которой это допускают требования к квалифицированным операторам и процедурам, а также термообработке.

(c) Прихватки должны удаляться, а поверхность сглаживаться. Поверхность необходимо проверять методом магнитного порошка или проникающей жидкости в соответствии с KE-233. Дефекты должны быть удалены, а материал необходимо проверить на отсутствие дефектов.

(d) Если необходима какая-либо починка, она должна быть произведена с использованием квалифицированных процедур и квалифицированными сварщиками в соответствии с этой статьей.

KF-1140 ПОСЛЕСВАРОЧНАЯ ТЕРМООБРАБОТКА

После завершения сварки сосуд или его компонент должен подвергнуться отжигу или состариванию до необходимого состояния термообработки в соответствии с требованиями применимых ТУ на материал.

KF-1150 ЗАВОДСКИЕ ИСПЫТАНИЯ СВАРНЫХ ШВОВ

(a) Заводские испытания сварных швов производится на куске материала достаточного размера и формы, которые помещаются в условия рабочей сварки, при этом размер образца не должен быть меньше 6 × 6 дюймов. Образец для заводских испытаний должен быть отобран из той же термообработанной партии, которая используется при изготовлении сосудов или их компонентов.

(b) Из каждой термообработки материала и сварки для изготовления рабочих сосудов или их компонентов необходимо отобрать минимум по одной пробе для заводских испытаний.

(c) Образец для заводских испытаний сварных швов должен подвергаться термообработке одновременно с сосудом или его компонентом при аналогичных условиях.

(d) Образец для заводских испытаний сварных швов должен испытываться на соответствие требованиям KF-1111.

KF-1160 ПРОВЕРКА И ИСПЫТАНИЕ

После окончательной термообработки компонентов необходимо проверить все сварные швы на внешней и внутренней поверхности методом магнитного порошка в соответствии с KE-233, а также должны быть проверены в соответствии со статьей KE-3.

KF-1170 РЕМОНТНАЯ СВАРКА

Ремонтная сварка должна производиться в соответствии с этой статьей и документально

фиксироваться в соответствии с KE-210.

**KF-1180 ПОСЛЕСВАРОЧНАЯ
ТЕРМООБРАБОТКА
ПОСЛЕ РЕМОНТНОЙ СВАРКИ**

Компоненты, прошедшие термообработку до состояния отжига или состаривания в соответствии с требованиями этой статьи, должны пройти полную послесварочную термообработку отжигом или состариванием после полного завершения ремонтной сварки.

Часть KR

УСТРОЙСТВА СБРОСА ДАВЛЕНИЯ

СТАТЬЯ KR-1

ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ

KR-100 ЗАЩИТА ОТ ИЗБЫТОЧНОГО ДАВЛЕНИЯ

Все сосуды давления, описанные в данном Разделе, должны быть снабжены защитой от избыточного давления в соответствии с требованиями данной Части. Комбинированные элементы (такие как теплообменники с корпусами, рассчитанными на меньшее давление, чем трубы) должны быть снабжены защитой от избыточного давления, следствием которого могут быть внутренние повреждения. Потребитель или его уполномоченный представитель обязан разработать методику расчетов размеров и/или расхода жидкости для самого устройства и смежных с ним каналов прохождения жидкости, с учетом свойств и параметров жидкости. Основой для таких расчетов должны служить наиболее жесткие варианты комбинаций готового состава и температурных условий. В другом варианте, размеры должны определяться эмпирическим путем с помощью испытаний на вместимость при протекании процесса в наиболее вероятных условиях. Потребитель несет ответственность за предоставление и подтверждение допущений, используемых во всех расчетах расхода жидкости. Потребитель должен учитывать, что некоторые жидкости (например, этилен) в сверхкритическом состоянии ведут себя больше как жидкости, чем газы, поэтому следует знать точные значения для жидкости или сочетания жидкость/пар.

KR-110 ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Если иное не оговорено особо в настоящем Разделе, в отношении устройств сброса давления принимаются определения, данные в Секции 2 ASME PTC 25, Устройства сброса давления.

Сборщик: лицо или организация, приобретающая или получающая от изготовителя необходимые комплектующие детали или арматуру и осуществляющая сборку, наладку, проводящая испытания, обеспечивающая герметизацию и поставку предохранительных клапанов, сертифицированных в соответствии с настоящим Разделом, в пункт назначения, и с использованием производственных мощностей, отличных от тех, которые использует

изготовитель. Сборщик может быть полностью независимым от изготовителя или находиться в полной или частичной собственности изготовителя.

соответствующая температура диска (сообщаемая производителю разрывных дисков): температура диска, при которой ожидается его разрыв при наличии установленного избыточного давления.

комбинированное устройство: один разрывной диск, последовательно соединенный с одним предохранительным клапаном.

коэффициент сжимаемости: отношение указанного объема данной жидкости при соответствующей температуре и давлении к удельному объему данной жидкости, рассчитанное по формулам идеального газа при такой же температуре и давлении.

газ: в отношении Части KR, газ определяется как жидкость, плотность которой претерпевает существенные изменения при прохождении через устройство сброса давления.

жидкость: в отношении Части KR, жидкость определяется как текучая среда, плотность которой не претерпевает существенных изменений при прохождении через устройство сброса давления.

Изготовитель: в соответствии с требованиями Части KR, под изготовителем понимается лицо или организация, полностью отвечающая за конструкцию, выбор материалов, сертификацию пропускной способности, если необходимо, изготовление всех комплектующих деталей, сборку, испытание, герметизацию и поставку предохранительных клапанов, сертифицированных в соответствии с настоящим разделом Стандарта.

технологический расчетный диапазон: диапазон давления, на который будет рассчитан разрывной диск, что подтверждено соответствующим клеймением, по соглашению между изготовителем и потребителем или его представителем. Диапазон должен включать минимальное и максимальное указанное разрывное давление. При

использовании разрывного диска в первичном предохранительном клапане, необходимо установить технологический диапазон, чтобы указанное давление разрыва диска, указанное клеймением, не превышало расчетное давление сосуда.

устройство сброса давления однократного действия: устройство сброса давления, конструкция которого позволяет ему оставаться открытым после срабатывания.

избыточное давление: давление, превышающее установочное давление предохранительного клапана, которое обычно обозначается в процентах от установочного давления.

предохранительный клапан: пассивное устройство сброса давления, приводимое в действие статическим давлением на входе. Открытие характеризуется быстрым открытием (срабатыванием) или открытием, пропорциональным разнице между статическим и установочным давлением, в зависимости от конструкции и назначения клапана. Конструкция предохранительного клапана также предусматривает его последующее закрытие для предотвращения дальнейшего слива жидкости после падения статического давления ниже установочного значения. Такие устройства также называются предохранительными клапанами или клапанами сброса давления.

установочное давление предохранительного клапана: давление, которое заставляет шток клапана подниматься как минимум на 5 % его полного хода.

разрывной диск: разрывным диском называется удерживающий давление и реагирующий на изменение давления элемент разрывного устройства. Разрыв диска является причиной открытия устройства разрывного диска. Разрывные диски не обязательно должны быть плоскими и иметь дискообразную форму, их конструктивная форма должна соответствовать требованиям к расчетному разрывному давлению и пропускной способности.

устройство разрывного диска: устройство сброса давления однократного действия, срабатывающее под действием статического давления на входе, принцип действия которого основан на разрыве диска, удерживающего давление. Разрывное устройство состоит из разрывного диска, гнезда разрывного диска и других элементов, необходимых для функционирования устройства по назначению. Гнездом называется устройство, в котором располагается, крепится и уплотняется разрывной диск.

KR-120 ТИПЫ ЗАЩИТЫ ОТ ИЗБЫТОЧНОГО ДАВЛЕНИЯ

Для защиты от избыточного давления в соответствии с KR-125 могут использоваться предохранительные клапаны, разрывные диски, отводы или патрубки, открытые в атмосферу непосредственно или через дополнительное устройство. Предельные значения избыточного давления для таких устройств определены в KR-150.

KR-121 Устройства разрывных дисков

Проведение полномасштабных испытаний пропускной способности и сертификации устройств

сброса давления может быть нецелесообразным ввиду высокого уровня давлений, рассматриваемых в настоящем Разделе. По этой причине, в объеме данного Раздела, использование устройств разрывных дисков для защиты сосудов от избыточного давления может быть предпочтительнее применения предохранительных клапанов. Все разрывные диски должны соответствовать требованиям Статьи KR-2.

Использование устройств разрывных дисков рекомендуется в тех случаях, когда возможны резкие скачки давления или когда предохранительное устройство должно иметь плотный контакт с потоком. Плотный контакт может быть необходим для избежания засорения канала или для обеспечения одинаковой температуры диска и внутренней поверхности сосуда.

KR-122 Предохранительные клапаны

Все предохранительные клапаны должны отвечать требованиям Статьи KR-3, и должны пройти испытания на пропускную способность и сертификацию в соответствии со статьей KR-5, исключая случаи, когда для обеспечения предельных значений избыточного давления, указанных в Статье KR-150, не требуется открытие клапанов. Дополнительную информацию по совместному использованию предохранительных клапанов и разрывных дисков см. в KR-123(c).

KR-123 Комбинированные устройства

Комбинация разрывного диска и предохранительного клапана может быть рекомендована для сосудов, содержащих вещества, которые могут вывести предохранительный клапан из строя, например, путем его засорения, или в сосудах с ценными материалами, утечка которых нежелательна, или в случаях, когда требуется предотвратить загрязнение атмосферы ядовитыми, легковоспламеняемыми или опасными веществами.

(a) Не следует монтировать несколько разрывных дисков параллельно на впускном канале предохранительного клапана.

(b) При использовании комбинированных устройств, как разрывной диск, так и предохранительный клапан должны соответствовать требованиям Части KR. Разрывной диск должен устанавливаться таким образом, чтобы его элементы не затрудняли нормальную работу предохранительного клапана. Дополнительные требования приведены в KR-220 и KR-340.

(c) Разрывной диск может использоваться совместно с предохранительным клапаном, установочное давление которого меньше, чем у устройства разрывного диска, в случае если требуется ограничить объем выпускаемой жидкости или нецелесообразно сертифицировать пропускную способность предохранительного клапана в соответствии с положениями данного Раздела. Расчетная пропускная способность устройства разрывного диска, работающего отдельно, должна соответствовать требованиям KR-150, и данное устройство должно соответствовать применимым требованиям данной Части. Предохранительный клапан в этом случае также должен соответствовать требованиям настоящей Части, за исключением сертификации пропускной способности.

KR-124 Требования к удерживающим давление элементам

Все элементы, подвергающиеся расчетному давлению, должны соответствовать требованиям настоящего Раздела; требования к седлам, штокам и пружинам предохранительных клапанов приведены в Статье KR-3, а требования к элементам устройств разрывных дисков - в Статье KR-2. Элементы, подвергающиеся давлению меньше расчетного во время открытия предохранительных клапанов, должны соответствовать требованиям данного Раздела или других разделов Секции VIII.

KR-125 Встроенная защита от избыточного давления

Защиту от избыточного давления не обязательно предусматривать в тех случаях, когда источник давления располагается вне сосуда и контролируется таким образом, что исключается возможность превышения расчетных параметров давления внутри емкости, за исключением случаев, разрешенных в KR-150.

KR-126 Системы с усилителями

В случае если давление в сосуд нагнетается с помощью системы с усилителем, в которой давление на выходе является постоянно кратным давлению нагнетания, устройство защиты от избыточного давления может быть расположено относительно усилителя со стороны нагнетания низкого давления при соблюдении нижеперечисленных условий.

(a) Между насосной камерой (камерами) и предохранительным устройством (устройствами) не должно располагаться запорных и обратных клапанов.

(b) Нагрев жидкости на выходе должен контролироваться, чтобы исключить дальнейшее возрастание давления сверх расчетных параметров сосуда.

(c) Жидкость на выходе должна быть стабильной и нейтральной (вода, рабочая гидравлическая жидкость и т. д.)

(d) Материал, который обрабатывается на оборудовании для после вулканизационной обработки, должен быть стабильным и нейтральным, в противном случае необходимо предусмотреть соответствующую вторичную отводную систему, которая бы исключала возможность обратной передачи вторичной энергии, достаточной для возникновения избыточного давления в сосуде.

Разработчику следует учесть влияние утечки в обратных клапанах таких систем.

KR-130 РАЗМЕРЫ ОТКРЫТИЙ И ПАТРУБКОВ

Параметры пропускной способности всей предохранительной системы должны учитываться в расчетах общей пропускной способности. Размеры патрубков и открытий не должны оказывать отрицательное влияние на работу устройства сброса давления.

KR-140 ПРОМЕЖУТОЧНЫЕ ЗАПОРНЫЕ КЛАПАНЫ

Между сосудом и устройством защиты от избыточного давления не должны располагаться промежуточные запорные клапаны, за исключением случаев, разрешенных в KR-141.

Запорный клапан может располагаться на выпускной стороне устройства сброса давления, если его выпуск выходит в общий коллектор для всех напорных трубопроводов предохранительных устройств работающих сосудов, таким образом, исключая возможность слива в выпускной патрубок из других работающих сосудов в случае закрытия данного запорного клапана. Данный запорный клапан должен быть устроен таким образом, чтобы он мог закрываться или уплотняться как в открытом, так и в закрытом состоянии уполномоченным лицом. Во время работы сосуда закрывать клапан запрещается.

KR-141 Двойная защита от избыточного давления.

При необходимости проводить обслуживание предохранительных устройств без остановки рабочего процесса, на входе таких устройств монтируется трехпутевой переходной клапан. Конструкция трехпутевого переходного клапана и предохранительных устройств должна быть такой, чтобы требования KR-150 выполнялись при любой позиции переходного клапана. В качестве альтернативы, потребитель может установить запорные клапаны на каждом патрубке, при этом необходимо, чтобы во время работы всегда один из патрубков оставался открытым и выполнялись требования KR-150.

KR-150 ДОПУСТИМЫЕ ЗНАЧЕНИЯ ИЗБЫТОЧНОГО ДАВЛЕНИЯ

Общая пропускная способность предохранительных устройств, открытых каналов или отводов должна быть достаточной, чтобы предотвратить наличие избыточного давления свыше 10 % от расчетного давления сосуда, когда предохранительные устройства работают на сброс.

Разработчик должен учитывать влияние перепадов давления в трубопроводах системы защиты во время отвода жидкости при определении установочного давления и пропускной способности предохранительных клапанов и устройств разрывных дисков. При сбросе нескольких предохранительных устройств через общий выпускной канал или патрубок, максимальное обратное давление, которое может возникнуть при одновременном выпуске на выходе каждого из предохранительных устройств, не должно мешать их работе.

KR-160 УСТАНОВОЧНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ДАВЛЕНИЯ**KR-161 Одиночные устройства сброса давления**

Одиночное предохранительное устройство должно открываться при номинальном давлении, не превышающем расчетное давление сосуда при рабочей температуре, за исключением случаев, разрешенных в KR-162.

KR-162 Многокомпонентные устройства сброса давления

Если требуемая пропускная способность при сбросе обеспечивается более чем одним устройством, то только одно устройство должно быть установлено для работы при давлении, не превышающем расчетное давление сосуда. Дополнительное устройство или

устройства могут быть рассчитаны на более высокое давление, но не превышающее 105 % от расчетного давления сосуда. Для таких устройств также действуют требования KR-150.

**KR-163 Влияние давления, учитываемое
при установке параметров**

При установке устройства на определенное давление, необходимо учитывать влияние временного обратного давления через предохранительные устройства и вентиляционные системы (см. KR-150).

СТАТЬЯ KR-2

МИНИМАЛЬНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К УСТРОЙСТВАМ РАЗРЫВНЫХ ДИСКОВ

KR-200 МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ УСТРОЙСТВ РАЗРЫВНЫХ ДИСКОВ

Разрывные диски могут изготавливаться как из пластичных, так и из хрупких материалов. Материалы, используемые для изготовления гнезда разрывного диска, должны отвечать требованиям данного Раздела для ограничительных элементов деталей давления.

KR-201 Требования к маркировке и клеймению

Каждый разрывной диск должен иметь клеймо с указанием разрывного давления в технологическом расчетном диапазоне при установленной температуре диска. Маркировка диска должна содержать номер партии, и диск должен быть сертифицирован производителем на разрыв при допуске $\pm 5\%$ от указанного разрывного давления и соответствующей температуры диска. Партия разрывных дисков должна состоять из дисков, изготовленных из одной партии материала, в одном производственном цикле и имеющих одинаковый размер и одинаковое разрывное давление, что подтверждено клеймением. (См. также Статью KR-4.)

KR-202 Требования к испытаниям на разрыв

Для конкретной партии разрывных дисков разрывное давление, подтвержденное клеймением, в пределах технологического расчетного диапазона при соответствующей температуре диска должно рассчитываться следующим образом. Все испытания дисков данной партии должны проводиться в гнезде одной формы и одинаковых размеров, в котором диски будут впоследствии устанавливаться для использования. Как минимум, четыре, но не менее 10% от общего количества разрывных дисков из каждой партии должны пройти испытания на разрыв для проверки по этим четырем испытаниям соответствия разрывного давления, подтвержденного клеймением, технологическому расчетному диапазону при соответствующей температуре. При этом как минимум одно испытание на разрыв должно проходить при комнатной температуре и как минимум два испытания на разрыв должны проводиться в пределах 25 °F (14 °C) от соответствующей температуры диска. Значение, подтвержденное клеймением на разрывном диске, должно составлять среднее значение, полученное при проведении испытаний на разрыв при соответствующей температуре диска.

KR-210 ПАРАМЕТРЫ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ

Соответствие пропускной способности устройств разрывных дисков требованиям KR-150 должно быть подтверждено или с помощью расчетов, или путем сертификационных испытаний.

(a) Рассчитываемые номинальные параметры пропускной способности устройств разрывных дисков

не должны превышать значения, полученного при расчетах с помощью теоретической формулы для различных сред, умноженного на коэффициент сброса:

$$K_D = 0.62$$

Площадь, учитываемая в теоретической формуле, должна быть равна минимальному сечению отверстия, полученному при разрыве диска.

Разработчик должен учитывать, что расчеты нормальной пропускной способности могут быть неприменимы для сверхкритических жидкостей. Расчет потока через всю выпускную систему должен быть произведен с учетом значительного разброса физических свойств, получающегося из-за большого диапазона значений давления жидкости.

(b) Вместо расчетов номинальной пропускной способности по методу, приведенному в KR-210(a), изготовитель может указать пропускную способность конкретной конструкции устройства разрывного диска, сертифицированную по коэффициенту K_D в соответствии с применимыми методами, приведенными в Статье KR-5. Разрывные диски могут быть сертифицированы на разрывное давление, при условии, что испытательный стенд позволяет добиться полного разрыва. Коэффициент расхода K_D может быть определен при более низком давлении с использованием соответствующей жидкости. Тем не менее, разработчик должен учитывать критическую точку и нелинейные термодинамические свойства используемой рабочей жидкости при расчетном давлении или при давлении, близком к расчетному.

KR-220 УСТРОЙСТВА РАЗРЫВНЫХ ДИСКОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ СОВМЕСТНО С ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНЫМИ КЛАПАНАМИ С СЕРТИФИЦИРОВАННОЙ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТЬЮ

KR-221 Разрывные устройства, установленные выше предохранительных клапанов с сертифицированной пропускной способностью

Устройства разрывных дисков могут устанавливаться между предохранительным клапаном и сосудом, при условии выполнения требований KR-221(a)–(g).

(a) Комбинация подпружиненного предохранительного клапана и устройства разрывного диска отвечает требованиям KR-150.

(b) Пропускная способность предохранительного клапана, подтвержденная клеймением, умножается на коэффициент, равный 0,90 номинальной пропускной способности клапана, работающего отдельно, или пропускная способность комбинации устройства

разрывного диска и предохранительного клапана может также быть определена в соответствии с KR-560.

(c) Между устройством разрывного диска и предохранительным клапаном устанавливаются устройства предотвращения возрастания давления между разрывным диском и предохранительным клапаном или используется комбинация второго устройства разрывного диска, работающего параллельно, в котором разрывное давление составляет 116 % от расчетного давления.

(d) Отверстие, образующееся в диске после разрыва, является достаточным для обеспечения объема потока, равного пропускной способности предохранительного клапана [см. KR-221(b)], таким образом, не создавая помех его нормальной работе. Кроме того, площадь сечения потока при разрыве диска должна составлять не менее 90 % площади входного отверстия клапана, если только пропускная способность и рабочие параметры комбинации разрывного диска и клапана не были установлены в процессе испытания в соответствии с KR-560.

(e) Использование устройства разрывного диска в комбинации с предохранительным клапаном должно быть тщательно просчитано с тем, чтобы при данных характеристиках среды и рабочих параметрах клапана обеспечивалось открытие клапана одновременно с разрывом диска, таким образом, гарантируя соответствие требованиям KR-150.

(f) При установке необходимо исключить возможность скопления твердых частиц, которые могут повлиять на пропускную способность вентиляционной системы, на входе и выходе разрывного диска.

(g) Диски, состоящие из отдельных частей, и сдвижные диски должны иметь улавливающие устройства, обеспечивающие целостность диска и предотвращающие возникновение помех, которые могут помешать работе предохранительного клапана.

(a) Предохранительный клапан сконструирован таким образом, что давление между его выходом и устройством разрывного диска не влияет на установочное давление клапана. Участок между двумя устройствами должен иметь отвод или сброс, чтобы исключить накопление жидкости, появляющейся в результате небольшой утечки из клапана.

(b) Комбинация клапана и разрывного диска должна соответствовать требованиям KR-150.

(c) Сумма разрывного давления диска, подтвержденного клеймением, при соответствующей температуре и дополнительного давления, возникающего в выходном патрубке при отводе жидкости, не должна превышать расчетное давление выходного участка системы сброса давления и любого участка трубопровода или арматуры между предохранительным клапаном и устройством разрывного диска. Кроме того, сумма разрывного давления диска, подтвержденного клеймением, и давления, возникающего в отводном патрубке при выпуске, не должна превышать установочного давления предохранительного клапана.

(d) Отверстие, образующееся после разрыва диска, должно обладать пропускной способностью, большей или равной номинальной пропускной способности предохранительного клапана.

(e) Участки трубопровода, расположенные за разрывным диском, должны быть устроены так, чтобы исключить их повреждение фрагментами диска после его разрыва.

(f) Сосуд должен содержать чистую жидкость, не образующую смолистого или твердого осадка, накопление которого в выпускной системе может помешать работе предохранительного клапана.

(g) Расчетное давление крышки предохранительного клапана, мембран (при наличии) и выходного соединения к разрывному диску должно быть больше или равно разрывному давлению диска.

Kr-222 устройства разрывных дисков, устанавливаемые ниже предохранительных клапанов с сертифицированной пропускной способностью

Устройства разрывных дисков могут устанавливаться на выпускной стороне предохранительного клапана, при условии выполнения требований KR-222(a)–(g).

СТАТЬЯ KR-3

ТРЕБОВАНИЯ К ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНЫМ КЛАПАНАМ

KR-300 ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ

(a) Требования данной Статьи относятся к предохранительным клапанам, рассматриваемым в данном Разделе, включая клапаны, для которых не требуются испытания на пропускную способность и сертификация, см. KR-123(c).

(b) Предохранительные клапаны должны быть прямого действия, пружинной конструкции.

(c) Допуск на установочное давление предохранительных клапанов не должен превышать $\pm 3\%$.

(d) Разрешается использовать предохранительные клапаны, отвечающие требованиям Кодекса ASME по котлам и сосудам давления, Секция VIII, Раздел 1 и 2, при условии, что будут выполняться все требования данной Статьи. Если клапан является первичным предохранительным устройством [см. KR-123(c)], следует обеспечить выполнение требований Статьи KR-5 и Приложения 4.

KR-310 КОНСТРУКЦИОННЫЕ ТРЕБОВАНИЯ

KR-311 Направляющие элементы

В конструкции клапана должны быть предусмотрены направляющие элементы, обеспечивающие своевременное его открытие при установочном давлении и закрытие при падении давления на входе ниже установочного значения. Следует также учитывать коэффициенты износа и трения в процессе эксплуатации клапана.

KR-312 Пружина

Конструкция пружины должна обеспечивать сжатие ее при полном подъеме клапана до уровня не более 80 % от полного сжатия. Остаточная деформация пружины (определяемая как разница между начальной длиной в свободном состоянии и длиной, измеренной через 10 минут после трехкратного сжатия до твердого состояния) не должна превышать 0,5 % полной длины в свободном состоянии.

Для прямых подпружиненных клапанов, у которых установленное давление превышает максимальное давление, используемое в сертификационных испытаниях на объем, коэффициент жесткости пружины должен превышать не более чем на 1,1 коэффициент жесткости пружины клапана с самым высоким установленным давлением, который использовался для сертификационных испытаний на объем. Для прямых подпружиненных клапанов, у которых отверстия больше, чем у клапанов сертификационных испытаний на объем, коэффициент жесткости пружины должен превышать не более чем

на 1,1 коэффициент жесткости пружины клапана с самым большим отверстием, который использовался для сертификационных испытаний на объем. Коэффициент жесткости пружины, R_{sf} , следует рассчитывать следующим образом:

$$R_{sf} = F_{so} / F_{sc}$$

где

F_{sc} = сила пружины при закрытом или прилегающем клапане

F_{so} = сила пружины при нормально открытом клапане

KR-313 Седло

Если седло не является встроенной частью клапана, оно должно быть прикреплено к корпусу клапана таким образом, чтобы исключить его поднятие или отделение.

При выборе материалов для посадочных поверхностей производитель должен учитывать возможность бринеллирования и его влияния на рабочие характеристики предохранительного клапана.

KR-314 Корпус и элементы, сдерживающие давление

Конструкция корпуса клапана должна быть такой, чтобы свести влияние отложений к минимуму. Требования к элементам, сдерживающим давление, содержатся также в KR-124.

KR-315 Крышка

В конструкции крышки клапана должен предусматриваться отвод для предотвращения накопления давления. Может потребоваться уплотнение или изоляция крышки клапана от выпускаемой жидкости для предотвращения коррозии пружинного узла или накопления твердых отложений.

KR-316 Впускная арматура

Клапаны, имеющие резьбовые соединения на входе или выходе в соответствии со Статьей KD-6, должны иметь поверхности под ключи для обеспечения монтажа без повреждения рабочих элементов.

KR-317 Уплотнение установок клапана

В конструкции всех клапанов, рассчитанных на использование в соответствии с условиями данного Раздела, необходимо предусмотреть средства, обеспечивающие уплотнение всех прилегающих частей, которые могут быть сделаны без разборки клапана до или после его монтажа. Уплотнение производится изготовителем перед первоначальной поставкой, или изготовителем или его полномочным представителем после регулировки клапанов на месте. Уплотнения должны быть сделаны таким образом, чтобы обеспечить невозможность изменения регулировок без нарушения уплотнения. Для клапанов больших размеров, чем NPS 1/2 (DN 15), на уплотнении должно указываться наименование изготовителя или сборщика, производящего регулировку.

KR-318 Требования к сливу жидкости

Если конструкция клапана предусматривает возможность сбора жидкости со стороны выпуска, клапан должен быть снабжен сливным отверстием в нижней точке.

KR-320 ВЫБОР МАТЕРИАЛА**KR-321 Седла и диски**

Не разрешается применение чугунных седел и дисков. Седла и диски предохранительных клапанов должны быть изготовлены из материала, устойчивого к коррозии, вызываемой рабочей жидкостью (см. KG-311.7), и соответствовать требованиям KR-324(a), (b) или (c).

KR-322 Направляющие и пружины

Материалы для изготовления направляющих и пружин должны соответствовать требованиям KR-324(a), (b) или (c). Прилегающие гладкие поверхности, такие как направляющие и диски или гнезда дисков, должны быть устойчивыми к коррозии или должны иметь коррозионно-устойчивые покрытия. Защита от износа должна быть продемонстрирована на прототипе клапана путем десятикратного полного поднятия его штока с последующей разборкой и осмотром, подтверждающим отсутствие износа.

KR-323 Детали, удерживающие давление

Материалы, используемые для изготовления деталей, удерживающих давление, должны быть перечислены в Части КМ.

KR-324 Детали, не удерживающие давление

Материалы, используемые для изготовления патрубков, дисков и прочих внешних деталей предохранительных клапанов, должны относиться к одной из нижеперечисленных категорий:

- (a) указанные в Секции II;
- (b) перечисленные в технических условиях ASTM (Американского общества по испытанию материалов);

(c) проверенные изготовителем предохранительных клапанов в соответствии с техническими условиями, обеспечивающими контроль химических и физических свойств и качество, соответствующие как минимум стандартам ASTM.

KR-330 КОНТРОЛЬНАЯ ПРОВЕРКА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ИЛИ СБОРКИ ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНЫХ КЛАПАНОВ**KR-331 Качество**

Изготовитель должен продемонстрировать представителю ASME удовлетворительное качество средств производства; сборки, и испытания; а также методов контроля качества, которые обеспечивают соответствие клапанов, производимых изготовителем, требованиям настоящего Раздела. Для предохранительных клапанов, по которым необходима сертификация пропускной способности (см. Статью KR-5), необходимо продемонстрировать представителям назначенной ASME организации соответствие характеристик выборочно отобранных производственных образцов характеристикам клапанов, представленных для сертификации.

KR-332 Проверка

(a) Изготовление, сборка, осмотр и испытания, включая испытания на пропускную способность, в любое время могут быть проверены представителем ASME.

(b) Во время производственных испытаний в соответствии с KR-340, или представления клапанов для сертификации пропускной способности в соответствии со Статьей KR-5, представитель ASME и/или его консультанты могут отклонить или потребовать изменения конструкции клапанов, не удовлетворяющих требованиям данной Части.

KR-340 ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ИСПЫТАНИЯ, ОСУЩЕСТВЛЯЕМЫЕ ИЗГОТОВИТЕЛЕМ И СБОРЩИКОМ

Все предохранительные клапаны, изготавливаемые в соответствии с данным Разделом, должны проходить испытания, как указано ниже.

Пропускная способность предохранительных клапанов должна быть испытана в соответствии с данной Статьей и Статьей KR-5 [см. KR-123(c)].

KR-341 Гидростатические испытания

Удерживающие первичное давление детали каждого предохранительного клапана, к которому применим символ Стандарта UV3, должны проходить гидростатические испытания при давлении не ниже 1,25 от расчетного давления деталей. Эти испытания должны проводиться после завершения всех операций по механической обработке деталей. После испытаний не должно быть никаких видимых следов утечки. Зона вторичного давления каждого закрытого клапана должна быть испытана при давлении 1,25 от установленного расчетного давления вторичной зоны, но не ниже 0,125 от расчетного давления для исходных заготовок.

KR-342 Испытательная среда

Каждый предохранительный клапан, к которому применим символ Стандарта, должен быть испытан изготовителем или сборщиком для подтверждения установочного давления клапана и герметичности. Клапаны, предназначенные для использования со сжимаемой жидкостью, должны быть испытаны с помощью воздуха или другого газа, а клапаны, предназначенные для работы с несжимаемой жидкостью, — с помощью воды или другой несжимаемой жидкости (см. KG-311.11).

Если прямой пружинный предохранительный клапан не соответствует возможностям оборудования для пробной эксплуатации, можно использовать альтернативный метод испытания, представленный в KR-342.1 или KR-342.2, при условии, что соблюдены следующие условия:

- (a) испытание клапана при полном давлении может вызвать повреждение клапана;
- (b) клапан был проверен с помощью механики на предмет подъема: открывается ли он нормально или превышает необходимую высоту подъема;
- (c) для клапанов с регулируемым сбросом, элементы управления сброса были настроены согласно техническим условиям производителя;
- (d) конструкция клапана совместима с выбранным методом альтернативного испытания.

KR-342.1 Клапан, подъем которого временно ограничен во время теста для того, чтобы предотвратить повреждение клапана, следует испытывать на соответствующем оборудовании для демонстрации подрыва клапана или расчетного давления.

KR-342.2 Клапан может быть снабжен вспомогательным гидравлическим или пневматическим устройством подъема и может испытываться на соответствующем оборудовании при давлении менее расчетного давления клапана. Вспомогательное устройство подъема должно быть настроено таким образом, чтобы испытание проводилось при заданном давлении в пределах требований KR – 300 (c).

KR-343 Герметичность

Испытания на герметичность должны производиться при максимально возможном рабочем давлении, которое, тем не менее, не должно превышать притирочное давление клапана. При испытании водой клапан считается герметичным, если на нем не появляются видимых следов утечки. Герметичность клапана, испытываемого воздухом, должна соответствовать критериям, указанным в Технических условиях потребителя о проекте (см. KG-311.11).

KR-344 Контрольно-измерительная аппаратура

Изготовитель или Сборщик должны иметь документированную программу применения, проверки и обслуживания контрольно-измерительных приборов.

KR-345 Допуски на установочное давление

Испытательная арматура и цилиндры для предохранительных клапанов, если применимо, должны быть соответствующего размера и емкости для обеспечения репрезентативного действия и реакции при предмонтажной регулировке продувочных колец. При выполнении этих условий обеспечивается срабатывание клапана при установочном давлении, подтвержденном клеймением, с допуском $\pm 3\%$.

KR-346 Испытания пропускной способности

Для производства предохранительных клапанов, которые необходимо сертифицировать по пропускной способности в соответствии со Статьей KR-5, применяется следующая примерная методика испытаний. Предполагается, что клапаны изготавливаются, собираются, испытываются, герметизируются и поставляются изготовителем или сборщиком, и имеют размеры и пропускную способность в пределах возможностей испытательных лабораторий, утвержденных ASME. Клапаны для эксплуатационных испытаний и испытаний пропускной способности отбираются представителем ASME, и дальнейшие испытания должны проходить в присутствии представителя этой же организации в признанной ASME лаборатории, в соответствии с нижеследующими положениями.

(a) Первичная сертификация пропускной способности действительна в течение одного года, причем за этот период эксплуатационные испытания и подтвержденная клеймением проверка пропускной способности проводятся для двух образцов клапанов. В случае неудовлетворительных результатов испытаний по любому клапану, испытания должны быть проведены повторно, причем на каждый клапан с неудовлетворительными результатами первичного испытания повторная проверка проводится по двум образцам. Срок действия первичной проверки пропускной способности может продлеваться с годичными интервалами, до тех пор, пока будет продолжаться производство данных клапанов. Клапаны с регулируемой продувкой перед проведением испытаний должны быть установлены в положение, рекомендуемое изготовителем. Такая регулировка может осуществляться на испытательном оборудовании.

(b) После этого два образца клапанов должны проходить испытания каждые 5 лет. Изготовителю клапанов необходимо высылать уведомление о времени испытаний, и он вправе прислать своего представителя для контроля их проведения. В случае если какой-либо клапан не сработает при установочном давлении, подтвержденном клеймением, или не будет удовлетворять требованиям данного Раздела, необходимо провести повторные испытания по двум образцам на каждый такой клапан. Клапаны с регулируемой продувкой должны быть отрегулированы в соответствии с KR-346(a). Такие клапаны должны быть предоставлены изготовителем. В случае если какой-либо клапан не будет обеспечивать пропускную способность, подтвержденную клеймением, или не будет удовлетворять требованиям данного Раздела, право использовать символы Стандарта для данного типа клапанов будет аннулировано в течение 60 дней. В течение этого периода изготовитель должен указать причину неисправности и представить меры, принятые им для ее повторения в будущем, при этом применяются требования KR-346(a).

СТАТЬЯ KR-4

ТРЕБОВАНИЯ К МАРКИРОВКЕ И КЛЕЙМЕНИЮ

KR-400 МАРКИРОВКА**KR-401 Маркировка предохранительных
клапанов**

На каждом клапане изготовителем или сборщиком должна быть нанесена четкая маркировка, содержащая все необходимые сведения, таким образом, чтобы исключить ее стирание в процессе эксплуатации. Маркировка наносится на табличку, надежно закрепленную на клапане. Малые клапаны [размерами по входу меньше, чем NPS $\frac{1}{2}$ (DN15)] могут снабжаться табличкой, закрепленной на цепочке или проволоке. Методы применения указаны в KS-130. Маркировка должна включать в себя следующие данные:

(a) наименование или принятую торговую марку изготовителя и/или сборщика

(b) артикул, присвоенный изготовителем или сборщиком

(c) размер входного отверстия клапана в дюймах (мм)

(d) установочное давление, тыс.фунт/кв.дюйм (МПа)

(e) пропускную способность, SCFM ($\text{м}^3/\text{ч}$) для воздуха (60 °F и 14,7 фунтов/кв.дюйм) (16 °C и 101 кПа), или гал/мин (л/мин) для воды при 70 °F (21 °C), если предусмотрены испытания предохранительного клапана для сертификации его пропускной способности; см. KR-122 и KR-123(b). Если для клапана не предусмотрена сертификация пропускной способности, на клейме должно быть указано: «НЕТ».

ПРИМЕЧАНИЕ: Кроме того, изготовитель может указать пропускную способность для других жидкостей (см. KR -530).

(f) год изготовления или обозначение, по которому изготовитель или сборщик могут определить год изготовления

(g) символ согласно Стандарту ASME, как показано на Рис. KR-401

(h) Использование сборщиком этого клейма с символом должно указывать на применение составных частей изготовителя без их модификации и в строгом соответствии с инструкциями изготовителя клапана. Маркировка на табличке должна содержать наименование изготовителя и сборщика, клеймо с символом должно ставиться сборщиком.

**KR-402 Маркировка устройств разрывных
дисков**

Каждый разрывной диск должен быть четко промаркирован изготовителем таким образом, чтобы маркировка не была уничтожена при эксплуатации и не мешала нормальной работе диска. Маркировка может быть размещена на фланце диска или на постоянно

**РИС. KR-401 ОФИЦИАЛЬНЫЙ СИМВОЛ КЛЕЙМА
АМЕРИКАНСКОГО ОБЩЕСТВА
ИНЖЕНЕРОВ-МЕХАНИКОВ**

прикрепленной металлической табличке. В другом случае, маркировка может быть нанесена на металлической табличке, упакованной вместе с каждым диском, которая крепится на гнезде диска при монтаже; дополнительные требования приведены в KR-201. Маркировка должна включать в себя следующие данные:

(a) наименование или торговую марку изготовителя;

(b) артикул или номер чертежа изготовителя;

(c) номер партии

(d) материал

(e) размер в дюймах (мм)

(f) разрывное давление, подтвержденное клеймением, тыс.фунт/кв.дюйм (МПа)

(g) установленную температуру диска, °F (°C)

Пункты (a), (b), (d) и (e) должны быть также промаркированы на гнезде разрывного диска. См. также Статью KR-201.

Вместо маркировки всех вышеперечисленных сведений на фланце диска или на табличке, маркировка может содержать только разрывное давление, подтвержденное клеймением, и кодовый номер изготовителя, по которому можно идентифицировать каждый диск с помощью сертификата, поставляемого с каждой партией дисков.

**KR-403 Маркировка предохранительных
клапанов, устанавливаемых совместно
с устройствами разрывных дисков**

Маркировка предохранительных клапанов, устанавливаемых совместно с устройствами разрывных дисков, должна содержать кроме сведений, указанных в KR-401 и KR-402, также пропускную способность, определенную в соответствии с KR-220. Маркировка должна быть размещена на клапане или табличке (табличках), надежно прикрепленной к клапану. Маркировка должна содержать сведения, требуемые KR-401(a)–(g) и сведения об устройстве разрывного

диска, достаточные для его идентификации и определения его параметров.

KR-410 ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КЛЕЙМА С СИМВОЛОМ СОГЛАСНО СТАНДАРТУ

Каждое предохранительное устройство, на которое ставится клеймо Стандарта, должно быть выпущено или собрано Изготовителем или Сборщиком, имеющим клеймо с символом Стандарта (см. Рис. KR-401) и действительный Сертификат на полномочия, выдаваемый при условии соблюдения требований Статьи KS-2.

Аттестованный Исполнитель (АИ) должен обеспечить соответствующий надзор с целью гарантии того, что каждый случай применения клейма с символом Стандарта находится в соответствии с требованиями настоящего Раздела. Кроме того, каждый случай применения клейма с символом Стандарта должен быть документирован путем заполнения Сертификата соответствия по Форме К-4.

(a) *Требования к Аттестованному Исполнителю (АИ).* АИ должен:

- (1) быть сотрудником Изготовителя или Сборщика;
- (2) пройти аттестацию и получить соответствующее свидетельство от Изготовителя или Сборщика. Аттестационные требования должны включать как минимум следующее:

(a) знание требований настоящего Раздела, касающихся применения соответствующего символа Стандарта;

(b) знание программы обеспечения качества Изготовителя или Сборщика;

(c) профессиональную подготовку, соответствующую области, сложности или особенностям деятельности, за которой должен осуществляться надзор.

(3) Обладать характеристикой, составленной и удостоверенной Изготовителем или Сборщиком, содержащей объективные данные по аттестации АИ и пройденной профессиональной подготовке.

(b) *Обязанности Аттестованного Исполнителя (АИ).* В обязанности АИ входит:

(1) проверка соответствия каждого изделия, маркируемого клеймом с символом Стандарта, требованиям настоящего Раздела и наличия действительного сертификата соответствия для символа UV3;

(2) в случае символа UV3 рассмотрение документации на каждую партию изделий, подлежащих маркировке клеймом, для гарантии выполнения требований настоящего Стандарта;

(3) заверение личной подписью Сертификатов соответствия по форме К-4 до выдачи разрешения на проведение контроля изделия.

(c) *Сертификат соответствия по форме К-4*

(1) Надлежащий Сертификат соответствия заполняется Изготовителем или Сборщиком и подписывается АИ. В случае нескольких идентичных устройств сброса давления допускается внесение данных по ним в одну графу при условии, что устройства идентичны и относятся к одной партии.

(2) Письменная форма программы обеспечения качества Изготовителя или Сборщика должна включать требования, касающиеся заполнения форм Сертификата соответствия, и хранится Изготовителем или Сборщиком в течение срока не менее 5 лет.

СТАТЬЯ KR-5

СЕРТИФИКАЦИЯ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНЫХ КЛАПАНОВ

KR-500 ИСПЫТАНИЯ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ

KR-501 Жидкостная среда

Испытания пропускной способности проводятся при помощи воды или паров. Для веществ, которые эксплуатируются при параметрах, близких к критической точке, или когда их термодинамические свойства могут быть нелинейными или может произойти фазовый переход непосредственно в клапане, пропускная способность должна быть определена по данным для пара и жидкости с использованием соответствующих соотношений и методик. Использование насыщенной воды приведено в KR-532(a). В другом случае, пропускная способность и конструкция предохранительных систем могут быть определены потребителем или его представителем на основании начальных данных, испытаний и исследования конкретных жидкостей при ожидаемых рабочих условиях. Необходимая информация приведена в Технических условиях пользователя о проекте; см. KG-311.11.

KR-502 Испытательное давление

Испытания пропускной способности следует проводить при давлении, не превышающем 110 % установочного давления предохранительного клапана. Окончательно отрегулированное давление должно быть отмечено и зарегистрировано. Клапаны с регулируемой продувкой должны быть перед испытаниями отрегулированы так, чтобы продувка не превышала 5 % установочного давления. Данные по испытаниям на пропускную способность при определенном давлении не следует экстраполировать на большие значения давления.

KR-510 ИСПЫТАНИЯ ДЛЯ ПОВТОРНОЙ СЕРТИФИКАЦИИ

При внесении изменений в конструкцию предохранительного клапана, которые могут повлиять на длину пути потока, подъем или прочие эксплуатационные характеристики, необходимо провести повторные испытания в соответствии с требованиями данного Раздела.

KR-520 МЕТОДИКИ ПРОВЕДЕНИЯ ИСПЫТАНИЙ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ

KR-521 Трехклапанный метод

Испытание пропускной способности необходимо проводить на комплекте из трех клапанов для каждой комбинации размера, конструкции и установки давления. Номинальные параметры пропускной способности, подтвержденной клеймением, для каждой комбинации конструкции, размера и испытательного

давления не должны превышать 90 % от среднего значения пропускной способности трех испытываемых клапанов. Испытываемые клапаны должны быть смонтированы на соответствующей системе трубопроводов так, чтобы не снизить пропускную способность клапанов и избежать пульсации. Пропускная способность каждого из трех клапанов должна укладываться в диапазон ± 5 % от средней пропускной способности. Несоответствие данному требованию влечет за собой невозможность сертификации данного типа конструкции предохранительных клапанов.

KR-522 Метод наклона

Если изготовитель хочет получить символ согласно Стандарту для определенного типа конструкции предохранительных клапанов, необходимо провести испытания четырех клапанов по каждой комбинации размера трубы и размера условного прохода. Эти четыре клапана должны быть отрегулированы на значения давления из рабочего диапазона или из диапазона оборудования, на котором проводятся испытания. Значения пропускной способности по этим четырем испытаниям должны соответствовать приведенным ниже формулам:

(a) Для сжимаемых текучих веществ наклон прямой W/P фактической измеренной пропускной способности в зависимости от давления потока в каждой точке испытания рассчитывается по следующей формуле, после чего принимается среднее значение:

$$\text{Наклон} = \frac{W}{P} = \frac{\text{измеренная пропускная способность}}{\text{абсолютное давление потока}}$$

Все значения, полученные при испытаниях, должны укладываться в диапазоне ± 5 % от среднего значения:

$$\text{Минимальный наклон} = 0,95 \times \text{средний наклон}$$

$$\text{Максимальный наклон} = 1,05 \times \text{средний наклон}$$

Если значения, полученные в результате испытания, не находятся в пределах значений минимального и максимального угла наклона, то уполномоченный наблюдатель должен потребовать проведения дополнительных испытаний клапанов в количестве двух штук на каждый клапан, не отвечающий требованиям по максимальным и минимальным значениям, при этом количество дополнительных испытываемых клапанов должно быть не более четырех.

Пропускная способность, указываемая на клейме клапана, не должна превышать 90 % от средней величины угла наклона, умноженной на абсолютное значение накопленного давления.

$$\text{Номинальный наклон} = 0,90 \times \text{среднее значение наклона}$$

Указанная пропускная способность \leq номинальный наклон (установочное давление $\times 1,10 + 14,7$) тыс. фунтов/кв. дюйм, (установочное давление $\times 1,10 + 101$) кПа

(b) Для несжимаемых жидких сред значения пропускной способности наносятся на логарифмическую бумагу с двойной сеткой в зависимости от перепада давления при испытании (давление на входе минус давление на выходе), после чего через четыре точки проводят прямую линию. Если четыре точки не лежат на прямой линии, то для каждой неудовлетворительной точки необходимо провести испытания на двух дополнительных клапанах, но не более чем для двух неудовлетворительных точек. Любая точка, отклоняющаяся от прямой линии более чем на 5 %, должна считаться неудовлетворительной. Значение пропускной способности определяется по этой линии. Сертифицированная пропускная способность не должна превышать 90 % от значения, найденного с помощью этой линии.

KR-523 Метод использования коэффициента расхода

KR-523.1 Метод. Вместо проведения индивидуальной сертификации пропускной способности, как указано в KR-521 и KR-522, может устанавливаться коэффициент расхода K_D для определенного типа конструкции предохранительных клапанов в соответствии с методом, приведенным в KR-523.2 и KR-523.3. Этот метод может применяться к веществам, эксплуатационные параметры которых близки к критической точке или при условиях, когда их термодинамические свойства становятся нелинейными. См. KR-501.

KR-523.2 Количество клапанов. Для каждого типа конструкции изготовитель предохранительных клапанов должен предоставить по три клапана каждого из трех размеров (всего девять клапанов) вместе с рабочими чертежами, конструкции клапана. Для каждого клапана одинакового типоразмера устанавливается разное давление.

KR-523.3 Метод расчета. Испытания должны проводиться для каждого предохранительного клапана с тем, чтобы определить пропускную способность, величину подъема, быстроту срабатывания, давление продувки, фактическое значение пропускной способности для текучих веществ, используемых при испытании. Коэффициент расхода K_D устанавливается для каждого испытания по следующей формуле:

$$K_D = \frac{\text{фактический поток}}{\text{теоретический поток}} = \frac{W}{W_T}$$

где фактический расход определяется количественно с помощью испытаний, а теоретический расход рассчитывается по соответствующей формуле, приведенной ниже.

Для испытаний с воздухом:

(Американская система единиц измерения)
 $W_T = 356000AP (M/ZT)^{0.5}$ фунтов/час
 (Система единиц измерения СИ)
 $W_T = 27,1AP (M/ZT)^{0.5}$ кг/час

Для испытаний с прочими газами:

$$W_T = CAP (M/ZT)^{0.5}$$

Для испытаний с водой или другими несжимаемыми жидкостями:

(Американская система единиц измерения)
 $W_T = 1831A\sqrt{p(P - P_B)} \text{ lbm / hr}$
 (Система единиц измерения СИ)
 $W_T = 3.87A\sqrt{p(P - P_B)} \text{ lbm / hr}$

где

- A = фактическая площадь сброса через устройство в процессе отвода, дюйм² (мм²)
- C = постоянная для газа или пара, основанная на k – отношении удельных теплоемкостей C_p/C_v (см. Рис. KR-523.3)

(Единицы Системы измерений США)

$$= 0.520 \sqrt{K \left(\frac{2}{k+1} \right)^{\frac{k+1}{k-1}}} \frac{\text{lbm} \sqrt{^\circ\text{R}}}{\text{hr ksi.in.}^2}$$

(Единицы СИ)

$$= 0.0000396 \sqrt{K \left(\frac{2}{k+1} \right)^{\frac{k+1}{k-1}}} \frac{\text{kg} \sqrt{^\circ\text{K}}}{\text{hr MPa mm}^2}$$

- M = молекулярный вес вещества или смеси
- P = абсолютное давление на входе при полном потоке, тыс. фунтов/кв. дюйм (МПа)
- P_B = абсолютное противодавление при проходе через клапан/разрывной диск, тыс. фунтов/кв. дюйм (МПа)
- T = абсолютная температура на входе, °R = °F + 460 (°K = °C + 273)
- W = фактическая величина потока, фунтов/ч (кг/ч)
- W_T = теоретический поток, фунтов/ч (кг/ч)
- Z = коэффициент сжимаемости данного вещества при определенных условиях
- ρ = массовая плотность вещества, фунтов/фут³ (кг/л)

KR-523.4 Определение коэффициентов. Средняя величина коэффициентов K_D по девяти обязательным испытаниям должна быть умножена на 0,90, и полученное произведение должно быть принято как коэффициент K_D для данной конструкции.

Все экспериментально полученные значения коэффициента K_D должны укладываться в диапазон ± 5 % от найденного среднего значения K_D . Если данное требование не выполняется, сертификация данного типа конструкции клапана не производится. Коэффициент не применяется для клапанов, пружины которых не соответствуют требованиям KR-312.

KR-523.5 Пропускная способность. Сертифицированная пропускная способность для всех типоразмеров и значений давления данной конструкции клапанов, для которых K_D было установлено в соответствии с KR-523.3, для клапанов изготовленных впоследствии не должна превышать значения, рассчитанного по формуле, приведенной в KR-523.3, умноженного на коэффициент K_D (см. KR-530). В любом случае установочное давление предохранительных клапанов, сертифицированных указанным образом, не должно превышать самого большого значения давления, применяемого при определении K_D (см. KR-530). Для прямых пружинных клапанов пропускная способность

РИС. KR-523.3 ПОСТОЯННАЯ С ДЛЯ ГАЗА С СООТНОШЕНИЕМ УДЕЛЬНЫХ ТЕПЛОЕМКОСТЕЙ
(Американская система единиц измерения)

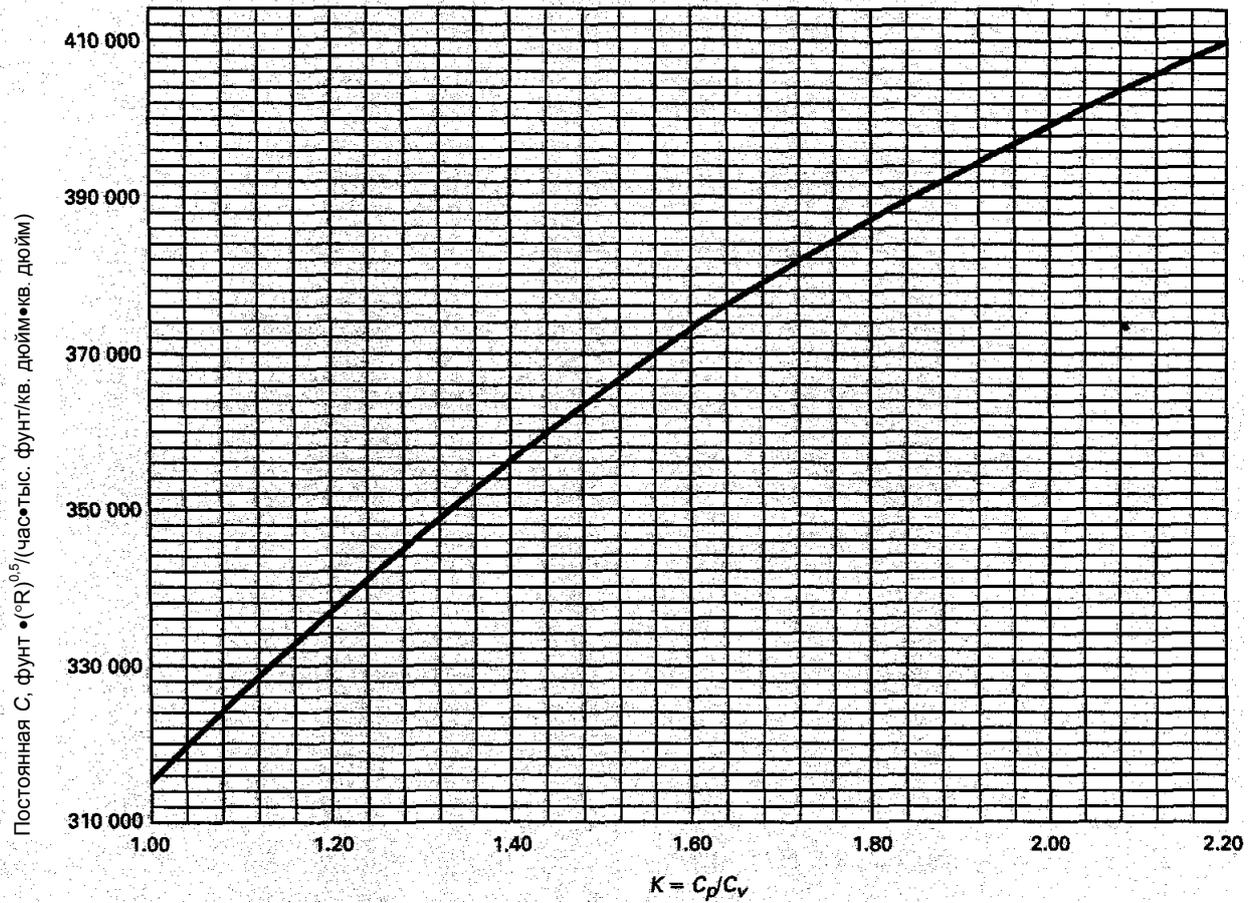
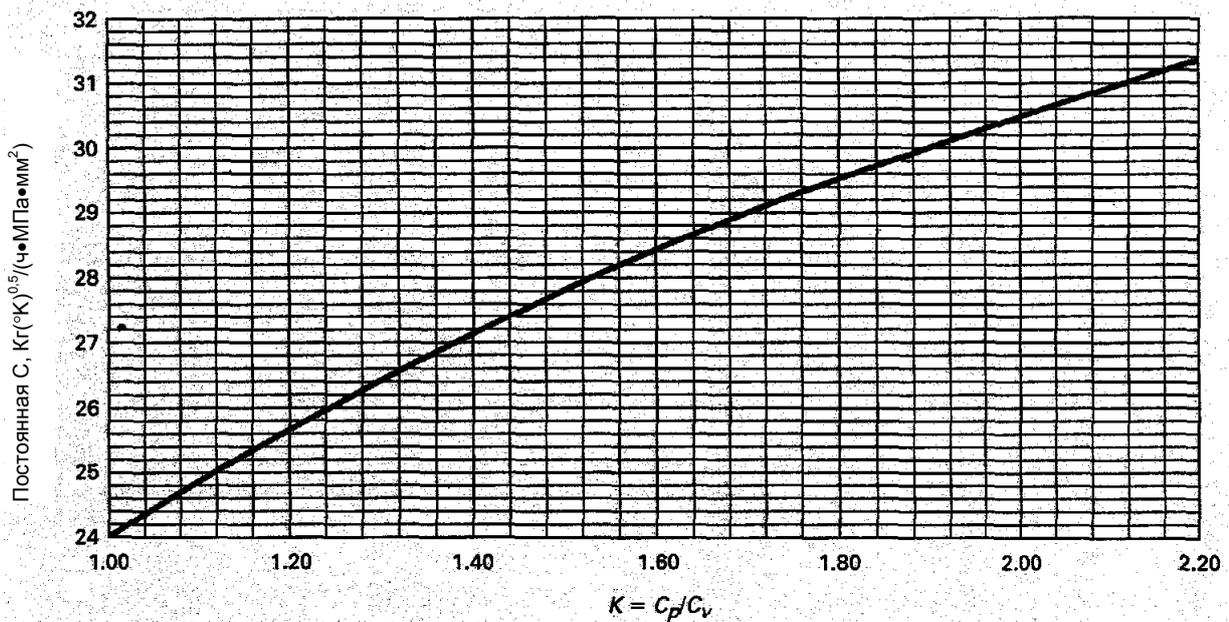


РИС. KR-523.3M ПОСТОЯННАЯ С ДЛЯ ГАЗА С СООТНОШЕНИЕМ УДЕЛЬНЫХ ТЕПЛОЕМКОСТЕЙ
(Единицы СИ)



может быть экстраполирована для клапанов с установленным давлением выше самого большого значения установленного давления, использовавшегося в сертификационных испытаниях на пропускную способность, если пружина в клапане с большим установленным давлением соответствует требованиям KR-312.

Результаты могут быть экстраполированы для клапанов большего или меньшего размера, чем клапаны, использованные в сертификационных испытаниях на пропускную способность, при условии, что все размеры протока и все размеры деталей, которые могут повлиять на суммарную тягу подвижных органов, пропорциональны соответствующим размерам клапанов, использованных для сертификационных испытаний на пропускную способность.

KR-530 ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ

KR-531 Применение воздуха и газа

Для газов низкого давления (газы при давлении менее двух третей от критического значения) пропускная способность предохранительных клапанов по газу, отличному от того, для которого проводилась сертификация, определяется следующим образом.

(a) Для воздуха:

$$W_a = CK_D AP (M/TZ)^{0.5}$$

$$C = 0.356 \frac{\text{lbm} \sqrt{^\circ\text{R}}}{\text{hr ksi in.}^2} \text{ or } \left(0.0000271 \frac{\text{kg} \sqrt{^\circ\text{K}}}{\text{hr MPa mm}^2} \right)$$

где

$$M = 28,97$$

$T = 520 \text{ } ^\circ\text{R}$ ($289 \text{ } ^\circ\text{K}$) где W_a — номинальная пропускная способность

(b) Для любого газа или пара с линейными термодинамическими свойствами, проходящего через клапан:

$$W = CK_D AP (M/TZ)^{0.5}$$

где

A = фактическая площадь сброса предохранительного клапана, дюйм² (мм²)

C = постоянная для газа, являющаяся функцией соотношения удельных теплоемкостей; см. Рис. KR-523.3

K_D = коэффициент расхода; см. KR-523

M = молекулярный вес

P = 110 % от суммы установочного и атмосферного давлений

T = абсолютная температура газа на входе, $^\circ\text{R} = ^\circ\text{F} + 460$ ($^\circ\text{K} = ^\circ\text{C} + 273$)

W = пропускная способность для любого газа, фунтов/ч (кг/ч)

W_a = номинальная пропускная способность, выраженная в фунтах/ч (кг/ч) по воздуху при температуре на входе $60 \text{ } ^\circ\text{F}$ ($16 \text{ } ^\circ\text{C}$),

Z = коэффициент сжатия

(c) Зная сертифицированное значение номинальной пропускной способности предохранительного клапана, а также вид газа и условия, для которых проводилась сертификация, нетрудно определить общее $K_D A$ для данного клапана решением приведенных выше уравнений $K_D A$. Полученное значение $K_D A$ может затем быть использовано для определения W или W_a при

других условиях. Для углеводородов и других газов, для которых значение k (C_p/C_v) неизвестно, принимается значение $k = 1,001$ и соответствующее значение (См. Рис. KR-523.3 и KR-523.3М).

$$C = 0,315 \frac{\text{фунт} \cdot \text{м} \sqrt{^\circ\text{R}}}{\text{ч} \cdot \text{тыс.фунт} / \text{кв.дюйм} \cdot \text{кв.дюйм}} \text{ или } 0,000024 \frac{\text{кг} \sqrt{^\circ\text{K}}}{\text{ч} \cdot \text{МПа} \cdot \text{мм}^2}$$

KR-532 Использование жидкостей и газов высокого давления

Для газов высокого давления, значение которого превышает предельные значения, установленные в KR-531, и для жидкостей следует дополнительно учитывать, что на фактическую пропускную способность могут оказывать влияние следующие факторы:

(a) условия вещества, близкие или превышающие его критическую точку;

(b) жидкость, переходящая в пар при кипении и другие фазовые преобразования, которые могут возникать при режиме прохождения через клапан двухфазового или многофазового потока;

(c) условия, при которых происходят реакции разложения, и химический состав получающегося вещества не может быть однозначно определен.

Потребитель или его уполномоченный представитель должен разработать метод определения объема изменения пропускной способности в зависимости от геометрии устройства, а также изменения состояния вещества и его свойств во время прохождения через клапан и смежные с ним участки трубопровода. Данный метод должен учитывать влияние фазового преобразования в различных точках устройства. При необходимости, размеры могут определяться эмпирическим путем с помощью испытаний при протекании процесса в наиболее вероятных условиях. Потребитель отвечает за представление или подтверждение допущений и расчетов, используемых при определении изменений пропускной способности.

KR-540 ТРЕБОВАНИЯ К ИСПЫТАТЕЛЬНОМУ ОБОРУДОВАНИЮ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИСПЫТАНИЙ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ

Испытания должны проводиться там, где испытательное оборудование, методы и процедуры испытаний, а также лица, контролирующие испытания (уполномоченный наблюдатель) удовлетворяют соответствующим требованиям ASME PTC 25 и Приложения 4. Испытания проводятся под контролем уполномоченного наблюдателя и сертифицируются им. Испытательное оборудование, методы и способы испытаний и квалификация уполномоченного наблюдателя должны быть одобрены Комитетом по котлам и сосудам давления по рекомендации представителя ASME. Результаты приемки испытательного оборудования подлежат пересмотру каждые пять лет.

KR-550 ОТЧЕТЫ ПО ИСПЫТАНИЯМ

Отчеты по испытаниям пропускной способности по каждой модели, типу и размеру клапанов, подписанные изготовителем и уполномоченным наблюдателем, передаются представителю ASME для сертификации. При внесении изменений в конструкцию, испытания пропускной способности должны быть проведены повторно.

**KR-560 СЕРТИФИКАЦИЯ
ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ
ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНЫХ КЛАПАНОВ,
УСТАНОВЛИВАЕМЫХ СОВМЕСТНО
С УСТРОЙСТВАМИ РАЗРЫВНЫХ
ДИСКОВ**

Для каждой комбинации предохранительного клапана с устройством разрывного диска изготовитель данного клапана или изготовитель устройства может проводить сертификацию пропускной способности как указано в KR-561–KR-563.

KR-561 Испытательная среда и испытательное давление

Требования по среде и испытательному давлению соответствуют приведенным в KR-501 и KR-502.

KR-562 Размеры испытываемых устройств

Изготовитель клапана или изготовитель устройства разрывного диска могут предоставить для испытания наименьшее по размеру устройство с соответствующим по размеру предохранительным клапаном, которые предполагается использовать в качестве комбинированного устройства. Испытываемый предохранительный клапан должен иметь отверстие, максимально возможное на входе предохранительного клапана данного размера.

KR-563 Метод испытаний

Испытания могут проводиться с соблюдением следующих условий:

(a) Испытываемая комбинация устройства разрывного диска и предохранительного клапана должна быть смонтирована аналогично конструкции рабочей комбинации устройств.

(b) При испытании используется минимальное давление разрыва для данной конструкции разрывного устройства, которое планируется для установки совместно с предохранительным клапаном. Значение давления разрыва, подтвержденного клеймением, должно составлять от 90 до 100 % от установочного давления предохранительного клапана.

(c) Предохранительный клапан (один клапан) должен быть испытан на пропускную способность как отдельный элемент, без устройства разрывного диска, при давлении на 10 %: выше установочного. Затем устройство разрывного диска необходимо установить перед предохранительным клапаном и произвести разрыв мембраны для срабатывания клапана. Испытания пропускной способности комбинации устройств должны быть выполнены при величине давления на 10 % выше установочного давления клапана, дублируя, таким образом, испытание пропускной способности предохранительного клапана.

(d) Испытания должны быть выполнены повторно с двумя дополнительными разрывными дисками с такими же номинальными параметрами для того, чтобы всего три разрывных диска были испытаны с одним предохранительным клапаном. Результаты испытания пропускной способности должны

укладываться в диапазоне ± 10 % среднего значения пропускной способности по трем испытаниям. При несоответствии результатов данному требованию необходимо проведение повторных испытаний для выявления причин несоответствия.

(e) По результатам испытаний определяется пропускная способность комбинации устройств. Коэффициент пропускной способности комбинации устройств определяется как отношение среднего значения пропускной способности, полученного при испытаниях, к пропускной способности, определенной для клапана. Коэффициент пропускной способности комбинации следует использовать в качестве множителя для внесения соответствующих изменений в параметры номинальной пропускной способности (в соответствии со Стандартом ASME) предохранительного клапана для всех размеров данной конструкции. Значение коэффициента пропускной способности комбинации должно быть не больше единицы. Полученный коэффициент пропускной способности комбинации должен использоваться только для комбинаций той же конструкции предохранительного клапана с той же конструкцией устройства разрывного диска, как те, которые прошли испытания.

(f) Испытательная лаборатория должна соответствовать требованиям KR-540 и должна предоставить результаты испытаний представителю ASME для утверждения коэффициента пропускной способности и сертификации.

**KR-570 ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ИСПЫТАНИЯ
УСТРОЙСТВ РАЗРЫВНЫХ ДИСКОВ
И ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНЫХ КЛАПАНОВ**

KR-571 Большие размеры

При желании изготовитель клапанов или изготовитель устройств разрывных дисков может провести такие же испытания, как описанные в KR-550, с использованием устройства разрывных дисков, большего, чем размер входного отверстия предохранительного клапана, для определения коэффициента пропускной способности, применяемого для устройств большего размера. При определении большего коэффициента пропускной способности, который может быть сертифицирован испытательной лабораторией, отвечающей требованиям KR-540, этот коэффициент может использоваться для всех дисков большего размера, чем те, которые устанавливались в комбинированном устройстве, однако данный коэффициент не должен быть более единицы.

KR-572 Высокое давление

При необходимости, в случае высокого давления можно провести дополнительные испытания в соответствии с KR-560, чтобы установить максимальный коэффициент пропускной способности для всех значений давления, превышающих наивысшее значение, при котором проводились испытания ранее. Однако этот коэффициент не должен превышать единицу.

Часть KE

ТРЕБОВАНИЯ К КОНТРОЛЮ

СТАТЬЯ KE-1

ТРЕБОВАНИЯ К МЕТОДАМ КОНТРОЛЯ И КВАЛИФИКАЦИИ ПЕРСОНАЛА

KE-100 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Неразрушающий контроль необходимо проводить в соответствии с методами контроля, описанными в Секции V, за исключением поправок, внесенных требованиями данной Статьи.

KE-101 Рентгенографический контроль

Ультразвуковая дефектоскопия должна проводиться в соответствии с Секцией V, статьей 2, за исключением того, что не допускается использование флуоресцентных экранов, геометрическая нерезкость не должна превышать пределов T-285, а вместо обозначений в Таблице T-276 должны использоваться графические обозначения качества, приведенные в Таблице KE-101.

KE-102 Ультразвуковой контроль

Ультразвуковой контроль должен проводиться в соответствии с Секцией V, Статья 5.

KE-103 Магнитопорошковая дефектоскопия

Контроль методом магнитопорошковой дефектоскопии должен производиться в соответствии с Секцией V, Статья 7. При использовании щупов метод должен предусматривать меры предосторожности, необходимые для предотвращения прожога электродом. Данный метод также должен включать шаги по устранению последствий возможных прожогов электродом за счет удаления всего затронутого вещества. См. KE-210.

KE-104 Капиллярный контроль

Капиллярный контроль должен производиться в соответствии с Секцией V, Статья 6.

KE-105 Методы неразрушающего контроля

(a) За исключением неразрушающих испытаний материала, которых требуют соответствующие ТУ на материал, все неразрушающие испытания, которые требуются этим разделом, должны производиться в соответствии с детально прописанными процедурами, и должны получить одобрение Инспектора. Процедуры должны соответствовать определенным статьям Секции V, где описаны все методы проверки. Записи процедур и демонстрации использования процедур, а также записи о соответствии квалификации персонала этим процедурам должны находиться в доступе Инспектора, а также должны быть включены в строительные записи Производителя (см. KS-320).

(b) По завершению любого неразрушающего контроля, при котором испытательные вещества наносятся на деталь, деталь должна быть тщательным образом очищена в соответствии с применяемыми техническими условиями на вещество или метод.

KE-110 КВАЛИФИКАЦИЯ И СЕРТИФИКАЦИЯ ПЕРСОНАЛА, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩЕГО НЕРАЗРУШАЮЩИЙ КОНТРОЛЬ

KE-111 Общие положения

(a) Организации, осуществляющие и производящие оценку неразрушающего контроля согласно требованиям данного Раздела, должны привлекать персонал, имеющий квалификацию согласно требованиям KE-112 по KE-115.

(b) При найме держателем сертификата субподрядчиков для оказания данной услуги (см. KG-322), держатель сертификата должен проверить квалификацию персонала на соответствие требованиям KE-112 по KE-115. Весь неразрушающий контроль, проведение которого требуется в соответствии с данным Разделом, должен

ТАБЛИЦА КЕ-101
ТОЛЩИНА, НАЗНАЧЕНИЕ ПЕНЕТРОМЕТРА, НЕОБХОДИМЫЕ ОТВЕРСТИЯ
И ДИАМЕТРЫ ПРОВОДОВ (единицы измерений, принятые в Системе единиц США)

Диапазон толщин одностенного материала, дюймов	Пенетрометр					
	Сторона источника			Сторона пленки		
	Обозначение	Необходимое отверстие	Диаметрпровода, дюймов	Обозначение	Необходимое отверстие	Диаметр провода, дюймов
До $1/4$ дюйма включительно	8	2 T	0,005	8	2 T	0,005
От $1/4$ до $3/8$	12	2 T	0,008	10	2 T	0,006
От $3/8$ до $1/2$	15	2 T	0,010	12	2 T	0,008
От $1/2$ до $5/8$	15	2 T	0,010	12	2 T	0,008
От $5/8$ до $3/4$	17	2 T	0,013	15	2 T	0,010
От $3/4$ до $7/8$	17	2 T	0,013	15	2 T	0,010
От $7/8$ до 1	20	2 T	0,016	17	2 T	0,013
От 1 до $1 1/4$	20	2 T	0,016	17	2 T	0,013
От $1 1/4$ до $1 3/8$	25	2 T	0,020	20	2 T	0,016
От $1 3/8$ до $1 1/2$	30	2 T	0,025	25	2 T	0,020
От $1 1/2$ до 2	35	2 T	0,032	30	2 T	0,025
От 2 до $2 1/2$	40	2 T	0,040	35	2 T	0,032
От $2 1/2$ до 3	40	2 T	0,040	35	2 T	0,032
От 3 до 4	50	2 T	0,050	40	2 T	0,040
От 4 до 6	60	2 T	0,063	45	2 T	0,040
От 6 до 8	80	2 T	0,100	50	2 T	0,050
От 8 до 10	100	2 T	0,126	60	2 T	0,063
От 10 до 12	120	2 T	0,160	80	2 T	0,100
От 12 до 16	160	2 T	0,250	100	2 T	0,126
От 16 до 20	200	2 T	0,320	120	2 T	0,160

производиться, а результаты — оцениваться квалифицированным в области проведения неразрушающего контроля персоналом.

(с) Для использования методов неразрушающего контроля, состоящих из более чем одной операции или типа, допустимо привлекать персонал, квалифицированный для исполнения одной или более операций. Например, может привлекаться один человек, квалифицированный для проведения рентгенографического контроля, и другой, квалифицированный для интерпретации и оценки рентгенографической пленки.

КЕ-112 Метод квалификации

КЕ-112.1 Квалификация. Персонал, осуществляющий неразрушающий контроль, должен квалифицироваться в соответствии с SNT-TC-1A,¹ Центральной аттестационной программой Американского общества специалистов по неразрушающим испытаниям (АССР),¹ или же CP-189.¹ Письменные требования нанимателя² должны определить требования касательно рекомендованных руководящих материалов. Следование рекомендованным руководящим материалам SNT-TC-1A должно требоваться с учетом поправок КЕ-112.1 (а) до (е).

¹ SNT-TC-1A Рекомендуемая методика квалификационной оценки и сертификации персонала, осуществляющего неразрушающий контроль, Американская центральная аттестационная программа, Центральная сертификационная программа Американского общества специалистов по неразрушающим испытаниям; и CP-189 опубликованы Американским обществом специалистов по неразрушающим испытаниям, 1711 Arlingate Lane, PO Box 28518, Коламбус, Огайо 43228-0518.

² Термин *наниматель* при использовании в данной статье означает держателя сертификата U3 и организации, оказывающие субподрядные услуги по проведению неразрушающего контроля вышеописанным организациям.

(а) Квалификация персонала, осуществляющего неразрушающий контроль Уровня III, должна производиться путем экзамена. Основные и методические экзамены SNT-TC-1A могут быть подготовлены и организованы нанимателем, Американским обществом специалистов по неразрушающим испытаниям или сторонней организацией. Специальный экзамен по SNT-TC-1A должен быть подготовлен и организован нанимателем или сторонней организацией. Наниматель или сторонняя организация, организующие специальный экзамен, должны определить минимальные требования по уровню в письменной программе, когда основные и методические экзамены организовывались ASNT, которое присваивает уровни на основе прохождения/непрохождения экзамена. В таком случае минимальный уровень для специального экзамена может быть не менее 80 %.

(b) Требования и порядок проведения экзамена для персонала должны быть рекомендованы в Системе качества нанимателя.

(с) Количество часов подготовки и стаж персонала, осуществляющего неразрушающий контроль, выполняющего только одну операцию в рамках метода неразрушающего контроля, состоящего из более чем одной операции, или же неразрушающий контроль в ограниченной области, могут быть уменьшены по сравнению с рекомендованными в SNT-TC-1A. Время подготовки и стаж должны быть описаны в письменной практической методике, а любые ограничения относительно сертификации должны быть описаны в письменной практической методике и в сертификате.

ТАБЛИЦА КЕ-101М
ТОЛЩИНА, НАЗНАЧЕНИЕ ПЕНЕТРОМЕТРА, НЕОБХОДИМЫЕ ОТВЕРСТИЯ
И ДИАМЕТРЫ ПРОВОДОВ (в единицах Системы СИ)

Диапазон толщин одностенного материала, мм	Пенетрометр					
	Сторона источника			Сторона пленки		
	Обозначение	Необходимое отверстие	Диаметр провода, мм	Обозначение	Необходимое отверстие	Диаметр провода, мм
До 6 включительно	8	2 T	0,13	8	2 T	0,13
От 6 до 10	12	2 T	0,20	10	2 T	0,15
От 10 до 13	15	2 T	0,25	12	2 T	0,20
От 13 до 16	15	2 T	0,25	12	2 T	0,20
От 16 до 19	17	2 T	0,33	15	2 T	0,25
От 19 до 22	17	2 T	0,33	15	2 T	0,25
От 22 до 25	20	2 T	0,41	17	2 T	0,33
От 25 до 32	20	2 T	0,41	17	2 T	0,33
От 32 до 35	25	2 T	0,51	20	2 T	0,41
От 35 до 38	30	2 T	0,64	25	2 T	0,51
От 38 до 50	35	2 T	0,8	30	2 T	0,64
От 50 до 64	40	2 T	1,0	35	2 T	0,8
От 64 до 76	40	2 T	1,0	35	2 T	0,8
От 76 до 100	50	2 T	1,3	40	2 T	1,0
От 100 до 150	60	2 T	1,60	45	2 T	1,0
От 150 до 200	80	2 T	2,5	50	2 T	1,3
От 200 до 250	100	2 T	3,2	60	2 T	1,60
От 250 до 300	120	2 T	4,0	80	2 T	2,5
От 300 до 400	160	2 T	6,4	100	2 T	3,20
От 400 до 500	200	2 T	8,1	120	2 T	4,1

(d) Для визуального осмотра должны использоваться буквы Джегера номер 1 вместо букв Джегера номер 2, указанных в SNT-TC-1A. Допускается использование букв эквивалентного типа и размера.

(e) Работник Уровня I должен иметь квалификацию, позволяющую осуществлять специальные настройки, калибровку и испытания, а также документировать и оценивать данные путем сравнения со специальными критериями приемки, определенными в письменных указаниях. Работник Уровня I обязан выполнять эти письменные указания по неразрушающему контролю под руководством работника Уровня II или Уровня III. Работник Уровня I может независимо осуществлять аттестацию результатов неразрушающего контроля, если конкретные критерии аттестации определены в письменных указаниях.

КЕ-112.2 Квалификация, необходимая для использования других методов неразрушающего контроля. Для применения методов неразрушающего контроля, не включенных в упомянутые квалификационные документы, персоналу необходимо присваивать квалификацию сравнимых уровней компетенции путем прохождения сравнимых экзаменов по конкретному используемому методу. Упор должен быть сделан на способность работника, осуществлять неразрушающий контроль

в соответствии с применяемой для предполагаемой цели методикой.

КЕ-113 Сертификация персонала

(a) Наниматель несет ответственность за адекватность программы и сертификацию персонала Уровней I, II и III, осуществляющего неразрушающий контроль.

(b) Если Американское общество специалистов по неразрушающему контролю является сторонней организацией, проводящей основные и методические экзамены Уровня III, наниматель может использовать документ из этой организации в качестве основания для сертификации.

(c) Если сторонняя организация проводит экзамены по сертификации персонала нанимателя Уровня III, в таком случае результаты экзамена должны быть включены в документацию нанимателя в соответствии с КЕ-115.

КЕ-114 Проверка сертификации персонала, осуществляющего неразрушающий контроль

Держатель сертификата несет ответственность за проверку квалификации и сертификации персонала, осуществляющего неразрушающий контроль, нанятого производителями и поставщиками материалов

и субподрядчиками, оказывающими им услуги по осуществлению неразрушающего контроля.

КЕ-115 Отчетные документы

Отчетные документы по квалификации персонала, определенные в указанных квалификационных документах, должны поддерживаться нанимателем. См. дополнительные требования в КЕ-105.

СТАТЬЯ КЕ-2

ТРЕБОВАНИЯ ПО КОНТРОЛЮ И ВОССТАНОВЛЕНИЮ МАТЕРИАЛА

КЕ-200 ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ

(a) Материалы, поддерживающие давление, должны проходить контроль неразрушающими методами, применимыми к материалу и форме изделия в соответствии с требованиями данной Статьи.

(b) Требования данной Статьи по ремонту с использованием сварки, включая контроль восстановительных швов, должны выполняться всегда, когда восстановительные швы имеют место на изделии, поддерживающем давление.

(c) Требования данной Статьи должны соблюдаться как изготовителем материала, так и изготовителем сосуда.

КЕ-201 Контроль после закалки и отпуска

Изделия из ферритных сталей, свойства которых усиливаются за счет закалки и отпуска, должны проходить контроль методами, приведенными в данной Статье, после прохождения каждой формой изделия фазы закалки и отпуска термообработки.

КЕ-210 ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ ПО УСТРАНЕНИЮ ДЕФЕКТОВ

КЕ-211 Устранение дефектов путем абразивного шлифования

(a) Изъяны, не удовлетворяющие критериям приемки КЕ-233.2, считаются дефектами. Такие дефекты должны быть устранены или уменьшены до изъяна приемлемого размера. Дефекты могут быть устранены шлифованием или механической обработкой при условии соблюдения требований КЕ-211(a)(1) до (a)(4).

(1) Остаточная толщина сечения не должна быть меньше величины, требуемой в Части КД, исключая случаи, указанные в КЕ-211(b).

(2) Впадина после удаления дефекта равномерно усредняется с окружающей поверхностью.

(3) После устранения дефекта область подвергается повторному контролю методом магнитопорошковой дефектоскопии в соответствии с КЕ-233 или капиллярным методом в соответствии с КЕ-233, чтобы убедиться, что изъян устранен или уменьшен до приемлемого размера.

(4) Области, подвергаемые шлифованию для удаления кислородной окалины или других внешних дефектов механического происхождения или облегчения проведения необходимых ультразвуковых испытаний, не требуется подвергать контролю методом магнитопорошковой дефектоскопии или капиллярному контролю.

(b) Снижение толщины за счет абразивного шлифования ниже минимума, требуемого согласно Части КД, допустимо в нижеприведенных пределах.

(1) Диаметр полости восстановления:

$$COD = 0,2\sqrt{R_m t}$$

(2) Глубина полости сверх требуемой толщины:

$$C_{\text{глубина}} = 0,02\sqrt{R_m t}$$

КЕ-212 Ремонт сваркой

(a) За исключением материалов, сварка которых запрещена или ограничена Частью КМ, изготовитель материала может произвести восстановление материала сваркой после удаления дефектов. См. информацию о материалах, на которые наложены ограничения, в Статье КF-7.

(b) Допустимая глубина восстановления в данной Статье приводится отдельно по формам изделий.

(c) Предварительно необходимо получить разрешение держателя сертификата на проведение восстановления.

КЕ-212.1 Устранение дефекта. Дефект должен быть устранен посредством соответствующих методов механической, термической или поверхностной резки, а выемка должна быть подготовлена для восстановления. После термической резки весь шлак и участки, где произошло изменение цвета материала, подвергшегося плавлению, должны быть удалены механическими средствами, пригодными для материала, до восстановления сваркой. Если применяется термическая резка, необходимо учитывать ее влияние на механические свойства. Поверхность для сварки должна быть однородной и гладкой. Выемка должна подвергнуться контролю капиллярным методом или методом магнитопорошковой дефектоскопии (см. КЕ-233).

КF-212.2 Квалификация методов сварки и сварщиков. Метод сварки и сварщики или операторы должны быть квалифицированы в соответствии с требованиями Статьи КF-2 и Секции IX, а также соответствовать требованиям по прочности Статьи КТ-2.

KE-212.3 Усреднение восстановленных областей. Поверхность после восстановления равномерно усредняется с окружающей поверхностью.

KE-212.4 Контроль швов восстановления. Каждый шов восстановления должен быть проконтролирован с помощью метода магнитопорошковой дефектоскопии или капиллярным методом (см. KE-233). Дополнительно, при превышении глубиной впадины восстановления меньшей из величин $\frac{3}{8}$ дюйма (10 мм) или 10 % толщины сечения, шов восстановления должен подвергаться ультразвуковому контролю после проведения восстановления в соответствии с KE-102 и приемочными стандартами KE-333.

KE-212.5 Термическая обработка после восстановления. Изделие должно пройти термическую обработку после восстановления в соответствии с требованиями по проведению термической обработки Статьи KF-4.

KE-213 Восстановление плакировки

Изготовитель материала может произвести устранение дефектов плакировки сваркой при условии соблюдения требований KE-213(a) по (с).

(a) Метод сварки и сварщики или операторы должны пройти квалификацию в соответствии со Статьей KF-2 и Секцией IX.

(b) Дефект должен быть устранен, а выемка, подготовленная к восстановлению, подвергнута контролю капиллярным или магнитопорошковым методом (см. KE-233).

(c) Восстановленная область должна быть подвергнута контролю капиллярным или магнитопорошковым методом (см. KE-233).

KE-214 Отчет о материале с описанием дефектов и восстановлений

Каждое устранение дефекта должно быть описано в Отчете об испытаниях сертифицированного материала для каждого изделия, включая схему, показывающую расположение и размер восстановления, маркировку сварочного материала, метод сварки, термообработки и результаты контроля. Расположение участков восстановления должно прослеживаться вплоть до готового сосуда.

KE-220 КОНТРОЛЬ И ВОССТАНОВЛЕНИЕ ЛИСТОВОГО МЕТАЛЛА

KE-221 Время проведения контроля

Приемочный контроль должен быть проведен во время изготовления в соответствии с требованиями KE-221(a) по (с).

(a) Ультразвуковой контроль необходимо производить после прокатки до требуемого размера и термообработки, исключая термообработку после сварки.

(b) Если требуется радиографическая проверка ремонтных сварных швов на пластине, то ее следует проводить после послесварочной термообработки.

(c) Проверка магнитопорошковым и капиллярным методом ремонтных сварных швов на пластине должна производиться после заключительной термообработки (см. KE-212.4).

KE-222 Технологии проверки подповерхностных дефектов

Все пластины должны пройти проверку ультразвуковым методом прямого пучка в соответствии с SA-578, Стандартными техническими условиями ультразвуковой проверки методом прямого пучка пластин из нелегированной и плакированной стали особого назначения, как указано в Статье 23 Раздела V, за исключением того, что уровень проверки и стандарты приемки должны соответствовать KE-222(a) и (b).

(a) *Уровень проверки.* Должно быть покрыто сто процентов каждой из основных поверхностей пластины путем продвижения головки-искателя параллельными дорожками с перекрытием не менее 10 %. Расположение всех важных индикаторных следов должно быть документировано, как описано в Разделе V.

(b) *Критерии приемки.*

(1) Любая зона, в которой один или несколько дефектов приводят к постоянной потере черного отражения при постоянной индикации в одной плоскости, которая выходит за границы окружности диаметром 1 дюйм (25 мм), должна считаться неприемлемой.

(2) Кроме того, два или более дефекта меньшего размера, чем описано в KE-222(b)(1), являются неприемлемыми, если расстояние между ними меньше диаметра наибольшего из дефектов, либо если их вместе можно очертить окружностью, описанной в KE-222(b)(1).

KE-223 Ремонт сваркой

Глубина полости ремонта не должна превышать одной трети от номинальной толщины пластины, и ремонт должен соответствовать KE-210.

KE-230 КОНТРОЛЬ И ВОССТАНОВЛЕНИЕ КОВАННЫХ ДЕТАЛЕЙ И ПОЛОС

(a) Ультразвуковой контроль кованых деталей и полос следует производить в соответствии с KE-232 за исключением того, что конфигурации, по которым невозможно получить значимых результатов ультразвукового контроля, должны проходить рентгенографический контроль в соответствии со Статьей 2 Раздела V с использованием стандартов приемки KE-332. Кроме того, все внешние поверхности и доступные внутренние поверхности должны проходить контроль магнитнопорошковым и капиллярным методом (см. KE-233).

(b) Кованые фланцы и переходники, такие как колена, тройники и муфты, должны проходить контроль в соответствии с KE-240.

(c) Полосы, используемые для болтов, должны проходить контроль в соответствии с KE-260.

(d) Поковки и кованые или катаные полосы, которые подлежат сверлению для получения труб или переходников, должны проходить контроль в соответствии с KE-240 после сверления.

KE-231 Время проведения контроля

Приемочный контроль, включая контроль восстановительных швов, должен производиться в ходе изготовления в соответствии с требованиями KE-231 (a)–(d).

(a) Ультразвуковой контроль может быть произведен в любое время послековки [см. KE-230(d)], при этом максимальный целесообразный объем контроля осуществляется после окончательной термообработки, исключая послесварочную термическую обработку.

(b) Рентгенографический контроль восстановительных швов, в случае необходимости, может быть проведен до любой необходимой послесварочной термической обработки.

(c) Контроль методом магнитопорошковой дефектоскопии или капиллярным методом должен производиться в готовом состоянии.

(d) Поковки и кованный или сортовой прокат, который подлежит рассверливанию для получения трубных изделий или арматуры, подвергается контролю после рассверливания или токарной обработки, за исключением резьбонарезания.

KE-232 Ультразвуковой контроль

KE-232.1 Метод контроля. Все поковки в состоянии черновой обработки ковкой или чистой обработки, а также сортовой прокат, должны подвергаться контролю в соответствии с одним из следующих технических условий: SA-745, Стандартная технология ультразвукового контроля поковок из аустенитной стали, или SA-388, Стандартная технология ультразвукового контроля крупных стальных поковок, как приведено в Статье 23 Секции V. Допускается контакт, погружение или соединение с водяным столбом. Если применимо, используются методики KE-232.1 (a)–(d).

(a) Все поковки и сортовой прокат должны контролироваться ультразвуковым методом с использованием методики прямого пучка.

(b) Кольцевые поковки и другие полые поковки должны, к тому же, подвергаться контролю с использованием методики наклонного пучка в двух направлениях вдоль окружности, исключая случаи, когда толщина стенки или геометрическая конфигурация делают нецелесообразным контроль с помощью наклонного пучка.

(c) В дополнение к пунктам KE-232.1 (a) и (b), кольцевые поковки, изготовленные по технологии выплавки мелкого зерна и используемые в секциях корпуса сосуда, также должны подвергаться контролю с использованием методики наклонного пучка в двух осевых направлениях.

(d) Контроль поковок может осуществляться путем использования альтернативных ультразвуковых методов, которые используют амплитудные поправки расстояния, при условии, что приемочные стандарты эквивалентны приведенным в пункте KE-232.2.

KE-232.2 Стандарты приемки

(a) *Общее правило проведения контроля с помощью прямого пучка.* Поковка должна считаться неприемлемой, если в результате контроля методом прямого пучка обнаруживаются один или более рефлекторов, которые генерируют сигналы, сопровождаемые полной потерей обратного отражения, не связанной с геометрическими конфигурациями или не свойственной им. Полной потерей обратного отражения считается уровень падения обратного отражения ниже 5 % полной калибровочной высоты экрана.

(b) *Правило проведения контроля методом наклонного пучка.* Поковка должна считаться неприемлемой, если

в результате контроля методом наклонного пучка обнаруживаются один или более рефлекторов, которые генерируют сигналы, превосходящие по амплитуде сигналы от соответствующих калибровочных насечек (см. KE-232.1).

KE-233 Контроль магнитопорошковым и капиллярным методами

Поверхностный контроль ферромагнитных материалов должен производиться с использованием мокрого магнитопорошкового метода. Изделия из цветных металлов должны подвергаться контролю с использованием капиллярного метода. Необходимо подтвердить, что во время проверок, которые будут выполнены, существует возможность обнаружения соответствующих поверхностных дефектов в соответствии с KE-233.2(a).

KE-233.1 Оценка индикаторных следов

(a) При проведении контроля методом магнитопорошковой дефектоскопии запрещается применять способы с использованием переменного тока. При использовании метода магнитопорошковой дефектоскопии механические несплошности на или вблизи поверхности будут указаны удержанием вещества, с помощью которого осуществляется контроль. Однако не все индикаторные следы обязательно означают несплошности, поскольку некоторые металлургические неоднородности и колебания магнитопроницаемости могут дать аналогичные следы, которые не связаны с выявлением неприемлемых несплошностей.

(b) При использовании капиллярного контроля механические несплошности поверхности будут указаны за счет истечения пенетранта; однако, такие выявленные несплошности поверхности, какие могут появиться от следов обработки, шероховатости поверхности или неполным сцеплением основного металла и плакировки, могут дать аналогичные индикаторные следы, которые не связаны с выявлением дефектов. Любой индикаторный след, выходящий за рамки приемочного стандарта KE-233.2 и считающийся нехарактерным, должен считаться дефектом и подвергаться повторному контролю тем же или другими методами неразрушающего контроля для подтверждения наличия или отсутствия фактических дефектов. Модификация поверхности может предшествовать повторному контролю. Нехарактерные индикаторные следы, скрывающие показания о наличии дефектов, неприемлемы.

(c) Линейными индикаторными следами являются следы, длина которых более чем в три раза превышает ширину. Скругленными индикаторными следами являются следы, имеющие округлую или эллиптическую форму при длине, меньшей трех ширин.

KE-233.2 Стандарты приемки

(a) Значимыми должны считаться только индикаторные следы с основными размерами, превышающими $1/16$ дюйма (1,6 мм).

(b) Значимые индикаторные следы, перечисленные в KE-233.2(b)(1)–(b)(4), считаются неприемлемыми. Более жесткие критерии приемки могут быть предусмотрены в Технических требованиях пользователя на проектирование. См. KG-311:

(1) любые линейные индикаторные следы свыше $1/16$ дюйма (1,6 мм) длиной для материалов менее $5/8$ дюйма (16 мм) толщиной, свыше $1/8$ дюйма (3,2 мм) длиной для материалов более $5/8$ дюйма (16 мм) до 2 дюймов (50 мм) толщиной и $3/16$ дюйма (4,8 мм) длиной для материалов более 2 дюймов (50 мм) толщиной и более;

(2) скругленные индикаторные следы размером более $\frac{1}{8}$ дюйма (3,2 мм) для толщин менее $\frac{5}{8}$ дюйма (16 мм) и более $\frac{3}{16}$ дюйма (4,8 мм) для толщин $\frac{5}{8}$ дюйма (16 мм) и более;

(3) четыре или более скругленных индикаторных следов подряд на расстоянии $\frac{1}{16}$ дюйма (1,6 мм) или менее, кромка к кромке;

(4) десять или более скругленных индикаторных следов на любом участке площадью 6 кв. дюймов (3900 мм²) области, главный размер которой не превосходит 6 дюймов (150 мм) при размерах, взятых в наименее благоприятном месте с точки зрения оцениваемых показаний.

KE-234 Восстановление сваркой

В случаях, когда восстановление сваркой не запрещено Частью КМ или техническими условиями на изделие, глубина восстановления не ограничена, за исключением ограничений, налагаемых техническими условиями, и должна соответствовать KE-210.

KE-240 КОНТРОЛЬ И ВОССТАНОВЛЕНИЕ БЕСШОВНЫХ И СВАРНЫХ (БЕЗ ПРИСАДОЧНОГО МЕТАЛЛА) ТРУБНЫХ ИЗДЕЛИЙ И АРМАТУРЫ

KE-241 Требуемый контроль

(a) Обработанные давлением бесшовные и сварные (без присадочного металла) трубы и трубопроводы должны подвергаться контролю по всему объему материала в соответствии с применимым параграфом KE-241(a)(1), (a)(2) или (a)(3). Трубные изделия могут требовать дополнительной обработки как наружной, так и внутренней поверхности до проведения контроля.

(1) Трубы и трубопроводы наружным диаметром менее $2\frac{1}{2}$ дюйма (64 мм) должны подвергаться Контролю ультразвуковым методом в соответствии с KE-242.1(a) в двух противоположных направлениях по окружности¹ и методом вихревого тока в соответствии с KE-244 при условии соблюдения ограничений по размерам, материалу и толщинам изделия, для которых методом контроля вихревым током могут быть получены значимые результаты. Калибровка для каждого метода должна производиться согласно соответствующему стандарту; то есть, калибровка для метода ультразвукового контроля должна производиться по осевым насечкам или пазам согласно KE-242.2(b), тогда как для метода вихревых токов — по кольцевым насечкам и пазам, а также радиальному отверстию согласно KE-244.2. В качестве альтернативы контролю вихревыми токами или в случае, когда контроль вихревыми токами не дает значимых результатов, необходимо производить ультразвуковой контроль осевой развертки в двух противоположных осевых направлениях в соответствии с KE-242.1(b).

(2) Трубы и трубопроводы наружным диаметром от $2\frac{1}{2}$ дюйма (64 мм) до $6\frac{3}{4}$ дюйма (170 мм) должны подвергаться ультразвуковому контролю в соответствии с KE-242.1(a) в двух противоположных по окружности направлениях и в соответствии с KE-242.1(b) — в двух противоположных по оси направлениях.

(3) Трубы и трубопроводы наружным диаметром более $6\frac{3}{4}$ дюйма (170 мм) должны подвергаться ультразвуковому контролю в двух противоположных по окружности направлениях в соответствии с KE-242.1(c) или рентгенографическому контролю в соответствии с KE-243. В качестве альтернативы для труб, сваренных без присадочного металла, внешним диаметром более $6\frac{3}{4}$ дюйма (170 мм), плиты должны подвергаться ультразвуковому контролю в соответствии с KE-220 до формообразования, а шов — рентгенографическому контролю в соответствии с KE-243. Рентгенографический контроль швов, включая, восстановительные швы, должен производиться после чистовой прокатки и формообразования и может осуществляться до любой необходимой послесварочной обработки.

(b) Обработанная давлением и сваренная без присадочного металла арматура (включая фланцы труб и арматуру, полученные механической обработкой из поковок и проката) должны подвергаться контролю в соответствии с техническими условиями на материалы, а также дополнительно контролю методом магнитопорошковой дефектоскопии или капиллярным методом в соответствии с KE-233 на всех внешних поверхностях и всех доступных внутренних поверхностях.

(c) Трубные изделия, применяемые в патрубках сосудов, должны подвергаться контролю по всему объему материала или ультразвуковым методом в двух противоположных по окружности направлениях в соответствии с KE-242, или радиографическим методом в соответствии с KE-243, а также контролю по всем внешним и всем доступным внутренним поверхностям методом магнитопорошковой дефектоскопии или капиллярным методом согласно KE-233.

KE-242 Ультразвуковой контроль

KE-242.1 Методика контроля для труб и трубопроводов. Для получения осевых и круговых разверток необходимо использовать независимые каналы или приборы.

(a) *Направление по окружности — наружный диаметр $6\frac{3}{4}$ дюйма (170 мм) и менее.* Методика ультразвукового контроля труб и трубопроводов в направлении по окружности должна соответствовать SE-213, Стандартная технология ультразвукового контроля металлических труб и трубопроводов, Статьи 23 Секции V, исключая требования KE-241(a)(1) и (2), а также требования данного параграфа. Методика должна обеспечивать чувствительность, которая позволит последовательно обнаружить дефекты, оставляющие индикаторные следы, равные или превышающие индикаторные следы, оставляемые стандартными дефектами, включенными в эталонные образцы, которые приведены в KE-242.2.

(b) *Осевое направление — наружный диаметр $6\frac{3}{4}$ дюйма (170 мм) и менее.* В случаях, предусмотренных KE-241, ультразвуковой контроль труб и трубопроводов должен включать лучевое сканирование в осевом направлении. Методика осевых разверток должна соответствовать пункту SE-213 Секции V, исключая то, что распространение звука

¹ Указанное направление ультразвукового контроля является направлением распространения звука.

РИС. КЕ-242.1 ОСЕВОЕ РАСПРОСТРАНЕНИЕ ЗВУКА
В СТЕНКЕ ТРУБЫ



в стенке трубы должно происходить в осевом направлении, а не кольцевом, и в соответствии с требованиями КЕ-241(а). Рис. КЕ-242.1 иллюстрирует типичное вхождение звука в стену трубы под углом в осевом направлении распространения ультразвуковой энергии для обнаружения поперечных засечек.

(с) Трубы и трубопроводы наружным диаметром более $6\frac{3}{4}$ дюйма (170 мм). Метод ультразвукового контроля труб и трубопроводов наружным диаметром более $6\frac{3}{4}$ дюйма (170 мм) должен соответствовать или требованиям Секции II, SA-388 по сканированию наклонным пучком в направлении по окружности, или требованиям Секции V, SE-213, исключая случаи, приведенные в КЕ-241(а)(3). Используемый стандарт должен соответствовать КЕ-242.2.

(d) Стандарты приемки. Изделия с дефектами, оставляющими индикаторные следы, превышающие индикаторные следы, оставляемые стандартными дефектами эталонных образцов, являются неприемлемыми.

КЕ-242.2 Эталонные образцы. Эталонный образец должен иметь тот же номинальный диаметр и толщину и тот же номинальный состав и состояние термической обработки, что и подвергаемое контролю изделие.

(а) Для развертывания по окружности стандартные дефекты должны представлять собой осевые засечки или выемки на внешней и внутренней поверхностях эталонного образца и иметь длину приблизительно 1 дюйм (25 мм) или менее, ширину, не превышающую $\frac{1}{16}$ дюйма (1,6 мм) для прямоугольной засечки или U-образной засечки, ширину, пропорциональную глубине V-образной засечки, и глубину не более 0,004 дюйма (0,10 мм), или 3 % номинальной толщины стенки.

(b) Для осевого развертывания в соответствии с SE-213 Секции V необходимо сделать поперечную (кольцевую) засечку на внутренней и внешней поверхностях эталона. Размеры поперечной засечки не должны превышать размеров продольной. Эталонный образец может быть изделием, подвергаемым контролю.

(с) Эталонный образец должен быть достаточно длинным для моделирования обработки изделия, подвергаемого контролю, на испытательном оборудовании. При наличии более чем одного стандартного дефекта на эталонном образце, дефекты должны быть расположены таким образом, чтобы индикаторные следы от каждого дефекта были отдельными и различимыми без взаимных помех или усилений. Все приподнятости металла и заусеницы, прилегающие к эталонным засечкам, должны быть удалены.

КЕ-242.3 Проверка и калибровка оборудования.

Надлежащая работа контрольного оборудования должна проверяться, а оборудование – проходить калибровку путем использования эталонных образцов как минимум:

(а) в начале каждого цикла производства изделия с заданным диаметром и толщиной из заданного материала;

(b) через каждые 4 ч или менее в ходе производственного цикла;

(с) по завершению производственного цикла;

(d) в любое время, когда подозревается наличие неисправностей.

Если во время какой-либо проверки выяснится, что испытательное оборудование не функционирует нормально, все изделия, прошедшие контроль с момента последней удовлетворительной проверки, необходимо подвергнуть повторному контролю.

КЕ-243 Рентгенографический контроль

Рентгенографический контроль необходимо проводить в соответствии со Статьей 2 Секции V с учетом поправок параграфа КЕ-101 с использованием требований приемки параграфа КЕ-332.

КЕ-244 Контроль вихревыми токами

Требования по проведению контроля вихревыми токами приведены в подпараграфах КЕ-244.1–КЕ-244.3.

КЕ-244.1 Метод контроля. Методика контроля вихревыми токами должна обеспечивать чувствительность, которая позволит последовательно обнаружить дефекты путем сравнения со стандартными дефектами, включенными в эталонные образцы, приведенные в КЕ-244.2. Изделия с дефектами, оставляющими индикаторные следы, превышающие контрольные эталоны, являются неприемлемыми, если только дефекты не будут устранены в соответствии с КЕ-246.

КЕ-244.2 Эталонный образец. Эталонный образец должен быть частью изделия и обрабатываться аналогичным образом, что и изделие, подлежащее контролю. Стандартные дефекты должны представлять собой круговые или тангенциальные засечки или выемки на внешней и внутренней поверхностях изделия и иметь длину приблизительно 1 дюйм (25 мм) или менее; ширину, не превышающую $\frac{1}{16}$ дюйма (1,6 мм); глубину, не превышающую 0,004 дюйма (0,10 мм), или 5 % толщины стенки, и радиальное отверстие номинальным диаметром $\frac{1}{16}$ дюйма (1,6 мм) или менее. Размер эталонных образцов должен соответствовать указанному в КЕ-242.2.

КЕ-244.3 Проверка и калибровка оборудования. Проверка и калибровка испытательного оборудования должны быть такими же, как в КЕ-242.3.

КЕ-245 Время проведения контроля

Время приемочного контроля, включая контроль восстановительных швов, должно соответствовать КЕ-231.

КЕ-246 Восстановление сваркой

В случаях, когда восстановление сваркой не запрещено Частью КМ или Техническими условиями на изделие, глубина восстановления не ограничена, за исключением ограничений, налагаемых техническими условиями, и должна соответствовать КЕ-210.

KE-250 КОНТРОЛЬ И ВОССТАНОВЛЕНИЕ ТРУБНЫХ ИЗДЕЛИЙ И АРМАТУРЫ, СВАРЕННЫХ ТВЕРДЫМ ПРИПОЕМ**KE-251 Требуемый контроль**

(a) Все швы должны подвергаться 100 % радиографическому контролю в соответствии с методическими и приемочными требованиями технических условий на материалы и контролю методом магнитопорошковой дефектоскопии или капиллярному контролю (KE-233). Если рентгенографический контроль швов не указан в технических условиях на материал, контроль швов должен производиться методом рентгенографии в соответствии с требованиями Статьи 2 Секции V с учетом внесенных параграфом KE-111 изменений и с использованием стандартов приемки согласно параграфу KE-332. Рентгеновская пленка и отчет о рентгенографии с указанием местоположения пленки должны быть приложены к Отчету об испытаниях сертифицированного материала.

(b) Плита для этих изделий должна подвергаться контролю ультразвуковым методом в соответствии с KE-220, или готовые изделия должны подвергаться контролю в соответствии с KE-242.

KE-252 Время проведения контроля

Контроль приемки, включая контроль восстановительных швов, должен производиться в ходе изготовления в соответствии с требованиями KE-252(a)–(c).

(a) Ультразвуковой контроль плиты должен производиться во время, указанное в KE-221 или, в случае контроля готового изделия, после чистовой прокатки и формовки.

(b) Рентгенографический контроль швов, включая, восстановительные швы, должен производиться после чистовой прокатки и формовки и может осуществляться до необходимой послесварочной обработки.

(c) Контроль сварных швов, включая, восстановительные швы, методом магнитопорошковой дефектоскопии или капиллярным методом должен производиться после термообработки, за тем исключением, что для материала с Р-номером 1 контроль может производиться до послесварочной обработки.

KE-253 Восстановление сваркой

В случаях, когда восстановление сваркой не запрещено Частью КМ или Техническими условиями на изделие, глубина восстановления не ограничена, за исключением ограничений, налагаемых техническими условиями, и должна соответствовать KE-210.

KE-260 КОНТРОЛЬ БОЛТОВ, ШПИЛЕК И ГАЕК**KE-261 Требуемый контроль**

(a) Все крепежные материалы должны подвергаться визуальному контролю.

(b) Контроль номинальных размеров свыше 1 дюйма (25 мм) должен производиться или методом магнитопорошковой дефектоскопии или капиллярным методом.

(c) Контроль номинальных размеров свыше 2 дюймов (50 мм) производится ультразвуковым методом в соответствии с KE-264 и KE-265.

KE-262 Визуальный контроль

Области резьбы, тел и головок деталей, прошедших чистовую механическую обработку, должны пройти визуальный контроль. Вредные несплошности, такие, как закаты, швы или трещины, которые будут пагубны при использовании по назначению, недопустимы.

KE-263 Контроль магнитопорошковым или капиллярным методом

Все болты, шпильки и гайки, превосходящие 1 дюйм (25 мм) по номинальному размеру болта, должны подвергаться магнитопорошkovому или капиллярному контролю в соответствии с KE-233. Такой контроль должен осуществляться над готовыми крепежными деталями после нарезки резьбы или над заготовками приблизительно окончательного диаметра до нарезки резьбы, но после высадки головки, если такой процесс используется. Наличие каких-либо индикаторных следов считается недопустимым.

KE-264 Ультразвуковой контроль для размеров, превосходящих 2 дюйма (51 мм)

Все болты, шпильки и гайки, номинальный размер которых более 2 дюймов (50 мм), должны подвергаться ультразвуковому контролю по всей поверхности до нарезки резьбы в соответствии с требованиями следующих подпараграфов.

KE-264.1 Ультразвуковой метод. Контроль должен проводиться методом прямого пучка и радиальной развертки.

KE-264.2 Метод контроля. Контроль должен осуществляться при номинальной частоте 2,25 МГц поисковым устройством площадью, не превышающей 1 кв. дюйм (650 мм²).

KE-264.3 Калибровка оборудования. Калибровочная чувствительность устанавливается настройкой прибора таким образом, что первое обратное отражение экрана составляет 75–90 % полной высоты экрана.

KE-264.4 Стандарты приемки. Любая несплошность, оставляющая индикаторные следы, превышающие 20 % высоты первого обратного отражения, или же любая несплошность, препятствующая возникновению первого обратного отражения значением 50 % амплитуды калибровки, является неприемлемой.

KE-265 Ультразвуковой контроль размеров более 4 дюймов (100 мм)

Дополнительно к требованиям KE-264, все болты, шпильки и гайки номинальным размером более 4 дюймов (100 мм) должны подвергаться ультразвуковому контролю по всей торцевой поверхности до или после нарезки резьбы в соответствии с требованиями подпараграфов KE-265.1–KE-265.4.

КЕ-265.1 Ультразвуковой метод. Контроль должен проводиться методом прямого луча и продольной развертки.

КЕ-265.2 Метод контроля. Контроль должен осуществляться при номинальной частоте 2,25 МГц поисковым устройством площадью, не превышающей 0,5 кв. дюйма (320 мм²).

КЕ-265.3 Калибровка оборудования. Калибровка должна осуществляться с использованием испытательного прутка того же номинального состава и диаметра, что и производимая деталь, и имеющего, как минимум, половину ее длины. Отверстие с плоским дном 3/8 дюйма (10 мм) в диаметре × 3 дюйма (76 мм) глубиной должно быть высверлено на одном конце прутка и закрыто на полную глубину. Сканированием необходимо получить

кривые дистанционно-амплитудных поправок для обоих концов испытательного прутка.

КЕ-265.4 Стандарты приемки. Любая несплошность, приводящая к появлению индикаторных следов, превосходящих оставляемые калибровочным отверстием в эталонном образце с учетом поправки кривой дистанционно-амплитудных поправок, является неприемлемой.

КЕ-266 Восстановление сваркой

Восстановление сваркой болтов, шпилек и гаек не допускается.

СТАТЬЯ КЕ-3

КОНТРОЛЬ ШВОВ И КРИТЕРИИ ПРИЕМКИ

КЕ-300 КОНТРОЛЬ ШВОВ И НАПЛАВЛЕННОГО МАТЕРИАЛА

Приемочный контроль швов и наплавленного материала должен производиться на стадиях, предусмотренных в КЕ-300(a)–(f) в ходе изготовления и монтажа, исключая случаи, предусмотренные КЕ-310 и КЕ-400.

(a) Все стыковые соединения должны проходить ультразвуковой контроль после завершения всей необходимой термической обработки. В тех случаях, когда внутренние трещины в демонстрационном образце не могут быть обнаружены ультразвуковым методом, необходимо проводить радиографический контроль.

(b) Контроль сварных швов методом магнито-порошковой дефектоскопии или капиллярным методом, включая, восстановительные швы на плитах, должен производиться после требуемой послесварочной термообработки за тем исключением, что контроль швов на материале с Р-номером 1 может производиться до или после послесварочной обработки. Контроль швов методом магнито-порошковой дефектоскопии или капиллярным методом на последовательных стадиях сварки может производиться до послесварочной термической обработки.

(c) Поверхности швов, на которые должна быть произведена наплавка, подвергаются контролю методом магнито-порошковой дефектоскопии или капиллярным методом до наплавки материала. Контроль поверхностей швов, которые станут недоступны после проведения послесварочной термообработки методом магнито-порошковой дефектоскопии или капиллярным методом, должен производиться до послесварочной термообработки. Такой контроль может производиться до послесварочной термической обработки.

(d) Наплавленный материал шва после завершения необходимой термической обработки должен быть подвергнут контролю магнито-порошковым или капиллярным методом.

(e) Все сварные соединения аустенитных сталей и цветных металлов должны подвергаться капиллярному контролю после окончательной послесварочной обработки, если таковая проводится.

(f) В необходимых случаях контроль сварных соединений ферритных сталей с прочностными характеристиками, улучшенными закалкой и отпуском, должен осуществляться после наложения всего наплаваемого материала и проведения необходимой термообработки.

КЕ-301 Требования к ультразвуковому контролю швов

(a) Сварные швы в изделиях, обработанных давлением, требуют контроля как прямым, так и наклонным лучом. Оба метода контроля должны захватывать весь объем шва и, как минимум, 2 дюйма (51 мм) основного металла по обеим сторонам шва. Контроль прямым лучом должен захватывать объем основного металла, через который должны проходить последующие сдвиговые волны. Такой контроль должен проводиться в соответствии с методиками, согласованными производителем и заказчиком, однако, как минимум, он должен удовлетворять требованиям Секции V, Статьи 4.

Весь объем шва должен быть проверен на соответствие требованиям Секции V, Статьи 5 для определения таких объемных дефектов, как газовая пористость и шлаковые включения, а также таких близлежащих к поверхности плоских дефектов, как отсутствие проплавления корня. Объем шва также должен быть проверен с помощью метода, позволяющего обнаружить такие плоские дефекты, как непровар боковых стенок.

Для проведения контроля материала толще 2 дюймов (51 мм) в дополнение к высверленным на конце базового калибровочного бруска отверстиям и засечкам на поверхности, необходимым согласно Секции V, Статье 4 (Т-434.2.1), также необходимо предусмотреть механически обработанные плоские отражатели, чтобы их плоские поверхности соответствовали углу подготовки под сварку ($\pm 10^\circ$). Отражающая поверхность механически обработанных плоских отражателей в этом конкретном калибровочном бруске должна находиться на расстоянии не ближе 15 % толщины материала до любой внешней поверхности и иметь следующую площадь отражения в зависимости от толщины материала t :

Толщина материала, дюйм (мм)	Площадь отражения, кв. дюйм (мм ²)	Диаметр или длина, дюйм (мм)
2 (50) $\leq t < 4$ (100)	0,25 (160)	$\frac{9}{16}$ (14)
4 (100) $\leq t < 6$ (150)	0,37 (240)	$\frac{11}{16}$ (17)
6 (150) $\leq t < 8$ (200)	0,44 (280)	$\frac{3}{4}$ (19)
8 (200) $\leq t < 10$ (250)	0,60 (390)	$\frac{7}{8}$ (22)
$t > 10$ (250)	0,79 (510)	1 (25)

Контроль зоны плавления сварного шва должен быть произведен с использованием соответствующих методов контроля и калибровки. Индикаторные следы превышающие 20 % ультразвукового сигнала от плоского отражателя, должны считаться значимыми и исследоваться согласно КЕ-333. При альтернативном использовании метода времени полета загрязненные

трещины с минимальным диаметром или длиной, соответствующими вышеприведенной таблице, должны считаться значимыми и исследоваться.

(b) Персонал должен продемонстрировать возможность обнаружения с помощью своих методов плоских трещин путем проведения демонстрации в действии на демонстрационном бруске, содержащем плоские внутренние трещины (см. KE-302). Закрытого испытания не требуется. Методика проведения испытания будет считаться приемлемой, если ответный сигнал от внутренних трещин превышает 20 % ультразвукового ответного сигнала от плоского отражателя в конкретном калибровочном бруске. При использовании альтернативного метода времени полета рабочие характеристики определяются как приемлемые, если загрунтованные трещины по результатам демонстрации представляют собой трещину, имеющую, как минимум, длину, определенную для плоских внутренних трещин. Характерные данные демонстрационного бруска доводятся до сведения персонала до демонстрации метода в действии.

(c) Швы толщиной менее 2 дюймов (50 мм) не требуют демонстрации рабочих характеристик.

KE-302 Требования к демонстрационному бруску

Демонстрационный брусок (ДБ) должен удовлетворять следующим требованиям.

(a) ДБ должен содержать, как минимум, три плоские трещины. Угол первичной подготовки шва должен быть представлен, как минимум, двумя внутренними трещинами, ориентированными в пределах $\pm 10^\circ$ по углу подготовки шва. Одна трещина должна быть расположена у средней точки верхней трети ДБ (соответствует наружному диаметру), еще одна – в районе половины толщины ДБ, и третья – у средней точки нижней трети ДБ (соответствует внутреннему диаметру).

(b) Материал ДБ должен соответствовать требованиям к Р-номеру Секции V, Статьи 5.

(c) Толщина ДБ должна находиться в пределах $\pm 25\%$ фактической окончательной толщины самого толстого шва сосуда давления, подлежащего контролю.

(d) Размер трещин ДБ должен превышать 0,2 кв. дюйма (130 кв. мм) площади отражения, но не более 0,75 кв. дюйма (480 кв. мм) площади отражения.

(e) Внутренние плоские трещины в ДБ могут быть естественными или искусственными и должны быть полностью охарактеризованы по месторасположению, ориентации (угловое вращение по горизонтальной и вертикальной оси) и области отражения.

KE-310 КОНТРОЛЬ ПОВЕРХНОСТЕЙ ПОДГОТОВКИ КРОМКИ ШВА

Все поверхности подготовки кромки шва в материалах толщиной 2 дюйма (51 мм) или более должны подвергаться контролю методом магнитопорошковой дефектоскопии или капиллярным методом. Ремонт сваркой, произведенный на поверхностях подготовки кромки шва, также должен быть проконтролирован методом магнитопорошковой дефектоскопии или капиллярным методом до того, как поверхность станет недоступной.

Оценка индикаторных следов должна производиться в соответствии с приемочными стандартами, приведенными в KE-310(a), (b) и (c). Местоположение всех значимых индикаторных следов должно быть документировано.

(a) Значимыми должны считаться только индикаторные следы с основными размерами, превышающими $1/16$ дюйма (1,6 мм).

(b) Индикаторные следы слоистого типа приемлемы без восстановления, если по длине они не превышают $1/4$ дюйма (6 мм). Объем всех индикаторных следов ламинарного типа, превышающих по длине $1/4$ дюйма (6 мм), должен определяться с помощью ультразвукового контроля. Индикаторные следы, превышающие по длине $1/4$ дюйма (6 мм), должны быть восстановлены сваркой на глубину $3/8$ дюйма (10 мм) или на глубину индикаторного следа, в зависимости от того, какое из значений меньше, если только по результатам ультразвукового контроля не будет обнаружено, что для выполнения требований ультразвукового контроля для формы изделия необходима дополнительная глубина восстановления.

(c) Прочими неприемлемыми значимыми неламнарными индикаторными следами являются:

(1) любые линейные индикаторные следы длиной свыше $3/16$ дюйма (4,8 мм);

(2) скругленные индикаторные следы размером более $3/16$ дюйма (4,8 мм);

(3) четыре или более скругленных индикаторных следов подряд на расстоянии $1/16$ дюйма (1,6 мм) или менее, кромка к кромке.

KE-320 ТИПЫ ШВОВ И ИХ КОНТРОЛЬ **KE-321 Категории сварных соединений**

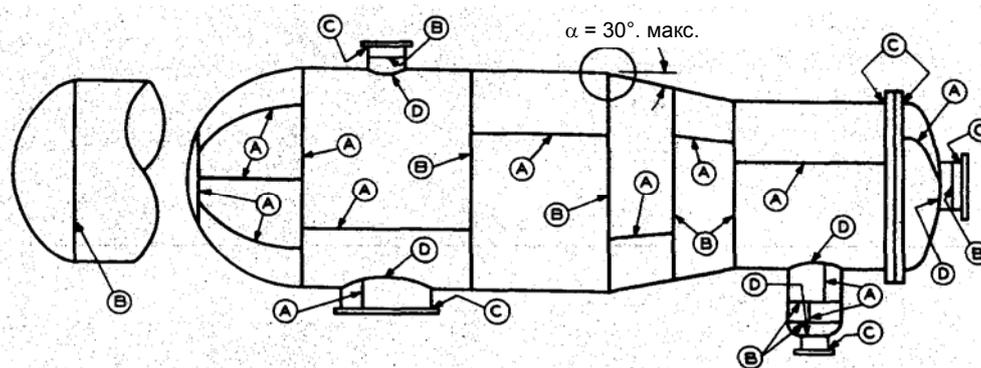
Термин «категория», используемый в данном случае, определяет местоположение шва в сосуде, а не тип сварного соединения. Категории, определенные в данном параграфе, предназначены для использования в данном Разделе для задания особых требований касательно типа соединения и уровня контроля для определенных обжимных сварных соединений. Поскольку эти специальные требования, основанные на сфере эксплуатации и толщине, не применяются к каждому сварному соединению, то в категории использования метода времени полета загрунтованные требования применяются. Соединения, включенные в каждую категорию, обозначаются ниже как соединения Категорий А, В, С и D. На Рис. KE-321 показаны типичные местоположения сварных соединений каждой категории.

(a) *Места расположения Категории А.* Места расположения Категории А – это продольные сварные соединения, в пределах главного корпуса, сообщающихся камер,¹ диаметральных переходов или патрубков; любое сварное соединение в пределах сферы, в пределах профильного или плоского днища, или боковых плит² сосуда с плоскими боковыми сторонами; и кольцевые сварные швы, соединяющие полусферические днища с главным корпусом, участками диаметрального перехода, патрубками или соединительными камерами.

¹ *Сообщающимися камерами* называются вспомогательные узлы сосуда, которые пересекают корпус или днища сосуда и составляют неотъемлемую часть удерживающей давление оболочки, например, отстойники.

² *К боковым плитам* сосудов с плоскими сторонами относятся любые плоские плиты, составляющие неотъемлемую часть оболочки, находящейся под давлением.

РИС. КЕ-321 ИЗОБРАЖЕНИЕ ТИПИЧНОГО РАСПОЛОЖЕНИЯ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ КАТЕГОРИЙ А, В, С И D



(b) *Места расположения Категории В.* Местами расположения Категории В являются кольцевые сварные соединения в пределах главного корпуса, соединительных камер, патрубков или участков переходного диаметра, в том числе соединения между переходным участком и цилиндром, как на широком, так и на узком торце; а также кольцевые сварные соединения не полусферических формованных днищ с главными корпусами, участками переходного диаметра, патрубками или соединительными камерами.

(c) *Места расположения Категории С.* Местами расположения Категории С являются сварные швы, соединяющие фланцы, трубные доски или плоские днища с главным корпусом, формованными днищами, участками диаметального перехода, патрубками или соединительными камерами; а также любые сварные швы, соединяющие боковую плиту одной стороны с плитой другой стороны плоскостенного сосуда.

(d) *Места расположения Категории D.* Места расположения Категории D — это сварные швы, соединяющие соединительные камеры или патрубки с главными корпусами, сферическими участками, диаметральными переходами, днищами или плоскостенными сосудами; а также патрубки на меньшей стороне диаметального перехода и швы, соединяющие патрубки с соединительными камерами.

КЕ-322 Сварные соединения

Все сварные соединения Категории А, В, С и D должны быть подвергнуты ультразвуковому контролю по всей длине в соответствии с КЕ-300. В случаях, когда результаты ультразвукового контроля не могут быть содержательно интерпретированы, такая область подвергается рентгенографическому контролю в соответствии с КЕ-101. Внешние и доступные внутренние поверхности шва, а также прилегающий основной металл, как минимум, в $1/2$ дюйма (13 мм) с каждой стороны шва должны быть проконтролированы с помощью метода магнитопорошковой дефектоскопии или капиллярного метода.

КЕ-323 Наплавка материала швов на отверстиях для соединения патрубков, ветвей и трубопроводов

При наплавке материала швов на поверхность наплавляемый материал швов, зона плавления

и исходный металл под наплавляемым материалом шва должны подвергаться ультразвуковому контролю. Стандарты приемки см. в КЕ-333.

КЕ-324 Швы крепления

Швы крепления, наложенные на материал, удерживающий давление, должны подвергаться контролю методом магнитопорошковой дефектоскопии или капиллярным методом. Стандарты приемки см. в КЕ-334.

КЕ-325 Сварные швы уплотнения мембран

Сварные швы уплотнения мембран должны подвергаться контролю методом магнитопорошковой дефектоскопии или капиллярным методом.

КЕ-330 СТАНДАРТЫ ПРИЕМКИ

КЕ-331 Общие требования

Стандарты приемки для швов должны соответствовать нижеследующим параграфам, а стандарты приемки для материала, прилегающего к шву или расположенного под швом или наплавкой шва, должны соответствовать приведенным в Статье КЕ-2.

КЕ-332 Рентгенографические стандарты приемки

Швы, по данным рентгенографии, имеющие любой из следующих типов дефектности, являются неприемлемыми:

(a) трещины всех видов, зоны неполного плавления или проплавления;

(b) любой другой линейный индикаторный след, имеющий длину более:

(1) $1/4$ дюйма (6 мм) для t до $3/4$ дюймов (19 мм) включительно (где t — толщина самой тонкой части свариваемой плиты);

(2) $t/3$ для t свыше $3/4$ дюйма (19 мм) до $2 1/4$ дюйма (57 мм) включительно;

(3) $3/4$ дюйма (19 мм) для t свыше $2 1/4$ дюйма (57 мм);

(c) внутреннее состояние сварного корневого шва является приемлемым, когда изменение плотности по данным рентгенографического снимка не является резким (исходя из условия интерпретируемости рентгенографических снимков); линейные

индикаторные следы на рентгенографическом снимке на любой из сторон таких условий должны считаться неприемлемыми в соответствии с условиями КЕ-332(б);

(д) любая совокупность выровненных скругленных индикаторных следов, имеющих общую длину, превосходящую t по длине $12t$, исключая случаи, когда минимальное расстояние между последовательными индикаторными следами превышает $6L$, при которых общая длина не ограничена, где L — длина самого большого индикаторного следа;

(е) скругленные индикаторные следы, превышающие приведенные в качестве приемлемых в Таблице КЕ-332 и Приложении 6.

КЕ-333 Ультразвуковые стандарты приемки

Все индикаторные следы, генерирующие ответный сигнал свыше 20 % эталонного уровня, должны быть исследованы в таком объеме, чтобы оператор мог определить формы, природу и расположение всех таких изъянов и оценить их с точки зрения стандартов приемки, приведенных ниже в КЕ-333(а) и (б).

(а) В тех случаях, когда индикаторные следы интерпретируются как трещины, отсутствие плавления или неполное проплавление, они считаются неприемлемыми независимо от несплошности или амплитуды сигнала.

(б) Индикаторные следы считаются неприемлемыми, если амплитуда превышает эталонный уровень, или если индикаторные следы имеют длины, превышающие:

(1) $1/4$ дюйма (6 мм) для t до $3/4$ дюйма (19 мм) включительно (где t — толщина контролируемого сварного шва; если шов соединяет два элемента, имеющие разные толщины в месте шва, t является меньшей из этих толщин);

ТАБЛИЦА КЕ-332
РЕНТГЕНОГРАФИЧЕСКИЕ СТАНДАРТЫ ПРИЕМКИ
ДЛЯ СКРУГЛЕННЫХ ИНДИКАТОРНЫХ СЛЕДОВ
(исключительно в качестве примера)

Толщина t , дюйм (мм)	Максимальный размер допустимых скругленных индикаторных следов, дюйм (мм)		Максимальный размер индикаторных следов, которыми можно пренебречь, дюйм (мм)
	Случайно разбросанные	Отдельно расположенные	
Менее $1/8$ (3)	$1/4 t$	$1/3 t$	$1/10 t$
$1/8$ (3)	0,031 (0,8)	0,042 (1,1)	0,015 (0,4)
$3/16$ (5)	0,047 (1,2)	0,063 (1,6)	0,015 (0,4)
$1/4$ (6)	0,063 (1,6)	0,083 (2,1)	0,015 (0,4)
$5/16$ (8)	0,078 (2,0)	0,104 (2,6)	0,031 (0,8)
$3/8$ (9,5)	0,091 (2,3)	0,125 (3,2)	0,031 (0,8)
$7/16$ (11)	0,109 (2,8)	0,146 (3,7)	0,031 (0,8)
$1/2$ (13)	0,125 (3,2)	0,168 (4,3)	0,031 (0,8)
$9/16$ (14)	0,142 (3,6)	0,188 (4,8)	0,031 (0,8)
$5/8$ (16)	0,156 (4,0)	0,210 (5,3)	0,031 (0,8)
$11/16$ (17,5)	0,156 (4,0)	0,230 (5,8)	0,031 (0,8)
$3/4$ (19) до 2 (50) включительно	0,156 (4,0)	0,250 (6,4)	0,031 (0,8)
Более 2 (50)	0,156 (4,0)	0,375 (9,5)	0,063 (1,6)

(2) $t/3$ для t свыше $3/4$ дюйма (19 мм) до $2 1/4$ дюйма (57 мм) включительно;

(3) $3/4$ дюйма (19 мм) для t свыше $2 1/4$ дюйма (57 мм).

КЕ-334 Контроль магнитопорошковым и капиллярным методами

Контроль швов должен осуществляться магнитопорошковым или капиллярным методом в соответствии с КЕ-233.

СТАТЬЯ КЕ-4 ОКОНЧАТЕЛЬНЫЙ КОНТРОЛЬ СОСУДОВ

КЕ-400 ПОВЕРХНОСТНЫЙ КОНТРОЛЬ ПОСЛЕ ГИДРОИСПЫТАНИЙ

Все поверхности граничных деталей, находящихся под давлением, включая внешние и внутренние поверхности и металл сварных швов, должны быть подвергнуты контролю мокрым методом магнитопорошковой дефектоскопии (для ферромагнетиков) или капиллярным методом (для немагнетиков) после гидроиспытания или нагартовки, как допускается в Статье КТ-3, если из-за недоступности нельзя интерпретировать и охарактеризовать дефекты, или если в случае осмотра компонент будет поврежден. Такие компоненты или поверхности компонентов, которые недоступны или могут быть повреждены, следует осматривать в последней точке, исследуя которую можно получить значимую интерпретацию результатов. Критерии приемки должны соответствовать КЕ-233.2.

КЕ-410 КОНТРОЛЬ ВНУТРЕННЕЙ ПОЛОСТИ ОБЛИЦОВАННОГО СОСУДА ПО ЗАВЕРШЕНИЮ ГИДРОИСПЫТАНИЯ

Если испытательная жидкость просачивается за наложенную облицовку, существует опасность того, что

жидкость будет оставаться там после ввода сосуда в эксплуатацию. Если рабочая температура сосуда выше точки кипения испытательной жидкости, сосуд следует медленно нагревать в течение времени, достаточного для удаления всей испытательной жидкости из-под защитной облицовки без нанесения ей повреждений. Эта операция нагревания должна выполняться на заводе-изготовителе сосудов или на заводе, где сосуд монтируется. После удаления испытательной жидкости необходимо произвести ремонт облицовки. Повторения контроля, термической обработки или гидростатического испытания после ремонта облицовки не требуется, исключая случаи, когда есть причина подозревать, что восстановительные швы могут иметь дефекты, проникающие в основной материал, при этом инспектору необходимо решить, какую или какие из этих операций необходимо повторить.

Часть КТ

ТРЕБОВАНИЯ

К ПРОВЕДЕНИЮ ИСПЫТАНИЙ

СТАТЬЯ КТ-1

ТРЕБОВАНИЯ К ПРОВЕДЕНИЮ ИСПЫТАНИЙ

КТ-100 ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Испытание сосудов в рамках области применения данного Раздела должна проводиться согласно правилам данной Части.

КТ-110 ТРЕБОВАНИЯ К ТЕМПЛЕТАМ ДЛЯ ВЫРЕЗКИ ОБРАЗЦОВ ДЛЯ ИСПЫТАНИЙ

КТ-111 Получение темплетов для вырезки образцов для испытаний

Когда материал подвергается термической обработке во время изготовления, то испытательные образцы, необходимые для применяемой спецификации, должны быть получены из темплетов для вырезки образцов для испытаний, которые были подвергнуты термической обработке тем же способом, что и материал, включая такие термические обработки, которые применялись изготовителем материала перед отгрузкой. Обязательные испытания должны проводиться или изготовителем материала, или изготовителем сосуда (см. КМ-220).

КТ-112 Тепловая обработка темплетов для вырезки образцов для испытаний

Материал, используемый в сосуде, или деталь, должны быть представлены в виде испытательных образцов, подвергнутых той же термической обработке, включая послесварочную термическую обработку, что и сам сосуд. Тип и количество испытаний, а также их результаты должны соответствовать требованиям технических

условий на материалы. Изготовитель сосуда должен указать температуру, время и скорость охлаждения, которым материал будет подвергнут во время изготовления. Материал, из которого изготавливаются образцы, должен быть нагрет до заданной температуры в пределах допустимых отклонений, установленных изготовителем для использования при данном изготовлении. Общее время температурного воздействия должно составлять не менее 80 % от общего времени температурного воздействия в процессе реальной термической обработки изделия, и это воздействие может осуществляться за один цикл. Имитация послесварочной термической обработки может быть применена к заготовкам испытательных образцов. Местный нагрев, такой как газопламенная резка или дуговая резка, предварительный нагрев или сварка, не может рассматриваться как часть термической обработки.

КТ-113 Исключение для стандартных деталей, находящихся под давлением

Исключения из требований КТ-111 и КТ-112 должны применяться стандартным изделиям, таким как описано в КМ-102. Эти детали могут подвергаться послесварочной термической обработке вместе с сосудом или его деталью; при этом для них не требуется такая же обработка, как для испытательного образца. Это исключение не должно применяться к специально спроектированным фитингам, работающим под давлением.

СТАТЬЯ КТ-2

ИСПЫТАНИЕ НА УДАР ДЛЯ СВАРНЫХ СОСУДОВ

КТ-200 ИСПЫТАНИЯ НА УДАР

(a) Для сосудов сварной конструкции прочность сварных швов, зон термического влияния, при квалификационной оценке процедуры испытываемых пластин и испытываемых пластин сосуда для заводских испытаний должны быть определены в соответствии с требованиями данной Статьи.

(b) Испытательные пластины должны быть подвергнуты термообработке, с учетом скоростей охлаждения и суммарной продолжительности выдержки при температуре или температурах, которая используется изготовителем в производственном процессе. Общее время температурного воздействия должно составлять не менее 80 % от общего времени температурного воздействия в процессе реальной термической обработки изделия, и это воздействие может осуществляться за один цикл.

(c) Температура испытания сварных швов и зон термического влияния не должна быть выше значения, требуемого для основных материалов.

(d) Значения ударных нагрузок должны быть, по меньшей мере, такими же, как требуемые значения для основных материалов [см. Таблицу КМ-234.2(a)].

КТ-210 МЕСТОПОЛОЖЕНИЕ И ОРИЕНТАЦИЯ ОБРАЗЦОВ

Все образцы металла сварного шва для испытаний на удар, как для сварочных процедур, так и для производственных испытаний должны соответствовать следующим требованиям.

(a) Один комплект образцов металла сварного шва для ударных испытаний должен быть взят поперек сварного шва так, чтобы надрез располагался в металле сварного шва. Каждый образец должен быть ориентирован таким образом, чтобы надрез был перпендикулярен поверхности материала, а одна лицевая сторона образца находилась на расстоянии не более $\frac{1}{16}$ дюйма (1,6 мм) от поверхности материала. Когда испытания проводятся на материале толщиной более $1\frac{1}{2}$ дюйма (38 мм), должны быть взяты два комплекта образцов металла сварного шва для испытаний на удар, так, чтобы один комплект располагался в пределах $\frac{1}{16}$ дюйма (1,6 мм) от поверхности одной стороны материала, а другой комплект был бы взят наиболее близко к фактической середине между поверхностью и центром толщины противоположной стороны, как описано выше.

(b) Один комплект образцов для ударных испытаний зоны термического влияния должен быть взят поперек сварного шва, причем длина образцов должна быть достаточной для того, чтобы после травления можно было расположить надрез в зоне термического влияния. Надрез должен выполняться почти перпендикулярно поверхности материала таким образом, чтобы как можно большая часть

зоны термического влияния была охвачена возникающим в результате испытания изломом.

КТ-220 ИСПЫТАНИЯ НА УДАР ДЛЯ КВАЛИФИКАЦИИ МЕТОДОВ СВАРКИ

Испытания на удар должны обязательно проводиться в зонах сварки и зонах термического влияния для всех квалификаций методов сварки.

КТ-221 Переменные для методов испытаний на удар

См. Секцию IX, QW-250.

КТ-222 Установленная толщина в случае превышения нижней точки критической температуры

Для испытательных пластин или труб, получивших послесварочную термическую обработку, при условии превышения нижней точки критической температуры, максимальной установленной толщиной является толщина испытательной пластины или трубы.

КТ-230 Испытание на удар производственных испытательных пластин

Испытание на удар сварных швов и зон термического влияния должно быть выполнено в соответствии с КТ-210 для каждого квалификационного метода сварки, используемого на каждом сосуде. Испытательные пластины должны браться из одной плавки материала, используемой для изготовления сосуда для категорий сварных соединений А или В, и должны быть сварены как удлинение производственного сварного соединения, где применимо, непосредственно перед началом производства или одновременно с производственным сварочным процессом, с использованием сварочных материалов и методов, которые используются для производственного соединения. Если испытательные пластины сварены одновременно с производственным сварочным процессом, то должно использоваться сварочное оборудование того же типа, что использовалось при производственной сварке и место сварки испытательных пластин должно непосредственно прилегать к производственной сварке. Кроме того, должны соблюдаться следующие условия.

(a) Если выполняется автоматическая или полуавтоматическая сварка, то испытательную пластину нужно изготавливать в каждом положении, применяемом при сварке сосуда.

(b) В случае использования ручной сварки в горизонтальном нижнем положении, испытательные пластины должны быть сделаны в нижнем положении. Для квалификации методов сварки в случае любого другого расположения сварных швов должна использоваться

вертикальная испытательная пластина с большей частью слоёв сварных швов, в положении снизу вверх. Вертикально сваренные испытательные пластины позволяют квалифицировать ручную сварку для любых положений.

(с) испытания на удар действительно только в случае, когда толщина испытательной пластины сосуда удовлетворяет требованиям QW-451.1 (включая Примечание) Секции IX, исключая случай, когда толщина составляет менее $\frac{5}{8}$ дюйма (16 мм), толщина

испытываемого металла должна быть равна минимальной квалификационной толщине.

КТ-240 ПРИЧИНЫ ОТБРАКОВКИ

Если испытательная пластина для сосуда не соответствует требованиям к ударным испытаниям, то сварные швы, представленные данной испытательной пластиной, должны считаться неприемлемыми. Допускается повторная термическая обработка согласно Части КМ и повторное испытание.

СТАТЬЯ КТ-3

ГИДРОСТАТИЧЕСКИЕ ИСПЫТАНИЯ

КТ-300 ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Каждый готовый сосуд должен быть подвергнут испытанию гидростатическим давлением, которое в каждой точке сосуда должно находиться в пределах, указанных в КТ-310. Сосуд, предназначенный для работы в условиях вакуума, не требует проведения дополнительного испытания внешним гидростатическим давлением.

КТ-301 МНОГОСЛОЙНЫЕ СОСУДЫ

См. дополнительные требования для гидроиспытания многослойных сосудов, сосудов с проволоочной намоткой или спиральной намоткой лентой в Статьях KF-8 и KF-9.

КТ-302 Сосуды, облицованные неметаллическими материалами

Сосуды, которые должны быть покрыты неметаллическими материалами, должны пройти испытания давлением перед нанесением таких покрытий.

КТ-303 Нагартованные сосуды

В отношении нагартованных сосудов гидростатические испытания могут не проводиться. См. КТ-340.

КТ-310 ПРЕДЕЛЬНЫЕ ЗНАЧЕНИЯ ДАВЛЕНИЯ ГИДРОСТАТИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ

КТ-311 Нижний предел

Испытательное давление не должно быть менее чем 1,25 величины расчетного давления, подлежащего маркировке на сосуде, умноженного на нижнее значение коэффициента (для материалов, из которых изготовлен сосуд) указанного предела текучести S_y для расчетной температуры.

КТ-312 Верхний предел

За исключением положений КТ-312 3, давление на испытаниях не должно превышать пределов, приведенных в КТ-312 1 или КТ-312 2, если применимо. Проектировщик должен придерживаться правильного использования нецилиндрических сосудов и соблюдать целостность их концевых уплотнений, при этом все остальные компоненты, находящиеся на границе давления, не должны подвергаться серьезному влиянию при приложении гидротестового давления (см. KD-240)

КТ-312.1 Для одиночных сварных и несварных сосудов

$$P_t = S_y \ln(Y)$$

где

D_o = наружный диаметр

D_i = внутренний диаметр

S_y = установленное значение предела текучести при испытательной температуре

Y = соотношение диаметров D_o/D_i

КТ-312.2 Для многослойных сосудов

$$P_t = \sum S_{yi} \ln(Y_i)$$

где S_{yi} и Y_i установленные значения пределов текучести и соотношения диаметров для каждого отдельного слоя.

КТ-312.3 Давления вне предельных значений, установленных Стандартом. Если гидростатическое испытательное давление превышает значение, определенное так, как это предписано в КТ-312.1 или КТ-312.2, где применимо, годность и целостность сосуда должна быть оценена разработчиком и результаты этой оценки должны быть включены в Отчет изготовителя о проекте.

КТ-320 ЖИДКОСТЬ ДЛЯ ГИДРОСТАТИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ¹

Для гидростатических испытаний может использоваться только такая жидкость, которая остаётся жидкой при гидростатической испытательной температуре и давлении, и не вызывает коррозию деталей сосуда. Изготовитель должен учитывать эффект повышения вязкости жидкости при давлении. Для минимизации риска хрупкого разрушения, испытательная температура должна быть минимум на 30 °F (17 °C) выше температуры испытания на удар материала, но ниже температуры кипения жидкости, находящейся под давлением. Испытательное давление не должно подаваться до тех пор, пока сосуд и жидкость, находящаяся под давлением, не будут находиться в пределах 10 °F (5,6 °C) для каждого.

КТ-330 Метод испытаний

(a) Испытательное давление должно увеличиваться на приращение, превышающее испытательное давление

¹ В сосуд могут быть вставлены бруски горловины для уменьшения энергии давления. При определении мер предосторожности должны приниматься во внимание место испытаний, свойства жидкости и энергия давления в испытываемом сосуде.

не более чем на 20 %. После каждого приращения давление должно быть стабилизировано и должно удерживаться без помощи насоса. Если давление падает больше чем на 5 % от величины приращения давления, давление должно быть стравлено до безопасного уровня. После стравливания гидростатического испытательного давления до безопасного уровня, должен быть проведен осмотр на утечку всех соединений, узлов и всех областей, находящихся под высоким напряжением, таким как напорные шарниры, области вокруг отверстий и сечений с переходной толщиной. Испытание должно быть проведено непосредственно после стравливания давления и должно быть засвидетельствовано инспектором. Любое подтверждение утечки должно быть исследовано и утечки должны быть устранены, после чего сосуд должен пройти повторное испытание в соответствии с данными требованиями.

(b) После того, как достигнутое испытательное давление продержится без помощи насоса в течение как минимум 5 минут, оно должно быть уменьшено до величины расчётного давления. Должна быть проведена тщательная контрольная проверка

на возможность утечки в соответствии с КТ-330(a). Если не обнаружено ни одной утечки жидкости в местах фитингов или других местах креплений, внешних по отношению к сосуду, испытание может быть принято как удовлетворительное.

КТ-340 ИСКЛЮЧЕНИЯ ДЛЯ СОСУДОВ С НАГАРТОВКОЙ

В отношении сосудов с нагартовкой гидростатические испытания могут не проводиться при удовлетворении следующих условий:

(a) сосуд, будучи нагартованным, находится в готовом собранном состоянии;

(b) после нагартовки к сосуду не прикреплялись или не вырезались впускные отверстия или патрубки;

(c) днища, крышки, держатели уплотнений или другие уплотняющие части, но необязательно уплотнения, которые будут использоваться в готовом сосуде, используются как уплотнительные элементы во время нагартовки;

(d) давление нагартовки равно или превышает требования КТ-311 при ограничениях КТ-312.

СТАТЬЯ КТ-4

МАНОМЕТРЫ И ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ

КТ-400 ТИП И КОЛИЧЕСТВО МАНОМЕТРОВ ИЛИ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ

При проведении испытаний сосудов высокого давления должны использоваться, как минимум, два манометра или преобразователя. Все показания манометров и преобразователей должны быть хорошо различимы оператором, контролирующим применяемое давление.

КТ-410 РАБОЧИЙ ДИАПАЗОН МАНОМЕТРОВ И ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ

Манометры с цифровой шкалой, используемые при испытаниях, должны быть проградуированы цифрами

в диапазоне не менее 1,5 и не более 4 величин испытываемого давления. Используемые преобразователи должны иметь диапазон не менее 1,5 и не более 4 величин испытываемого давления.

КТ-420 КАЛИБРОВКА МАНОМЕТРОВ И ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ

Все манометры или преобразователи должны калиброваться по образцовому грузопоршневому манометру или контрольному манометру, градуируемому, по крайней мере, каждые 6 месяцев или в любое время, когда возникает сомнение в правильности их показаний.

Часть KS МАРКИРОВКА, КЛЕЙМЕНИЕ, ОТЧЕТЫ И ЗАПИСИ

СТАТЬЯ KS-1 СОДЕРЖАНИЕ И МЕТОД КЛЕЙМЕНИЯ

KS-100 ОБЯЗАТЕЛЬНАЯ МАРКИРОВКА ДЛЯ СОСУДОВ

Каждый сосуд давления, к которому применяется символ ASME U3, должен быть промаркирован следующим образом:

(a) Официальный символ ASME U3, как показано на Рис. KS-100, должен быть выполнен клеймением на сосудах, сертифицированных в соответствии с данным Разделом.

(b) Наименование или обозначающий акроним изготовителя сосуда давления, как это указано в Сертификате о признании, предваряемое фразой «Сертифицировано». Торговая марка не рассматривается как достаточное обозначение для сосуда или деталей сосуда, изготавливаемых в соответствии с данным Разделом. См. Приложение С.

(c) Серийный номер Изготовителя (MFG SER). Также, если применимо, Канадский регистрационный номер (CRN), Регистрационный номер Национального Совета (NB или NATL BD).

(d) Расчетное давление при соответствующей расчётной температуре металла.

ПРИМЕЧАНИЕ: Если сосуд предназначен для работы в условиях более чем одного сочетания температуры и давления, такие парные значения соответствующей температуры и давления должны быть добавлены к обязательной маркировке.

(e) минимальная расчетная температура металла, согласно KG-311.4(c).

(f) Год изготовления.

(g) Тип конструкции:

F = кованный
HT = термообработка
M = моноблок (сплошная стенка)
PS = с предварительным напряжением (нагартовка или горячая посадка)
UQT = закаленный и отпущенный
W = сварной

РИС. KS-100 ОФИЦИАЛЬНЫЙ СИМВОЛ,
ИСПОЛЬЗУЕМЫЙ ПРИ КЛЕЙМЕНИИ
ДЛЯ ОБОЗНАЧЕНИЯ СТАНДАРТА ОБЩЕСТВА
АМЕРИКАНСКИХ ИНЖЕНЕРОВ



WL = с наплавленным сваркой слоем
WW = с проволоочной намоткой

KS-101 Методы маркировки сосудов с двумя и более независимыми камерами

При маркировке сосудов, имеющих две и более независимых камеры давления, предназначенных для одних и тех же или для разных условий работы, должно использоваться следующее оборудование. Каждая съемная камера должна иметь маркировку, позволяющую правильно определить ее в комбинированном узле.

KS-101.1 Когда маркировки сгруппированы в одном месте. Маркировка может располагаться в одном месте сосуда, при условии, что она размещается таким образом, чтобы четко указывать данные, относящиеся к каждой камере, в том числе, максимальный перепад давления для общих элементов, при том, что это давление меньше, чем наибольшее давление в смежных камерах.

KS-101.2 Когда промаркирована каждая независимая камера. На каждую независимую камеру высокого давления может быть нанесена полная требуемая маркировка, при условии использовани

дополнительной маркировки, такой как наименование главной камеры (т. е. рабочей камеры, кожуха, труб) для чёткого указания, к какой камере относятся данные.

KS-110 НАНЕСЕНИЕ КЛЕЙМА

Символ ASME U3 должен наноситься изготовителем только с одобрения инспектора, после удовлетворительного прохождения гидростатического испытания и после успешного прохождения других обязательных проверок и испытаний. Такое нанесение символа ASME U3, совместно с окончательной сертификацией согласно правилам данного Раздела, должно подтверждать, что соблюдаются все применимые требования данного Раздела и Технических норм потребителя на проектирование.

KS-120 МАРКИРОВКА ДЕТАЛЕЙ

(a)(1) Детали сосуда, для которых требуются Отчеты о деталях с паспортной табличкой или штамповкой, должны маркироваться изготовителем деталей следующим образом:

(a) соответствующее клеймо с символом ASME показано на Рис. KS-100 над словом «ДЕТАЛЬ» ("PART");

(b) наименование изготовителя детали, следующее за словом «Сертифицировано» ("Certified by");

(c) серийный номер изготовителя, присвоенный детали;

(d) расчетное (ые) давление (я), соответствующая (ие) расчётная (ые) температура (ы) металла, °[см. KG-311.4(a) и (b)];

(e) минимальная расчетная температура металла при максимальном расчетном давлении.

Детали могут быть маркированы символом Стандарта ASME без испытания на давление перед транспортировкой. Если испытание не производилось, это должно быть отмечено в секции примечаний Отчетов о деталях производителя К-2 и К-2М (см. приложение А, формы -2 и К-2М).

(a)(2) Ни одно устройство или деталь сосуда давления не может быть маркировано ASME или ASME Std., если это не обозначено в настоящем разделе.

(b) требования для маркировки детали в соответствии с KS-120(a)(1)(d) и (a)(1)(e) не применяются при следующих условиях:

(1) для деталей, для которых изготовитель деталей не готовит Отчет изготовителя о проекте;

(2) для устройств сброса давления, которые описаны в Части KR.

(c) Если поставку сварных частей изготовителю сосудов осуществляет субподрядчик, владеющий сертификатом права на печать U или U2 (см. KG-420(c)), субподрядчик обязан представлять производителю отчеты о деталях по формам U-2, U-2A или A-2, в зависимости от того, какая больше подходит.

KS-130 НАНЕСЕНИЕ МАРКИРОВКИ

Маркировка, требуемая KS-100 – KS-120 должна наноситься одним из следующих методов.

KS-130.1 Табличка. К сосуду или к крепёжной скобе промежуточной опоры должна быть постоянно прикреплена табличка из коррозионностойкого материала толщиной, по меньшей мере, 0,15 дюйма (5,8 мм). Прикрепление при помощи сварки не должно неблагоприятно влиять на целостность сосуда. Прикрепление при помощи сварки не допускается для материалов, которые были подвергнуты термической обработке или предварительному напряжению.

(a) На табличке должно быть клеймение только символом Стандарта ASME.

(b) Все другие данные должны быть нанесены клеймением, протравлены или выгравированы на табличке. См. KS-132.

KS-130.2 Непосредственно на стенке сосуда. Маркировка должна наноситься клеймением, клеймами с низким напряжением, непосредственно на сосуде, расположенном на участке, указанном разработчиком как зона низкого напряжения (см. KG-330) в Отчёте изготовителя о проекте (см. KG-323). Маркировки, нанесённые непосредственно на сосуде, не должны наноситься методом электропротравления.

KS-130.3 Постоянно прикреплённая бирка. Если участок поверхности является слишком маленьким для того, чтобы позволить прикрепить табличку или крепёжную скобу, или при нанесении клейма непосредственно на деталь, требуемая маркировка должна быть расположена на постоянно прикреплённой бирке, после предварительного согласования между инспектором и потребителем. Метод прикрепления должен быть описан в Отчёте изготовителя о проекте и обозначен в форме К-2 или К-2М Отчета о деталях изготовителя. Такая маркировка должна оставаться видимой до установки детали. Наличие символа кода не требуется.

KS-130.4 Клеящиеся таблички могут быть прикреплены при помощи акрилового клея, склеивающего при надавливании, согласно Приложению 5.

KS-131 Дублирующая табличка

Дублирующая табличка может быть прикреплена на опоре, кожухе или другом постоянном креплении сосуда. Все данные на дублирующей табличке, включая символ ASME U3, должны быть отлиты, протравлены или нанесены клеймением. Эта маркировка не должна быть засвидетельствована инспектором. На дублирующей табличке должна стоять маркировка «КОПИЯ». Использование дублирующих табличек и отливка символа ASME на дублирующей табличке, должна контролироваться так, как это описано в Системе качества изготовителя.

KS-132 Размер и расположение символов

(a) Данные должны быть нанесены символами высотой не менее чем $\frac{5}{16}$ дюйма (8 мм), которые должны быть расположены в основном так, как показано на Рис. KS-132.

(b) Если недостаток места не позволяет выполнить требования KS-132(a), как, например, в случае использования деталей с внешними диаметрами $3\frac{1}{2}$ дюйма (90 мм) или менее, требуемый размер символов, наносимых клеймением непосредственно на сосуд, может быть размером $\frac{1}{8}$ дюйма (3,2 мм).

(c) Вспомогательные данные в скобках под строчками на Рис. KS-132 и KS-132M могут быть добавлены к надписи заводской табличкой для большей понятности. Эта информация в скобках может быть нанесена методами штамповки, травления или гравировки. Буквы могут быть меньшего размера, чем другая информация на табличке, однако не менее $\frac{1}{8}$ дюйма (3,2 мм). В случае нанесения непосредственно на корпус сосуда штампованные маркировки должны наноситься с помощью штампов, создающих малое напряжение.

РИС. KS-132 ФОРМА КЛЕЙМА
(Система единиц США)

 <p>Буквы, обозначающие тип конструкции [см. KS-100(g)]</p>	Сертифицировано	
	(Наименование изготовителя)	
	при	
	(Расчетное давление)	(Соответствующая расчетная температура металла)
	(Мин. расчетная температура металла)	
	(Серийный номер изготовителя)	
	(Год изготовления)	

KS-140 КРЕПЛЕНИЕ ТАБЛИЧКИ ИЛИ БИРКИ

Если все данные или их часть промаркированы на табличке или бирке перед креплением к сосуду, изготовитель должен убедиться, что к сосуду прикреплена табличка с правильной маркировкой, относящаяся к данному сосуду согласно Системе качества. Инспектор должен проверить, что это было сделано.

СТАТЬЯ KS-2

ПОЛУЧЕНИЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КЛЕЙМ СТАНДАРТА

KS-200 КЛЕЙМА СТАНДАРТА, В КОТОРЫХ ИСПОЛЬЗУЮТСЯ ОФИЦИАЛЬНЫЕ СИМВОЛЫ

Сертификат о признании, позволяющий использовать символы Стандарта U3 или UV3 (см. Приложение C), указанные на Рис. KS-100 и KR-401, предоставляется Американским обществом инженеров-механиков согласно положениям следующих параграфов. Клейма для нанесения символов Стандарта должны быть получены от Американского общества инженеров-механиков (ASME).

KS-210 ЗАЯВКА НА ПОЛУЧЕНИЕ СВИДЕТЕЛЬСТВА О ПРИЗНАНИИ

(a) Любая организация, желающая получить Сертификат о признании, должна подать заявку в Комитет по котлам и сосудам давления ASME на бланках этого общества,¹ в которых указываются вид запрашиваемого клейма и объем выполняемых в соответствии со Стандартом работ.

(b) Если организация намерена выпускать изделия, отвечающие данному Стандарту, на предприятиях, расположенных более чем в одной географической зоне, то на рассмотрение могут быть представлены или отдельные заявки от каждого предприятия, или одна заявка с перечнем адресов всех подобных предприятий. В каждой заявке должен указываться аккредитованный Уполномоченный инспекционный орган, обеспечивающий контроль соблюдения Стандарта на каждом предприятии. Для каждого предприятия Общество выдает отдельное Свидетельство о признании, а также взимается отдельная плата.

(c) Каждый заявитель должен быть согласен с тем, что каждое Свидетельство о признании и каждое клеймо с символом Стандарта навсегда являются собственностью Общества (ASME), что они будут использованы в соответствии с правилами и предписаниями данного Раздела Стандарта, и что они будут немедленно возвращены Обществу по его требованию или когда заявитель прекратит деятельность, на которую распространяется его Свидетельство, или в том случае, когда истек срок действия Свидетельства о признании, а новое Свидетельство о признании еще не выдано. Держатель клейма с символом Стандарта не должен позволять другим организациям пользоваться им.

KS-220 ВЫДАЧА СВИДЕТЕЛЬСТВА О ПРИЗНАНИИ

(a) Разрешение на использование клейм с символом Стандарта может быть предоставлено или отобрано Обществом (ASME) по его усмотрению. Если разрешение предоставлено и уплачены соответствующие административные взносы, то Свидетельство о признании, подтверждающее возможность использования любого такого символа на трехлетний срок, отправляется заявителю. В каждом таком Свидетельстве указывается используемый символ Стандарта и виды деятельности, выполняемые на предприятии, по месту эксплуатации, или и там, и там, на которые выдано Свидетельство (см. Приложение C). Свидетельство подписывает председатель Комитета по котлам и сосудам давления, и директор Органа по аккредитации.

(b) За шесть месяцев до истечения срока действия любого такого Свидетельства заявитель должен подать заявку на возобновление признания и выдачу нового Свидетельства.

(c) Общество (ASME) сохраняет за собой абсолютное право аннулировать или отказать в возобновлении Свидетельства о признании, возвратив уплаченные взносы пропорционально не истекшему сроку действия.

(d) Комитет по котлам и сосудам давления может в любое время устанавливать правила, касающиеся выдачи и применения клейм с символами Стандарта, и все данные правила должны стать обязательными для держателей любых действующих Свидетельств о признании.

KS-230 Договор о контрольных проверках

(a) В качестве условия получения и владения Свидетельством о признании с целью использования клейма с символом Стандарта U3, изготовитель должен всегда иметь действующий контракт или договор о контрольных проверках с указанием аккредитованного Уполномоченного инспекционного органа, как указано в KG-431, с тем, чтобы обеспечить проведение проверок. Данный договор является письменным соглашением между изготовителем и инспекционным органом, определяющим сроки и условия, на которых должны быть проведены проверки, и устанавливающим взаимную ответственность изготовителя и уполномоченных инспекторов. А Держатель Свидетельства должен уведомлять Общество (ASME) каждый раз, как только договор с аккредитованным Уполномоченным инспекционным органом аннулируется или заменяется договором с другим аккредитованным инспекционным агентством.

¹ Формы заявок, относящуюся к ним информацию и инструкции можно получить, написав в Секретариат Комитета по котлам и сосудам давления: ASME, Three Park Avenue, New York, N.Y. 10016-5990.

KS-240 СИСТЕМА ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА

Любой изготовитель или сборщик, имеющий или подающий заявку на получение Свидетельства о признании для использования клейма U3 или UV3 должен продемонстрировать, что Система обеспечения качества удовлетворяет всем требованиям Стандарта. Система обеспечения качества держателей клейма UV3 должна включать перечень обязанностей Аттестованного Исполнителя согласно требованиям настоящего Раздела (см. KR-410).

KS-250 ОЦЕНКА ДЛЯ ВЫДАЧИ И ВОЗОБНОВЛЕНИЯ СВИДЕТЕЛЬСТВА О ПРИЗНАНИИ

(a) Перед выдачей или возобновлением через три года Свидетельства о признании с целью использования клейма U3, предприятие и оборудование изготовителя подвергаются совместному осмотру представителем его инспекционного агентства и лица, назначаемого в качестве представителя ASME, выбранного соответствующим официальным органом. Письменное описание или чек-лист мероприятий Системы качества, в котором определяются документы и процедуры, которыми будет пользоваться изготовитель или сборщик при создании изделия в соответствии со Стандартом, должны быть доступны для рассмотрения.

(b) Письменный отчет для Общества (ASME) должен быть подготовлен подведомственным органом и аккредитованным инспекционным органом, нанятым изготовителем для проверки на соответствие Стандарту. Этот отчет затем пересматривается Подкомитетом по аккредитации котлов и сосудов давления, который или выдает Свидетельство о признании, или доводит до заявителя сведения о недостатках, обнаруженных при рассмотрении. В последнем случае заявителю будет предоставлена возможность объяснить или исправить эти недостатки.

(c) Свидетельства о признании должны быть подписаны с указанием объема разрешенной к выполнению деятельности. Разрешение может распространяться на операции по месту эксплуатации, если группа по рассмотрению установит, что эти операции адекватны описанным в Руководстве по качеству, и это решение принимается Обществом (ASME).

(d) Перед выдачей или возобновлением Свидетельства о признании с целью использования клейма UV3, оборудование и предприятие изготовителя или сборщика клапанов подвергаются осмотру представителем организации, указанной ASME. Письменное описание или чек-лист мероприятий Системы качества, в котором определяются документы

и процедуры, которыми будет пользоваться изготовитель или сборщик при изготовлении клапанов сброса давления согласно Стандарту, должны быть представлены на рассмотрение. Проектант ASME должен подготовить письменный отчет Обществу (ASME), по которому, как указано выше, будет работать Подкомитет по аккредитации котлов и сосудов давления.

(e) Цель данного осмотра проектантом ASME оценить Систему качества заявителя и ее использование на практике. Заявитель должен продемонстрировать достаточные производственные и управленческие функции Системы, чтобы показать, что он обладает знаниями и возможностями для того, чтобы выпускать продукцию, соответствующую Стандарту в соответствии со своей Системой контроля качества. Производственные функции могут быть продемонстрированы в процессе текущей работы, на натурной модели или с помощью комбинации того и другого.

(f) Изготовитель в любое время может внести изменения в Систему качества, касающиеся методов получения результатов, которые должны быть приняты уполномоченным инспектором. Для изготовителей и сборщиков клапанов сброса давления, имеющих клеймо "UV3", такого рода одобрение должно быть осуществлено организацией, уполномоченной ASME.

(g) Там, где нет регулирующего органа, или где регулирующий орган не осуществляет выбор уполномоченного лица ASME для анализа производственных мощностей изготовителя, эта функция должна выполняться уполномоченным лицом ASME, назначенным самим обществом ASME. Там где регулирующим органом является орган контроля изготовителя, должен быть проведен совместный анализ и подготовлен совместный отчет этим органом и уполномоченным лицом ASME.

KS-260 ИЗГОТОВЛЕНИЕ В СООТВЕТСТВИИ СО СТАНДАРТОМ ДО ПОЛУЧЕНИЯ СВИДЕТЕЛЬСТВА О ПРИЗНАНИИ

Для того, чтобы продемонстрировать свою Систему качества, изготовитель может начать производство изделий в соответствии со Стандартом до получения Свидетельства о признании с целью использования клейма с символом Стандарта при следующих условиях.

(a) Производственный процесс осуществляется при участии уполномоченного инспектора, которым и принимается;

(b) Вся деятельность соответствует Системе качества заявителя;

(c) На изделие ставится клеймо с соответствующим символом Стандарта и сертифицируется сразу, как только заявитель получает свое Свидетельство о признании от Общества (ASME).

СТАТЬЯ KS-3

ФОРМЫ ОТЧЕТОВ И ХРАНЕНИЕ ОТЧЕТНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

KS-300 ОТЧЁТЫ ИЗГОТОВИТЕЛЯ

(a) Отчеты должны быть выполнены (Форма К-1) изготовителем и инспектором для каждого сосуда давления, который маркируется символом Стандарта.

(1) Образцы форм Отчета и руководство по подготовке отчетов см. в Приложении А.

(2) Отчеты должны составляться изготовителем на бланке К-1 или К-3 и подписываться изготовителем и инспектором для каждого сосуда давления, промаркированного символом U3 Стандарта. Если несколько сосудов изготавливаются в один и тот же день, то все отчетные данные можно свести в один бланк, при условии выполнения следующих требований:

(a) сосуды должны быть одинаковыми;

(b) сосуды должны изготавливаться для передачи на склад или одному и тому же заказчику, или его уполномоченному представителю;

(c) серийные номера должны иметь непрерывную последовательность;

(d) Система качества изготовителя, оформленная в письменном виде, должна включать процедуры по контролю разработок, распространению и хранению отчетов.

Количество строк в Отчете для описания ряда деталей (например, патрубков, обечаек корпуса) может быть увеличено или уменьшено по необходимости, чтобы предоставить место для описания каждой детали. Если количество дополнительных строк в Отчете превышает одну страницу, необходимо предусмотреть место, чтобы изготовитель и уполномоченный инспектор могли поставить подпись и дату на каждой дополнительной странице. В горизонтальном направлении место для информации на каждой строке может меняться по необходимости. Вся информация должна иметь адресный характер; однако, допускаются сноски, указанные в графе «Замечания», например, для многочисленных «нет» или «не применяется».

(3) Размер формы должен быть стандартным, 8,5 × 11 дюймов (А4, 210 × 297 мм), форма должна быть напечатана на белой высокосортной бумаге.

(4) Формы могут быть перепечатаны, отпечатаны на пишущей машинке или изготовлены с помощью компьютера.

(5) Формы не должны содержать рекламные слоганы, логотипы или другую коммерческую информацию. Используйте только черные чернила.

(6) Отчет должен заполняться последовательно. Этот Отчет должен быть написан от руки или отпечатан на машинке с использованием разборчивых букв. Дополнения, написанные от руки, или исправления должны быть подписаны и датированы представителем изготовителя и уполномоченным инспектором.

(7) Перед использованием образцы Отчетов изготовителя, используемых изготовителем, должны быть переданы инспектору для рассмотрения и одобрения.

(b) Изготовитель должен:

(1) предоставить копию Отчета изготовителя потребителю и инспектору;

(2) предоставить копию Отчета изготовителя соответствующему полномочному официальному органу, в сфере полномочий которого установление сосуда там, где это требуется по закону.

KS-301 Отчёты о деталях

(a) В графе «Замечания» изготовитель деталей должен указать выполнение или невыполнение каких-либо или всех предусмотренных для него функций. Руководство по составлению Отчетов о деталях см. в Приложении А.

(b) Отчёты о деталях для деталей сосуда давления, требующие проверки согласно данному Разделу, которые предоставляются изготовителю, ответственному за готовый сосуд, выполняются инспектором изготовителя деталей в соответствии с данным Разделом (см. KG-322). На сосуд не должно ставиться клеймо до тех пор, пока уполномоченный инспектор не проверит и не примет Отчёт о деталях, имеющий отношение к сосуду. Все Отчёты о деталях, Формы U-2, U-2A, A-2 и K-2, должны быть приложены к Отчёту изготовителя, Форма К-1.

KS-302 Взаимозаменяемые детали

Отчеты о деталях для тех деталей сосудов давления, которые доставляются изготовителем деталей потребителю уже готового сосуда, отвечающего данному Стандарту, в качестве замены, должны заполняться согласно форме К-2 изготовителем деталей и его инспектором в соответствии с требованиями данного Раздела. Должна быть предоставлена копия Отчёта о деталях изготовителя деталей потребителю или его назначенному агенту и копия должна храниться в соответствии с KS-320.

KS-310 ХРАНЕНИЕ РЕНТГЕНОВСКИХ ПЛЕНОК

Полный комплект рентгеновских пленок в соответствии с описанием Т-291 и Т-292 Статьи 2 Секции V, для каждого сосуда или детали сосуда должен храниться изготовителем согласно KS-320.

Отчёты о проверках должны быть включены в Отчеты изготовителя по конструкции (см. KS-320).

KS-320 ХРАНЕНИЕ ОТЧЕТНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

Изготовитель должен предоставить потребителю документацию перечисленную ниже:

(a) Технические нормы потребителя на проектирование полностью со всеми исходными документами (KG-311).

(b) Отчет изготовителя (KS-300).

(c) Отчет изготовителя о проекте (KG-323).

(d) Отчет изготовителя по конструкции:

(1) чертежи в заводском исполнении;

(2) сертификаты на материалы, все отчёты об испытаниях материалов, ремонтные ведомости;

(3) сварочные процедуры (KF-216);

(4) отчёты по ремонту сваркой (KF-245);

(5) процедуры неразрушающего контроля, докумен-

тация по квалификации процедур и персонала (KE-105);

(6) отчетная документация на все термические обработки (эти документы могут быть или графиками реальной термической обработки или суммарным описанием времени термической обработки и температуры);

(7) процедуры предварительного напряжения и данные проверки;

(8) отчёты по неразрушающему контролю и схемы в заводском исполнении, показывающие все соответствующие индикаторные следы неразрушающего контроля;

(9) документация по несоответствиям и принятым решениям.

В дополнение, производитель должен хранить рентгенограммы и копии всех вышеперечисленных данных в течение как минимум 5 лет. Данные записи должны предоставляться по требованию инспекторам AI или экспертным группам, назначенным ASME.

ОБЯЗАТЕЛЬНЫЕ ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ 1 — ОБЯЗАТЕЛЬНОЕ УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

07 1-100 УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

- A = коэффициент интерференции давления (KD-811)
 = фактическая площадь выходного сечения предохранительного устройства (KR-531)
 = площадь усиления патрубка или отверстия (H-120)
- A_B = площадь поперечного сечения сосуда, перпендикулярного оси сосуда, по внутренней резьбе (E-210)
- A_b = суммарная площадь поперечного сечения болтов на кронштейне зажима (G-300)
- A_C = площадь поперечного сечения закрытия, перпендикулярного оси сосуда, по внутренней резьбе (E-210)
- A_c = площадь поперечного сечения закрытия (E-210)
 = суммарная площадь поперечного сечения зажима (G-300)
- A_{c1} = частичная площадь зажима (G-300)
 A_{c2} = частичная площадь зажима (G-300)
 A_{c3} = частичная площадь зажима (G-300)
 A_{cs} = площадь поперечного сечения (KD-502)
 A_g = площадь зазора (Рис. KF-826)
 A_m = требуемая площадь поперечного сечения болтов зажима (G-300)
- A_{m1} = площадь поперечного сечения болтов, гнездо под прокладку (G-300)
- A_{m2} = площадь поперечного сечения болтов, рабочая (G-300)
- A_o = наружный диаметр втулки (G-300)
 A_{or} = наружный несущий диаметр втулки (G-300)
 A_3 = меньшее из A_{3a} и A_{3b} , (G-300)
 A_{3a} = площадь продольного сдвига втулки, основанная на прямом сдвиге (G-300)
 A_{3b} = площадь продольного сдвига втулки, основанная на конусе в 45 градусов (G-300)
- A_5 = минимальная площадь поперечного сечения зажима, радиально-касательная (G-300)
- A_{5b} = максимальная площадь выреза болтового отверстия зажима (G-300)
- A_{5i} = единичная площадь выреза болтового отверстия зажима (G-300)
- A_6 = минимальная площадь поперечного сечения зажима, касательно-продольная (G-300)
- A_{6b} = максимальная площадь выреза болтового отверстия зажима (G-300)
- A_{6i} = единичная площадь выреза болтового отверстия зажима (G-300)
- A_7 = площадь продольного сдвига выступа зажима, меньшее из A_{7a} и A_{7b} (G-300)
- A_{7a} = площадь продольного сдвига выступа зажима, поверхность прямого сдвига (G-300)
- A_{7b} = площадь продольного сдвига выступа зажима, конус в 45 градусов (G-300)
- B = внутренний диаметр втулки (G-300)
- B_c = расстояние по радиусу от осевой линии соединения до центра болтов (G-300)
- C = коэффициент роста усталостных трещин (Таблица KD-430)
 = коэффициент предохранительного клапана для коэффициента удельной теплоемкости (KR-531)
 = коэффициент, основанный на геометрии глухого торца (E-120)
 = диаметр окружности эффективного взаимодействия зажим-втулка (G-300)
- C_{depth} = глубина полости ниже требуемой толщины (KE-211)
- C_g = эффективный зазор зажима (G-300)
- C_i = внутренний несущий диаметр зажима (G-300)
- C_{ir} = внутренний несущий диаметр зажима с радиусом закругления вершины (G-300)
- C_n = внутренний диаметр шейки зажима (G-300)
- C_r = коэффициент резьбы (E-210)
- C_t = эффективная толщина зажима (G-300)
- C_w = ширина зажима (G-300)
- C_6 = плечо момента касательного изгибающего напряжения (G-300)
- COD = диаметр ремонтной полости (KE-211)
- CP = разрушающее давление (KD-1212, KD-1222, KD-1241, KD-1243, KD-1253)
- $CTOD$ = перемещение концевой точки трещины [KM-250, D-600(b)(2)]
- CVN = ударная вязкость V-образного надреза Шарпи (D-600, KM-250)

D = любой обозначаемый диаметр в цилиндре или сфере (KD-502, KD-802)	H_T = разница между суммарным гидростатическим торцевым усилием и усилием на области расточки (G-300)
D_H = диаметр поперечного отверстия (J-110)	H_2 = поправочный коэффициент для напряжения при изгибе (D-401)
D_I = диаметр на внутренней поверхности (KD-502, KD-802, KD-811, KD-911, KD-1010)	I = свойство материала (KD-430)
D_{if} = диаметр на поверхности раздела слоев (KD-802, KD-811, KD-911)	I_c = момент инерции зажима (G-300)
D_n = диаметр внешней поверхности слоя n , (KD-802)	I_h = момент инерции заплечика втулки (G-300)
D_O = наружный диаметр (KD-502, KD-802, KD-811, KD-822, KD-911)	I_5 = минимальный момент инерции зажима в любой радиально-касательной плоскости (G-300)
= ширина поперечного сечения блока (J-110)	I_{5b} = максимальный момент инерции болтовых отверстий в обжимающем зажиме (G-300)
D_{op} = диаметр отверстия в глухом торце (E-110)	I_6 = минимальный момент инерции зажима в любой касательно-продольной плоскости (G-300)
D_p = диаметр поверхности раздела эластичных-пластичных слоев в нагартовке (KD-502)	I_{6b} = максимальный момент инерции болтовых отверстий в обжимающем зажиме (G-300)
= диаметр делительной окружности резьбы (E-210)	J_c = критическая интенсивность напряжений для плоского напряженного состояния (KM-250, D-600)
D_w = наружный диаметр намотки (KD-911)	K = коэффициент концентрации напряжений (Рис. KD-240) = 0,73 радиуса перехода r_2 (H-142)
D_Z = глубина нагартовки (KD-502, KD-522)	K_D = коэффициент расхода предохранительного устройства (KR-523, Рис. KR-523.3, KR-531)
E = модуль Юнга, свойство материала	K_I = коэффициенты интенсивности напряжений в трещине (KD-420, KD-440)
E_I = модуль Юнга внутреннего слоя (KD-802)	$K_{I_{max}}$ = максимальный коэффициент интенсивности напряжений в трещине (KD-430)
E_O = модуль Юнга внешнего слоя (KD-802)	$K_{I_{min}}$ = минимальный коэффициент интенсивности напряжений в трещине (KD-430)
F = пиковое напряжение (KD-210, KD-241, Рис. KD-240)	$K_{I_{res}}$ = интенсивность остаточного напряжения в трещине (KD-420, KD-430)
= величина зазора (KF-826)	K_{Ic} = критический коэффициент интенсивности напряжений для трещины (KM-250) = трещиностойкость (KD-401)
= коэффициент ослабления зоны усиления для угла оси (H-120)	K_{IREF} = коэффициент интенсивности напряжений в острие трещины (D-405)
F_b = поправочный коэффициент для эффекта Баушингера (KD-502, KD-522.2, KD-523)	K_N = расчетный коэффициент провода (KD-932)
F_c = допустимый показатель зазора слоя (KD-802)	K_n = большее из 2,6 или $(K_S)^{4,3}$ (KD-1262)
F_I = сила, действующая в продольном направлении (KD-502)	K_r = коэффициент шероховатости поверхности (KD-322)
F_n = нагрузка на резьбу n (E-210)	K_S = расчетный коэффициент провода (KD-932)
F_T = суммарная нагрузка на резьбу (E-210)	K_{SL} = расчетный коэффициент провода (KD-932)
F_I = коэффициент напряжения для расчета интенсивности напряжения внутренних радиально-кольцевых трещин (D-403)	K_{SS} = расчетный коэффициент провода (KD-932)
F_2 = коэффициент напряжения для расчета интенсивности напряжения внутренних радиально-кольцевых трещин (D-403)	K_s = большее из 1,25 или $K_{sa}K_{sf}K_{sc}K_{st}K_{ss}$ (KD-1262)
F_3 = коэффициент напряжения для расчета интенсивности напряжения внутренних радиально-кольцевых трещин (D-403)	K_{sa} = коэффициент для размера высоконапряженной усталостной области (KD-1262)
F_4 = коэффициент напряжения для расчета интенсивности напряжения внутренних радиально-кольцевых трещин (D-403)	K_{sc} = коэффициент для кривых усталости при различных температурах (KD-1262)
G = свойство материала (KD-430)	K_{sf} = коэффициент для чистоты обработки поверхности усталостной области (KD-1262)
= диаметр зоны прокладки под воздействием нагрузки (G-300)	K_{ss} = коэффициент для статистической неравномерности испытаний на усталость (KD-1262)
H = удельная жесткость (D-405)	K_{st} = коэффициент для температуры при испытаниях на усталость (KD-1262)
= суммарное торцевое усилие на втулку при эксплуатации или сборке (G-300)	K_{th} = пороговая интенсивность напряжения (KD-430)
H_D = гидростатическое торцевое усилие на область расточки (G-300)	K_T = коэффициент концентрации окружного напряжения (J-110)
H_e = суммарное гидростатическое торцевое усилие (G-300)	K_{TN} = показатель долговечности при испытании на усталость (KD-1262)
H_G = разница между предварительным натягом втулки и требуемыми усилиями (G-300)	K_{TS} = коэффициент асимметрии цикла при испытании на усталость (KD-1262)
H_m = требования к гнезду под прокладку (G-300)	
H_p = поверхность соединения-контакта, сжимающая нагрузка (G-300)	

- $=$ длина вдоль патрубка с толщиной t_n плюс переходный участок (H-142)
- L_a = расстояние от осевой линии болта зажима до места соединения кронштейна зажима с корпусом (G-300)
- L_d = расчетная усталостная долговечность (KD-330)
- L_h = высота кронштейна зажима (G-300)
- L_T = длина отрезков проволоки в испытаниях на усталость (KD-932.3)
- L_W = среднее расстояние между трещинами в проволоке (KD-932.3)
- L_w = ширина кронштейна зажима (G-300)
- L_l = измеренная длина сосуда при испытательном давлении (KF-1060)
- M = молекулярный вес (KR-523.3, KR-531)
- $=$ поправочный коэффициент для мембранных напряжений (D-401)
- $=$ средняя гибкость корпуса сосуда и торцевого затвора (E-210)
- M_D = момент от H_D (G-300)
- M_F = момент смещения (G-300)
- M_G = момент от H_G (G-300)
- M_H = реактивный момент на горловине втулки (G-300)
- M_o = полный крутящий момент на втулке (G-300)
- M_p = момент давления (G-300)
- M_R = уравнивающий момент радиального зажима (G-300)
- M_T = момент от H_T (G-300)
- M_S = изгибающий момент от продольного напряжения зажима (G-300)
- M_G = изгибающий момент от касательного напряжения зажима (G-300)
- N = количество слоев (KD-802)
- N_D = расчетное количество переменных циклов напряжения (KD-932, KD-1262)
- N_f = расчетное предельное количество переменных циклов напряжения (KD-320)
- N_H = наружный диаметр горловины втулки (G-300)
- N_i = допустимое количество циклов для срока службы сосуда (KD-330)
- N_p = расчетные рабочие циклы до возникновения трещины глубиной в одну четвертую от критической (KD-440)
- N_T = количество испытательных циклов (KD-1262)
- $N_{T \min}$ = минимальное количество испытательных циклов (KD-1262)
- P = расчетное давление (KD-802, G-300)
- $=$ установочное давление предохранительного устройства (KR-520)
- $=$ давление жидкости, действующее в трещине (D-401)
- P_A = максимальное давление нагартовки (KD-502)
- P_B = противодействие на предохранительном устройстве (KR-523)
- P_b = напряжение при изгибе (KD-241, Рис. KD-240)
- P_D = расчетное давление (KD-220)
- P_{if} = давление переходного слоя (KD-802)
- P_L = местные мембранные напряжения (KD-210, KD-241)
- P_m = общие мембранные напряжения (KD-241)
- P_n = давление на поверхности раздела слоя (KD-802)
- P_T = циклическая испытательная нагрузка (KD-1262)
- P_i = давление гидростатического испытания (KD-824, KT-312)
- Q = сумма вторичных мембранных и изгибающих напряжений (KD-241, Рис. KD-240)
- $=$ реактивное усилие сдвига на горловине втулки (G-300)
- Q_c = процент теоретического кольцевого увеличения, измеренного с наружной стороны (KD-802)
- $=$ критерии приемки (KD-822, KD-823)
- R_c = радиус закругления (E-110)
- R_f = окончательный радиус сформированного днища от осевой линии (KF-602)
- R_g = наружный радиус слоя под зазором (Рис. KF-826)
- R_l = радиус внутренней поверхности самого дальнего внутреннего слоя (KF-826)
- R_K = значение коэффициента интенсивности напряжений (KD-430)
- R_m = радиус средней поверхности днища или корпуса (KD-243, KD-721, KE-211)
- R_O = наружный радиус сосуда (KF-826)
- R_o = исходный радиус формованной пластины от осевой линии (KF-602)
- S = интенсивность напряжения (KD-210)
- $=$ крутизна характеристики испытания потоком для предохранительных клапанов (KR-522)
- S_a = допустимая усталостная прочность (KD-120)
- $=$ допустимое напряжение болта, при комнатной температуре (G-300)
- S_{a10}^n = интенсивность напряжения при расчетной нагрузке (KD-1262)
- S'_a = допустимая амплитуда переменных напряжений (KD-312.4)
- S_{ad} = расчетное напряжение, допустимое (KD-1262)
- S_{alt} = интенсивность переменных напряжений (KD-302)
- S_b = допустимое напряжение в болтах при расчетной температуре (G-300)
- S_{eq} = эквивалентная расчетная напряженность переменных напряжений (KD-312.4)
- S_u = предельная прочность на разрыв (Таблица U-2 в Секции II, Часть D)
- $S_w(x)$ = напряжение в проволоке (KD-911)
- S_y = предел текучести (KD-120, KD-1254)
- S_{yact} = фактический предел текучести (KD-1254)
- S_{yms} = фактический предел текучести по техническим условиям на материал (KD-1254)
- S_{YAC} = предел текучести для материала зажима, при комнатной температуре (G-300)
- S_{YAH} = предел текучести для материала втулки, при комнатной температуре (G-300)
- S_{YOC} = предел текучести материала зажима, при расчетной температуре (G-300)
- S_{YOH} = предел текучести для материала втулки, при расчетной температуре (G-300)
- S_1 = продольное напряжение втулки на внешней горловине втулки (G-300)
- S_2 = максимальное простое кольцевое напряжение на отверстии втулки (G-300)
- S_3 = касательное напряжение втулки на запялке (G-300)
- S_4 = радиальное напряжение втулки в горловине втулки (G-300)
- S_5 = продольное напряжение зажима на внутреннем диаметре корпуса зажима (G-300)

- S_6 = касательное напряжение зажима на внешнем диаметре корпуса зажима (G-300)
 S_7 = максимальное касательное напряжение в выступах зажима (G-300)
 S_8 = изгибающее напряжение в выступах зажима (G-300)
 S_9 = изгибающее напряжение в кронштейне зажима (G-300)
 S_{10} = максимальное касательное напряжение в кронштейне зажима (G-300)
 S_{11} = эффективное напряжение смятия между зажимом и втулкой (G-300)
 T = абсолютная температура
 = толщина (KM-201, KM-210; KM-211.1)
 = максимальная толщина термически обработанного материала (KM-211)
 = толщина заплечика втулки (G-300)
 T_c = критическая температура (KD-1262)
 = толщина выступа зажима под внешней концевой втулкой (G-300)
 T_h = толщина выступа зажима под внутренней концевой втулкой (G-300)
 T_t = температура испытаний (KD-1262)
 U = кумулятивный коэффициент использования (KD-330)
 V_{REF} = продольное смещение трещины (D-405)
 W = массовый расход любого газа или пара (KR-523.3, KR-531)
 = суммарная расчетная нагрузка на болт (G-300)
 W_a = номинальный воздушный поток для предохранительного устройства (KR-531)
 W_c = суммарная эффективная зажимная предварительная нагрузка на один выступ (G-300)
 W_{m1} = минимальная рабочая нагрузка на болт (G-300)
 W_{m2} = минимальная нагрузка на болт гнезда под прокладку (G-300)
 W_T = теоретический массовый расход (KR-523.3)
 X_b = базовый размер зажима до нейтральной оси (G-300)
 X_i = среднее радиальное расстояние от болтового отверстия (G-300)
 X_5 = измененный размер зажима до нейтральной оси (G-300)
 X_6 = измененный размер зажима до нейтральной оси (G-300)
 Y = соотношение стенки или D_o/D_i корпуса (KD-220, KD-502)
 = смещение сварного шва (Рис. KD-830.2)
 Y_i = отношение наружного диаметра к внутреннему диаметру внутреннего слоя (KD-802)
 Y_o = отношение наружного диаметра к внутреннему диаметру внешнего слоя (KD-802)
 Z = D_o/D , где D может быть любой точкой в стенке (KD-250)
 = коэффициент сжимаемости (KR-531)
 = угол конусности зажима-втулки (G-300)
 a = глубина трещины (D-401)
 b = длина зазора между слоями (KF-826)
 d = диаметр в заданной плоскости обработанного отверстия (H-120)
 d_{op} = максимальный диаметр отверстия (E-110, Рис. E-110)
 d_s = внутренний диаметр резьбы штифта (KD-615)
 e = константа = 2,718
 e_b = радиальное расстояние от болтов до центра тяжести зажима (G-300)
 e_m = фактическое кольцевое увеличение (KD-802, KD-822, KD-824, KF-827)
 e_{th} = теоретическое кольцевое расширение (KD-802, KD-822, KD-824)
 f = поправочный коэффициент на напряжение во втулке (G-300)
 \bar{g} = радиальное расстояние от внутреннего диаметра втулки до центра тяжести кольца заплечика втулки (G-300)
 g_0 = толщина втулки у малого торца (G-300)
 g_l = толщина втулки у горловины (G-300)
 g_2 = высота заплечика втулки (G-300)
 h = расстояние от торца фланца до края юбки [Рис. KD-830.3, эскиз (с)]
 = зазор между двумя слоями (KF-826)
 h_D = радиальное расстояние от окружности взаимодействия зажима и втулки до H_D (G-300)
 h_G = радиальное расстояние от окружности взаимодействия зажима и втулки до H_G (G-300)
 h_n = длина горловины втулки (G-300)
 h_T = радиальное расстояние от окружности взаимодействия зажима и втулки до H_T (G-300)
 h_2 = средняя толщина заплечика втулки (G-300)
 k = соотношение удельных теплоемкостей C_p/C_v
 = комбинированный коэффициент нагрузки (Рис. KD-240)
 ℓ = длина резьбы (KD-1121)
 = поверхностная длина трещины (D-401)
 ℓ_c = эффективная длина выступа зажима (G-300)
 = кольцевое расстояние между осевыми линиями патрубков (H-101)
 ℓ_ℓ = продольное расстояние между осевыми линиями патрубков (H-101)
 ℓ_m = эффективное плечо момента выступа зажима (G-300)
 m = экспонента скорости роста трещины (KD-430, Таблица KD-430)
 = коэффициент прокладки (G-300)
 n = количество слоев (KD-802)
 = количество полностью используемых резьб (E-210)
 n_i = количество проведенных циклов переменного напряжения (KD-330)
 r = радиус между плоским дном и корпусом (Рис. KD-830.3, KD-1112)
 = угловой радиус поперечного сечения зажима или ступицы (G-300)
 r_c = внутренний угловой радиус зажима (G-300)
 r_h = внешний угловой радиус ступицы (G-300)
 r_m = средний радиус патрубка (H-142)
 r_2 = радиус перехода между внутренней стороной патрубка и стенкой сосуда (H-142)
 t = расстояние между поверхностью с высоким напряжением и ближайшей закаленной поверхностью (KM-211.2)

t = толщина стенки, номинальная толщина сосуда (KD-243, KD-802, H-142)	δ = любая разность, диаметральная интерференция (KD-802)
t_b = толщина глухого конца (E-110)	ϵ_m = среднее тангенциальное напряжение, наружный диаметр нагартовки (KD-502)
t_H = толщина днища у стыка (Рис. KD-830.2)	ϵ_p = среднее тангенциальное напряжение, отверстие нагартовки (KD-502)
t_L = толщина слоя у стыка (Рис. KD-830.2)	μ = вязкость
t_n = толщина n-ного слоя (KD-802)	= угол трения (G-300)
= номинальная толщина стенки патрубка минус допуск на коррозию (Рис. KD-830.6)	ν = коэффициент Пуассона (KD-802); иногда также вязкость
= толщина стенки патрубка (Рис. KD-1130)	ν_i = коэффициент Пуассона внутреннего слоя (KD-802)
t_p = толщина стенки подведенной трубки (H-142)	ν_o = коэффициент Пуассона внешнего слоя (KD-802)
t_r = минимальная толщина стенки без открытия (H-120)	π = константа = 3,14159
t_m = требуемая толщина стенки бесшовного патрубка (Рис. KD-1122)	ρ = массовая плотность (KR-532)
t_s = толщина оболочки (Рис. KD-830.2)	Σ = сумма
t_w = толщина стенки сосуда (E-110)	σ = нормальное или основное напряжение, с различными индексами
x = диаметр в любой точке (KD-911)	σ_{AD} = значение σ_{iRA} при $D = D_I$ (KD-502)
x_1 = любой диаметр цилиндра (KD-911)	σ_{CD} = остаточное тангенциальное напряжение на отверстии, включая эффект Баушингера (KD-502)
x_2 = любой диаметр обмотки (KD-911)	σ_{nm} = ассоциированное среднее напряжение (KD-302.2)
y = радиальное смещение при сварке встык при разной толщине сечения (Рис. KD-1121)	σ_R = радиальный компонент напряжения при радиусе r (KD-802)
α = коэффициент формы (KD-210, Рис. KD-230, KD-240)	σ_{rR} = радиальное напряжение на отверстии, включая эффект Баушингера (KD-522)
= угол, минимальный угол (Рис. KE-321)	σ_{tr} = остаточное тангенциальное напряжение (KD-802)
= максимальный передний угол (E-110)	σ_{rr} = остаточное радиальное напряжение (KD-802)
α_r = температурное расширение металла усиления (H-150)	σ_{rRA} = остаточное радиальное напряжение после нагартовки в первом приближении (KD-522)
α_v = температурное расширение стенки сосуда (H-150)	σ_t = тангенциальный компонент напряжения при радиусе r (KD-802)
β = коэффициент эквивалентного переменной интенсивности напряжения (KD-312)	σ_{tR} = остаточное тангенциальное напряжение, включая эффект Баушингера (KD-502)
= коэффициент = 0,2 (KD-430)	σ_{tRA} = остаточное тангенциальное напряжение после нагартовки в первом приближении (KD-522)
Δ = разница, шаговое приращение	τ = напряжение сдвига, с различными индексами
ΔK = диапазон коэффициента интенсивности напряжения (KD-430)	Φ = параметр формы дефекта (D-401)
Δs = среднее относительное стандартное отклонение усталостной прочности (KD-932.3)	φ = угол плеча зажима (G-300)
ΔT = рабочий диапазон температур (H-150)	

ПРИЛОЖЕНИЕ 2 — ОБЯЗАТЕЛЬНОЕ СИСТЕМА КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА

2-100 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Изготовитель или сборщик должен иметь и поддерживать Систему качества, которая бы удостоверяла, что все требования Стандарта, включая требования к материалу, конструкции, изготовлению и проверке сосудов (со стороны изготовителя или сборщика), а также к проверке сосудов и их деталей (со стороны инспектора), выполняются. Сертифицированное лицо, уполномоченное вести контроль, может также выступать в качестве представителя держателя сертификата, уполномоченного подписывать отчеты и сертификаты соответствия. При условии, что требования данного Стандарта должным образом идентифицированы, Система может включать положения по удовлетворению изготовителем, сборщиком или потребителем любых требований, превышающих минимальные требования данного Стандарта, и положения по контролю качества работы, выполненной не в соответствии с данным Стандартом. В подобных системах изготовитель сосудов или их деталей может вносить изменения в те их части, которые не влияют на требования Стандарта, без приемки их инспектором (см. KG-300). Перед внесением изменений представитель ASME должен признать приемлемыми изменения Систем качества изготовителей и сборщиков предохранительных клапанов, если эти изменения влияют на требования данного Стандарта.

Система, которой изготовитель или сборщик пользуется для удовлетворения требований этого Раздела, должна быть пригодна для их собственных целей. Область применения и детали данной Системы будут зависеть от сложности выполняемых работ¹ и размера и структуры организации изготовителя.² Письменное описание Системы, которую изготовитель или сборщик будет использовать при изготовлении изделий в соответствии с данным Стандартом, должно быть доступно для ознакомления. В зависимости от обстоятельств описание может быть кратким или полным.

Письменное описание может содержать информацию о патентованных технологических процессах изготовителя. Поэтому, Стандартом не требуется предоставления этой информации никому кроме

¹ Сложность выполняемых работ включает в себя такие факторы, как простота и сложность расчета, типы материалов и применяемых методов сварки, толщина материалов, типы неразрушающего контроля, а также применение термической обработки.

² Размеры и структура организации включают такие факторы, как количество рабочих, опыт персонала, количество изделий, производимых в соответствии со Стандартом, а так же коэффициенты, определяющие сложность работы в узком или широком диапазоне.

инспектора, или копия представителя ASME как указано в 2-123(c) и 2-124(c). Предполагается, что информация о Системе качества, изучаемая с целью оценки Системы, считается конфиденциальной и что все взятые описания будут возвращены изготовителю или сборщику после ее оценки.

2-110 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК, ВКЛЮЧАЕМЫХ В ОПИСАНИЕ СИСТЕМЫ КАЧЕСТВА

Ниже приводится руководство по определению некоторых характеристик, которые должны быть включены в описание Системы качества и которые равным образом применимы как для работ на производстве, так и для работ в полевых условиях.

(a) См. Статью KE-1.

(b) Сложность выполняемых работ включает в себя такие факторы, как простота и сложность расчета, типы материалов и применяемых методов сварки, толщина материалов, типы неразрушающего контроля, а также применение термической обработки.

(c) Размеры и структура организации изготовителя или сборщика включают такие факторы, как количество рабочих, опыт персонала, количество изделий, производимых в соответствии со Стандартом, а так же коэффициенты, определяющие сложность работы в узком или широком диапазоне.

2-111 ПОЛНОМОЧИЯ И ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

Полномочия и ответственность персонала, задействованного в Системе качества, должны быть четко установлены. Лица, осуществляющие контроль качества, должны иметь достаточные и четко определенные обязанности, полномочия и организационную независимость, чтобы идентифицировать проблемы контроля качества, инициировать, рекомендовать и принимать решения.

2-112 ОРГАНИЗАЦИОННАЯ СТРУКТУРА

Требуется организационная схема, показывающая взаимосвязь между управлением и техническим обеспечением, закупками, конструированием, производством, проверкой и контролем качества, чтобы отразить действительную существующую структуру. Целью такой схемы является определение различных организационных групп и функций, за которые эти группы несут ответственность. Стандарт не предназначен для того, чтобы лишать изготовителя или

сборщика права устанавливать, а время от времени и изменять любую организационную форму, которую изготовитель или сборщик считает подходящей для выполнения работ в соответствии с данным Стандартом.

2-113 КОНТРОЛЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЧЕРТЕЖЕЙ, РАСЧЕТОВ И ТЕХНИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ

Система качества, принятая изготовителем или сборщиком, должна предусматривать процедуры, которые гарантируют, что для производства, осмотра, проверки и испытания используются чертежи, расчеты, определения и инструкции, учитывающие последние изменения в соответствии с данным Стандартом. Система должна гарантировать, что в Технические нормы потребителя на проектирование и/или в Отчет изготовителя, если это необходимо, включены утвержденные изменения.

2-114 КОНТРОЛЬ ПРИМЕНЕНИЯ МАТЕРИАЛА

Изготовитель или сборщик должен располагать системой входного контроля, гарантирующей, что полученный материал надлежащим образом идентифицирован и сопровождается документами, включающими сертификат на материалы или отчеты испытаний материалов, чтобы удовлетворить требованиям данного Стандарта, оговоренным в заказе. Система контроля применения материала должна гарантировать, что в конструкции, выполненной в соответствии с данным Стандартом, используется только предназначенный для нее материал.

2-115 ПРОГРАММА КОНТРОЛЯ И ПРОВЕРКИ

Система качества, принятая изготовителем или сборщиком, должна достаточно полно описывать производственные операции, включая контроль, чтобы инспектор или представитель ASME могли определить, на какой стадии следует проводить установленные проверки.

2-116 ИСПРАВЛЕНИЕ НЕСООТВЕТСТВИЙ

Должна существовать система исправления несоответствий, согласованная с инспектором. Несоответствием является любое положение, которое не согласуется с применимыми правилами данного Раздела. Несоответствия должны быть исправлены или устранены каким-либо способом, иначе готовое изделие нельзя будет считать соответствующим требованиям данного Раздела.

2-117 СВАРКА

Система качества должна включать положения, указывающие, что сварка соответствует требованиям Секции IX, дополненным требованиями данного Раздела.

2-118 НЕРАЗРУШАЮЩИЙ КОНТРОЛЬ

Система качества должна включать положения, определяющие методы неразрушающего контроля, которые изготовитель или сборщик применяет с целью соответствия требованиям данного Раздела.

2-119 ТЕРМООБРАБОТКА

Система качества должна обеспечивать средства контроля, гарантирующие, что термическая обработка применяется в соответствии с правилами данного Раздела. Должны быть указаны средства, с помощью которых инспектор или представитель ASME может удостовериться в том, что данные требования Стандарта к термообработке выполняются. Такими средствами может быть проверка регистраций температурно-временных режимов печи или другие соответствующие методы.

2-120 КАЛИБРОВКА ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО И ИСПЫТАТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Изготовитель или сборщик должен располагать системой калибровки контрольного, измерительного и испытательного оборудования, используемого для выполнения требований данного Раздела.

2-121 ХРАНЕНИЕ ДОКУМЕНТАЦИИ

Изготовитель или сборщик должен располагать системой хранения отчетов и отчетной документации в соответствии с данным Разделом.

2-122 ОБРАЗЦЫ БЛАНКОВ

Образцы бланков, используемых в Системе качества, и подробные инструкции по их применению должны быть доступны для проверки. В письменном описании Системы должны быть сделаны необходимые ссылки на эти бланки.

2-123 ПРОВЕРКА СОСУДОВ И ИХ ДЕТАЛЕЙ

(a) Проверка сосудов и их деталей должна производиться инспектором, как указано в Статье KG-4.

(b) Описание Системы качества должно включать ссылку на инспектора.

(c) Изготовитель должен иметь на своем предприятии или на месте сборки действующую копию описания Системы качества, предъявляемую инспектору.

(d) Система качества изготовителя должна обеспечивать доступ инспектора к Техническим нормам потребителя на проектирование, к Отчету изготовителя о проекте и ко всем чертежам, расчетам, техническим условиям, процедурам, технологическим картам, ремонтным ведомостям, протоколам, результатам испытаний и любым другим документам, которые могут потребоваться инспектору для

выполнения своих обязанностей согласно данному Разделу. Изготовитель может обеспечить такой доступ путем предоставления ему своих файлов или передачей копий документов.

**2-124 ПРОВЕРКА ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНЫХ
 КЛАПАНОВ**

(a) Проверка предохранительных клапанов должна выполняться организацией, назначенной ASME, как описано в KR-331.

(b) Описание Системы качества должно включать ссылку на представителя ASME.

(c) Изготовитель или сборщик клапана должен предоставить представителю ASME на предприятии изготовителя или сборщика действующий экземпляр описания применяемой Системы качества.

(d) Система качества, принятая изготовителем или сборщиком, должна обеспечивать представителю ASME доступ к чертежам, расчетам, техническим условиям, процедурам, технологическим картам, ремонтным ведомостям и другим документам, необходимым для выполнения представителем своих обязанностей в соответствии с требованиями данного Раздела. Изготовитель может обеспечить такой доступ путем предоставления ему своих файлов или передачей копий документов.

ПРИЛОЖЕНИЕ 3 — ОБЯЗАТЕЛЬНОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ НА РАССМОТРЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ ВОПРОСОВ В КОМИТЕТ ПО КОТЛАМ И СОСУДАМ ДАВЛЕНИЯ

3-100 ВВЕДЕНИЕ

(a) Это Приложение содержит рекомендации для пользователей Стандарта по представлению технических запросов в Комитет. Дополнительные требования к запросам, касающимся добавления в Стандарт новых материалов, можно найти в рекомендациях по утверждению новых материалов по Стандарту по паровым котлам и сосудам давления, Секция II, Части С и D. Технические запросы включают запросы на пересмотр или внесение дополнений в правила Стандарта, запрос Положений и Интерпретаций Стандарта, как описано ниже.

(1) *Изменения Стандарта.* Изменения стандарта подразумевают наличие технологических разработок, удовлетворение административных требований, включение Положений стандарта или прояснение назначения Стандарта.

(2) *Положения стандарта.* Положения Стандарта представляют собой изменения или дополнения к существующим правилам Стандарта. Положения Стандарта написаны в форме вопросов и ответов и обычно позже включаются в сам Стандарт. Положения Стандарта устанавливают требования аналогично тексту Стандарта. Однако пользователям необходимо помнить о том, что не все органы или владельцы автоматически принимают положения Стандарта. Чаще всего положения Стандарта используются:

(a) для разрешения раннего использования одобренной редакции Стандарта в случае экстренной необходимости

(b) для разрешения использования нового материала для Стандарта

(c) для получения опыта использования нового материала или альтернативных правил до их непосредственного включения в Стандарт

(3) *Разъяснения стандарта.* Разъяснения Стандарта представляют собой разъяснения значения существующих правил Стандарта, также представленные в форме вопросов и ответов. Разъяснения не вводят каких-либо новых требований. В случаях, когда текст Стандарта не полностью отражает необходимое значение, а новая редакция Стандарта должна отражать интерпретации, издаются намеренные Разъяснения, а Стандарт пересматривается.

(b) Правила Стандарта, Положения Стандарта и Разъяснения Стандарта, установленные Комитетом, нельзя рассматривать как утверждение, рекомендацию,

подтверждение или одобрение какой-либо патентованной или специальной конструкции или как ограничение изготовителей, конструкторов или обладателей в выборе способа проектирования или формы конструкций, соответствующих правилам Стандарта.

(c) Запросы, не соответствующие положениям этого Приложения или не предоставляющие достаточной для полного понимания Комитетом информации, будут возвращены просителю без каких-либо действий.

3-200 ФОРМА ЗАПРОСА

Заявление должно включать:

(a) *Цель.* Выберите одну из следующих целей:

- (1) изменение существующих правил Стандарта
- (2) новые или дополнительные правила Стандарта
- (3) Положения стандарта.
- (4) Разъяснения стандарта.

(b) *Контекст.* Предоставьте Комитету информацию о части Стандарта, а именно Секции, Разделе, Редакции, Изменении, параграфах, рисунках и таблицах, изменения в которые Вы предлагаете внести. Предпочтительно представить копию частей Стандарта, на которые будут делаться ссылки.

(c) *Презентации.* Проситель может изъявить желание и быть приглашен участвовать в собрании Комитета для официальной презентации или ответов на вопросы членов Комитета по своему запросу. Участие в собрании Комитета производится за счет просителя. Участие или отсутствие просителя на собрании не должно являться причиной принятия или отказа в запросе со стороны Комитета.

3-300 ВНЕСЕНИЕ ИЗМЕНЕНИЙ ИЛИ ДОПОЛНЕНИЙ В СТАНДАРТ

Запросы на пересмотр Стандарта и дополнения к нему должны содержать следующее:

(a) *Предлагаемые Редакции или Изменения.* В случае редакции определите правила Стандарта, которые требуют пересмотра и представьте копию соответствующих правил в том виде, в котором они представлены в Стандарте с пометкой о предлагаемом пересмотре. В случае дополнений предоставьте рекомендуемый текст с ссылкой на место в правилах действующего Стандарта.

(b) *Обоснование необходимости.* Приводится краткое обоснование необходимости внесения изменения (-ий) или дополнения (-ий).

(c) *Справочная информация.* Приводятся предпосылки внесения изменения (-ий) или дополнения (-ий) в Стандарт, включая любые данные или изменения в технологии, которые служат основанием для запроса и которые позволят Комитету адекватно оценить предлагаемые изменения или дополнения. Необходимо также представить имеющиеся отношения к вопросу эскизы, рисунки, таблицы и графики. Если это необходимо, следует указать все параграфы Стандарта, которые могут быть затронуты при пересмотре действующих положений и внесении дополнений, а также все параграфы, содержащие ссылки на измененные или дополненные параграфы.

3-400 ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ К СТАНДАРТУ

Запросы, касающиеся Положений Стандарта, должны содержать Утверждение о необходимости и контекст, подобно тому, как указано в 3-300(b) и 3-300(c) соответственно для пересмотра или дополнений. Должна быть указана срочность Положений Стандарта (например, проект находится на этапе реализации или этот этап является следующим, новая процедура и т. д.), также должно быть получено подтверждение о том, что запрос касается оборудования, которое будет сертифицировано на соответствие с ASME за исключением применения Секции XI. Предлагаемые Положения Стандарта должны содержать указания на Секцию и Раздел Стандарта и должны быть представлены в форме *Вопроса* и *Ответа* в форме, аналогичной представленной в действующих Положениях Стандарта. В запросах на Положения Стандарта также должны быть указаны используемые Редакции и Изменения Стандарта, к которым относятся эти Положения.

3-500 ТОЛКОВАНИЯ СТАНДАРТА

(a) Запросы на Разъяснения Стандарта должны содержать следующее:

(1) *Запрос.* Представьте ясный и краткий вопрос, опуская излишнюю контекстуальную информацию и по возможности предполагающий ответ «да» или «нет» и возможно краткие пояснения. Вопрос должен быть правильным с технической и редакторской точки зрения.

(2) *Ответ.* Предоставьте предполагаемый ясный и точный *Ответ* на вопрос. Предпочтительно, чтобы

ответ был «да» или «нет», возможны краткие комментарии.

(3) *Контекст.* Предоставьте любую информацию, касающуюся контекста, которая поможет Комитету в понимании предлагаемого *Вопроса* и *Ответа*.

(b) Запросы на Разъяснение Стандарта должны быть ограничены разъяснением конкретного требования Стандарта или Положения Стандарта. Комитет не может принимать такие справочные запросы как-то:

(1) рассмотрение расчетов, проектных чертежей, квалификационной оценки сварки или описания оборудования или его частей для определения соответствия требованиям Стандарта;

(2) запрос на оказание содействия в выполнении предписанных Стандартом функций касающихся выбора материала, проекта, расчетов, изготовления, проверки, испытания давления или установки и не только;

(3) запрос, касающийся обоснования требований Стандарта.

3-600 ПРЕДСТАВЛЕНИЯ

Представления, предполагающие рассмотрение Комитетом, должны удовлетворять следующим требованиям:

(a) *Представление.* Запросы от пользователей Стандарта должны быть изложены на английском языке предпочтительно в печатной форме; однако рукописные запросы также рассматриваются. Запросы должны содержать имя, адрес, номер телефона, номер факса и адрес электронной почты, если таковой имеется, просителя и должны направляться по следующему адресу:

Секретарю
ASME Boiler and Pressure Vessel Committee
Three Park Avenue
New York, NY 10016-5990.

Как альтернатива запросы могут быть направлены по следующему электронному адресу:

SecretaryBPV@asme.org.

(b) *Ответ.* Секретарь Комитета по паровым котлам и сосудам давления ASME или соответствующего подкомитета подтвердит получение правильно подготовленного запроса и передаст письменный ответ просителю после рассмотрения запроса Комитетом.

ПРИЛОЖЕНИЕ 4 — ОБЯЗАТЕЛЬНОЕ ПРИЗНАНИЕ ИСПЫТАТЕЛЬНЫХ ЛАБОРАТОРИЙ И УПОЛНОМОЧЕННЫХ НАБЛЮДАТЕЛЕЙ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ СЕРТИФИКАЦИОННЫХ ИСПЫТАНИЙ НА ПРОПУСКНУЮ СПОСОБНОСТЬ ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНЫХ КЛАПАНОВ

4-100 ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

В этих правилах рассматриваются требования к признанию испытательных лабораторий и уполномоченных наблюдателей ASME для проведения сертификационных испытаний на пропускную способность предохранительных клапанов.

4-200 ИСПЫТАТЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И НАДЗОР

Испытания должны проводиться там, где испытательное оборудование, методы и процедуры испытаний, а также лица, контролирующие испытания (уполномоченный наблюдатель) удовлетворяют соответствующим требованиям ASME PTC 25. Испытания должны проводиться под надзором уполномоченного наблюдателя, который удостоверяет их результаты. Испытательное оборудование, методы, процедуры и результаты аттестации уполномоченного наблюдателя должны утверждаться Американским обществом инженеров-механиков (ASME) по рекомендации представителя организации, назначенной ASME. Результаты приемки испытательного оборудования подлежат пересмотру каждые пять лет. Испытательная лаборатория должна иметь в качестве справочного материала экземпляр документа ASME PTC 25 и данный Раздел.

4-300 ПРИЕМКА ИСПЫТАТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Перед выдачей рекомендации Комитету ASME по котлам и сосудам давления, касающейся допустимости применения испытательного оборудования, представитель организации, указанной ASME, должен изучить Систему качества и испытательное оборудование заявителя, а также присутствовать при проведении испытаний. Чтобы Комитет получил положительную рекомендацию, испытательное оборудование должно отвечать всем соответствующим требованиям ASME PTC 25.

Погрешность конечных результатов измерения потока не должна превышать $\pm 2\%$. Для установления погрешности конечных результатов измерения потока результаты гидравлических испытаний изделия, полученные в испытательной лаборатории заявителя, сравнивают с результатами гидравлических испытаний

того же изделия, полученными в указанной испытательной лаборатории, признанной ASME.

4-400 СИСТЕМА КАЧЕСТВА

Заявитель должен подготовить Руководство по качеству, в котором дается описание его Системы качества, четко устанавливающей полномочия и обязанности лиц, ответственных за Систему качества. В Руководство следует включить описание испытательного оборудования, порядка проведения испытаний, ограничений по давлению, размерам и пропускной способности, а также применяемой при испытаниях среды. Для отражения фактической организации необходима организационная схема, показывающая взаимосвязь между сотрудниками лаборатории.

Руководство по качеству должно содержать, как минимум, соответствующие требования данного Раздела и документа ASME PTC 25, включая, но, не ограничиваясь описанием Руководства по качеству и управления документацией, процедуры проведения испытаний, методов расчета результатов испытаний, методов калибровки контрольно-измерительных приборов и образцовых средств измерения с указанием частоты проведения калибровки, а также описанием методов идентификации и устранения несоответствий. Необходимо также включить образцы бланков. Если имеются ссылки на технические условия, касающиеся методов проведения испытаний, или на другие аналогичные документы, в Руководстве по качеству должны быть описаны методы их утверждения и контроля.

4-500 ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ ИСПЫТАНИЙ

(а) Испытания потока должны проводиться на оборудовании заявителя, включая испытания одного и более клапанов и других устройств, пропускающих поток (сопловое отверстие или иной объект с постоянным протоком) в соответствии со способами, определенными данным Разделом и документом ASME PTC 25. Возможности указанной испытательной лаборатории, признанной ASME, в части возможности измерения потока и давления должны соответствовать диапазонам потока и давления

испытываемого устройства. Результаты испытаний потоком устройств, выполненные при низких значениях давления, не должны экстраполироваться для высоких значений давления. Представитель организации, указанной ASME, наблюдает за процедурами и методами испытаний и за регистрацией результатов.

(b) Разрывные диски могут сертифицироваться на разрывное давление при условии, что испытательный стенд обладает достаточным объемом, обеспечивающим полный разрыв. Коэффициент потока (C_D , K , L_{EQ} , процент открытой области) может быть установлен при низких значениях давления с использованием любой подходящей жидкости.

(c) Для предохранительных клапанов, предназначенных для использования с разгрузкой сверхкритических жидкостей в критической точке или выше нее, испытания должны производиться и с жидкостью, и с паром. Указанная испытательная лаборатория, признанная ASME, должна измерять подъем штока при заявленной пропускной способности и для жидкости, и для пара, и отчитываться в результатах измерений.

Если вышеупомянутые испытания найдены приемлемыми, представитель организации, указанной

ASME, направит в ASME отчет с рекомендацией признать лабораторию как способную проводить сертификационные испытания на пропускную способность. Если положительная рекомендация не может быть дана, представитель организации, указанной ASME, должен в письменной форме изложить Обществу причины такого решения.

4-600 УПОЛНОМОЧЕННЫЕ НАБЛЮДАТЕЛИ

Представитель организации, указанной ASME, должен изучить и оценить опыт и квалификацию лиц, желающих стать уполномоченными наблюдателями. После изучения и оценки представитель организации, указанной ASME, должен подготовить отчет для Общества. Если положительная рекомендация не может быть дана, в отчете должно быть подробно обосновано такое решение.

Лица, назначенные Комитетом ASME по котлам и сосудам давления уполномоченными наблюдателями, должны следить за сертификационными испытаниями на пропускную способность клапанов только на испытательном оборудовании, указанном Комитетом.

ПРИЛОЖЕНИЕ 5 — ОБЯЗАТЕЛЬНОЕ КЛЕЕВОЕ ЗАКРЕПЛЕНИЕ ТАБЛИЧЕК

5-100 ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

(a) В правилах данного Приложения рассматриваются минимальные требования по применению клеевых составов закрепления табличек, со следующими ограничениями:

(1) используются акриловые клеи, клеящие при надавливании, заранее подготовленные изготовителем табличек в виде слоев с номинальной толщиной 0,005 дюйма (0,13 мм) и защищенных устойчивым к воздействию влаги покрытием;

(2) используются на сосудах, имеющих расчетную температуру в диапазоне от -40 до 300 °F (от -40 до 150 °C) включительно;

(3) применяются на чистых, непокрытых поверхностях металла, причем особое внимание должно быть уделено удалению состава, препятствующего разбрызгиванию металла при сварке, который может содержать кремний;

(4) применяются методы наложения, прошедшие предварительную квалификацию согласно описанию в 5-200;

(5) заранее нанесенный клей применяется в течение 2 лет с момента нанесения.

5-200 ПРИМЕНЕНИЕ ТАБЛИЧЕК КВАЛИФИКАЦИЯ МЕТОДА

(a) Система качества Изготовителя (см. Приложение 2) должна устанавливать, что метод закрепления таблички с нанесенным на нее с тыльной стороны слоем клея, приемлемый для инспектора, должен быть разработан и квалифицирован в письменном виде.

(b) Квалификация метода закрепления таблички должна охватывать следующие существенные факторы, учитывая при этом рекомендации изготовителя в отношении клея и табличек, если они имеются:

(1) описание применяемого акрилового клеевого состава, клеящего при надавливании, включая его основной состав;

(2) диапазон температуры для проведения квалификации (испытательная температура в холодном ящике должна быть равна -40 °F (-40 °C) для всех случаев применения);

(3) материалы таблички и подложки, если среднее значение коэффициента теплового расширения при расчетной температуре для одного из материалов составляет менее 85 % от значения этой величины для другого материала;

(4) чистовую обработку поверхностей таблички и подложки;

(5) номинальную толщину и модуль упругости фирменной таблички при температуре наложения, если применяется предварительное формование таблички. Изменение, превышающее 25 % следующей величины: [(номинальная толщина таблички)² × модуль эластичности таблички при температуре наложения] требуют проведения повторной квалификации;

(6) оцененный диапазон комбинаций предварительно отформованной таблички и контура соответствующей подложки, если используется предварительное формование;

(7) требование к очистке подложки;

(8) диапазон температуры наложения и способ приложения давления при наложении таблички;

(9) этапы наложения и меры предосторожности.

(c) Каждая процедура, применяемая для закрепления фирменных табличек с помощью акриловых клеевых составов, клеящих при надавливании, должна оцениваться на воздействие внешней среды согласно Стандарту UL-969 «Системы маркировки и нанесения этикеток» при соблюдении следующих дополнительных требований:

(1) ширина полосы для испытаний таблички не должна быть меньше 1 дюйма;

(2) средняя клеящая способность табличек должна быть не меньше 8 фунтов/дюйм (1,4 Н/мм) после всех возможных воздействий окружающей среды, включая низкие температуры;

(d) любое изменение положений 5-200(b) требует проведения повторной квалификации;

(e) на каждой партии или упаковке табличек должны быть указаны даты нанесения клея.

ПРИЛОЖЕНИЕ 6 — ОБЯЗАТЕЛЬНОЕ КАРТЫ СКРУГЛЕННЫХ ИНДИКАТОРНЫХ СЛЕДОВ. СТАНДАРТ НА УСЛОВИЯ ПРИЕМКИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЯЕМЫХ РЕНТГЕНОГРАФИЧЕСКИМ МЕТОДОМ СКРУГЛЕННЫХ ИНДИКАТОРНЫХ СЛЕДОВ В СВАРНЫХ ШВАХ

6-100 ПРИМЕНИМОСТЬ ДАННЫХ СТАНДАРТОВ

Данные стандарты применимы к ферритным и аустенитным сталям, а также к цветным материалам, в тех случаях, когда требуется проведение рентгенографического контроля.

6-110 ТЕРМИНОЛОГИЯ

(a) *Скругленные индикаторные следы.* Индикаторные следы с максимальной длиной, равной трехкратной ширине или менее, на рентгенографическом снимке определяются как скругленные индикаторные следы. Скругленные индикаторные следы могут иметь круглую, эллиптическую, коническую или неправильную форму и могут иметь «хвосты». При оценке размеров следа следует учитывать и «хвост». Индикаторный след может появляться от любого изъяна в сварочном шве, например от пористости, шлаковых включений или включений вольфрама.

(b) *Спрявленные индикаторные следы.* Последовательность из четырех и более скругленных индикаторных следов можно рассматривать как спрявленную, если они находятся на линии, параллельной отрезку сварного шва, проведенного через центры двух крайних скругленных индикаторных следов.

(c) *Толщина t .* t является толщиной шва, исключая любые допускаемые усиления. В случае, когда стыковым сварным швом соединяется два элемента, имеющих разную толщину в месте сварки, за толщину t принимают меньшее из двух значений толщины. Если сварной шов с полным проплавлением включает в себя угловой сварной шов, то толщина углового сварного шва должна быть включена в t .

6-120 КРИТЕРИИ ПРИЕМКИ

(a) *Плотность изображения.* В пределах изображения одного индикаторного следа плотность его изображения может меняться, и не является условием приемки или отбраковки.

(b) *Существенные индикаторные следы (примеры см. в Таблице КЕ-332).* Следует рассматривать только те скругленные следы, которые превышают приведенные ниже размеры.

- (1) $\frac{1}{10}t$ для t менее $\frac{1}{8}$ дюйма (3,2 мм);
- (2) $\frac{1}{64}$ дюйма (0,4 мм) для t от $\frac{1}{8}$ дюйма (3,2 мм) до $\frac{1}{4}$ дюйма (6 мм), включительно;
- (3) $\frac{1}{32}$ дюйма (0,8 мм) для t более $\frac{1}{4}$ дюйма (6 мм) до 2 дюймов (50 мм), включительно;
- (4) $\frac{1}{16}$ дюйма (1,6 мм) для t более 2 дюймов (50 мм).

(c) *Максимальный размер скругленных индикаторных следов (Примеры см. в Таблице КЕ-332).* Максимально допустимый размер любого индикаторного следа должен быть или $\frac{1}{4}t$ или $\frac{5}{32}$ дюйма (4 мм), что меньше,

исключая случай, когда отдельный индикаторный след находится отдельно от группы индикаторных следов на расстоянии 1 дюйма (25 мм) или более, тогда его размер может быть $\frac{1}{3}t$ или $\frac{1}{4}$ дюйма (6 мм), что меньше. Когда t более 2 дюймов (50 мм), максимально допустимый размер отдельного следа должен быть увеличен до $\frac{3}{8}$ дюйма (10 мм).

(d) *Выстроенные в линию скругленные индикаторные следы.* Выстроенные в линию скругленные индикаторные следы приемлемы для рассмотрения, если на отрезке сварного шва длиной $12t$ сумма диаметров индикаторных следов меньше, чем t (см. Рис. 6-1). Длина совокупности выстроенных в линию скругленных индикаторных следов и расстояния между ними должны соответствовать требованиям Рис. 6-2.

(e) *Расстояние.* Расстояние между выстроенными в линию скругленными индикаторными следами не является фактором, определяющим приемку или отбраковку, за исключением случаев с отдельными индикаторными следами или группами спрявленных индикаторных следов.

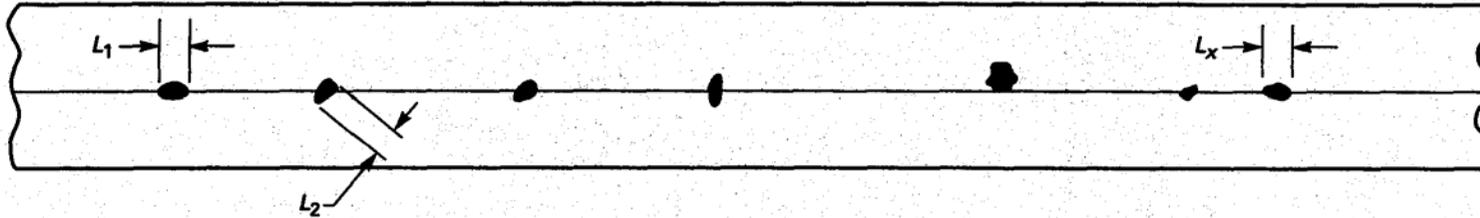
(f) *Карты скругленных индикаторных следов.* Скругленные индикаторные следы, определенные на рентгенографической пленке, не должны превышать размеры, указанные на картах.

На картах, представленных на Рис. 6-3, показаны различные типы разбитых на группы, случайным образом расположенных и скопленных скругленных индикаторных следов для сварных швов различной толщины, превышающих $\frac{1}{8}$ дюйма (3,2 мм). На данных картах указаны максимальные предельные значения размеров, приемлемых для скругленных индикаторных следов.

Карта для каждого диапазона толщины представляет собой в натуральную величину 6 дюймовые (150 мм) рентгенографические ленты, и они не должны ни увеличиваться, ни уменьшаться. Показанные схемы расположения не должны обязательно встретиться на рентгенографическом снимке, но они типичны для допустимых концентраций и размеров индикаторных следов.

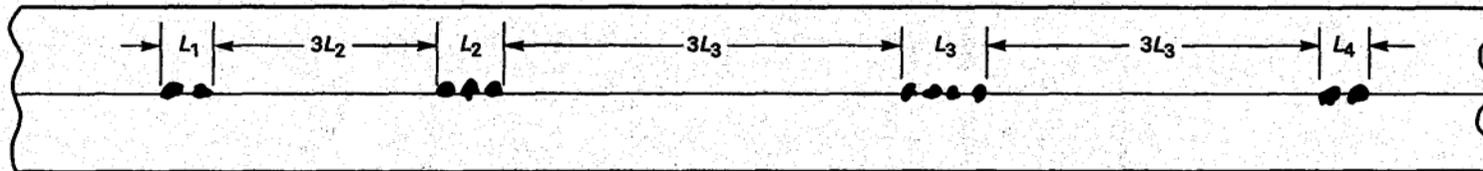
(g) *Скопление индикаторных следов.* Иллюстрации для скопления индикаторных следов показывают в четыре раза больше следов на одном участке, чем представлено на иллюстрациях для случайно разбросанных следов. Протяженность приемлемого скопления следов не должна превышать меньшее из двух значений: Длина протяженности принимаемого для рассмотрения скопления следов не должна превышать меньшее из двух значений: 1 дюйм (25 мм) или $2t$. Там, где представлено более одного скопления следов, сумма протяженностей этих скоплений не должна превышать 1 дюйма (25 мм) на сварном шве длиной 6 дюймов (150 мм).

РИС. 6-1 ВЫСТРОЕННЫЕ В ЛИНИЮ СКРУГЛЕННЫЕ ИНДИКАТОРНЫЕ СЛЕДЫ



Сумма длин с L_1 по L_x должна быть меньше t на участке сварного шва длиной $12t$.

РИС. 6-2 ГРУППЫ ВЫСТРОЕННЫХ В ЛИНИЮ СКРУГЛЕННЫХ ИНДИКАТОРНЫХ СЛЕДОВ



Сумма длин протяженностей групп должна быть меньше t на участке длиной $12t$.

Максимальная протяженность группы

$L = \frac{1}{4}$ дюйма (6 мм) для t меньше $\frac{3}{4}$ дюйма (19 мм)

$L = \frac{1}{3t}$ для $t \frac{3}{4}$ дюйма (19 мм) – $2\frac{1}{4}$ дюйма (57 мм)

$L = \frac{3}{4}$ дюйма (19 мм) для t больше $2\frac{1}{4}$ дюйма (57 мм)

Минимальное расстояние между группами

$3L$, где L – длина самой длинной соседней группы, подлежащей оценке

РИС. 6-3.1 КАРТЫ ДЛЯ t ОТ $1/8$ дюйма (3 мм) ДО $1/4$ дюйма (6 мм), ВКЛЮЧИТЕЛЬНО

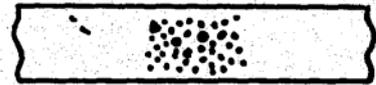


СКРУГЛЕННЫЕ ИНДИКАТОРНЫЕ СЛЕДЫ, РАСПОЛОЖЕННЫЕ СЛУЧАЙНЫМ ОБРАЗОМ

Типичные допустимые концентрация и размеры
на любой 6-дюймовой (150 мм) длине сварного шва



ОТДЕЛЬНО РАСПОЛОЖЕННЫЙ ИНДИКАТОРНЫЙ СЛЕД
Максимальный размер согласно Таблице KE-332



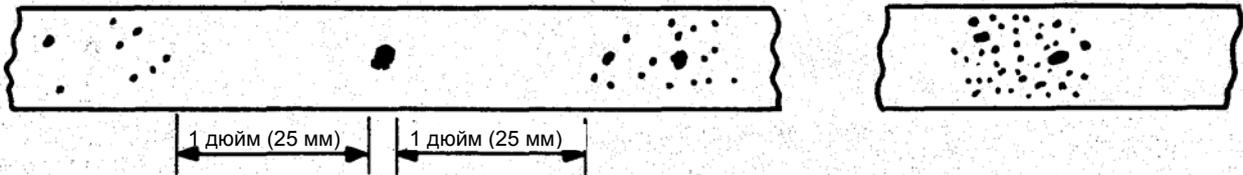
СКОПЛЕНИЕ

РИС. 6-3.2 КАРТЫ ДЛЯ t ОТ $\frac{1}{4}$ дюйма (6 мм) ДО $\frac{3}{8}$ дюйма (10 мм), ВКЛЮЧИТЕЛЬНО



СКРУГЛЕННЫЕ ИНДИКАТОРНЫЕ СЛЕДЫ, РАСПОЛОЖЕННЫЕ СЛУЧАЙНЫМ ОБРАЗОМ

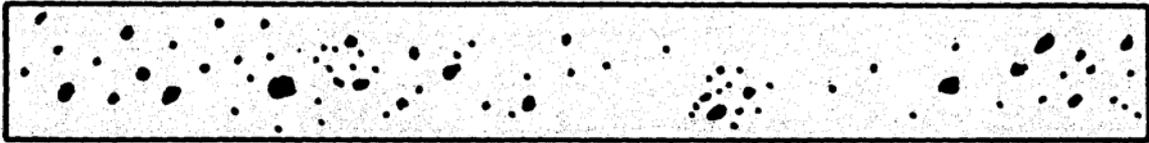
Типичные допустимые концентрация и размеры
на любой 6-дюймовой (150 мм) длине сварного шва.



ОТДЕЛЬНО РАСПОЛОЖЕННЫЙ ИНДИКАТОРНЫЙ СЛЕД
Максимальный размер по Табл. КЕ-332.

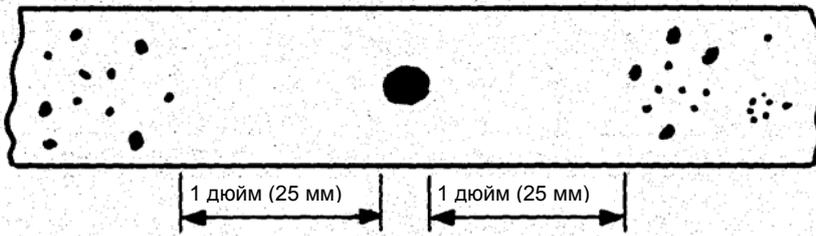
СКОПЛЕНИЕ

РИС. 6-3.3 КАРТЫ ДЛЯ t ОТ $\frac{3}{8}$ дюйма (10 мм) ДО $\frac{3}{4}$ дюйма (19 мм), ВКЛЮЧИТЕЛЬНО

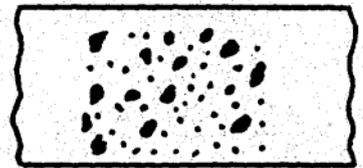


СКРУГЛЕННЫЕ ИНДИКАТОРНЫЕ СЛЕДЫ, РАСПОЛОЖЕННЫЕ СЛУЧАЙНЫМ ОБРАЗОМ

Типичные допустимые концентрация и размеры
на любой 6-дюймовой (150 мм) длине сварного шва.

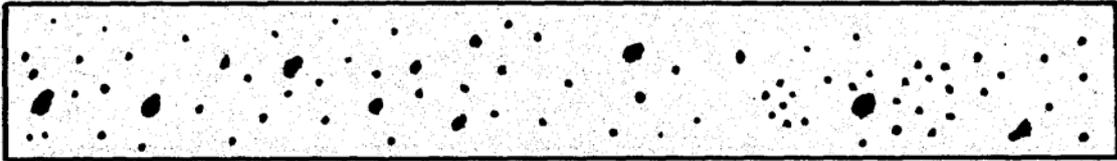


ОТДЕЛЬНО РАСПОЛОЖЕННЫЙ ИНДИКАТОРНЫЙ СЛЕД
Максимальный размер по Таблице KE-332.



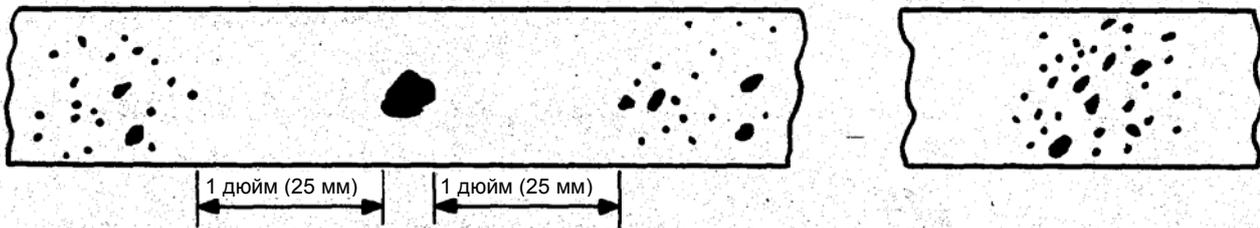
СКОПЛЕНИЕ

РИС. 6-3.4 КАРТЫ ДЛЯ t ОТ $\frac{3}{4}$ дюйма (19 мм) ДО 2 дюймов (50 мм), ВКЛЮЧИТЕЛЬНО



СКРУГЛЕННЫЕ ИНДИКАТОРНЫЕ СЛЕДЫ, РАСПОЛОЖЕННЫЕ СЛУЧАЙНЫМ ОБРАЗОМ

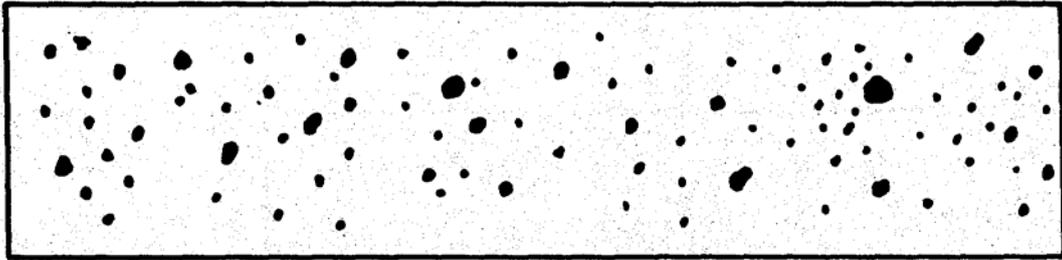
Типичные допустимые концентрация и размеры
на любой 6-дюймовой (150 мм) длине сварного шва.



ОТДЕЛЬНО РАСПОЛОЖЕННЫЙ ИНДИКАТОРНЫЙ СЛЕД
Максимальный размер по Таблице KE-332.

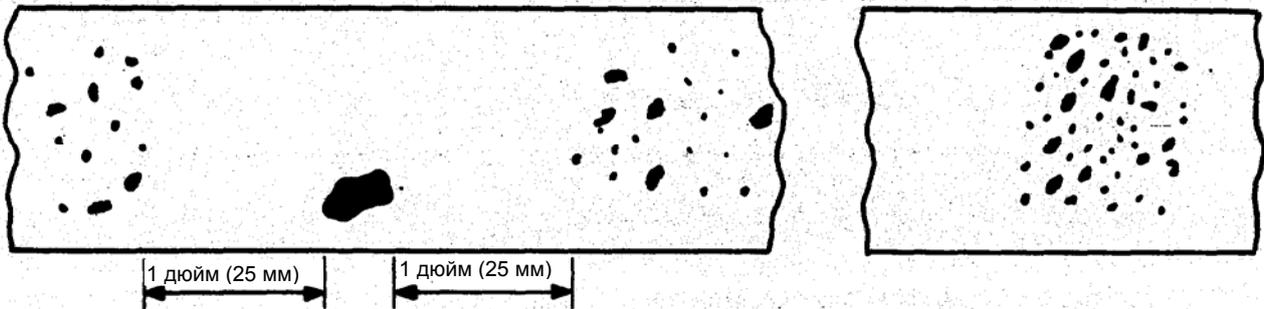
СКОПЛЕНИЕ

РИС. 6-3.5 КАРТЫ ДЛЯ t ОТ 2 дюймов (50 мм) ДО 4 дюймов (100 мм), ВКЛЮЧИТЕЛЬНО



СКРУГЛЕННЫЕ ИНДИКАТОРНЫЕ СЛЕДЫ, РАСПОЛОЖЕННЫЕ СЛУЧАЙНЫМ ОБРАЗОМ

Типичные допустимые концентрация и размеры
на любой 6-дюймовой (150 мм) длине сварного шва.



ОТДЕЛЬНО РАСПОЛОЖЕННЫЙ ИНДИКАТОРНЫЙ СЛЕД
Максимальный размер по Таблице KE-332.

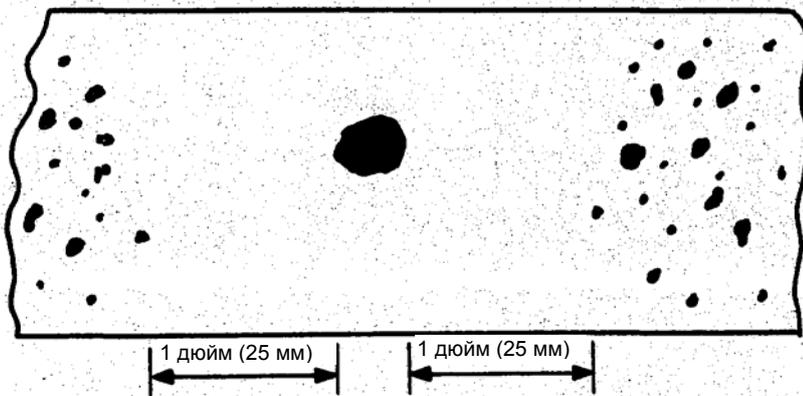
СКОПЛЕНИЕ

РИС. 6-3.6 КАРТЫ ДЛЯ ЗНАЧЕНИЯ t БОЛЕЕ 4 дюймов (100мм)

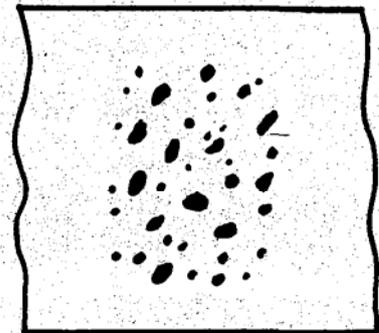


СКРУГЛЕННЫЕ ИНДИКАТОРНЫЕ СЛЕДЫ, РАСПОЛОЖЕННЫЕ СЛУЧАЙНЫМ ОБРАЗОМ

Типичные допустимые концентрация и размеры
на любой 6-дюймовой (150 мм) длине сварного шва.



ОТДЕЛЬНО РАСПОЛОЖЕННЫЙ ИНДИКАТОРНЫЙ СЛЕД
Максимальный размер по Таблице KE-332.



СКОПЛЕНИЕ

ПРИЛОЖЕНИЕ 7 — ОБЯЗАТЕЛЬНОЕ СТАНДАРТНЫЕ ЕДИНИЦЫ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ФОРМУЛАХ

**ТАБЛИЦА 7.1
СТАНДАРТНЫЕ ЕДИНИЦЫ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ФОРМУЛАХ**

Количество	Единицы традиционной американской системы	Единицы системы СИ
Линейные размеры (например, длина, высота, толщина, радиус, диаметр)	дюймы (д)	миллиметры (мм)
Площадь	квадратные дюймы (д ²)	квадратные миллиметры (мм ²)
Объем	кубические дюймы (д ³)	кубические миллиметры (мм ³)
Момент сопротивления	кубические дюймы (д ³)	кубические миллиметры (мм ³)
Момент инерции	дюймы ⁴ (д ⁴)	миллиметры ⁴ (мм ⁴)
Масса (вес)	фунты массы (lbm)	килограммы (кг)
Сила (нагрузка)	фунты силы (lbf)	Ньютоны (Н)
Момент изгиба	дюймы фунты (д-ф)	Ньютон-миллиметры (Н-мм)
Давление, напряжение, интенсивность напряжения, модуль упругости	фунты/квадратный дюйм (psi)	Мегапаскали (МПа)
Энергия (например, величины ударных испытаний по Шарпи)	футо-фунты (ft-lb)	Джоули (Дж)
Температура	градусов Фаренгейта (°F)	градусов Цельсия (°C)
Абсолютная температура	Ренкин (R)	Кельвины (K)
Вязкость разрушения	Тыс. фунтов кв. корень дюймов (ksi √д)	МПа кв. корень метров (MPa√m)
Угол	Градусы или радианы	Градусы или радианы
Производительность котла	БТЕ/ч	Ватты (Вт)

НЕОБЯЗАТЕЛЬНЫЕ ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ А — НЕОБЯЗАТЕЛЬНОЕ РУКОВОДСТВО ПО СОСТАВЛЕНИЮ ОТЧЕТОВ ИЗГОТОВИТЕЛЯ

A-100 ВВЕДЕНИЕ

(a) Инструкции, содержащиеся в данном Приложении, дают руководящие указания общего характера Изготовителю при подготовке им Отчетов в соответствии с требованиями KS-300.

(b) Отчеты Изготовителя, составляемые в соответствии с требованиями данного Раздела, используются лишь в рамках данного Раздела. Они не предназначены для использования в случае особого изготовления, которое требует и для которого необходимо получить разрешение юридических органов в соответствии с законами, правилами и положениями соответствующего штата, провинции или муниципалитета, в котором данный сосуд будет установлен.

(c) Инструкции по составлению Отчетов обозначены выделенными жирным шрифтом номерами (примечание редактора), соответствующими номерам на образцах форм, приведенным в данном Приложении (см. формы K-1, K-2 и K-3 и Таблицу A-100.1).

(d) В том случае, если требуется больше места, чем предусмотрено формой для какого-либо пункта, впишите слова «См. Примечания», а затем внесите информацию в поле «Примечания» или «Дополнение».

(e) Данные Отчеты не предусмотрены для того, чтобы заменить требуемый Отчет Изготовителя о проекте (KG-323) или Отчет Изготовителя по конструкции (KG-325). Данные Отчеты предназначены для использования Изготовителем и Инспектором с целью идентификации сосуда, исправления отчетных документов, сертификации соответствия с данным Разделом, а также с Техническими нормами потребителя на проектирование.

(f) Любые величины, для которых применяются единицы измерения, должны заноситься в Отчет Изготовителя в выбранных единицах измерения.

ФОРМА К-1 ОТЧЕТ ИЗГОТОВИТЕЛЯ ДЛЯ СОСУДОВ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ
В соответствии с положениями Стандарта ASME по котлам и сосудам давления, Секция VIII, Раздел 3

1. Изготовлен и сертифицирован _____^①
(Наименование и адрес Изготовителя)
2. Изготовлен для _____^②
(Наименование и адрес покупателя)
3. Местоположение установки _____^③
(Наименование и адрес)
4. Тип _____^④ _____^⑤ _____^⑥ _____^⑦
(Горизонтально/вертикально) (Серийный № Изготовителя) (Канадский регистрац. №) (Регистрац. № Национального Совета) (Год изготовления)
 Чертеж № _____^⑧ Подготовлен _____^⑨
5. Тех. нормы потребителя на проектирование в деле _____^⑩
 Сертифицирован _____^⑩ Состояние _____^⑪ Регистрационный № _____
6. Отчет Изготовителя о проекте в деле _____^⑩
 Сертифицирован _____^⑩ Состояние _____^⑪ Регистрационный № _____
7. Материал _____^⑫ Испытан на ударное напряжение _____
8. Стандарт ASME по котлам и сосудам давления, Секция VIII, Раздел 3 _____^⑬ _____^⑬ _____^⑭
(Год) (Дата Дополнения) (Технические решения к Стандарту №)
9. Обслуживание _____^⑮
10. Ограничения и предупреждения _____^⑯ _____^⑰
 _____^⑱ температурные циклы _____
11. Конструкция _____^⑲ _____^⑳ _____^㉑ _____^㉒ _____^㉓
 Способ предварительного напряжения _____^㉔
12. Размер и конфигурация _____^㉕ _____^㉖ _____^㉗ _____^㉘
(Внутренний диаметр) (Длина) (Толщина) (Цилиндрический, сферический, другой)
13. Опора и крепления _____^㉘
14. Расчетное давление _____^㉙ при соответствующей максим. температуре металла _____^㉚
 Максимальная температура металла _____^㉛ при _____^㉜
 Минимальная расчетная температура металла _____^㉝ при _____^㉞
15. Испытательное давление _____^㉟ _____^㊱ при _____^㊲
(Пневмо/гидро/комбинированный)
 Производится в _____^㊳ _____^㊴ положении _____^㊵
(Горизонт./вертик.) [Жидкость(и), используемая при испытании]
16. Закрытия _____^㊶
(Описать)
17. Соединения или положения для защиты от чрезмерного давления _____^㊷

(09/06)

ФОРМА К-1 (Обратная сторона)

18. Патрубки и соединения

Назначение (Вход, выход, дренаж)	Измеряемые величины	Диаметр или размер	Тип	Материал	Номинальная толщина	Материал усиления	Способ закрепления	Местоположение
(34) (35) (36)		(35)	(35/37)	(12)	(27)			(36)

19. Отчеты Изготовителя о деталях, должным образом идентифицированные и подписанные уполномоченными инспекторами, представлены для следующих пунктов Отчета: 38

20. Примечания: 16

39

СЕРТИФИКАТ СООТВЕТСТВИЯ ПРЕДПРИЯТИЯ

Данным удостоверяется, что положения данного документа верны, и что все детали конструкции, используемый материал и качество изготовления данного сосуда соответствуют Стандарту ASME по котлам и сосудам давления, Секция VIII, Раздел 3.

U3 Свидетельство о признании № _____ действительно до _____.

Дата _____ Имя _____ (Изготовитель) _____ (Представитель)

40

СЕРТИФИКАТ ЦЕХОВОГО КОНТРОЛЯ

Я, нижеподписавшийся, имеющий официальное поручение Национального Совета инспекторов по котлам и сосудам давления и/или штата или провинции _____ и являющийся сотрудником _____

произвел проверку сосуда давления, описанного в данном Отчете Изготовителя _____, и со всей ответственностью утверждаю, что Изготовитель изготовил данную деталь в соответствии со Стандартом ASME, Секция VIII, Раздел 3. Подписав настоящий Сертификат, ни инспектор, ни его работодатель не дают никакой гарантии – ни конкретно выраженной, ни подразумеваемой – в отношении сосуда давления, описанного в данном Отчете Изготовителя. Кроме того, ни инспектор, ни его работодатель не несут никакой ответственности за какой бы то ни было личный вред или ущерб, нанесенный имуществу, или любого рода убытки, вызванные данной проверкой или связанные с ней.

Дата _____ Подписан _____ (Уполномоченный инспектор) _____ Комиссия _____ [Нац. Совет (вкл. подтверждение, штат, пров. и №)]

39

СЕРТИФИКАТ СООТВЕТСТВИЯ СБОРКИ НА ОБЪЕКТЕ

Данным удостоверяется, что сборка на объекте всех деталей данного сосуда соответствует требованиям Секции VIII, Раздела 3 Стандарта ASME по котлам и сосудам давления.

U3 Свидетельство о признании № _____ действителен до _____.

Дата _____ Имя _____ (Сборщик, который сертифицировал и производил сборку на объекте) _____ (Представитель)

42

СЕРТИФИКАТ ПРОВЕРКИ СБОРКИ НА ОБЪЕКТЕ

Я, нижеподписавшийся, имеющий официальное поручение Национального Совета инспекторов по котлам и сосудам давления и/или штата или провинции _____ и являющийся сотрудником _____

произвел сравнение положений данного Отчета Изготовителя с описанием данного сосуда давления и утверждаю, что детали, именуемые как «данные изделия», _____ не включенные в Сертификат проверки цехового контроля, были мной проверены, и я со всей ответственностью утверждаю, что Изготовитель изготовил и произвел сборку данной детали в соответствии со Стандартом ASME, Секция VIII, Раздел 3. Описанный сосуд был проверен и прошел гидростатические испытания _____ 42 _____ Подписав настоящий Сертификат, ни инспектор, ни его работодатель не дают никакой гарантии – ни конкретно выраженной, ни подразумеваемой – в отношении сосуда давления, описанного в данном Отчете Изготовителя. Кроме того, ни инспектор, ни его работодатель не несут никакой ответственности за какой бы то ни было личный вред или ущерб, нанесенный имуществу, или любого рода убытки, вызванные данной проверкой или связанные с ней.

Дата _____ Подписан _____ (Уполномоченный инспектор) _____ Комиссия _____ [Нац. Совет (вкл. подтверждение, штат, пров. и №)]

(09/06)

ФОРМА К-2 ОТЧЕТ ИЗГОТОВИТЕЛЯ ПО ДЕТАЛЯМ СОСУДОВ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ
Деталь сосуда давления, изготовленная одним Изготовителем для другого Изготовителя
В соответствии с положениями Стандарта ASME по котлам и сосудам давления, Секция VIII, Раздел 3

1. Изготовлен и сертифицирован _____^①
(Наименование и адрес Изготовителя)

2. Изготовлен для _____^②
(Наименование и адрес покупателя)

3. Местоположение установки _____^③
(Наименование и адрес)

4. Тип _____^④ _____^⑤ _____^⑥ _____^⑦
(Горизонтально/вертикально) (Серийный № Изготовителя) (Канадский регистрац. №) (Регистрац. № Национального Совета) (Год изготовления)
 Чертеж № _____^⑧ Подготовлен _____^⑨

5. Тех. нормы потребителя на проектирование в деле _____^⑩
 Сертифицирован _____^⑩ Состояние _____^⑪ Регистрационный № _____

6. Отчет Изготовителя о проекте в деле _____^⑩
 Сертифицирован _____^⑩ Состояние _____^⑪ Регистрационный № _____

7. Материал _____^⑫ Испытан на ударное напряжение _____

8. Стандарт ASME по котлам и сосудам давления, Секция VIII, Раздел 3 _____^⑬ _____^⑬ _____^⑭
(Год) (Дата Дополнения) (Технические решения к Стандарту №)

9. Изготовлен для _____^⑧ _____^⑨ _____
(Номер чертежа) (Подготовлен) (Описание проверяемой детали)

10. Конструкция _____^{⑰ ⑱ ⑲ ⑳}
 Способ предварительного напряжения _____^㉔

11. Размер и конфигурация _____^㉕ _____^㉖ _____
(Внутренний диаметр) (Длина) (Цилиндрический, сферический, другой)

12. Опора и крепления _____^㉘

13. Расчетное давление _____^㉙ при соответствующей максимальной температуре металла _____^㉚
 Максимальная температура металла _____^㉛ при _____^㉜
 Минимальная расчетная температура металла _____^㉝ при _____^㉞

14. Испытательное давление _____^㉟ _____^㊱ при _____^㊲
(Пневмо./гидро./комбинированный)
 Производится в _____^㊳ _____^㊴ _____^㊵
(Горизонт./вертик.) [Жидкость(и), используемая при испытании]

15. Идентификация деталей _____^㊶

Название детали	Количество	№ строки	Идентификационный № производителя	Номер чертежа производителя	CRN	Номер по данным Национального управления	Год выпуска
_____ ^㊷		_____ ^㊸	_____ ^㊹	_____ ^㊺	_____ ^㊻	_____ ^㊼	

16. Примечания _____^㊿

ФОРМА К-2 (Обратная сторона)

<p>39</p> <p>СЕРТИФИКАТ СООТВЕТСТВИЯ ПРЕДПРИЯТИЯ</p> <p>Данным удостоверяется, что положения данного документа верны, и что все детали конструкции, используемый материал и качество изготовления данного сосуда соответствуют Стандарту ASME по котлам и сосудам давления, Секция VIII, Раздел 3.</p> <p>U3 Свидетельство о признании № _____ действительно до _____.</p> <p>Дата _____ Имя _____ 39 _____ Подпись _____ 39 _____ (Изготовитель) (Представитель)</p>
<p>40</p> <p>СЕРТИФИКАТ ЦЕХОВОГО КОНТРОЛЯ</p> <p>Я, нижеподписавшийся, имеющий официальное поручение Национального Совета инспекторов по котлам и сосудам давления и/или штата или провинции _____ и являющийся сотрудником _____, произвел проверку сосуда давления, описанного в данном Отчете Изготовителя _____ 39 _____, и со всей ответственностью утверждаю, что Изготовитель изготовил данную деталь в соответствии со Стандартом ASME, Секция VIII, Раздел 3. Подписав настоящий Сертификат, ни инспектор, ни его работодатель не дают никакой гарантии – ни конкретно выраженной, ни подразумеваемой – в отношении сосуда давления, описанного в данном Отчете Изготовителя. Кроме того, ни инспектор, ни его работодатель не несут никакой ответственности за какой бы то ни было личный вред или ущерб, нанесенный имуществу, или любого рода убытки, вызванные данной проверкой или связанные с ней.</p> <p>Дата _____ Подписан _____ 40 _____ Комиссия _____ 41 _____ (Уполномоченный инспектор) [Нац. Совет (вкл. подтверждение, штат, пров. и №)]</p>
<p>39</p> <p>СЕРТИФИКАТ СООТВЕТСТВИЯ СБОРКИ НА ОБЪЕКТЕ</p> <p>Данным удостоверяется, что сборка на объекте всех деталей данного сосуда соответствует требованиям Секции VIII, Раздела 3 Стандарта ASME по котлам и сосудам давления.</p> <p>U3 Свидетельство о признании № _____ действителен до _____.</p> <p>Дата _____ Имя _____ 39 _____ Подпись _____ 39 _____ (Сборщик, который сертифицировал и производил сборку на объекте) (Представитель)</p>
<p>42</p> <p>2 СЕРТИФИКАТ ПРОВЕРКИ СБОРКИ НА ОБЪЕКТЕ</p> <p>Я, нижеподписавшийся, имеющий официальное поручение Национального Совета инспекторов по котлам и сосудам давления и/или штата или провинции _____ и являющийся сотрудником _____, произвел сравнение положений данного Отчета Изготовителя с описанием данного сосуда давления и утверждаю, что детали, именуемые как «данные изделия» _____, не включенные в Сертификат проверки цехового контроля, были мной проверены, и я со всей ответственностью утверждаю, что Изготовитель изготовил и произвел сборку данной детали в соответствии со Стандартом ASME, Секция VIII, Раздел 3. Описанный сосуд был проверен и прошел гидростатические испытания _____ 42 _____. Подписав настоящий Сертификат, ни инспектор, ни его работодатель не дают никакой гарантии – ни конкретно выраженной, ни подразумеваемой – в отношении сосуда давления, описанного в данном Отчете Изготовителя. Кроме того, ни инспектор, ни его работодатель не несут никакой ответственности за какой бы то ни было личный вред или ущерб, нанесенный имуществу, или любого рода убытки, вызванные данной проверкой или связанные с ней.</p> <p>Дата _____ Подписан _____ 42 _____ Комиссия _____ 41 _____ (Уполномоченный инспектор) [Нац. Совет (вкл. подтверждение, штат, пров. и №)]</p>

ТАБЛИЦА А-100.1
ИНСТРУКЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ ОТЧЕТОВ ИЗГОТОВИТЕЛЯ

Любые величины, для которых применяются единицы измерения, следует вносить в Отчет Изготовителя, используя выбранные единицы измерения.

Применяется к формам			Примечание №	Инструкция
К-1	К-2	К-3		
x	x	x	①	Наименование и почтовый адрес Изготовителя, как написано в Свидетельстве о признании Изготовителя, в соответствии со Стандартом ASME.
x	x	...	②	Наименование и адрес покупателя.
x	x	...	③	Наименование потребителя и адрес установки сосуда.
x	x	x	④	Тип сосуда, например горизонтальный или вертикальный, сепаратор, теплообменный аппарат, реактор, сосуд для хранения и т. п.
x	x	x	⑤	Идентификационный серийный номер Изготовителя, обозначенный на сосуде (или детали сосуда) (см. KS-120).
x	x	x	⑥	Канадский регистрационный номер, если применимо.
x	x	x	⑦	Если применимо, номер Национального Совета из Перечня номеров, присваиваемых Изготовителю. Номера Национального Совета не применяются для сосудов, инспектируемых владельцами.
x	x	x	⑧	Указание номеров чертежей, включая измененные номера, касающиеся общей сборки и перечня материалов. Для сосудов, зарегистрированных в Канаде, также указание номера чертежа, утвержденного властями провинции.
x	x	...	⑨	Организация, подготовившая чертеж.
x	x	...	⑩	Заполняется Изготовителем, чтобы указать положения Технических норм потребителя на проектирование и Отчета Изготовителя и идентифицировать инженеров-инспекторов, которые их сертифицировали.
x	x	...	⑪	Штат США или провинция Канады, если применимо.
x	x	...	⑫	Указать полный номер технических норм ASME и категорию металла, фактически использованного при изготовлении детали сосуда. Материал должен быть тем же, что указан в Секции VIII, Раздел 3. Исключения: номер технических норм для материала, неидентичного спецификации ASME, может быть указан <i>только</i> в том случае, если данный материал соответствует критериям, перечисленным в Предисловии к данному Разделу. Если материал принят посредством Технических решений к Стандарту, необходимо указать соответствующий номер технического решения.
x	x	...	⑬	Дата издания Секции VIII, Раздела 3 и Дополнений, в соответствии с положениями которых сосуд или деталь сосуда были изготовлены.
x	x	...	⑭	Все номера Технических решений по Стандарту, в случае, если сосуд изготовлен в соответствии с каким-либо техническим решением.
x	...	...	⑮	Описание содержимого или назначения сосуда.
x	x	...	⑯	Дополнительные замечания, включая ограничения Стандарта по сосудам или особые требования Стандарта или юридические требования, как например указанные в 17, 18, 20, 21 и 32. Указание допусков на коррозию или эрозию.
x	...	...	⑰	Указание необходимости включения или исключения температуры и/или контролируемый уровень нагрева или охлаждения, максимальная температура для каждой детали.
x	...	...	⑱	Указание результатов анализа усталости, количества температурных циклов и ограничений.
x	x	...	⑲	Тип продольного соединения в цилиндрическом сечении или соединение в сфере (например, стыковое соединение типа № 1 или бесшовное соединение).
x	x	...	⑳	Если Изготовителем производится тепловая обработка, то должны быть указаны температура и время. Следует объяснить применение специальной процедуры охлаждения и соответствующего нагрева в процессе изготовления.
x	x	...	㉑	Указание примененного освидетельствования. Способы, местоположение и результаты должны быть включены в Примечания.
x	...	...	㉒	Тип сварки, применяемый в кольцевых соединениях в цилиндрическом сечении (см. 19).
x	x	...	㉓	Для сосудов, имеющих кожухи, объяснить применяемый тип закрытий кожуха и маркировку в соответствии со Стандартом.
x	x	...	㉔	Предварительное напряжение, способ, проверка и т. п.
x	x	...	㉕	Указание внутреннего диаметра.
x	x	...	㉖	Длина корпуса должна быть указана как полная длина между закрытием или сварными швами переходного сечения для корпуса единичного диаметра. В других случаях – приблизительное определение длины как описательной.

ТАБЛИЦА А-100.1 (продолжение)
ИНСТРУКЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ ОТЧЕТОВ ИЗГОТОВИТЕЛЯ

Применяется к формам			Примечание №	Инструкция
К-1	К-2	К-3		
x	...	...	27	Толщина является номинальной толщиной материала, использованного при изготовлении сосуда. Она включает допуск на коррозию.
x	x	...	28	Указание положений для опоры сосуда и других креплений для приложенного оборудования.
x	x	...	29	Указание расчетного давления, для которого изготовлен сосуд (см. KG-311). Другое внутреннее или внешнее давление с соответствующими температурами должно быть указано, где применимо.
x	x	...	30	Указание максимальных температур металла, разрешенных для сосуда при расчетном давлении.
x	x	...	31	Указание минимальной расчетной температуры металла при соответствующем давлении. Перечислить, если более одного сочетания.
x	x	...	32	Указание гидростатического или других типов испытаний, проведенных при заданном давлении в верхней части сосуда в применимом испытательном положении (пневматическое, гидростатическое или комбинированное испытательное давление). Указать, если сосуд был испытан в вертикальном положении.
x	...	...	33	Болты, используемые для крепления съемного(ых) днища (днищ), закрытий или уплотнений сосуда.
x	...	...	34	Указание форсунок или других открытий, предназначенных для ограничения давления (см. Часть KR).
x	...	...	35	Указание размера, типа и назначения форсунок или других открытий. См. 37.
x	...	...	36	Указание открытия, предназначенного для проверки. Указание местоположения.
x	...	...	37	Данные с описаниями, приемлемыми для Инспектора. Для определения родового имени могут быть использованы аббревиатуры, идентификационные обозначения или ссылки на цифры Стандарта и номера рисунков. Для фланцев ASME B16.5 должен быть идентифицирован класс. Торцевая поверхность фланца и крепление к горловине не требуется. Некоторые типичные аббревиатуры: Патрубок с фланцем Кл. 300 Торцевой фланец с продольным швом Кл. 300 Патрубок со сварным торцом
x	...	...	38	Заполняется, когда одна или несколько деталей сосуда поставляются другими и сертифицируются в Отчёте по форме U-2 в соответствии с KS-301. Должны быть указаны наименование Изготовителя детали и серийный номер.
x	x	...	39	В Сертификате соответствия должно быть указано то же наименование Изготовителя, что и в Свидетельстве о признании в соответствии со Стандартом ASME. Оно должно быть подписано в соответствии с организационными полномочиями, предусмотренными Системой качества (См. Приложение 2).
x	x	x	40	Заполняется Изготовителем и подписывается уполномоченным Инспектором, который производит проверку предприятия или подписывает Форму К-1 для завершеного сосуда. Следует приложить все применимые формы К-2.
x	x	x	41	Если на сосуде давления стоит клеймо Национального Совета, то необходимо указать номер поручения, выданного инспектору Национальным Советом; в противном случае указывается только номер поручения его штата или провинции.
x	x	...	42	Данный Сертификат подписывается уполномоченным инспектором для заводской конструкции или сборки (см. 41 о присвоении номеров Национального Совета). Указание метода испытания сосуда на давление.
...	...	x	43	Внесение информации, идентичной той, которая указана в форме Отчета, для которой данный лист является дополнительным.
...	...	x	44	Внесение информации о конкретном изделии, для которой не хватило места в форме Отчета, как указано в обозначениях «См. прилагаемую форму К-3» Отчета. Идентификация информации по содержащемуся в Отчете применяемому номеру изделия.
...	x	...	45	Идентификация отдельных деталей, задокументированных согласно форме К-2 или К-2М. См. KS-130.3.
...	x	...	46	Указание наименования детали.
...	x	...	47	Указание номера строки данных формы К-2 или К-2м для упомянутой детали.
...	x	...	48	Указание серийного номера Производителя или другого идентификационного номера поставленного на деталь.

ТАБЛИЦА А-100.2
ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ РАЗЪЯСНЕНИЯ ПО ЗАПОЛНЕНИЮ СЕРТИФИКАТОВ СООТВЕТСТВИЯ ИЗГОТОВИТЕЛЯ ИЛИ СБОРЩИКА
ПО ФОРМЕ К-4

Любые величины, для которых применяются единицы измерения, следует вносить в Отчет Изготовителя, используя выбранные единицы измерения.

Примечание №	Разъяснение
①	Название и адрес Изготовителя или Сборщика.
②	Уникальное обозначение предохранительного клапана, присвоенное Изготовителем или Сборщиком, например, серийный номер, заводской номер или номер партии.
③	Дата завершения изготовления предохранительного клапана.
④	Номер Сертификата Национального Совета.
⑤	Количество идентичных клапанов, соответствующих коду, указанному в данной строке.
⑥	Номер типа или модели, присвоенный Изготовителем, указанный на паспортной табличке.
⑦	Размер впускного отверстия предохранительного клапана.
⑧	Указанная на паспортной табличке установка давления для предохранительного клапана.
⑨	Указанная на паспортной табличке пропускная способность предохранительного клапана.
⑩	Среда, использованная при испытаниях предохранительного клапана.
⑪	Год изготовления или код предохранительного клапана, присвоенный Изготовителем или Сборщиком.
⑫	ФИО Аттестованного Исполнителя.
⑬	Подпись Аттестованного Исполнителя. Должна стоять в каждой строке.
⑭	Возможные необходимые замечания (с указанием соответствующего кода изделия по таблице), например, обозначение Технического решения к Стандарту, которое необходимо указать при маркировке устройства.
⑮	Номер Сертификата на полномочия Изготовителя предохранительного клапана.
⑯	Дата истечения срока действия Сертификата на полномочия Изготовителя предохранительного клапана.
⑰	Дата, заверенная подписью полномочного представителя Изготовителя или Сборщика предохранительного клапана.
⑱	В графе «Сертификат на полномочия» название Изготовителя или Сборщика должно быть указано в той же форме, в какой оно указано в Сертификате на полномочия, выданном ASME. Данная форма должна быть подписана согласно требованиям уполномоченной организации, указанной в Системе обеспечения качества (см. Приложение 2).

ПРИЛОЖЕНИЕ В — НЕОБЯЗАТЕЛЬНОЕ ПОВТОРНАЯ ОЦЕНКА

В-100 УВЕЛИЧЕНИЕ ПРЕДЕЛЬНЫХ ЦИКЛИЧЕСКИХ ЗНАЧЕНИЙ В ПРОЦЕССЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ

(a) Признано, что анализ усталости и излома согласно Статьям KD-3 и KD-4, соответственно, определяет только минимальный циклический потенциал сосуда высокого давления.

(b) Статья KD-3 применима только к новым сосудам давления; однако результаты анализа могут считаться недействительными, если в процессе эксплуатации обнаружится износ.

(c) Далее Статья KD-4 требует учитывать первичный размер трещины на материале, которая может не присутствовать в случае, если сосуд давления впервые изготовлен.

(d) Для указания потенциальных ограничений, описанных выше, и в то же самое время для предоставления реального руководства для потребителей сосудов высокого давления, в Системы высокого давления, разработанные ASME, включено такое руководство, регулирующее периодические повторные оценочные проверки. Такая повторная оценка, однако, не входит в область применения данного Раздела

НЕОБЯЗАТЕЛЬНОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ С РУКОВОДСТВО ДЛЯ ИНФОРМАЦИИ, СОДЕРЖАЩЕЙСЯ В СВИДЕТЕЛЬСТВЕ О ПРИЗНАНИИ (СМ. РИС. С-1)

ПОЗИЦИЯ	ОПИСАНИЕ
①	Символьный код, присвоенный Обществом, а именно сосуды под давлением U3, клапаны сброса давления UV3.
②	a. Название Производителя или Сборщика. b. Полный адрес с указанием улицы, города, штата или провинции, страны и индекса.
③	В этой позиции указывается объем и ограничения, если таковые имеются, по использованию штампов с символьными кодами. Ниже проиллюстрированы несколько примеров указаний объема.
	Штамп символьного кода U3
	1. Производитель сосудов под давлением может находиться только в верхней части.
	2. Производитель сосудов под давлением может находиться только в верхней части. (Эта авторизация не охватывает сварки и пайки).
	3. Производитель сосудов под давлением может находиться только в верхней части, а расположение полей регулируется расположением.
	4. Производитель сосудов под давлением может находиться только в верхней части, а расположение полей регулируется расположением. (Это разрешение не охватывает сварки и пайки).
	5. Расположение полей регулируется расположением производителя сосудов под давлением.
	6. Расположение полей регулируется расположением производителя сосудов под давлением. (Это разрешение не охватывает сварки и пайки).
	7. Производитель частей сосудов под давлением может находиться только в верхней части.
	8. Производитель частей сосудов под давлением может находиться только в верхней части, а расположение полей регулируется расположением.
	9. Расположение полей регулируется расположением производителя частей сосудов под давлением.
	Штамп символьного кода UV3
	1. Производитель клапанов сброса давления сосудов под давлением может находиться только в верхней части.
	2. Производитель клапанов сброса давления сосудов под давлением может находиться только в верхней части. (Это разрешение не охватывает сварки и пайки).
	3. Сборщик клапанов сброса давления сосудов под давлением может находиться только в верхней части. (Это разрешение не охватывает сварки и пайки).
④	Дата разрешения на использование штампа символьного кода устанавливается Обществом.
⑤	Срок разрешения на использование штампа символьного кода имеет срок действия.
⑥	Уникальный номер сертификата, присвоенный Обществом.
⑦, ⑧	Подпись действующего председателя и директора.

РИС. С-1 ОБРАЗЕЦ СВИДЕТЕЛЬСТВА О ПРИЗНАНИИ

СИМВОЛ ①

СВИДЕТЕЛЬСТВО О ПРИЗНАНИИ

Данный Сертификат уполномочивает указанную компанию использовать указанное обозначение Американского общества инженеров-механиков (ASME) в сфере деятельности, указанной ниже, в соответствии с применимыми правилами Стандарта ASME по котлам и сосудам давления. Использование данного специального обозначения и полномочия, предоставленные данным Свидетельством о признании, являются предметом соглашения, положения которого установлены в применении. Любая конструкция, маркированная данным обозначением, изготовлена в строгом соответствии с положениями Стандарта ASME по котлам и сосудам давления.

КОМПАНИЯ ②

ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ③

УПОЛНОМОЧЕН ④

СРОК ДЕЙСТВИЯ ⑤

НОМЕР СВИДЕТЕЛЬСТВА ⑥

⑦

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ КОМИТЕТА
ПО КОТЛАМ И СОСУДАМ ДАВЛЕНИЯ

⑧

ДИРЕКТОР, АККРЕДИТАЦИЯ
ASME И СЕРТИФИКАЦИЯ



ПРИЛОЖЕНИЕ D — НЕОБЯЗАТЕЛЬНОЕ РАСЧЕТЫ ПО МЕХАНИКЕ РАЗРУШЕНИЙ

D100 ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Линейная упругая механика разрушений задает взаимосвязи между приложенным напряжением, вязкостью разрушения материала (трещиностойкостью) и критическим размером (длиной) трещины.

В Приложении описываются теоретические методы расчета коэффициента интенсивности напряжений K_I , исходя из предположения о трещинах различной формы, возникающих в толстостенных сосудах.

D-200 ЛОКАЛИЗАЦИЯ ТРЕЩИН И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ НАПРЯЖЕНИЙ

D-201 Внутренние радиально-продольные трещины

На Рис. D-200 указаны участки сосудов давления, на которых могут образовываться усталостные трещины. Трещины Типа *A* возникают в основном цилиндре и разрастаются в радиально-продольной плоскости. Напряжениями отрыва поверхностей (или раскрытия трещины) для таких трещин являются кольцевые напряжения и затем, непосредственно давление в трещине. Обычно такие трещины развиваются в полуэллиптической форме с относительным удлинением a/ℓ , где a — максимальная глубина трещины, а ℓ — длина поверхности.

D-202 Возникновение трещин у поперечных отверстий

Если сосуд связан с трубопроводами или другим оборудованием через радиальное отверстие (например, поперечное расточенное или рассверленное отверстие), усталостные трещины обычно также распространяются в радиально-продольной плоскости. На Рис. D-200 трещина *B* распространилась по обе стороны поперечного отверстия; такое часто случается, однако рост может быть и несимметричным. Расчет поля напряжений отрыва поверхностей (или раскрытия трещины) усложнен вследствие очага концентрации напряжений около отверстия, также необходимо учесть давление внутри трещины.

D-203 Внутренние радиально-кольцевые трещины

Циклическое нагружение может вызывать усталостные трещины и быстрое разрушение в резьбовых соединениях сосудов высокого давления с резьбовыми крышками. Такие усталостные трещины обычно начинаются от канавки первого витка резьбы под нагрузкой ввиду неравномерного распределения нагрузки по всей длине резьбы и концентрации напряжений у резьбовой канавки. Такие усталостные трещины обычно разрастаются в радиально-кольцевой плоскости (см. трещину *C* на Рис. D-200). Обычно высокие перепады давления не оказывают влияния на поверхности таких трещин. Поле продольного напряжения, которое в данном случае является напряжением раскрытия трещины, характеризуется резким градиентом местных напряжений, обусловленным концентрацией напряжений у резьбовой канавки.

D-204 Внутренние трещины на днищах глухосопряженных со стенками сосуда

Усталостные трещины могут развиваться на внутренней поверхности сосуда ввиду концентрации локальных напряжений, связанной с глухим сопряжением торцов сосуда (см. трещину *D* на Рис. D-200).

D-205 Возникновение трещин на наружных поверхностях

Усталостные трещины также могут возникать на внешних сторонах сосудов высокого давления ввиду различных комбинаций очагов концентрации напряжений, остаточных растягивающих усилий, и/или влияния внешней среды. См. трещины *E* и *F* на Рис. D-200.

D-300 НАПРАВЛЕНИЕ РАЗРАСТАНИЯ И ФОРМА ТРЕЩИН

(a) Предполагается, что наращивание плоских трещин происходит в точках сосуда, находящихся в высоконапряженном состоянии. Перечисленные далее предположения по первоначальной ориентации трещин и их форме будут использованы при расчетах поведения усталостных трещин и не действительны для участков, содержащих сварные швы в сварных сосудах.

(b) Поверхностные трещины Типа *A* предположительно полуэллиптические с относительным удлинением a/ℓ равным $1/3$.

(c) Поверхностные трещины вблизи поперечных отверстий, Типа *B*, могут быть прямоугольно-округлой формы или полукруглой (см. Рис. D-300).

(d) Поверхностные трещины вблизи резьбовых канавок, Типа *C*, скорее всего кольцеобразные, даже в том случае, если заглушка имеет прерывистую резьбу. Такая кольцеобразная (кольцевая) трещина изображена на Рис. D-200.

(e) Плоскости разрастания трещин типа *A*, *B* и *C* заданы на Рис. D-200.

(f) Поверхностные трещины Типа *D* следует считать полуэллиптическими с аспектным отношением всех трещин, равным $1/3$ при условии, что конфигурация глухого конца соответствует параметрам, указанным в Приложении E. В противном случае трещину следует считать кольцевой. Плоскости разрастания трещин могут быть определены путем анализа напряжений. Обычно трещины распространяются в плоскости, перпендикулярной направлению растягивающих напряжений в зоне их максимального сосредоточения. Следует учитывать потенциальное изменение аспектного соотношения во время роста трещины.

Возможные изменения относительного удлинения по мере роста трещины также должны быть учтены в расчете.

(g) Наружные трещины, Типа *E*, полуэллиптические, трещины Типа *F* предположительно могут быть как полуэллиптическими, так и кольцевыми.

РИС. D-200 ТИПИЧНЫЕ ВИДЫ ТРЕЩИН

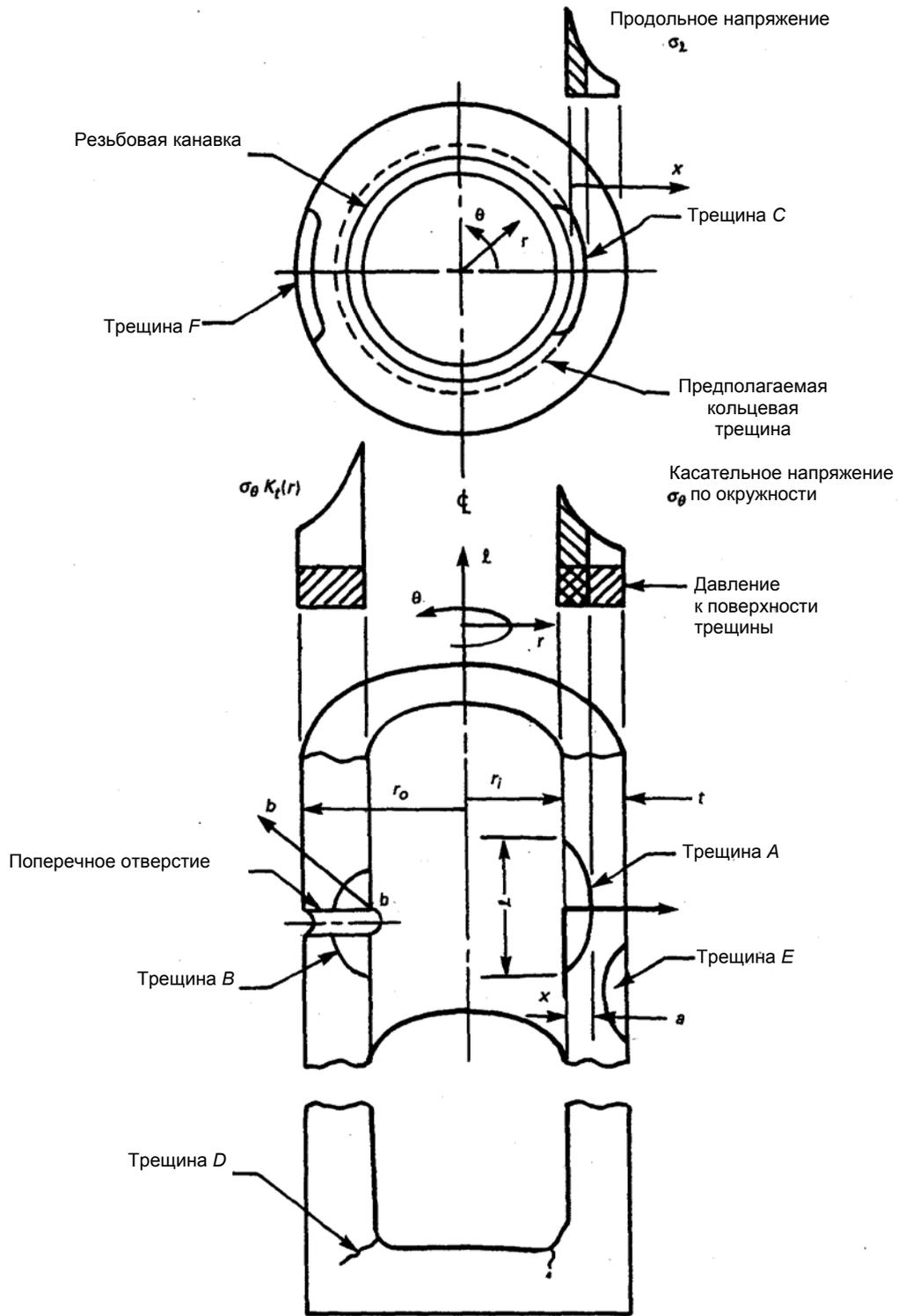
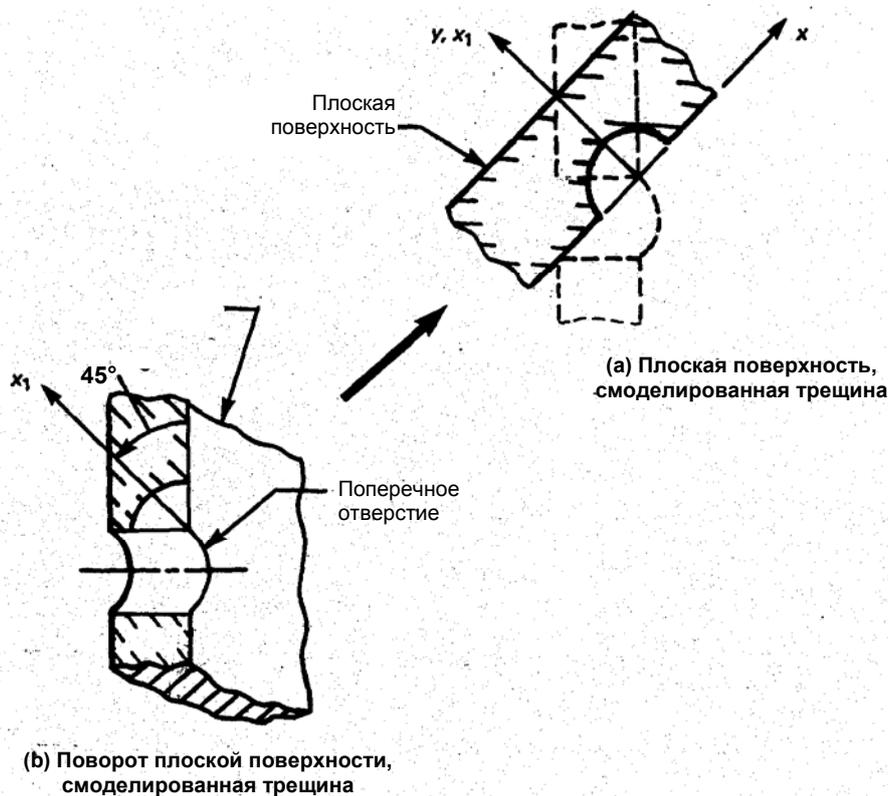


РИС. D-300 ИДЕАЛЬНЫЕ МОДЕЛИ РАЗРАСТАНИЯ ТРЕЩИН ОТ УГЛА ПОПЕРЕЧНОГО ОТВЕРСТИЯ



D-400 МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ИНТЕНСИВНОСТИ НАПРЯЖЕНИЙ

(а) Секция XI, Статья А-3000 Стандарта ASME по котлам и сосудам давления описывает метод расчета коэффициентов интенсивности напряжений K_I , основываясь на приближенной формуле в виде кубического полинома, отражающей распределение напряжений, определенное на основании результатов анализа напряжений в элементе без трещин. Этот метод не годится для определения K_I для трещин Типа С ввиду резкого градиента напряжений около резьбовых канавок. Он также может оказаться неприемлемым для трещин типов В, D, E и F, если градиент напряжения, обусловленный локальными концентрациями напряжений, слишком велик, что делает недопустимым использование приближенного соотношения для аппроксимации распределения напряжений по всей глубине трещины. Способ хорошо подходит для определения K_I для трещин Типа А, если следовать методике, в общих чертах описанной в D-401. Методика, данная в D-401, также может использоваться для расчета коэффициента интенсивности напряжений, обусловленного термическими напряжениями. Параграф D-402 вкратце описывает, как методика, приведенная в D-401 может быть применима к трещинам Типа В в четко очерченных поперечных отверстиях.

(b) Более сложные методики для определения K_I описаны применительно к трещинам Типа С в D-403(a).

(c) Методика, в которой задействована весовая функция, описана в D-405 и может быть использована для всех типов трещин.

D-401 Коэффициент интенсивности напряжений для внутренних радиально-продольных трещин

Методика может быть использована для расчета коэффициентов интенсивности напряжений у трещин Типа А. Точно такая же методика верна для расчета коэффициентов интенсивности напряжений под воздействием термических колебаний и остаточных напряжений. Методика опирается на Секцию XI, Статью А-3000 [см. D-700(a)]. Методика расчета коэффициентов интенсивности напряжений применима как к острию трещины, так и к точкам близким к выходу на свободную боковую поверхность.

Для поверхностных трещин, напряжения, перпендикулярные к плоскости трещины, сосредоточены в том месте, где она находится, представлены многочленом, включающим глубину трещины, и представляющим собой следующую зависимость:

$$\sigma = A_0 + A_1 (x/a) + A_2 (x/a)^2 + A_3 (x/a)^3 \quad (1)$$

где
 A_0, A_1, A_2, A_3 = константы;
 a = глубина трещины, дюйм (мм);
 x = расстояние сквозь стенку, измеренное от треснувшей поверхности, дюйм (мм).

Коэффициенты от A_0 до A_3 должны точно отразить напряжение в плоской трещине для всех значений глубины

трещины, $0 \leq x/a \leq 1$, входящих в расчет. Все возможные источники возникновения напряжений должны быть учтены.

Коэффициенты интенсивности напряжений для поверхностных трещин рассчитываются при помощи кубического многочлена напряжений, представленного уравнением (2):

$$K_I = [(A_0 + A_p) G_0 + A_1 G_1 + A_2 G_2 + A_3 G_3] \sqrt{\pi a/Q} \quad (2)$$

где

A_0, A_1, A_2, A_3 = коэффициенты из уравнения (1), задающего распределение напряжений по всей глубине трещины, $0 \leq x/a \leq 1$. Если K_I рассчитывается как функция глубины трещины, то для каждого следующего значения глубины, должен быть определен новый набор коэффициентов $A_0 - A_3$;

A_p = внутреннее давление сосуда p , тыс. фунт/кв. дюйм (МПа), если давление влияет на берега трещины. $A_p = 0$ для остальных случаев.

G_0, G_1, G_2, G_3 = поправочные коэффициенты свободной поверхности из таблиц D-401.1 и D-401.2;

Q = параметр, зависящий от формы трещины и рассчитываемый по формуле (3);

a = глубина трещины, дюйм (мм);

$$Q = 1 + 4.593 (a/\ell)^{1.65} - q_y \quad (3)$$

где

ℓ = основная ось трещины, дюймы (мм);

a/ℓ = относительное удлинение трещины $0 \leq a/\ell \leq 0,5$;

q_y = фактор коррекции пластической зоны, рассчитанный используя следующее уравнение:

$$q_y = \{ [(A_0 + A_p) G_0 + A_1 G_1 + A_2 G_2 + A_3 G_3] / S_y \}^2 / 6$$

В расчетах увеличения усталостных трещин q_y можно приравнять к нулю.

D-401.1 Альтернативная методика

(a) Если распределение напряжений, перпендикулярных к поверхности трещины, может быть точно выражено одним уравнением вида уравнения (1) для всех значений глубины трещины, представляющих интерес, то следующая методика может быть использована для расчета распределения K_I на протяжении всей трещины.

Распределение напряжений задается как

$$\sigma = A_0' + A_1'(x/t) + A_2'(x/t)^2 + A_3'(x/t)^3 \quad (4)$$

Для каждого значения a/t , величины A_i' должны быть преобразованы в A_i , следующим образом.

$$A_0 = A_0'$$

$$A_1 = A_1'(a/t)$$

$$A_2 = A_2'(a/t)^2$$

$$A_3 = A_3'(a/t)^3$$

Затем значения A_i подставляются в уравнение (2) для расчета K_I .

(b) Для простых однородных цилиндров с соотношениями диаметров от 1,2 до 3,0, значения A_i' для расчета K_I , обусловленного только давлением, могут быть рассчитаны по следующим формулам [см. D-700(b)].

$$A_0'/P = (Y^2 + 1)/(Y^2 - 1)$$

$$A_1'/P = 1.051 - 2.318Y + 0.3036Y^2 - 0.004417Y^3$$

$$A_2'/P = -1.7678 + 0.9497Y + 0.9399Y^2 - 0.2056Y^3$$

$$A_3'/P = -0.2798 + 1.3831Y - 1.2603Y^2 + 0.2138Y^3$$

D-402 Коэффициенты интенсивности напряжений для трещин вблизи поперечных отверстий

Коэффициенты интенсивности напряжений для трещин Типа B могут быть рассчитаны по методу, описанному в D-401, исходя из предположения, что пересечение поперечного отверстия с отверстием основного цилиндра имеет радиус, составляющий, по крайней мере, одну четверть от диаметра поперечного отверстия. См. D-700(c). Значения напряжений для построения многочлена, заданного уравнением (1) из D-401, определяются следующим образом.

(a) Расчет упругих напряжений может быть использован для определения поля напряжений вблизи поперечного отверстия без трещин. При помощи расчета упругих напряжений, можно определить нормальные напряжения, действующие перпендикулярно к плоскости, в которой предположительно образуется трещина. Распределение таких напряжений вдоль линии $b-b$ на Рис. D-200 используется для получения многочлена, заданного уравнением (1) из D-401. Как показано на Рис. D-200, угловая трещина поперечного отверстия предположительно эквивалентна полукруглой трещине ($a/\ell = 0,5$) в плоскости с прямой $b-b$ в качестве оси симметрии.

(b) Если в системе существуют остаточные напряжения, как например нагартовка основного цилиндра, то коэффициент K_I , обусловленный остаточными напряжениями, может быть рассчитан при помощи методики полиномиального приближения, как это описано в D-401, исходя из упрощенного предположения, что распределение остаточного касательного в основном цилиндре направлено вдоль прямой $b-b$.

D-403 Коэффициенты интенсивности напряжений для внутренних радиально-кольцевых трещин

Метод может быть применим только к трещинам, длина которых лежит в пределах, указанных в KD-412, и в которых давление не оказывает влияния на берега трещин.

Усталостные трещины Типа C обычно начинаются от канавки первого нагруженного витка резьбы. Это необходимо подтвердить расчетом распределения нагрузки и подробным анализом напряжений, действующих на первый и затем любой другой виток

ТАБЛИЦА D-401.1
КОЭФФИЦИЕНТЫ ОТ G_0 ДО G_3 ДЛЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ ТРЕЩИН В САМОЙ ГЛУБОКОЙ ТОЧКЕ

Коэффициент	a/t	Относительное удлинение трещины a/l					
		0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
Постоянный G_0	0,00	1,1208	1,0969	1,0856	1,0727	1,0564	1,0366
	0,05	1,1461	1,1000	1,0879	1,0740	1,0575	1,0373
	0,10	1,1945	1,1152	1,0947	1,0779	1,0609	1,0396
	0,15	1,2670	1,1402	1,1058	1,0842	1,0664	1,0432
	0,20	1,3654	1,1744	1,1210	1,0928	1,0739	1,0482
	0,25	1,4929	1,2170	1,1399	1,1035	1,0832	1,0543
	0,30	1,6539	1,2670	1,1621	1,1160	1,0960	1,0614
	0,40	2,1068	1,3840	1,2135	1,1448	1,1190	1,0772
	0,50	2,8254	1,5128	1,2693	1,1757	1,1457	1,0931
	0,60	4,0420	1,6372	1,3216	1,2039	1,1699	1,1058
Линейный G_1	0,00	0,7622	0,6635	0,6826	0,7019	0,7214	0,7411
	0,05	0,7624	0,6651	0,6833	0,7022	0,7216	0,7413
	0,10	0,7732	0,6700	0,6855	0,7031	0,7221	0,7418
	0,15	0,7945	0,6780	0,6890	0,7046	0,7230	0,7426
	0,20	0,8267	0,6891	0,6939	0,7067	0,7243	0,7420
	0,25	0,8706	0,7029	0,7000	0,7094	0,7260	0,7451
	0,30	0,9276	0,7193	0,7073	0,7126	0,7282	0,7468
	0,40	1,0907	0,7584	0,7249	0,729	0,7338	0,7511
	0,50	1,3501	0,8029	0,7454	0,7314	0,7417	0,7566
	0,60	1,7863	0,8488	0,7671	0,7441	0,7520	0,7631
Квадратичный G_2	0,00	0,6009	0,5078	0,5310	0,5556	0,5815	0,6084
	0,05	0,5969	0,5086	0,5313	0,5557	0,5815	0,6084
	0,10	0,5996	0,5109	0,5323	0,5560	0,5815	0,6085
	0,15	0,6088	0,5148	0,5340	0,5564	0,5815	0,6087
	0,20	0,6247	0,5202	0,5364	0,5571	0,5815	0,6089
	0,25	0,6475	0,5269	0,5394	0,5580	0,5817	0,6093
	0,30	0,6775	0,5350	0,5430	0,5592	0,5820	0,6099
	0,40	0,7651	0,5545	0,5520	0,5627	0,5835	0,6115
	0,50	0,9048	0,5776	0,5632	0,5680	0,5869	0,6144
	0,60	1,1382	0,6027	0,5762	0,5760	0,5931	0,6188
Кубический G_3	0,00	0,5060	0,4246	0,4480	0,4735	0,5006	0,5290
	0,05	0,5012	0,4250	0,4482	0,4736	0,5006	0,5290
	0,10	0,5012	0,4264	0,4488	0,4736	0,5004	0,5290
	0,15	0,5059	0,4286	0,4498	0,4737	0,5001	0,5289
	0,20	0,5152	0,4317	0,4511	0,4738	0,4998	0,5289
	0,25	0,5292	0,4357	0,4528	0,4741	0,4994	0,5289
	0,30	0,5483	0,4404	0,4550	0,4746	0,4992	0,5291
	0,40	0,6045	0,4522	0,4605	0,4763	0,4993	0,5298
	0,50	0,6943	0,4665	0,4678	0,4795	0,5010	0,5316
	0,60	0,8435	0,4829	0,4769	0,4853	0,5054	0,5349
	0,70	1,1207	0,5007	0,4880	0,4945	0,5141	0,5407
	0,80	1,7614	0,5190	0,5013	0,5085	0,5286	0,5487

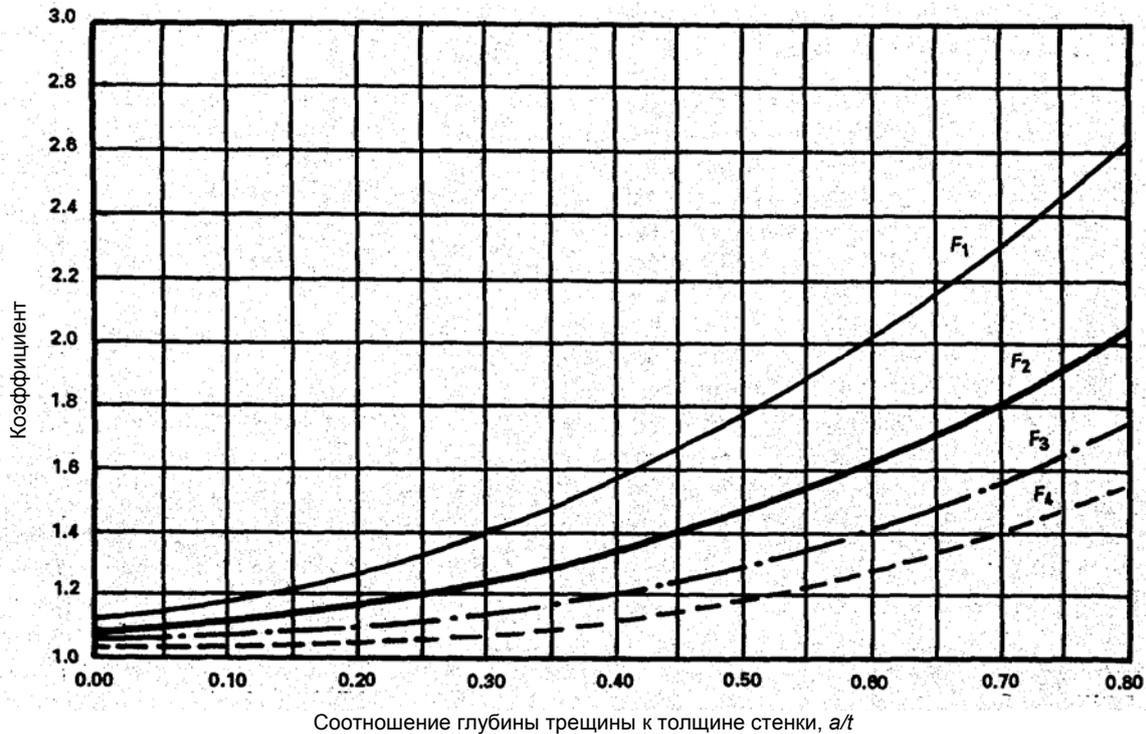
ОБЩЕЕ ПРИМЕЧАНИЕ: Допускается подбор a/t и a/l .

ТАБЛИЦА D-401.2
КОЭФФИЦИЕНТЫ ОТ G_0 ДО G_3 ДЛЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ ТРЕЩИН ОКОЛО СВОБОДНОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Коэффициент	a/t	Относительное удлинение трещины a/l					
		0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
Постоянный G_0	0,00	...	0,5450	0,7492	0,9024	1,0297	1,1406
	0,05	...	0,5514	0,7549	0,9070	1,0330	1,1427
	0,10	...	0,5610	0,7636	0,9144	1,0391	1,1473
	0,15	...	0,5738	0,7756	0,9249	1,0479	1,1545
	0,20	...	0,5900	0,7908	0,9385	1,0596	1,1641
	0,25	...	0,6099	0,8095	0,9551	1,0740	1,1763
	0,30	...	0,6338	0,8318	0,9750	1,0913	1,1909
	0,40	...	0,6949	0,8881	1,0250	1,1347	1,2278
	0,50	...	0,7772	0,9619	1,0896	1,1902	1,2746
	0,60	...	0,8859	1,0560	1,1701	1,2585	1,3315
0,70	...	1,0283	1,1740	1,2686	1,3401	1,3984	
0,80	...	1,2144	1,3208	1,3871	1,4361	1,4753	
Линейный G_1	0,00	...	0,0725	0,1038	0,1280	0,1484	0,1665
	0,05	...	0,0744	0,1075	0,1331	0,1548	0,1740
	0,10	...	0,0771	0,1119	0,1387	0,1615	0,1816
	0,15	...	0,0807	0,1169	0,1449	0,1685	0,1893
	0,20	...	0,0852	0,1227	0,1515	0,1757	0,1971
	0,25	...	0,0907	0,1293	0,1587	0,1833	0,2049
	0,30	...	0,0973	0,1367	0,1664	0,1912	0,2128
	0,40	...	0,1141	0,1544	0,1839	0,2081	0,2289
	0,50	...	0,1373	0,1765	0,2042	0,2265	0,2453
	0,60	...	0,1689	0,2041	0,2280	0,2466	0,2620
0,70	...	0,2121	0,2388	0,2558	0,2687	0,2791	
0,80	...	0,2714	0,2824	0,2887	0,2931	0,2965	
Квадратичный G_2	0,00	...	0,0254	0,0344	0,0423	0,0495	0,0563
	0,05	...	0,0264	0,0367	0,0456	0,0538	0,0615
	0,10	...	0,0276	0,0392	0,0491	0,0582	0,0666
	0,15	...	0,0293	0,0419	0,0527	0,0625	0,0716
	0,20	...	0,0313	0,0450	0,0565	0,0669	0,0764
	0,25	...	0,0338	0,0484	0,0605	0,0713	0,0812
	0,30	...	0,0368	0,0521	0,0646	0,0757	0,0858
	0,40	...	0,0445	0,0607	0,0735	0,0846	0,0946
	0,50	...	0,0552	0,0712	0,0834	0,0938	0,1030
	0,60	...	0,0700	0,0842	0,0946	0,1033	0,1109
0,70	...	0,0907	0,1005	0,1075	0,1132	0,1183	
0,80	...	0,1197	0,1212	0,1225	0,1238	0,1252	
Кубический G_3	0,00	...	0,0125	0,0158	0,0192	0,0226	0,0261
	0,05	...	0,0131	0,0172	0,0214	0,0256	0,0297
	0,10	...	0,0138	0,0188	0,0237	0,0285	0,0332
	0,15	...	0,0147	0,0206	0,0261	0,0314	0,0365
	0,20	...	0,0159	0,0225	0,0285	0,0343	0,0398
	0,25	...	0,0173	0,0245	0,0310	0,0371	0,0429
	0,30	...	0,0190	0,0267	0,0336	0,0399	0,0459
	0,40	...	0,0234	0,0318	0,0390	0,0454	0,0515
	0,50	...	0,0295	0,0379	0,0448	0,0509	0,0565
	0,60	...	0,0380	0,0455	0,0513	0,0564	0,0611
0,70	...	0,0501	0,0549	0,0587	0,0621	0,0652	
0,80	...	0,0673	0,0670	0,0672	0,0679	0,0687	

ОБЩЕЕ ПРИМЕЧАНИЕ: Допускается подбор a/t и a/l .

РИС. D-403.1 КОЭФФИЦИЕНТЫ НАПРЯЖЕНИЯ ДЛЯ КОЛЬЦЕВЫХ ТРЕЩИН



резьбы, находящийся под действием нагрузки. Для того, чтобы рассчитать коэффициент K_I для трещины, берущей начало у канавки резьбы и растущей в радиально-кольцевой плоскости, необходимо определить распределение продольного напряжения $\sigma_r(x)$ от канавки резьбы сквозь толщу стены, в которой еще не возникла трещина. Для такого расчета резьба может быть рассмотрена как кольцевая канавка. Если используется прерывистая резьба (см. KD-631.6), то нет необходимости принимать во внимание очаги концентрации напряжений на концах прерванных витков, поскольку предполагается, что все трещины Типа C – кольцеобразные.

(a) По методу Бухале-Бамфорда [см. D-700(d) и (e)], распределение нормальных напряжений, перпендикулярных к плоскости, в которой развивается кольцеобразная трещина, аппроксимируется многочленом третьего порядка.

$$\sigma_r(x) = A_0 + A_1x + A_2x^2 + A_3x^3 \quad (1)$$

где x расстояние по радиусу, дюйм (мм), от свободной поверхности трещины.

Вначале рассчитывается распределение напряжений на основе анализа линейной упругости, а затем подбираются четыре коэффициента (A_0, A_1, A_2, A_3) в уравнении (1), с тем, чтобы задать наиболее подходящую кривую. После того, как значения A_0, A_1, A_2 , и A_3 подобраны, формулы (2)-(6) используются для расчета коэффициента интенсивности напряжений K_I для различных глубин трещины a .

$$K_I = F\sqrt{\pi a} / \sqrt{[1 - (F/S_y)^2/6]} \quad (2)$$

где

$$F = A_0F_1 + \frac{2aA_1F_2}{\pi} + \frac{a^2A_2F_3}{2} + \frac{4a^3A_3F_4}{3\pi}$$

и где $\sqrt{[1 - (F/S_y)^2/6]}$ поправка с учетом зоны пластичности. F_1, F_2, F_3 и F_4 – коэффициенты напряжения, зависящие от рассматриваемой геометрической формы трещины. Коэффициенты напряжения представлены на Рис. D-403.1 как функциональная зависимость от глубины трещины могут быть рассчитаны по следующим формулам.

$$F_1 = 1.1259 + 0.2344(a/t) + 2.2018(a/t)^2 - 0.2083(a/t)^3 \quad (3)$$

$$F_2 = 1.0732 + 0.2677(a/t) + 0.6661(a/t)^2 + 0.6354(a/t)^3 \quad (4)$$

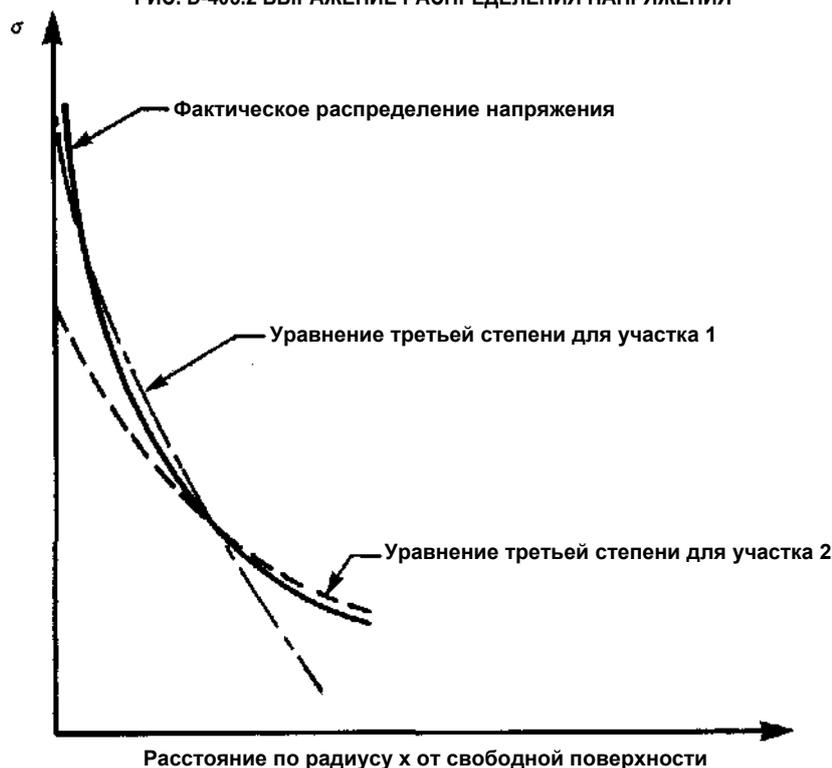
$$F_3 = 1.0528 + 0.1065(a/t) + 0.4429(a/t)^2 + 0.6042(a/t)^3 \quad (5)$$

$$F_4 = 1.0387 - 0.0939(a/t) + 0.6018(a/t)^2 + 0.3750(a/t)^3 \quad (6)$$

(b) В некоторых случаях одного уравнения третьей степени [уравн. (1)] не достаточно для описания распределения напряжения в необходимой зоне. В таком случае можно разделить зону распределения напряжения на несколько участков. На Рис. D-403.2 показан пример деления зоны на два участка, и напряжение на каждом из них представлено отдельным выражением. Значения K_I вычисляются с помощью уравнения (2) для каждого участка, с использованием соответствующего этому участку выражения.

(c) Важно, чтобы в точках соединения двух участков было значение K_I . Например, поскольку

РИС. D-403.2 ВЫРАЖЕНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ



значения A_0, A_1, A_2 , и A_3 в выражении для участка 2 отличаются от значения A_0, A_1, A_2 , и A_3 в выражении для участка 1, в месте соединения двух участков следует вычислить два различных K_I . Для компенсации разницы значений K_I в местах соединения участков следует прибавить разницу ΔK_I ко всем последующим вычисленным значениям K_I . В результате получится график, показанный на Рис. D-403.3 и представленный уравнением (7):

$$K_{I\text{итог}} = F\sqrt{\pi a} / \sqrt{[1 - (FS)^2/6] + \sum \Delta K_I} \quad (7)$$

где $\sum \Delta K_I$ представляет собой сумму всех ΔK_I на предыдущих участках. Значение ΔK на первом участке (на свободной поверхности) равно нулю.

D-404 Факторы интенсивности напряжения для трещин типов D, E и F

(а) Факторы интенсивности напряжения для трещин типов D, E и F можно вычислить по методу, приведенному в D-401.

(б) Для трещин типов D и F распределение напряжений, перпендикулярных плоскости трещины, которые существовали бы в нетреснувшей детали, следует определять с помощью анализа напряжений, такого как окончательный анализ элемента.

(с) Для трещин Типа E тангенциальное напряжение для определения фактора интенсивности напряжения из-за внутреннего давления можно вычислять с помощью формул Ламе.

D-405 Определение фактора интенсивности напряжений методами весовой функции

Метод весовой функции можно использовать для всех типов трещин.

Для кольцевых трещин, описанных в D-403, интенсивность напряжения на конце трещины K_I можно записать следующим образом:

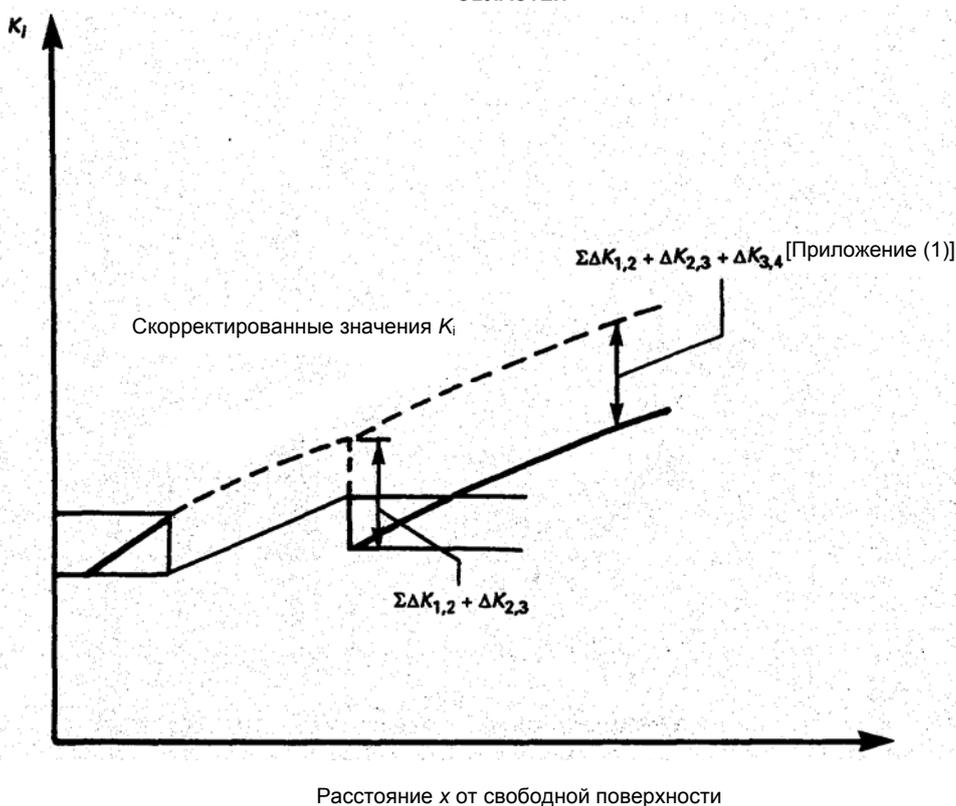
$$K_I = \int_0^a \sigma_t(x) w(x,a) dx$$

где $\sigma_t(x)$ – распределение продольного напряжения вдоль оси x (см. Рис. D-200), $w(x,a)$ – весовая функция Бюкнера. Эта весовая функция уникальна для геометрии трещин и не зависит от нагрузки, на основании которой она выводится. Следовательно, весовая функция может быть записана как

$$w(x,a) = \frac{H}{2K_{REF}} \left(\frac{\delta V_{REF}(x,a)}{\delta a} \right)$$

где V_{REF} – отрыв поверхностей в ℓ продольном направлении и K_{REF} – коэффициент интенсивности

РИС. D-403.3 МЕТОД КОРРЕКЦИИ СКАЧКОВ K_I В СЛУЧАЕ НЕОДНОРОДНОСТИ ОБЛАСТЕЙ



ПРИМЕЧАНИЕ:

(1) $\Delta K_{1,2}$ — разница по величине K_I для глубины трещины a , где область 1 и область 2 сходятся.

напряжений на острие трещины, полученный на основе геометрии и с учетом не такой сложной нагрузки, например, равномерного напряжения, перпендикулярного к плоскости трещины. Для плоского напряженного состояния $H = E$, а для плоской деформации $H = E(1 - \nu^2)$.

Приближенные методы были разработаны для получения поля раскрытия трещины V_{REF} у кольцевых трещин в простых цилиндрах. Значения V_{REF} и соответствующие коэффициенты интенсивности напряжений K_{REF} могут быть использованы для получения $w(x, a)$, которая затем используется для получения K_I кольцевой трещины в окрестностях канавки резьбы.

D-500 ВЫЧИСЛЕНИЕ СКОРОСТИ РОСТА УСТАЛОСТНЫХ ТРЕЩИН

(a) Согласно KD-430, скорость роста усталостной трещины рассчитывается из

$$\frac{da}{dN} = C[f(R_K)] (\Delta K)^m \text{ [in./cycle (m/cycle)]}$$

(b) Функция R_K различна для положительных и отрицательных значений R_K и для различных материалов. Для материалов, перечисленных

ТАБЛИЦА D-500
КОЭФФИЦИЕНТЫ СКОРОСТИ РОСТА ТРЕЩИНЫ

Высокопрочные низколегированные углеродистые стали, $S_y > 90$ тыс. фунтов/кв. дюйм (620 МПа)	$C_3 = 3,53$	$C_2 = 1,5$
$R_K \geq 0$	$f(R_K) = 1 + C_3 R_K$	
$R_K < 0$	$f(R_K) = [C_2 / (C_2 - R_K)]^m$	
Мартенситная дисперсионно-твердеющая сталь	$C_3 = 3,48$	$C_2 = 1,5$
$R_K < 0,67$	$f(R_K) = 30,53 R_K - 17,0$	
$R_K > 0,67$	$f(R_K) = 30,53 R_K - 17,0$	
$R_K \geq 0,67$	$f(R_K) = 30,53 R_K - 17,0$	
$0 \leq R_K < 0,67$	$f(R_K) = 1 + C_3 R_K$	
$R_K < 0$	$f(R_K) = [C_2 / (C_2 - R_K)]^m$	

в Таблице D-500, могут быть использованы следующие функции R_K .

Для $R_K \geq 0$,

$$f(R_K) = 1 + C_3 R_K$$

Для $R_K < 0$,

$$f(R_K) = [C_2/(C_2 - R_K)]^m$$

(c) Величины постоянных C и m для некоторых материалов даны в Таблице KD-430. Величины остальных постоянных, приведенные в Таблице D-500, следует использовать для перечисленных материалов.

(d) Для аустенитных нержавеющей сталей, величины C и m приводятся в KD-440, Таблица KD-430, и $f(R_K)$ рассчитывается как следующее: для $0 \geq R_K$, $f(R_K) = 1,0$; для $0,79 \geq R_K > 0$, $f(R_K) = 1,0 + 1,8 R_K$; для $1,0 > R_K > 0,79$, $f(R_K) = -43,35 + 57,97 R_K$.

(e) Другие значения постоянных могут быть использованы в том случае, если они подтверждаются стандартными испытаниями по распространению усталостных трещин, проведенными при соответствующем R_K .

(f) Число циклов при распространении усталостных трещин может быть рассчитано численным интегрированием соответствующего уравнения роста трещины, исходя из предположения, что величина K — постоянна для приращения трещины в этой точке дельта Δa , которая достаточно мала сравнительно с глубиной трещины. Чтобы убедиться в том, что приращение трещины действительно достаточно мало, необходимо повторять вычисления и уменьшать размер приращения до тех пор, пока рассчитанное смоделированное число циклов выполнения операции перестанет меняться в значительной степени.

D-600 КОРРЕЛЯЦИОННАЯ ФУНКЦИЯ ВЯЗКОСТИ РАЗРУШЕНИЯ (ТРЕЩИНОСТОЙКОСТИ)

(a) Величина трещиностойкости, используемая в расчетах Статьи KD-4, представляет собой трещиностойкость плоской деформации K_{Ic} . Если значения K_{Ic} или какая-нибудь другая методика для определения K_{Ic} даны в Части KM для какого-то особого используемого материала, то именно эти значения и должны использоваться. В противном случае, если минимальная расчетная температура металла (MDMT) используемого материала лежит у порога хладноломкости, величина K_{Ic} должна быть рассчитана исходя из ударной вязкости по Шарпи, определяемой на образцах с V-образным надрезом, значения которой даны в Части KM, при помощи следующей формулы:

$$(K_{Ic}/S_y)^2 = 5.0 (CVN/S_y - 0.05)$$

где S_y — предел текучести, тыс. фунтов/кв. дюйм; CVN — ударная вязкость по Шарпи, фут-фунт; а K_{Ic} — вязкость разрушения, тыс. фунтов/кв. дюйм $\sqrt{\text{дюйм}}$, или

$$(K_{Ic}/S_y)^2 = 0.64 (CVN/S_y - 0.01)$$

где S_y — предел текучести, МПа; CVN — ударная вязкость по Шарпи, Дж; а K_{Ic} — вязкость разрушения, МПа $\sqrt{\text{м}}$, или

(b) Преобразования значений, полученных в результате испытаний на ударную вязкость K_{Ic} , выполняются по следующим формулам.

(1) Эквивалентность K_{Ic} и J_{Ic} :

$$K_{Ic} = \sqrt{EJ_{Ic}} \quad (\text{плоское напряженное состояние})$$

$$K_{Ic} = \sqrt{\frac{EJ_{Ic}}{(1-\nu^2)}} \quad (\text{плоская деформация})$$

(2) Эквивалентность K_{Ic} и $(CTOD)ES_y$ ины на острие (CTOD) и K_{Ic} :

$$K_{Ic} = \sqrt{(CTOD)ES_y}$$

где

E = модуль упругости,

S_y = предел текучести,

ν = коэффициент Пуассона.

D-700 ИСПОЛЬЗУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

(a) Cipolla R. C. *Техническая база для пересмотренного уравнения коэффициента интенсивности напряжений применительно к поверхностным трещинам Американского общества инженеров-механиков ASME Секция XI, Приложение A. ASME PVP-Vol. 313-1, 1995: 105-121.*

(b) Kendall D. P. *Практическое руководство к обновленной Секции XI, A-3000 Методика расчета коэффициента интенсивности напряжений применительно к толстостенным сосудам давления. ASME PVP-Vol.335, 1996: 189-194.*

(c) Chaaban A. и Burns D. Дж. *Проектирование сосудов высокого давления с радиальными поперечными отверстиями. Physica B139 and 140; 1986: 766-772.*

(d) Buchalet C. В. и Bamford W.H. *Оригинальные решения по коэффициенту интенсивности напряжений применительно к непрерывным поверхностным трещинам в реакторах сосудов давления, Механика роста трещин. ASTM STP 590, 1976: 385-402.*

(e) Perez E. H.; Sloan J. G.; и Kelleher K. Дж. *Практическое руководство по теории роста усталостных трещин при изостатическом прессовании. ASME PVP-Vol. 125, 1987: 53-61.*

(f) Barsom J. M. и Rolfe S. T. *Функции корреляции между K_{Ic} и результатами испытаний на удар по методу Шарпи в диапазоне температур фазового перехода. ASTM STP 466, 1970:281-302.*

(g) Rolfe, S. T. и Novak, S. R. *Испытание медленным сгибанием K_{Ic} сталей средней прочности и высокой жесткости. ASTM STP 463, 1970: 124-159*

(h) Kapp, J. A. и Underwood, J. H. *Соотношение между устойчивости к трещинообразованию, энергией при ударном испытании с острым вырезом по Шарпи и пределом текучести для стали ASTM A 723. ASME PVP-Vol. 283, 1992: 219-222.*

ПРИЛОЖЕНИЕ Е — НЕОБЯЗАТЕЛЬНОЕ ДЕТАЛИ КОНСТРУКЦИЙ

Е-100 НЕОТДЕЛЯЮЩИЕСЯ КРЫШКИ И ДНИЩА СОСУДОВ (Глухие сопряжения)

Толщина и геометрические размеры глухо-сопряженных днищ цилиндрических сосудов могут соответствовать рекомендациям, данным в настоящем Приложении без подробного расчета напряжений.

Е-110 ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ РАЗМЕРЫ ТОЛСТЫХ СТЕНОК

(а) Если соотношение D_o/D_i в сосуде равно 1,5 или больше, то геометрические размеры глухо-сопряженных крышек сосудов давления должны лежать в пределах следующих допусков (см. Рис. Е-110).

(1) Минимальный внутренний радиус скругления R_c должен составлять 25 % от спроектированной толщины стенки сосуда.

(2) Толщина глухо-сопряженной крышки от касательной внутреннего угла (t_b на Рис. Е-110) должна быть не меньше спроектированной толщины стенки сосуда и не превышать толщину t_w более чем в два раза.

(3) Максимальный угол α между касательной к внутреннему углу сосуда и центральной осевой линией сосуда должен составлять 10 градусов от плоскости, перпендикулярной к осям сосуда (см. Рис. Е-110).

(4) Диаметр D_{op} любого осевого отверстия в глухо-сопряженном днище не должен превышать 15 % от внутреннего диаметра сосуда, причем такое отверстие необходимо расположить на осевой линии сосуда.

(b) Максимальная внутренняя поверхность меридионального напряжения, подставляемая в усталостное уравнение по КД-141, рассчитывается по следующей формуле:

$$\sigma_1 = 1.045(D_c/t_c)^2 P$$

Е-120 ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ РАЗМЕРЫ ТОНКИХ СТЕНОК

(а) Если соотношение D_o/D_i сосуда меньше, чем 1,5, минимальная толщина глухо-сопряженных днищ (как показано на Рис. Е-120) рассчитывается по следующей формуле:

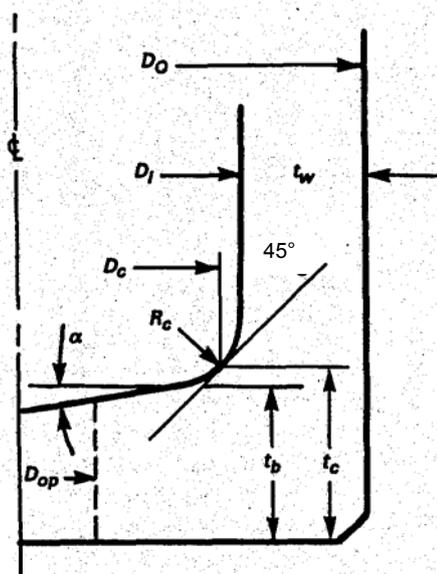
$$t_b = D_i (1.5CP/S_y)^{0.5} \quad (1)$$

(b) Минимальный множитель, используемый при значении C , далее при вычислении усталостных и других уравнений механики разрушений из Статей КД-3 и КД-4, соответственно, равен 1,8. Интенсивность напряжения равна:

$$S = 1.8C(D_i/t_b)^2 P \quad (2)$$

(c) Величина C , используемая в уравнениях (1) и (2), определяется следующим образом:

РИС. Е-110 ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ РАЗМЕРЫ ГЛУХО-СОПРЯЖЕННЫХ ТОЛСТОСТЕННЫХ ДНИЩ, НЕ ТРЕБУЮЩИХ ПОДРОБНОГО РАСЧЕТА



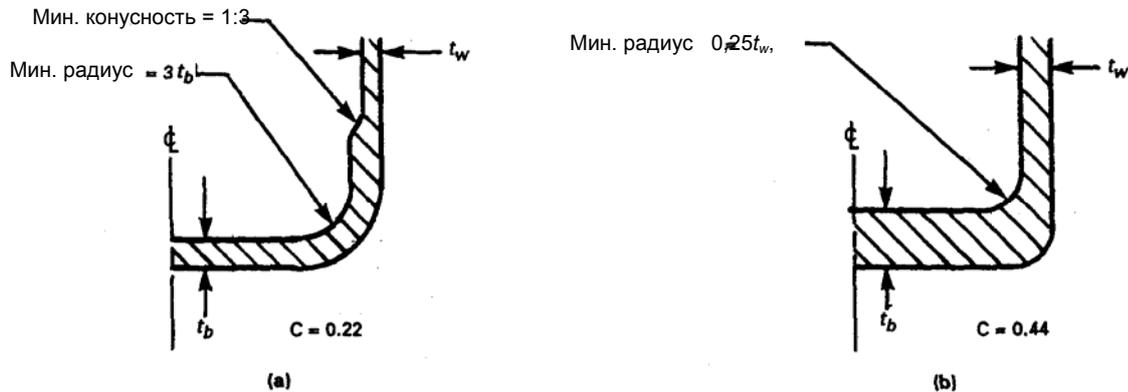
- D_c = угловой диаметр
 D_{op} = диаметр отверстия = 0,15 D_i макс.
 R = радиус скругления = 0,25 t_w мин.
 t_b = толщина днища = t_w мин., 2 t_w макс.
 t_c = угловая толщина днища
 t_w = расчетная толщина стенки
 $Y = D_o/D_i = 1,5$ мин.
 $\alpha = 10$ градусов макс.

(1) $C = 0,22$ если внутренний радиус скругления составляет, как минимум, три размера минимальной требуемой толщины днища.

(2) $C = 0,44$ если внутренний радиус скругления составляет менее трех размеров минимальной требуемой толщины днища. Внутренний радиус скругления должен превосходить по размеру или быть равным 25 % от спроектированной толщины стенки сосуда t_w .

(d) Не существует никаких особых требований в отношении длины цилиндра для цилиндров, неоднородных по толщине; однако конусность между соотношениями по толщине все же должна равняться минимум 3:1.

РИС. Е-120 ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ РАЗМЕРЫ ГЛУХО-СОПРЯЖЕННЫХ ТОНКОСТЕННЫХ ДНИЩ, НЕ ТРЕБУЮЩИХ ПОДРОБНОГО РАСЧЕТА



Е-200 РЕЗЬБОВЫЕ КОНЦЕВЫЕ ЗАКРЫТИЯ

Особые требования к резьбе и резьбовым закрытиям приведены в Статье КД-6. Далее, *под одним витком резьбы* будем понимать один поворот на 360°, начиная от края резьбы с полным поперечным сечением. Число витков резьбы должно быть менее 20, но более 4. Наклон винтовой линии резьбы не должен превышать 2°. Внутренняя резьба должна иметь достаточный подрез. Длина по оси участка с внешней резьбой должна быть, по крайней мере, на один шаг длиннее, чем сопрягаемая внутренняя резьба, чтобы обеспечить полное зацепление для всех витков внутренней резьбы.

Осевая нагрузка приходится на витки резьбы неравномерно. Внутренний виток, ближайший к подрезу, обычно несет на себе большую часть нагрузки. Следующий метод может быть использован для определения распределения нагрузки. Витки резьбы нумеруются, начиная с подреза.

Для сосудов с неравномерным по длине диаметром приведенные в этом Приложении методики расчета распределения резьбовой нагрузки могут быть действительными с учетом влияния внешнего диаметра сосуда на коэффициенты гибкости, рассчитанные для таких сосудов в Е-210. Смотрите КД-100(б).

Е-210 ОБОЗНАЧЕНИЯ (см. Рис. Е-210.1, Е-210.2 и Е-210.3)

A_B = площадь поперечного сечения сосуда, перпендикулярного к оси сосуда, проходящего по внутренней резьбе

$$= \frac{\pi}{4} (D_o^2 - D_p^2)$$

A_C = площадь поперечного сечения закрытия, перпендикулярного к оси сосуда, проходящего по внешней резьбе

$$= \frac{\pi}{4} D_p^2$$

C_M = комбинированный коэффициент гибкости для основного сосуда и закрытия

$$= \left(\frac{1}{A_B} + \frac{1}{A_C} \right) P_T$$

C_T = коэффициент гибкости резьбы

$$= \frac{2}{D_p}$$

D_o = наружный диаметр сосуда;

D_p = диаметр шага резьбы;

F_1 = нагрузка на первый виток;

F_2 = нагрузка на второй виток;

F_i = нагрузка на виток i^{th} ;

F_n = нагрузка на последний виток;

F_T = суммарная нагрузка по всем виткам;

P_T = шаг резьбы.

S = число нагруженных сегментов на один шаг

S_i = нагрузка на сегмент

S_M = комбинированный коэффициент гибкости для основного сосуда и закрытия

$$= \frac{C_M}{S}$$

S_T = коэффициент гибкости резьбы = $C_T \cdot 2S$

n = общее число витков

Е-220 РАСПРЕДЕЛЕНИЕ РЕЗЬБОВОЙ НАГРУЗКИ

Е-221 Непрерывная резьба

Распределение резьбовой нагрузки может быть получено как:

$$F_i = F_{i+1} + \frac{C_M}{C_T} (F_{sum})$$

где

$$F_{sum} = \sum_{j=i+1}^n F_j$$

(См. Crum A. S. D.; Технология высокого давления, ASME PVP-Vol. 148, pp. 43-53, Июнь 1988.) Начиная с последнего витка F_n , рассчитать нагрузку на предыдущий виток F_{n-1} и затем на еще ранее идущий виток F_{n-2} , и так далее.

РИС. Е-210.1 ТИПОВЫЕ ВИДЫ РЕЗЬБОВЫХ КОНЦЕВЫХ ЗАКРЫТИЙ

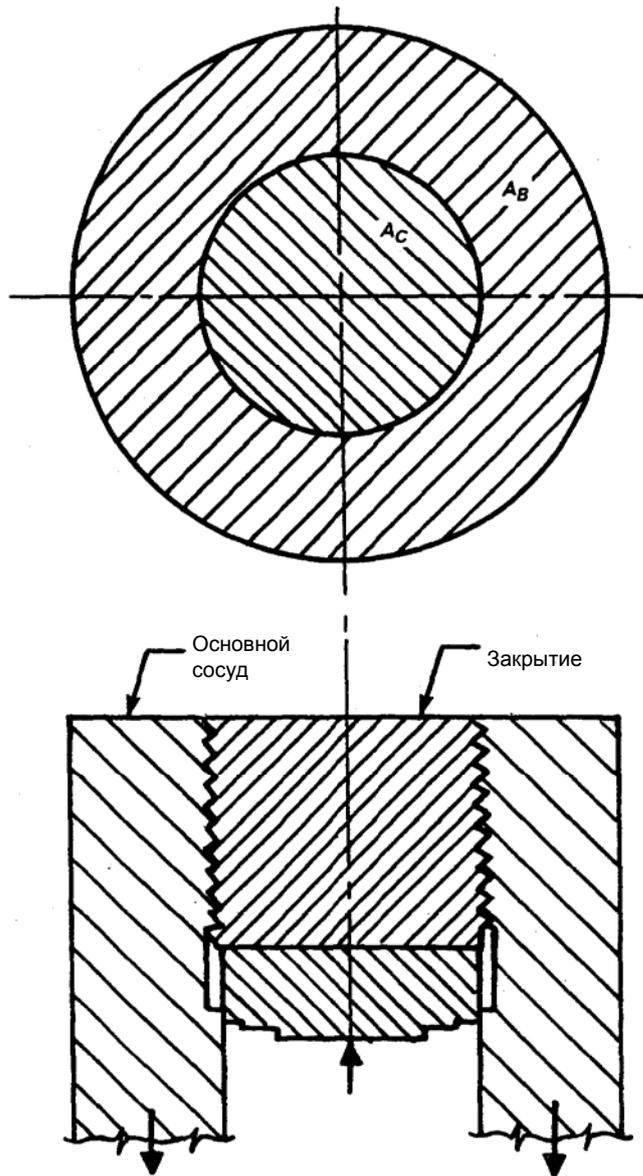


РИС. Е-210.2 РАСПРЕДЕЛЕНИЕ РЕЗЬБОВОЙ НАГРУЗКИ

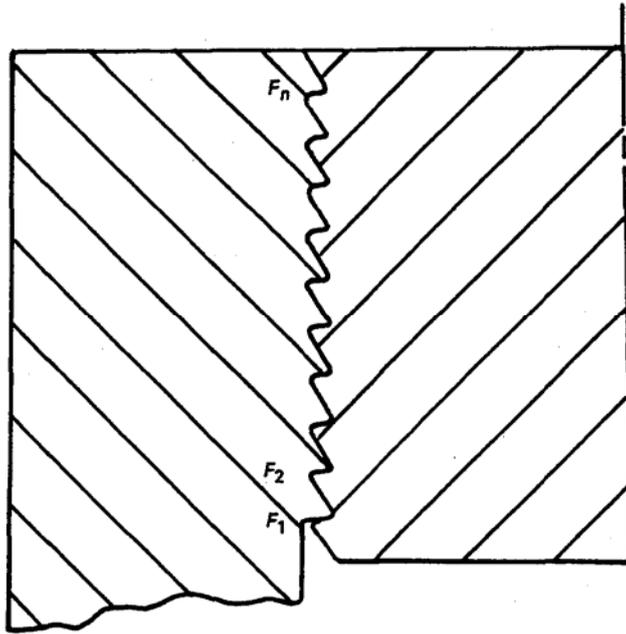


РИС. Е-210.3 ДЕТАЛИЗАЦИЯ ПО ПЕРВОМУ ВИТКУ

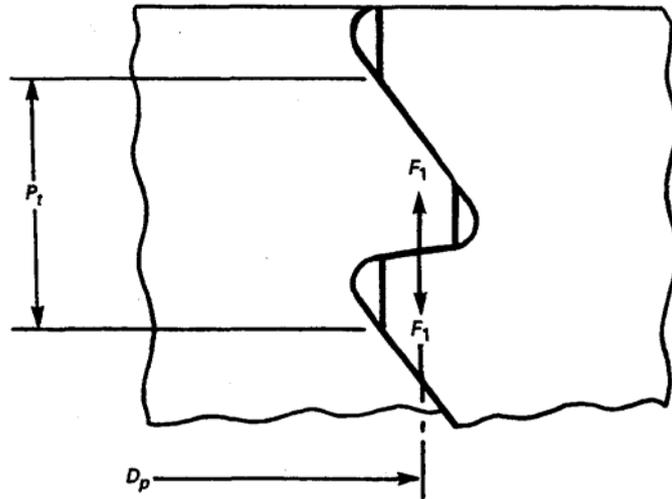


ТАБЛИЦА E-222.1
ПРИМЕР ДЛЯ НЕПРЕРЫВНЫХ РЕЗЬБ

Виток	F_i [Примечание (1)]	F_{sum}	$C_M/C_T \times F_{sum}$	F_i %
10	1,000	1,000	0,065	4,1
9	1,065	2,065	0,135	4,3
8	1,200	3,265	0,213	4,9
7	1,413	4,679	0,305	5,7
6	1,719	6,398	0,418	7,0
5	2,137	8,534	0,557	8,7
4	2,694	11,228	0,733	10,9
3	3,427	14,655	0,957	13,9
2	4,384	19,039	1,243	17,8
1	5,627	24,666	1,611	22,8

ПРИМЕЧАНИЕ:

(1) $F_T = 24,666$ (получено суммированием десяти значений F_i).

E-222 Прерывистая (с нарушениями) резьба

Используется уравнение – аналогичное сегментам с полной резьбой:

$$S_i = S_{i+1} + \frac{S_M}{S_T} (S_{sum})$$

(a) Пример для непрерывной резьбы. Предполагая, что нагрузка на последний виток единична, значения приведены ниже, мы получим значения из Таблицы E-222.1.

$$D_O = 26$$

$$D_p = 13$$

$$P_T = 1$$

$$n = 10$$

$$A_B = 398,197$$

$$A_C = 132,732$$

$$C_M = 0,01$$

$$C_T = 0,154$$

(b) Пример для прерывистой резьбы. Для $S = 4$ (одна восьмая поворота), мы получим значения из Таблицы E-222.2.

ТАБЛИЦА Е-222.2
ПРИМЕР ДЛЯ ПРЕРЫВИСТОЙ РЕЗЬБЫ

Виток №	Сегмент №	S_i		$S_M/S_T \times S_{sum}$	$S, \%$	Резьба, %
10	40	1,000	1,000	0,002	1,52	6,12
10	39	1,002	2,002	0,004	1,53	...
10	38	1,006	3,008	0,006	1,53	...
10	37	1,012	4,020	0,008	1,54	...
9	36	1,020	5,041	0,010	1,56	6,33
9	35	1,031	6,072	0,012	1,57	...
9	34	1,043	7,115	0,015	1,59	...
9	33	1,058	8,172	0,017	1,61	...
8	32	1,074	9,247	0,019	1,64	6,74
8	31	1,093	10,340	0,021	1,67	...
8	30	1,114	11,454	0,023	1,70	...
8	29	1,138	12,592	0,026	1,74	...
7	28	1,163	13,755	0,028	1,77	7,36
7	27	1,191	14,947	0,030	1,82	...
7	26	1,222	16,169	0,033	1,86	...
7	25	1,255	17,424	0,036	1,91	...
6	24	1,290	18,714	0,038	1,97	8,24
6	23	1,329	20,043	0,041	2,03	...
6	22	1,370	21,412	0,044	2,09	...
6	21	1,413	22,826	0,047	2,15	...
5	20	1,460	24,285	0,050	2,23	9,38
5	19	1,509	25,795	0,053	2,30	...
5	18	1,562	27,357	0,056	2,38	...
5	17	1,618	28,975	0,059	2,47	...
4	16	1,677	30,652	0,063	2,56	10,82
4	15	1,739	32,391	0,066	2,65	...
4	14	1,806	34,197	0,070	2,75	...
4	13	1,875	36,072	0,074	2,86	...
3	12	1,949	38,021	0,078	2,97	12,62
3	11	2,027	40,047	0,082	3,09	...
3	10	2,108	42,156	0,086	3,21	...
3	9	2,194	44,350	0,090	3,35	...
2	8	2,285	46,635	0,095	3,48	14,83
2	7	2,380	49,015	0,100	3,63	...
2	6	2,480	51,495	0,105	3,78	...
2	5	2,585	54,080	0,110	3,94	...
1	4	2,695	56,775	0,116	4,11	17,54
1	3	2,811	59,586	0,122	4,29	...
1	2	2,933	62,519	0,128	4,47	...
1	1	3,060	65,579	0,134	4,67	...

**ПРИЛОЖЕНИЕ F — НЕОБЯЗАТЕЛЬНОЕ
ОДОБРЕНИЕ НОВЫХ МАТЕРИАЛОВ В СООТВЕТСТВИИ
СО СТАНДАРТОМ ASME ПО КОТЛАМ И СОСУДАМ
ДАВЛЕНИЯ**

См. Секцию II, Часть D, Приложение 5.

ПРИЛОЖЕНИЕ G — НЕОБЯЗАТЕЛЬНОЕ ПРАВИЛА ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЗАЖИМНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

G-100 ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

(a) Руководства, содержащиеся в данном Приложении, предназначены для проектирования зажимных соединений для сосудов давления и их деталей. Они дополняют соответствующие требования Статей KD-2, KD-3, KD-4 и KD-6 данного Раздела. Данными руководствами не следует пользоваться как для определения толщины трубных решеток с опорами или без опор, выполненных зацело со ступицами, так и для определения толщины крышек. Данные руководства предусмотрены только для гидростатических конечных нагрузок, сборки и установок прокладки.

(b) Проектирование зажимных соединений включает выбор геометрических характеристик прокладок, болтов, ступиц и зажимов. Болты выбираются с учетом требований G-400. Размеры соединения должны быть такими, чтобы напряжения в зажиме и ступице, рассчитанные согласно G-700 и G-800, не превышали допустимых напряжений, указанных в Таблице G-900. Все расчеты должны основываться на размерах с учетом возможной коррозии. Необходимо выполнить расчеты в отношении сборки, установки прокладки и рабочего режима.

(c) Рекомендуется использовать или самоуплотняющиеся и/или низкопосаженные уплотнительные прокладки. На Рис. G-300 показаны типовые самоуплотняющиеся прокладки. Этот тип прокладок хорошо согласуется с относительно низкой предварительной нагрузкой конструкций такого типа. Коэффициенты прокладок m , иных, чем для самоуплотняющихся прокладок, можно найти в других разделах данного Стандарта. При выборе или проектировании прокладки разработчику необходимо учесть деформацию поверхностей контактов прокладки, как под воздействием нагрузки сборки, так и под воздействием рабочей эксплуатационной нагрузки. Торцы ступицы должны быть спроектированы с учетом контакта металла с металлом в областях, выходящих за пределы диаметра прокладки. Это может достигаться или с помощью образования выемок на поверхностях ступиц, или путем применения металлических проставок (Рис. G-100.1). Область контакта должна быть достаточно велика для предотвращения пластической деформации на поверхности ступицы или на проставке при рабочих или сборочных нагрузках.

(d) Следует признать, что существуют конструкции зажимов, в которых не используется заклинивание при сборке, поскольку зажимающие поверхности параллельны поверхностям ступицы. Такие конструкции допустимы и они должны соответствовать требованиям зажимного соединения к болтам, соответствующим им зажимам и ступицам при полном угле сопряженных поверхностей, равном 10° .

(e) Методы расчета, приведенные здесь для напряжений, нагрузок или моментов, могут быть также использованы при проектировании зажимных

соединений с деталями, отличными от изображенных на Рис. G-100.1, G-100.2 и G-100.3, а также для зажимов, состоящих из более чем двух кольцевых сегментов. Расчетные формулы, приведенные здесь, основаны на элементарной теории прямых балок и упрощены тем, что они не учитывают изгиба и факторов кольцевого стягивания. Альтернативные методики, такие как, например, метод расчета конечных элементов, могут быть использованы для того, чтобы оценить конструкции зажимов.

(f) Зажимы, изготовленные в соответствии с правилами данного Приложения, должны иметь, как минимум, два или более болтов на каждый сегмент соединения.

(g) Конструкция поверхностей ступиц и зажимов должна включать выпускные отверстия и вентиляционные каналы, соразмерные вытяжному давлению, на случай протечки прокладки, для того, чтобы избежать перенапряжения в ступице и зажиме.

G-200 МАТЕРИАЛЫ

(a) Материалы, используемые в конструкции зажимных соединений, должны соответствовать требованиям Части КМ.

(b) Не допускается изготовление ступиц и зажимов путем механической обработки толстолистовой стали.

(c) Болты, штифты, гайки и шайбы должны удовлетворять требованиям Статьи KD-6 и Части КМ. Минимальный диаметр должен составлять $1/2$ дюйма (13 мм).

G-300 ОБОЗНАЧЕНИЯ

Обозначения, приведенные ниже, используются в формулах, применяемых в конструкциях соединений зажимного типа (см. также Рис. G-100.1, G-100.2 и G-100.3).

A_b = общая площадь поперечного сечения болтов в выступе зажима, определяемая по наименьшему внутреннему диаметру резьбы или наименьшему диаметру ненарезанной части болта, кв. дюйм (мм^2).

A_c = общая площадь поперечного сечения зажима, кв. дюйм (мм^2). Значение может быть рассчитано, как показано ниже или любым другим подходящим методом, основанным на конфигурации зажима:

$$= A_{c1} + A_{c2} + A_{c3}$$

$$A_{c1} = \text{площадь зажима детали, кв. дюйм (мм}^2\text{)}$$

$$= (C_w - 2C_t)C_t$$

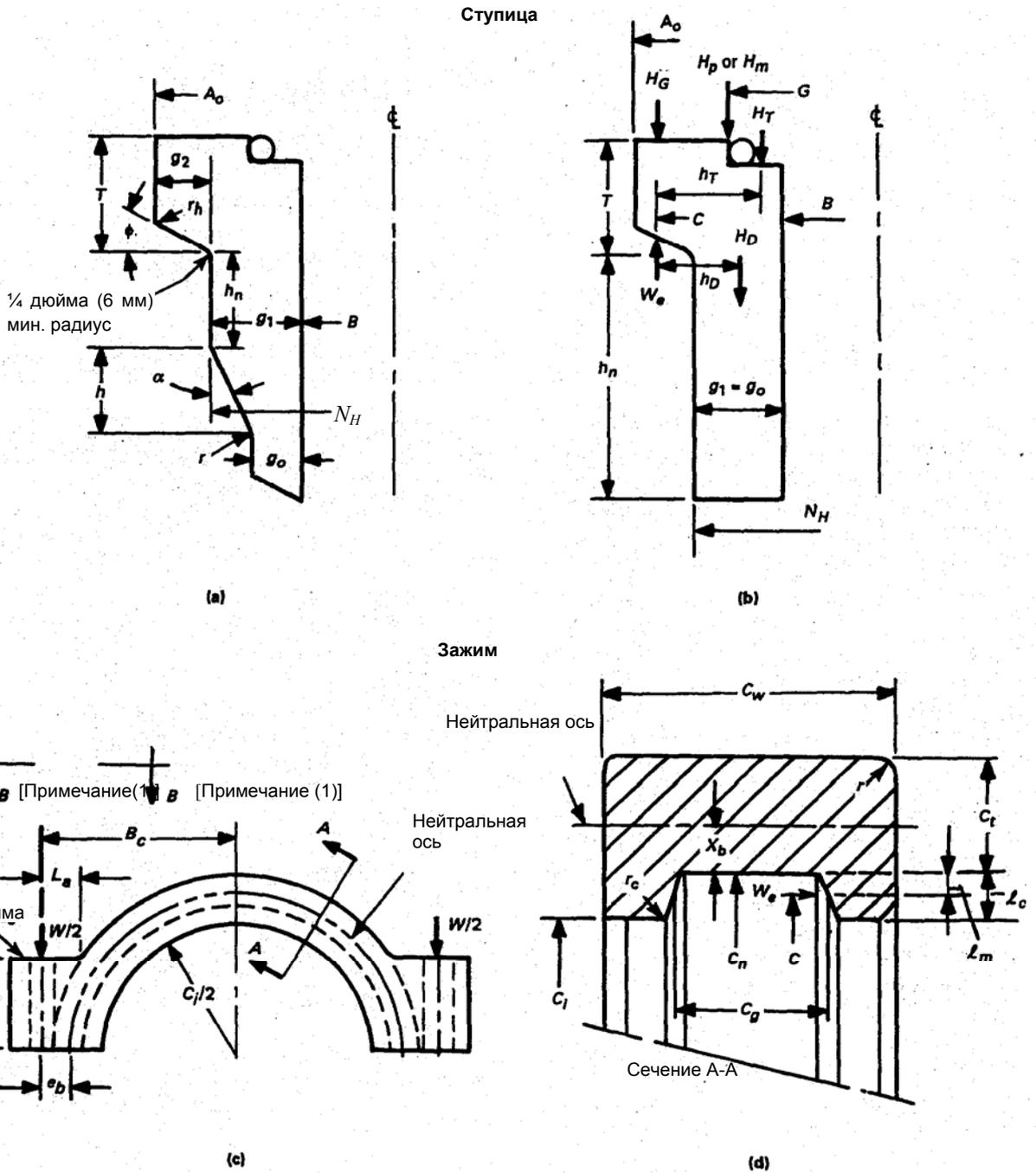
$$A_{c2} = \text{площадь зажима детали, кв. дюйм (мм}^2\text{)}$$

$$= 2C_t^2 - \left(2 - \frac{\pi}{2}\right)r^2$$

$$A_{c3} = \text{площадь зажима детали, кв. дюйм (мм}^2\text{)}$$

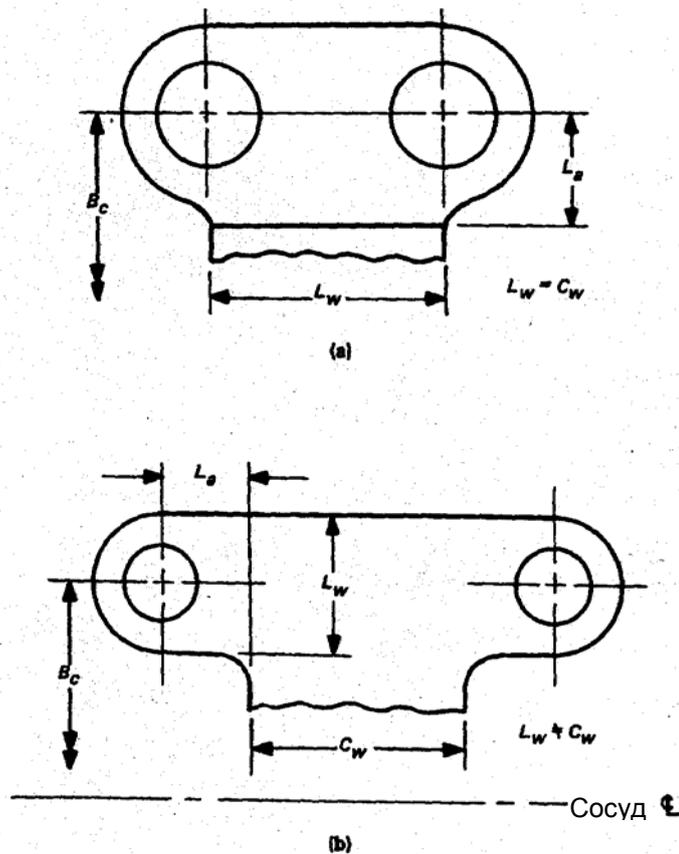
$$= (C_w - C_g)\ell_c$$

РИС. G-100.1 ОБОЗНАЧЕНИЯ ЗАЖИМА



ПРИМЕЧАНИЕ:
 (1) См. Рис. G-100.2 для вида B-B.

РИС. G-100.2 ТИПОВЫЕ КОНФИГУРАЦИИ ВЫСТУПОВ ЗАЖИМОВ
[Вид В-В на Рис. G-100.1, эскиз (с)]



A_m = общая требуемая площадь поперечного сечения болтов для каждого сегмента зажимного соединения выбирается как большее из A_{m1} и A_{m2} , кв. дюйм (мм^2).

A_{m1} = общая площадь поперечного сечения болтов по внутреннему диаметру резьбы или по сечению наименьшего диаметра под напряжением, требуемая для рабочего режима, кв.дюйм (мм^2)
 $= W_{m1}/2S_b$

A_{m2} = общая площадь поперечного сечения болтов по внутреннему диаметру резьбы или по сечению наименьшего диаметра под напряжением, требуемая для установки прокладки, кв.дюйм (мм^2).
 $= W_{m2}/2S_a$

A_o = наружный диаметр ступицы, дюйм (мм)

A_{or} = наружный несущий диаметр ступицы с учетом радиуса скругления r_h , дюйм (мм)
 $= A_o - 2r_h$

A_3 = площадь продольного среза ступицы, выбирается, как меньшее из величин A_{3a} и A_{3b} , кв. дюймы (мм^2)

A_{3a} = площадь продольного среза ступицы, образующаяся при помощи прямой секущей поверхности в касательно-продольной плоскости, кв. дюйм (мм^2)
 $= \pi C_{ir} T_h$

A_{3b} = площадь продольного среза по ступице, основанная на конической секущей поверхности под углом 45° , кв. дюйм (мм^2). Значение может быть рассчитано любым подходящим методом, причем расчет может быть усложнен присутствием фасок на ступице и учетом толщины плеча ступицы. Типовая формула для случая, когда вышеперечисленные факторы не учитываются, представлена ниже:

$$= \frac{\pi\sqrt{2}}{4} (A_o^2 - C_{ir}^2)$$

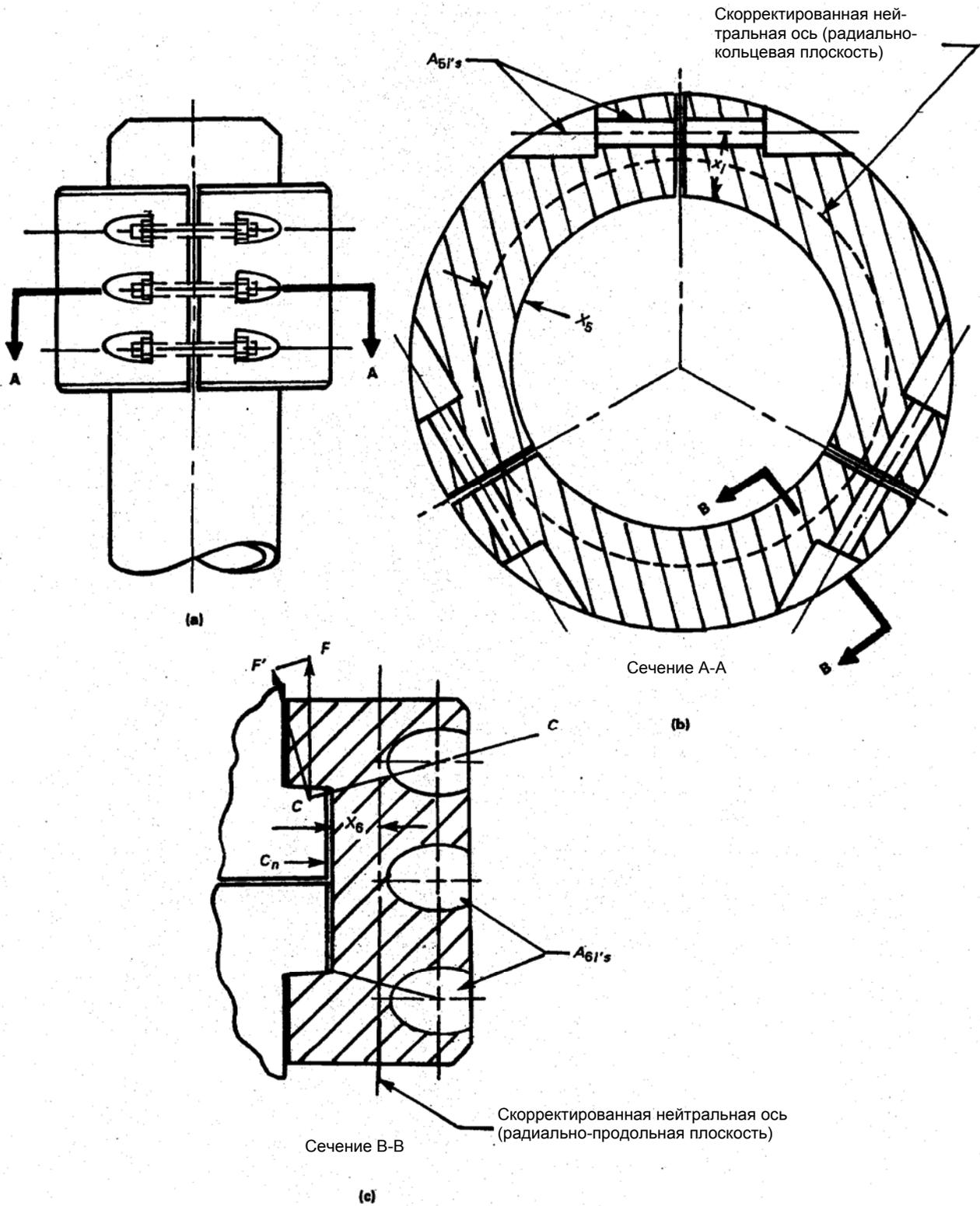
A_5 = минимальная площадь поперечного сечения зажима в радиально-касательной плоскости, кв. дюйм (мм^2)

$$= \pi(C_n + C_t) C_t - A_{5b}$$

(Площадь A_5 может быть в дальнейшем изменена, в случае, если только два комплекта болтов используются и области среза по болтовому отверстию лежат в некоторой области, примыкающей к выступу зажима. Такой случай проиллюстрирован сечением C-C на Рис.G-100.3. При такой конфигурации, A_5 может быть образована по срезу, показанному сечением C-C, при условии, что сила, действующая перпендикулярно к плоскости, также соответствующим образом изменена.)

A_{5b} = максимальная площадь среза по болтовому отверстию зажима (с учетом дефектов поверхности и выемок) по всей окружности в любой

РИС. G-100.3 ТИПОВЫЕ СТУПИЦЫ С БОЛТАМИ, ПОМЕЩЕННЫМИ ВНУТРИ ЗАЖИМА



радиально-касательной плоскости, при отсутствии наружных выступов, для случая, когда болты располагаются внутри зажима (Рис. G-100.3), кв. дюйм (мм²)

$$= \sum A_{5i}$$

($A_{5b} = 0$ для наружных выступов под болты, показанных на Рис. G-100.2)

A_{5i} = площади срезов по отдельным болтовым отверстиям зажима в радиально-касательной плоскости, кв. дюйм (мм²) (см. Рис. G-100.3)

A_6 = минимальная площадь поперечного сечения зажима в радиально-продольной плоскости, кв. дюйм (мм²)

$$= A_c - A_b$$

A_{6b} = максимальная площадь среза по болтовому отверстию зажима (с учетом дефектов поверхности и внутренних выемок) в любой радиально-продольной плоскости, для случая, когда болты размещены внутри зажима, кв. дюйм (мм²). Что соответствует площади среза по болтовым отверстиям, показанной в сечении B-B на Рис. G-100.3.

$$= \sum A_{6i}$$

($A_{6b} = 0$ для наружных выступов под болты, показанных на Рис. G-100.2)

A_{6i} = площади среза по отдельным болтовым отверстиям зажима в радиально-продольной плоскости, кв. дюйм (мм²) (см. Рис. G-100.3)

A_7 = площадь продольного среза по выступу зажима, выбирается как меньшая величина из A_{7a} и A_{7b} , кв. дюйм (мм²)

A_{7a} = площадь продольного среза по выступу зажима, образованного прямой секущей поверхностью в касательно-продольной плоскости, кв. дюйм (мм²)

$$= \pi A_{or} T_c$$

A_{7b} = площадь продольного среза по выступу зажима, образованного конической секущей поверхностью под углом 45°, кв. дюйм (мм²). Значение может быть рассчитано любым подходящим методом, причем расчет может быть усложнен присутствием фасок на выступе и учетом толщины выступа. Типовая формула для случая, когда вышеперечисленные факторы не учитываются, представлена ниже:

$$= \frac{\pi \sqrt{2}}{4} (A_{or}^2 - C_i^2)$$

B = внутренний диаметр ступицы, дюйм (мм)

B_c = расстояние по радиусу от осевой линии соединения к центрам болтов, дюйм (мм) [см. Рис. G-100.1, эскиз (с)]

C = диаметр оптимальной окружности взаимодействия зажим-ступица, дюйм (мм)

$$= (A_{or} + C_{ir})/2$$

C_g = оптимальный размер прорези зажима, определенный по диаметру C , дюйм (мм)

C_i = внутренний опорный диаметр зажима, дюйм (мм)

C_{ir} = внутренний опорный диаметр зажима с учетом радиуса скругления r_c , дюйм (мм)

$$= C_i + 2r_c$$

C_n = внутренний диаметр прорези зажима, дюйм (мм)

C_t = эффективная толщина зажима (C_t должна быть равна или превышать r), дюйм (мм)

C_w = ширина зажима, дюйм (мм)

C_6 = касательное плечо момента по напряжению при изгибе, дюйм (мм)

$$= C_t - X_6$$

(Если $e_b < 0$, $C_6 = X_6$)

G = диаметр в месте установки уплотнительной прокладки, дюйм (мм). Как показано на Рис. G-100.1, G задается как наружный диаметр поверхности уплотнения. Для не самоуплотняющихся прокладок, оптимальный диаметр подходящей прокладки может быть уточнен в других разделах Стандарта. См. дополнительную иллюстрацию G для самоуплотняющихся прокладок на Рис. G-300.

H = суммарное торцевое усилие, необходимое для режима эксплуатации или сборки, если применимо, кип (Н)

H_D = гидростатическое торцевое усилие на внутренней поверхности цилиндра, кип (Н)

$$= \pi B^2 P/4$$

H_e = суммарное гидростатическое торцевое усилие, кип (Н)

$$= \pi G^2 P/4$$

H_G = разность между суммарным оптимальным предварительным натягом зажима и суммой гидростатического торцевого усилия с суммарной степенью сжатия поверхности контакта в соединении, кип (Н)

$$= [\pi W/(2 \tan(\phi + \mu))] - (H + H_p)$$

H_m = общие требования с учетом поджатия на осевом установочном месте прокладки, кип (Н) (осевая нагрузка в месте установки в случае самоуплотняющихся прокладок, если она существенна)

H_p = суммарная сжимающая нагрузка на контактную поверхность соединения, кип (Н)

$$= 2b \times \pi G m P$$

(для пружин самоуплотняющихся прокладок, используется $H_p = 0$ или фактической удерживаемой нагрузке, если она существенна)

H_T = разница между суммарным гидростатическим торцевым усилием и гидростатическим торцевым усилием на внутренней поверхности цилиндра, кип (Н)

$$= H - H_D$$

I_c = момент инерции зажима относительно нейтральной линии радиально-продольного поперечного сечения, без учета отверстий под болты в зажиме, дюйм⁴ (мм⁴). Значение может быть рассчитано, как показано ниже или любым другим подходящим методом, основанным на конфигурации зажима:

$$= \frac{1}{3} [(A_{e1} + A_{e2}) C_i^2 + A_{e3} e_c^2] - A_c X_b^2$$

I_h = момент инерции плеча ступицы относительно ее нейтральной оси, дюйм⁴ (мм⁴)

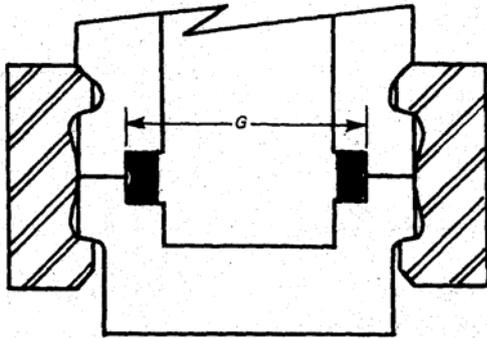
$$= \frac{g_1 T^3}{3} + \frac{g_2 h_2^3}{3} - (g_2 h_2 + g_1 T) h^2$$

I_5 = минимальный осевой момент инерции зажима в любой радиально-касательной плоскости, дюйм⁴ (мм⁴)

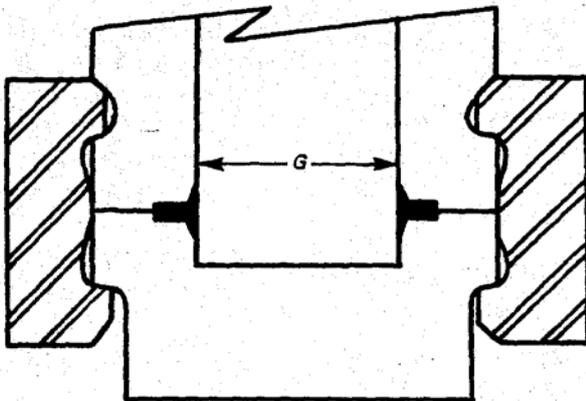
$$= [\pi(C_n + C_t) C_i^3/3] - I_{5b} - A_5 X_5^2$$

I_{5b} = максимальное ослабление момента инерции зажима, вызванное наличием болтовых отверстий по всей окружности в любой радиально-касательной плоскости, дюйм⁴ (мм⁴)

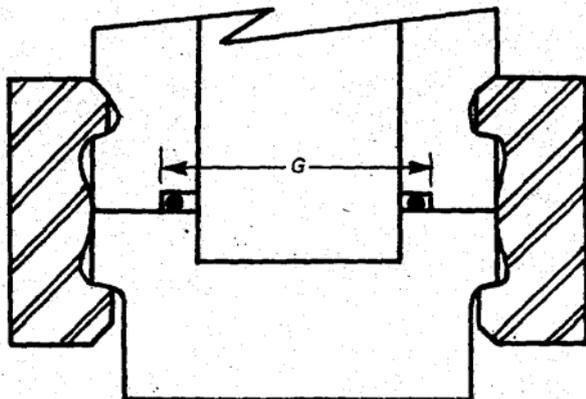
РИС. G-300 ТИПОВЫЕ САМОУПЛОТНЯЮЩИЕ ПРОКЛАДКИ С УКАЗАНИЕМ ДИАМЕТРА G, ОБУСЛОВЛЕННОГО РЕАКЦИЕЙ ПРОКЛАДКИ НА НАГРУЗКУ



(a) Волновая кольцевая уплотняющая прокладка



(b) Уплотняющая прокладка, покрытая слоем металла



(c) Торцевая кольцевая прокладка Типа «0»

ОБЩЕЕ ПРИМЕЧАНИЕ: $m = 0$

$= \Sigma(A_{5i})(X_i)^2 + \Sigma$ (сумма локальных моментов инерции каждого участка вокруг собственного центра тяжести)¹
 $(I_{5b} = 0$ для наружных выступов под болты, показанных на Рис. G-100.2)

I_{6b} = минимальный осевой момент инерции зажима в любой касательно-продольной плоскости, дюйм⁴ (мм⁴)

$$= I_c - I_{6b} - A_6 X_6^2 + A_c X_6^2$$

I_{6b} = максимальное ослабление момента инерции зажима, вызванное наличием болтовых отверстий в любой касательно-продольной плоскости, дюйм⁴ (мм⁴)

$= \Sigma(A_{6i})(X_i)^2 + \Sigma$ (сумма локальных моментов инерции каждого участка вокруг собственного центра тяжести)¹
 $(I_{6b} = 0$ для наружных выступов под болты, показанных на Рис. G-100.2)

L_a = расстояние от осевой линии болта в зажиме до точки соприкосновения выступа зажима с основной частью, дюйм (мм) [см. Рис. G-100.1, эскиз (c)]

L_h = высота выступа зажима, дюйм (мм) [см. Рис. G-100.1, эскиз (c)]

L_w = ширина выступа зажима, дюйм (мм) (см. Рис. G-100.2)

M = момент, обусловленный H_D , дюйм-кип (Н·мм)
 $= H_D h_D$

M_F = момент сдвига, дюйм-кип (Н·мм)
 $= H_D(g_1 - g_0)/2$

M_G = момент, обусловленный H_G , дюйм-кип (Н·мм)
 $= H_G h_G$

M_H = реакционный момент опорной части ступицы, дюйм-кип (Н·мм)

$$= \frac{M_0}{\left[1 + \frac{1.818}{\sqrt{B g_1}} \times \left(T - \bar{h} + \frac{3.305 I_h}{g_1^2 (B/2 + \bar{g})} \right) \right]}$$

M_0 = суммарный вращательный момент на ступице, дюйм-кип (Н·мм) (см. G-600)

M_p = момент, обусловленный давлением, дюйм-кип (Н·мм)
 $= \pi \times P B T (T/2 - \bar{h})$

M_R = радиальный уравнивающий момент зажима, дюйм-кип (Н·мм)
 $= (\pi W/2) \{ \bar{h} - T + [(C - N_H) \tan \phi] / 2 \}$

M_T = момент, обусловленный H_T , дюйм-кип (Н·мм)
 $= H_T h_T$

M_5 = изгибающий момент продольного напряжения зажима, дюйм-кип (Н·мм)
 $= H(\ell_m + X_5) + (\pi W/2)(C_g/2)$

M_6 = изгибающий момент касательного напряжения зажима, дюйм-кип (Н·мм)
 $= |e_b| W/2$

N_H = наружный диаметр опорной части ступицы, дюйм (мм)

P = внутреннее расчетное давление, тыс.фунт/кв.дюйм (МПа)

Q = реакционное усилие сдвига в опорной части ступицы, кип (Н)

$$= \frac{1.818 M_H}{\sqrt{B g_1}}$$

¹ При расчете I_{5b} и I_{6b} суммой локальных моментов инерции можно пренебречь, что часто имеет место.

S_a = допустимое напряжение болта при комнатной температуре (см. KD-620), тыс.фунт/кв. дюйм (МПа)

S_b = допустимое напряжение болта при расчетной температуре (см. KD-620), тыс.фунт/кв. дюйм (МПа)

S_{YAC} = предел текучести для материала зажима (режим сборки) при комнатной температуре, тыс.фунт/кв. дюйм (МПа)

S_{YAH} = предел текучести для материала ступицы (режим сборки) при комнатной температуре, тыс.фунт/кв. дюйм (МПа)

S_{YOC} = предел текучести для материала зажима (режим эксплуатации) при расчетной температуре, тыс.фунт/кв. дюйм (МПа)

S_{YOH} = предел текучести для материала ступицы (режим эксплуатации) при расчетной температуре, тыс.фунт/кв. дюйм (МПа)

S_1 = продольное напряжение ступицы на наружной стороне ее опорной части, тыс.фунт/кв. дюйм (МПа)

S_2 = максимальное кольцевое напряжение Лейма в отверстиях ступицы, тыс.фунт/кв. дюйм (МПа)

S_3 = максимальное касательное напряжение в плече ступицы, тыс.фунт/кв. дюйм (МПа)

S_4 = максимальное радиальное напряжение сдвига в опорной части ступицы, тыс.фунт/кв. дюйм (МПа)

S_5 = продольное напряжение по внутреннему диаметру основной части зажима, тыс.фунт/кв. дюйм (МПа)

S_6 = касательное напряжение по наружному диаметру основной части зажима, тыс.фунт/кв. дюйм (МПа)

S_7 = максимальное касательное напряжение в прижимных планках зажима, тыс.фунт/кв.дюйм (МПа)

S_8 = напряжение при изгибе прижимной планки зажима, тыс.фунт/кв. дюйм (МПа)

S_9 = напряжение при изгибе выступа зажима, тыс.фунт/кв. дюйм (МПа)

S_{10} = максимальное касательное напряжение для выступа зажима, тыс.фунт/кв. дюйм (МПа)

S_{11} = оптимальное напряжение смятия между зажимом и ступицей, тыс.фунт/кв. дюйм (МПа)

T = толщина плеча ступицы по Рис. G-100.1, дюйм (мм)

T_c = толщина прижимающей планки зажима снизу от внешнего края ступицы, дюйм (мм)

$$= \frac{1}{2} [C_w - C_g + (A_{or} - C) \tan \phi]$$

T_h = толщина плеча ступицы снизу от внутреннего края зажима, дюйм (мм)

$$= T - \left(\frac{C_{ir} - A_0}{2} + g_2 \right) \tan \phi$$

W = суммарная расчетная нагрузка болта для режима работы и режима сборки, где применимо, кип (Н)

W_c = суммарная осевая предварительная, фиксирующая нагрузка, приходящаяся на одну прижимную планку зажима и плечо ступицы (установление прокладки или сборки), кип (Н)

$$= \pi W / [2 \tan(\phi + \mu)]$$

W_{m1} = минимальная суммарная нагрузка на болты, требуемая для режима эксплуатации, кип (Н) [см. G-400(b)(1)]

W_{m2} = минимальная суммарная нагрузка на болты, требуемая для установки уплотняющей прокладки, кип (Н) [см. G-400(b)(2)]

X_b = основной размер зажима до нейтральной линии в продольно-радиальной плоскости без учета отверстий под болты в зажиме, дюйм (мм). Значение может быть рассчитано, как показано ниже, или любым другим подходящим способом.

$$= \frac{(A_{c1} + A_{c2})C_1 - A_{c3}l_c}{2A_c}$$

X_i = среднее расстояние по радиусу, дюйм (мм), от каждого выреза под болт в соответствующей плоскости к внутреннему краю выточки зажима [т.е. к краю, диаметр которого равен C_n как показано на Рис. G-100.3, эскизы (b) и (c)]

X_5 = скорректированный размер зажима до нейтральной оси в радиально-касательной плоскости, учитывающий отверстия под болты при поперечном сечении зажима [см. Рис. G-100.3, эскиз (b)], дюймы (мм)

$$= \frac{\pi (C_n + C_i)(C_i^2/2) - \sum A_{5i} X_i}{A_5}$$

($X_5 = C_i/2$ для посадки болтов с наружной стороны выступа, как показано на Рис. G-100.2)

X = скорректированный размер зажима до нейтральной оси в продольно-радиальной плоскости, с учетом отверстий под болты при поперечном сечении зажима [см. Рис. G-100.3, эскиз (c)], дюйм (мм)

$$= \frac{X_b A_c - \sum A_{6i} X_i}{A_6}$$

[$X_6 = X_b$ (см. Рис. G-100.1) для посадки болтов с наружной стороны выступа, как показано на Рис. G-100.2]

Z = угол конусности зажим-ступица, ° (для установки уплотняющих прокладок и предварительной нагрузки $Z = \phi + \mu$; для режима эксплуатации $Z = \phi - \mu$) [см. G-400(bX3)]

b = оптимальная посадочная ширина уплотняющей прокладки или контактной поверхности соединения, дюйм (мм)

e_b = расстояние по радиусу от центра болтов до центра тяжести поперечного сечения зажима, дюйм (мм)

$$= B_c - (C_i/2) - l_c - X_6$$

f = поправочный коэффициент для напряжений ступицы по Рис. G-300.1 (это отношение напряжения на конце ступицы малого размера к напряжению на конце большого размера). Для значений, которые ниже предельных величин, указанных на графике, используют $f = 1,0$.

\bar{g} = радиальное расстояние от внутреннего диаметра ступицы B до центра тяжести кольцевого выступа ступицы, дюйм (мм)

$$= \frac{Tg_1^2 + h_2g_2(2g_1 + g_2)}{2(Tg_1 + h_2g_2)}$$

g_0 = толщина опорной части ступицы на торце меньшего диаметра, дюйм (мм)

g_1 = толщина опорной части ступицы на пересечении с выступом ступицы, дюйм (мм)

g_2 = высота плеча ступицы, дюйм (мм) (g_2 не должна превышать T)

h = длина скоса ступицы, дюйм (мм)

\bar{h} = осевое расстояние между торцом ступицы и центром тяжести ее кольцевого выступа, дюйм (мм)

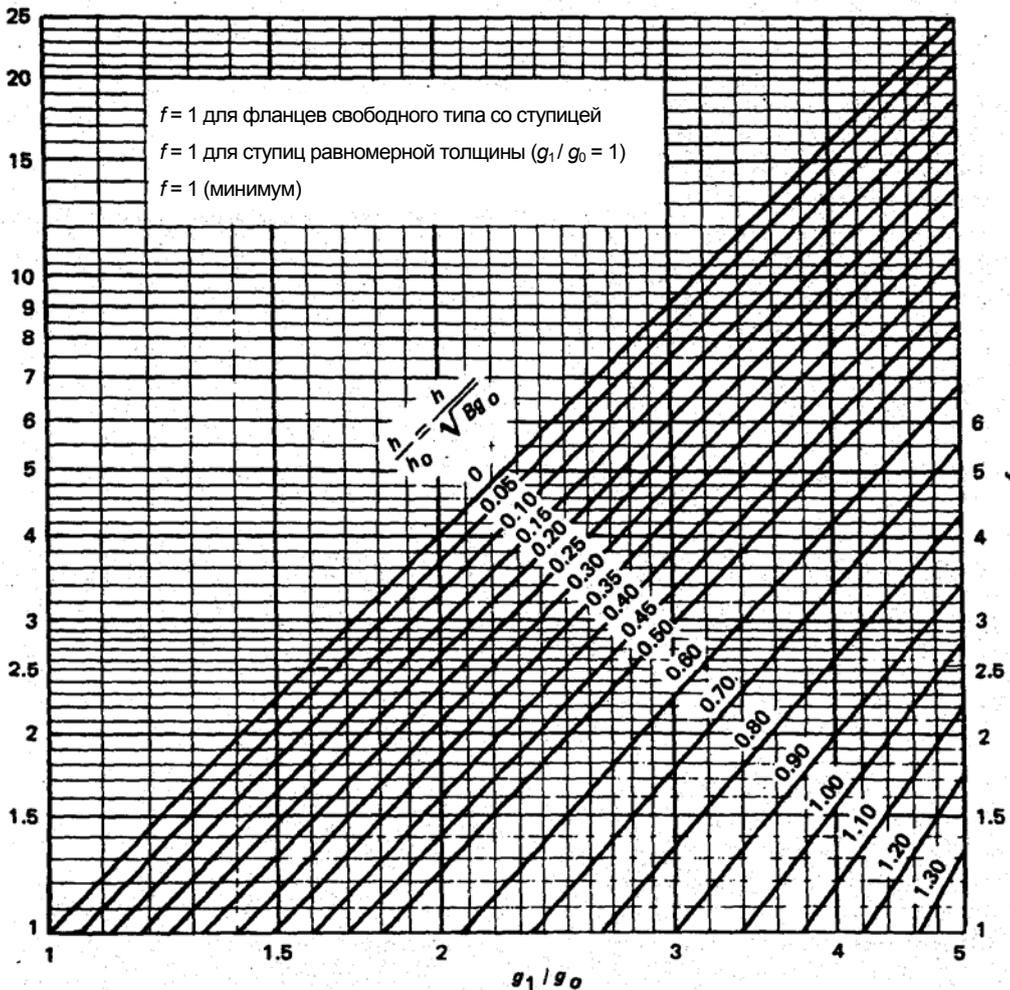
$$= \frac{T^2g_1 + h_2^2g_2}{2(Tg_1 + h_2g_2)}$$

h_D = радиальное расстояние между окружностью эффективного взаимодействия зажим-ступица до окружности, на которой действует H_D , дюйм (мм)

$$= [C - (B + g_1)]/2$$

h_G = расстояние по радиусу от оптимальной окружности реакции контакта зажим-ступицы, до окружности на которой приложена H_G , дюйм (мм) (для конфигурации, при которой возникает полный контакт поверхности $h_G = 0$)

РИС. G-300.1 ЗНАЧЕНИЯ f
(поправочный коэффициент для напряжений ступицы)



h_n = длина опорной части ступицы, дюйм (мм)
(минимальная длина h_n равна $0,5g_1$ или $1/4$ дюйма (6мм), что больше)

h_T = расстояние по радиусу от оптимальной окружности контакта зажим-ступица до окружности, на которой приложена H_T , дюйм (мм)
= $[C - (B + G)/2]/2$

$h_0 = \sqrt{B g_0}$, дюйм. (мм)

h_2 = средняя толщина плеча ступицы, дюйм (мм)
= $T - (g_2 \tan \phi)/2$

l_c = оптимальная длина прижимной планки зажима, дюйм (мм)

l_m = оптимальное плечо силы прижимной планки зажима, дюйм (мм)

$$= \frac{l_c - (C - C_i)}{2}$$

m = коэффициент уплотняющей прокладки; $m = 0$ для самоуплотняющихся прокладок, а для несамоуплотняющихся прокладок — следует использовать другие разделы Стандарта.

r = радиус скругления поперечного сечения зажима или ступицы, дюйм (мм)
= $1/4$ д. (6 мм) мин., C_t макс.

r_c = внутренний радиус скругления зажима по поверхности, которая сопряжена со ступицей (см. Рис. G-100.1), дюйм (мм)

r_h = наружный радиус скругления ступицы по поверхности, которая сопряжена с зажимом (см. Рис. G-100.1), дюйм (мм)

μ = угол трения, °

ϕ = угол плеча зажима, °
= максимальная величина 35°

G-400 НАГРУЗКА НА БОЛТЫ

(a) *Общие положения.* При сборке зажимного соединения нагрузка на болты W представляет собой эффективную предварительную нагрузку на зажим W_c , которая является функцией угла наклона зажим-ступица ϕ и угла трения μ . Подходящая величина угла трения должна устанавливаться изготовителем на основании результатов испытаний при сборке и в рабочем режиме.

(b) *Расчеты.* При проектировании болтовых креплений для зажимных соединений полные расчеты должны производиться в соответствии с тремя отдельными и независимыми условиями режимов, которые определяются ниже.

(1) Требуемая нагрузка на болты для рабочего режима W_{m1} должна быть достаточной для уравновешивания гидростатического торцевого усилия H_e , возникающего при воздействии расчетного давления на площадь, ограниченную диаметром рабочей части прокладки, к которому добавляется сжимающая нагрузка на прокладку H_p , величина которой определена экспериментально из условия обеспечения герметичного соединения. Минимальная нагрузка на болты в рабочем режиме определяется по формуле 1:

$$W_{m1} = \frac{2}{\pi} (H_e + H_p) \tan(\phi - \mu) \quad (1)$$

(2) Прежде чем достичь герметичности соединения, необходимо должным образом установить уплотняющую прокладку или поверхность контакта соединения, прикладывая минимальную первоначальную нагрузку (при обычном атмосферно-температурном режиме, при отсутствии внутреннего давления), которая является функцией материала прокладки и оптимальной площади под посадку уплотняющей прокладки. Минимальная первоначальная нагрузка на болты W_{m2} , требуемая для установки прокладки, определяется по формуле (2):

$$W_{m2} = \frac{2}{\pi} H_m \tan(\phi + \mu) \quad (2)$$

(3) В формуле (1) допустимо учитывать трение, принимая во внимание геометрические параметры зажимного соединения и опытные данные, однако нагрузка на болты не должна быть меньше определяемой при значении $\phi - \mu$, равном 5° . При определении нагрузок на болты по формулам и (2) трение также учитывается, однако значение коэффициента μ не должно быть меньше 5° .

(c) *Требуемая площадь вырезов под болты.* Требуемая общая площадь поперечного сечения болтов A_m должна превышать значения A_{m1} для режима эксплуатации и A_{m2} для режима установки прокладки. Изгиб болтов для режима сборки не учитывается.

(d) *Расчетная нагрузка на болты в зажимных соединениях W .* Величина нагрузки на болты, используемая в конструкции зажимного соединения рассчитывается по формулам (3) и (4).

Рабочий режим.

$$W = W_{m1} \quad (3)$$

Режим сборки:

$$W = \frac{(A_m + A_b) S_a}{2} \quad (4)$$

G-500 ПРОДОЛЬНЫЕ НАГРУЗКИ

Величина продольной нагрузки зажима, используемая в конструкции зажимного соединения рассчитывается по формулам (5) и (6).

Рабочий режим:

$$H = H_e + H_p \quad (5)$$

Режим сборки:

$$H = \frac{\pi W}{2 \tan(\phi + \mu)} \quad (6)$$

[W рассчитывается по формуле (4).]

G-600 МОМЕНТЫ СТУПИЦЫ

Значения моментов, применяемые при определении напряжений в ступице, находятся как произведение нагрузок и величин плеча моментов, как показано на Рис. G-100.1 и установлено в G-300. Кроме того, учитываются реактивные моменты, обусловленные несимметричностью ступицы и реакцией опоры.

Расчетная величина момента M_o для рабочего режима является суммой шести отдельных моментов: M_D , M_G , M_T , M_F , M_p и M_R . Используемая нагрузка на болты W определяется по формуле (3).

При сборке расчетный момент M_o определяется на основании расчетной нагрузки на болты, найденной по формуле (4):

$$M_o = \frac{\pi W (C - G)}{4 \tan(\phi + \mu)}$$

G-700 РАСЧЕТ НАПРЯЖЕНИЙ В СТУПИЦЕ

Значения напряжений в ступице должны определяться как для рабочего режима, так и для режима сборки.

(a) Реактивный момент M_H и сдвигающее противодействующее усилие Q определяются в G-300, и расчет их должен производиться в опорной части ступицы для крутящего момента M_o .

(b) Расчет напряжений в ступице производится по следующим формулам.

(1) Продольное напряжение в ступице

$$S_1 = f \left(\frac{PB^2}{4g_1(B + g_1)} + \frac{6M_H}{\pi g_1^2(B + g_1)} \right)$$

(2) Кольцевое напряжение Лейма:

$$S_2 = P \left(\frac{N_H^2 + B^2}{N_H^2 - B^2} \right)$$

(3) Продольное касательное напряжение ступицы:

$$S_3 = \frac{1.5H}{A_3}$$

(4) Радиальное касательное напряжение ступицы:

$$S_4 = \frac{1.5Q}{\pi g_1(B + g_1)}$$

G-800 РАСЧЕТ НАПРЯЖЕНИЙ ЗАЖИМА

Значения напряжений в зажиме должны определяться как для рабочего режима, так и для режима сборки. Расчет напряжений в зажиме должен производиться по следующим формулам:

ТАБЛИЦА G-900
ДОПУСТИМЫЕ РАСЧЕТНЫЕ НАПРЯЖЕНИЯ
ДЛЯ ЗАЖИМНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Категория напряжения	Допустимое напряжение
S_1	S_{YOH} или S_{YAH}
S_2	$S_{YOH}/1,5$
S_3	$0,6 S_{YOH}$ или $0,6 S_{YAH}$
S_4	$0,6 S_{YOH}$ или $0,6 S_{YAH}$
S_5	S_{YOC} или S_{YAC}
S_6	S_{YOC} или S_{YAC}
S_7	$0,6 S_{YOC}$ или $0,6 S_{YAC}$
S_8	$S_{YOC}/1,5$ или $S_{YAC}/1,5$
S_9	$S_{YOC}/1,5$ или $S_{YAC}/1,5$
S_{10}	$0,6 S_{YOC}$ или $0,6 S_{YAC}$
S_{11}	[см. примечание (1)]

ПРИМЕЧАНИЕ:

(1) Выбирается самое меньшее значение предела текучести для материала ступицы (S_{YOH} , S_{YAH}) и материала зажима (S_{YOC} , S_{YAC}).

(a) Продольное напряжение зажима по внутреннему диаметру зажима:

$$S_5 = \frac{H}{A_5} + \frac{M_5 (C_1 - X_5)}{I_5}$$

(b) Касательное напряжение зажима по поверхности зажима:

$$S_6 = \frac{W}{2A_6} + \frac{M_6 C_6}{I_6}$$

(c) Касательное напряжение прижимной планки зажима:

$$S_7 = \frac{1,5 H}{A_7}$$

(d) Касательное напряжение выступа зажима:

$$S_8 = \frac{6H\ell_m}{\pi C [(C_w - C_g)/2]^2}$$

(e) Напряжение при изгибе прижимной планки:

$$S_9 = 3W \frac{L_a}{L_w L_h^2}$$

(f) Напряжение при изгибе выступа зажима:

$$S_{10} = \frac{0,75 W}{L_w L_h}$$

И в дополнение, необходимо рассчитать напряжение смятия для контакта зажим-ступица:

$$S_{11} = \frac{H}{\pi C (A_{or} - C_{ir})/2}$$

G-900 **ДОПУСТИМЫЕ РАСЧЕТНЫЕ**
НАПРЯЖЕНИЯ ДЛЯ ЗАЖИМНЫХ
СОЕДИНЕНИЙ

В Таблице G-900 приведены значения допустимых напряжений, которые следует применять в формулах G-700 и G-800.

НЕОБЯЗАТЕЛЬНОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ Н ОТКРЫТИЯ И ИХ АРМИРОВАНИЕ

Н-100 ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Указания, содержащиеся в данном Приложении, предназначены для подходящей конструкции вблизи отверстий в корпусах под давлением, под нагрузкой давления на отверстия, исходя из формы отверстия, местоположения участка и распределения отверстий. Требования Статей KD-2, KD-3, KD-4 также должны быть выполнены. Данные руководства не включают расчетные требования для возможных нагрузок от трубопроводов на патрубки и/или участки корпуса и те, которые могут добавлять нагрузки под давлением.

Данные руководства предназначены только для открытий с встроенными элементами жесткости.

Н-101 Размеры и форма открытий

Открытия могут быть круглыми или эллиптическими, в результате пересечения круглых цилиндров и круглых сосудов, при условии что:

(a) отношение диаметра по большой оси к диаметру по малой оси обработанного открытия равно 1,5 или менее;

(b) отношение $d/D_I \leq 0,50$, где d — наибольший внутренний диаметр открытия, а D_I — внутренний диаметр сосуда;

(c) длина дуги, измеренная между осевыми линиями соседних патрубков, вдоль внутренней поверхности сосуда составляет не менее чем утроенную сумму их внутренних радиусов для отверстий в крышке, или, если длина дуги берется вдоль продольной оси сосуда, она должна составлять не меньше удвоенной суммы их внутренних радиусов для открытий на круглых и цилиндрических сосудах. Когда два патрубка в цилиндрическом сосуде не совпадают ни с продольной осью, ни с окружной дугой, их осевое расстояние вдоль внутренней поверхности сосуда должно быть таким, чтобы $\sqrt{(\ell_c/2)^2 + (\ell_c/3)^2}$ составить значение, не меньшее, чем сумма их внутренних радиусов, где ℓ_c — часть расстояния по осевой линии в круговом направлении, а ℓ_c часть расстояния по осевой линии в продольном направлении;

(d) усиление обеспечено в таком объеме и так распределено вокруг кромки отверстия, чтобы удовлетворять требованиям к усилению зоны во всех плоскостях через центр отверстия и под прямым углом к поверхности сосуда, как предусмотрено в Н-120.

Примеры соединений под высоким давлением приведены на Рис. Н-101.

Н-110 КРУГЛЫЕ ОТВЕРСТИЯ, НЕ ТРЕБУЮЩИЕ УСИЛЕНИЯ

07

Нет необходимости усиливать круглые отверстия, если выполняются следующие требования.

(a) Если единичное отверстие имеет диаметр, не превышающий $D_I(0,077Y-0,0725)$, или если имеются два или более отверстий, с размером окружности $0,887D_I\sqrt{Y^2-1}$, и при этом сумма диаметров таких неусиленных отверстий не должна превышать величину $D_I(0,09624Y-0,0906)$.

(b) Никакие два неусиленных отверстия не должны располагаться так близко к друг к другу, чтобы расстояние между их центрами, измеренное по внутренней стенке сосуда, было меньше 1,5 от суммы их диаметра.

(c) Расстояние от центра неусиленного отверстия до края напряженной области в корпусе сосуда не должно превышать $0,887D_I\sqrt{Y^2-1}$, где D_I — внутренний диаметр, а Y — относительный цилиндрический диаметр, соответствующий месту расположения отверстия (отверстий); локально напряженная зона — это любая зона в корпусе, где первичное местное мембранное напряжение превышает $0,73 S_y$, за исключением тех зон, где такие первичные местные мембранные напряжения возникают из-за неусиленного отверстия.

Н-120 УСИЛЕНИЕ ОТВЕРСТИЙ В КОРПУСАХ И ПРОФИЛЬНЫХ ДНИЩАХ

07

(a) Расчет для внутреннего давления. Общая площадь поперечного сечения усиления A , требуемая в любой заданной плоскости для сосуда внутреннего давления, должна быть не менее

$$A = dt_r F \quad (1)$$

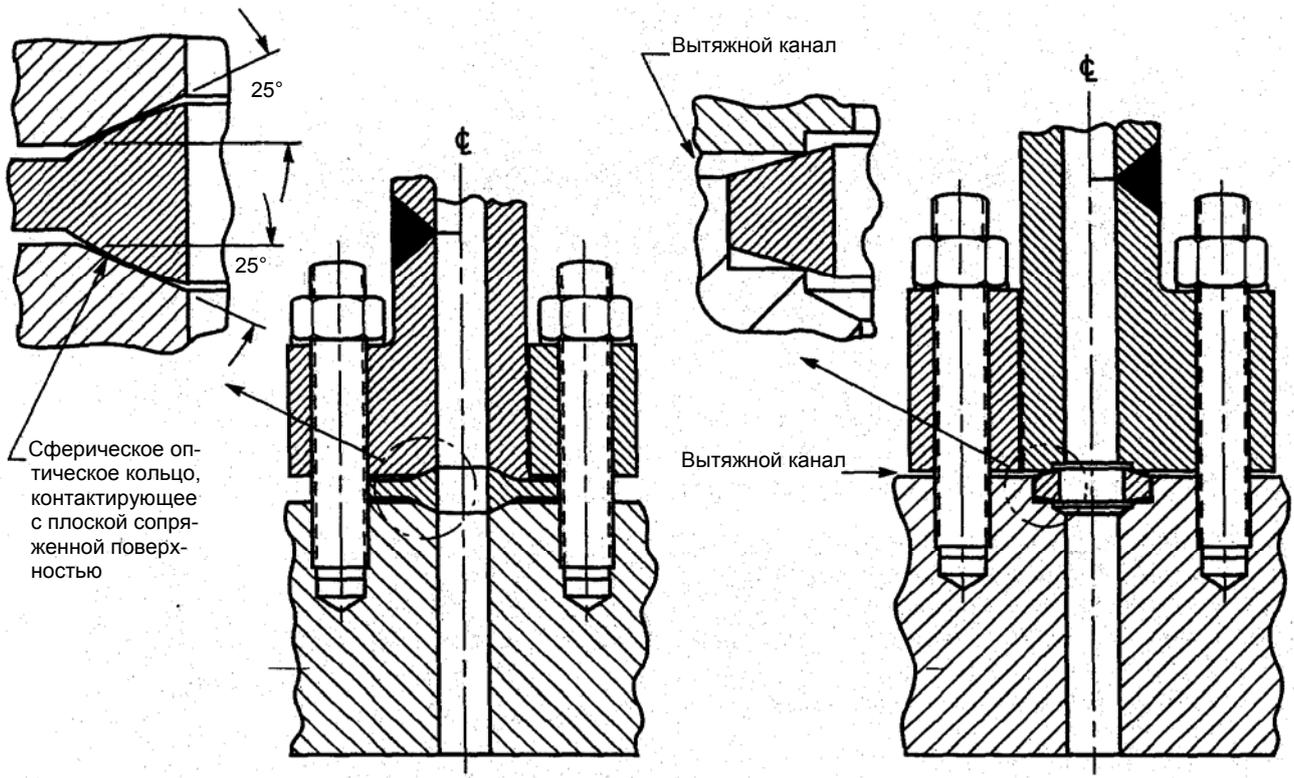
где

d = диаметр в заданной плоскости готового отверстия, дюйм (мм)

t_r = минимальная толщина в соответствии с требованиями KD-242 при отсутствии отверстия, дюйм (мм)

$F = 1,00$, если рассматриваемая плоскость находится в сферической части днища и если через нее проходит продольная ось цилиндрического

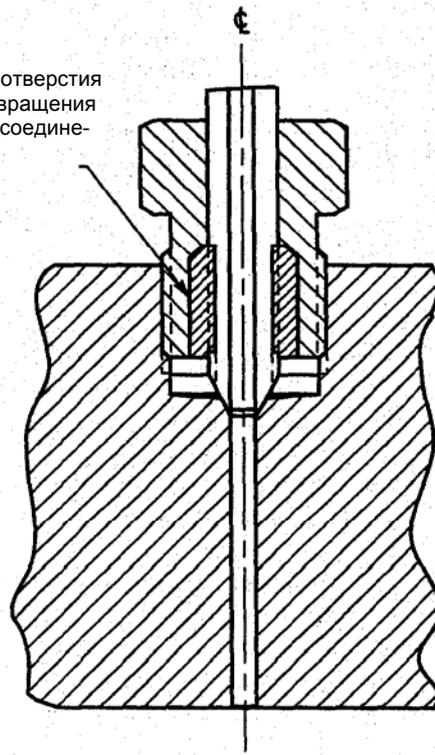
РИС. Н-101 ПРЯМЫЕ ВЫСВЕРЛЕННЫЕ ПАТРУБКИ ДЛЯ ТОЛСТОСТЕННЫХ ЦИЛИНДРОВ



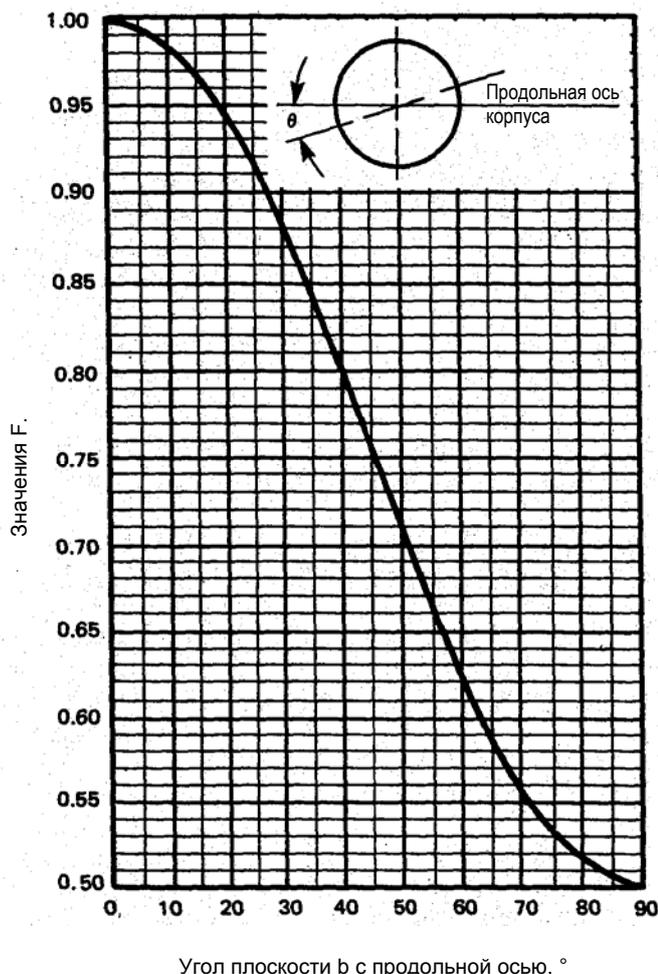
(a) Уплотнение оптического кольца

(b)

Используйте вытяжные отверстия или каналы для предотвращения нагнетания давления в соединении в случае протечки [см. KD-661 (b)]



(c)

РИС. Н-120.1 ДИАГРАММА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЗНАЧЕНИЯ F 

корпуса. Для других плоскостей, проходящих через корпус сосуда, используйте значение F , взятое из Рис. Н-120.1.

(b) Расчет для внешнего давления. Требования к усилению для отверстий сосудов под внешним давлением соответствуют 50 % от заданных в уравнении (1) ранее.

Н-130 УСИЛЕНИЕ ОТВЕРСТИЙ В ПЛОСКИХ ДНИЩАХ

Плоские днища с отверстием диаметром не более половины диаметра днища, должны иметь общую площадь поперечного сечения усиления не меньше той, которая задается по формуле

$$A = 0.5dt_r$$

где

d = диаметр обработанного отверстия, дюйм (мм)

t_r = минимальная толщина согласно требованиям KD-640 при отсутствии отверстия, дюйм (мм)

Н-140 ДОПУСКИ УСИЛЕНИЯ

Контуры поперечных сечений в любой плоскости, перпендикулярной к стенке сосуда и проходящей через центр отверстия, усиленного металлом, называются допусками усиления для такой плоскости и описаны в Н-141 и Н-142.

Н-141 Контуры вдоль стенки сосуда

Два требования к допускам усиления, измеренным по средней поверхности стенки номинальной толщины, должны выполняться следующим образом:

(a) 100 % требуемого элемента жесткости должны располагаться в пределах расстояния с каждой стороны оси отверстия, равного большему из следующих значений:

(1) диаметр обработанного отверстия с учетом коррозии;

(2) радиус обработанного отверстия с учетом коррозии плюс толщина стенки сосуда плюс толщина стенки патрубка.

(b) Две трети требуемого элемента жесткости должны находиться в пределах расстояния с каждой стороны оси отверстия, равного большему из следующих значений:

(1) $r + 0,5\sqrt{R_m t}$, где R_m — средний радиус корпуса или днища, t — номинальная толщина стенки сосуда, r — радиус обработанного отверстия с учетом коррозии;

(2) радиус обработанного отверстия с учетом коррозии плюс толщина стенки сосуда плюс толщина стенки патрубка.

Н-142 Контуры, расположенные по нормали к стенке сосуда

Допуски усиления, измеренные по нормали к стенке сосуда, должны соответствовать контуру поверхности, расположенной на расстоянии от каждой поверхности, равном следующим предельным значениям.

(a) Для Рис. Н-142, эскизы (a) и (b), допуск превышает $0,5\sqrt{r_m t_n} + K$ и $1,73x + 2,5t_p + K$, однако

этот допуск не должен превышать $2,5t$ или $L + 2,5t_p$, где $K = 0,73r_2$ при радиусе перехода r_2 ; используется меньший из двух катетов, если при переходе применяется угловой сварной шов, дюйм (мм)

L = длина вдоль патрубка с толщиной t_n плюс длина переходного участка, дюйм (мм)

r = внутренний радиус патрубка, дюйм (мм)

r_m = средний радиус патрубка, дюйм (мм)
= $r + 0,5t_n$;

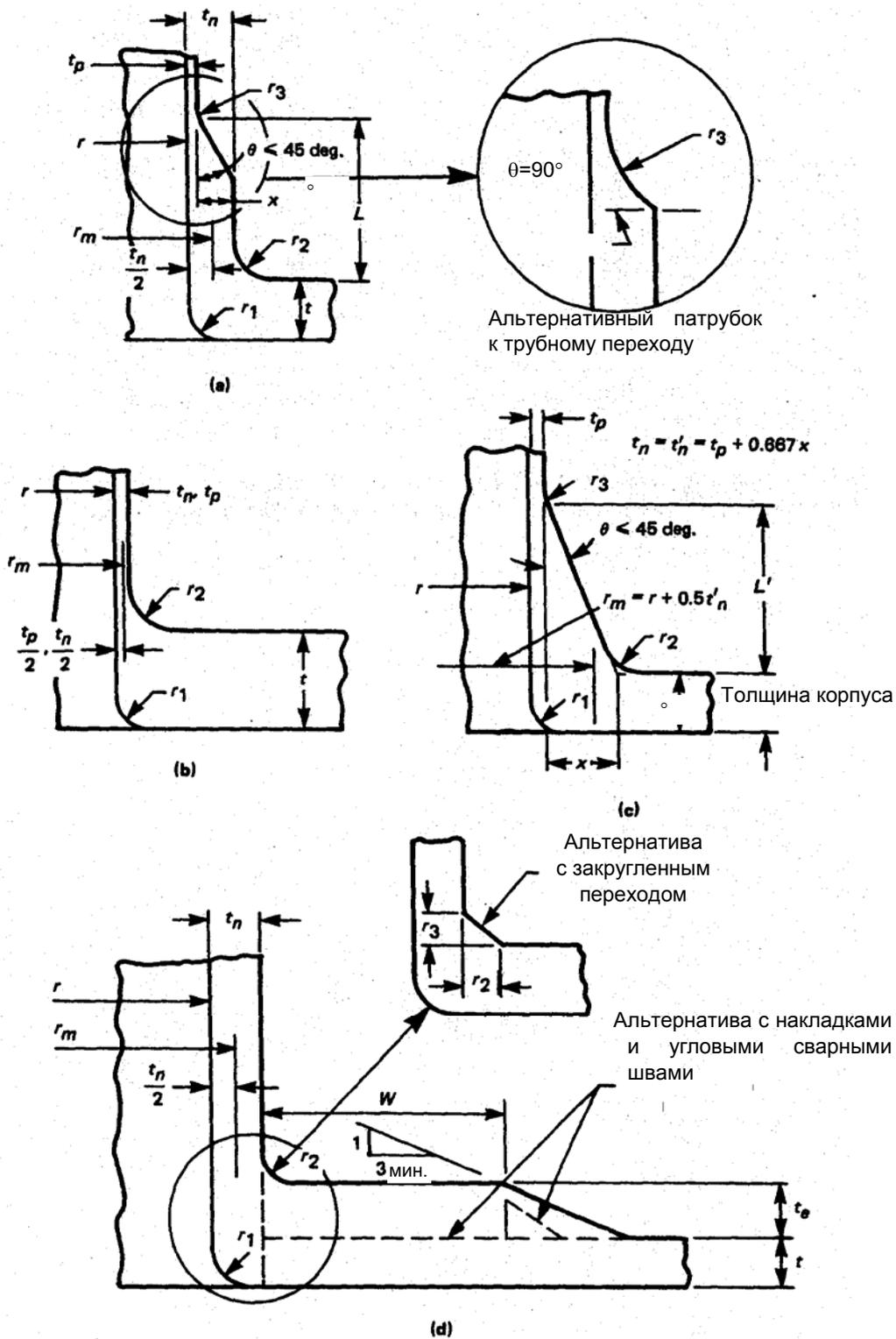
r_2 = радиус переходного участка между патрубком и стенкой сосуда, дюйм (мм);

t = номинальная толщина патрубка, дюйм (мм);

t_n = номинальная толщина патрубка, дюйм (мм);

t_p = номинальная толщина боковой трубы, дюйм (мм);

РИС. Н-142 ОБОЗНАЧЕНИЯ И РАЗМЕРЫ ПАТРУБКОВ
(Отображает только конфигурацию. Смотри Статью КД-11 об особенностях конструкции.)



x = расстояние смещения по оси деформации, дюйм (мм)
 $= t_n - t_p$

(b) Для эскиза (c) на Рис. Н-142:

(1) Если $45^\circ \geq \theta \geq 30^\circ$, в таком случае допуск превышает $0,5 \sqrt{r_m t'_n}$ и $L' + 2,5t_p \leq t$.

(2) Если $\theta < 30^\circ$, в таком случае допуск превышает $0,5 \sqrt{r_m t'_n}$ и $1,73x + 2,5t_p \leq 2,5t$, где

L' = длина конусной секции вдоль патрубка, дюйм (мм)

r = внутренний радиус патрубка, дюйм (мм)

$r_m = r + 0,5t'_n$

$t'_n = t_p + 0,667x$

θ = угол между вертикалью и уклоном (45° или менее), градус

Другие условия приведены в Н-142 (а).

(c) На Рис. Н-142, эскиз (d), допуск превышает

$0,5 \sqrt{r_m t'_n} + t_e$ и $2,5t_n + t_e \leq 2,5t$. В любом случае,

используемая для установления допуска толщина t_e не должна превышать $1,5t$ или $1,73W$, где

t_e = толщина дополнительного элемента усиления, дюйм (мм).

W = ширина дополнительного элемента усиления, дюйм (мм)

Другие условия приведены в Н-142 (а).

Н-150 МЕТАЛЛ, ПРИГОДНЫЙ ДЛЯ УСИЛЕНИЯ

Металл может применяться при усилении участков, описанных в Н-120 и Н-130, при условии, что он находится в области усиления, установленной в Н-140, и принадлежит к типу материала, отвечающего следующим требованиям:

(a) металл, образующий часть стенки сосуда, который отвечает требованиям к статической конструкции Статьи KD-2 без учета допусков на коррозию;

(b) металл, аналогичный металлу стенки патрубка при условии, что патрубок встроен в стенку сосуда или подсоединен при помощи сварки с полным проплавлением;

(c) весь металл усиления должен представлять сплошную поверхность с корпусом сосуда, патрубками или местами их соединений;

(d) металлы, классифицируемые как пригодные для усиления в соответствии с Н-150 (b) и (c), должны отвечать следующему допуску:

$$|(\alpha_r - \alpha_v)\Delta T| \leq 0.0008$$

где

α_r = средний коэффициент теплового расширения металла усиления при расчетной температуре дюйм/дюйм °F (мм/мм °C)

α_v = средний коэффициент теплового расширения металла сосуда при расчетной температуре, дюйм/дюйм °F (мм/мм °C)

ΔT = диапазон рабочих температур от 70°F (21°C) до рабочей температуры или разность между самой низкой рабочей температурой, если это значение больше

В отношении конструкций, превышающих данные предельные значения, не может быть принято никаких льготных условий по возможному усилению для патрубков, находящихся в зоне усиления.

ПРИМЕЧАНИЕ: Вероятнее всего, что в отношении конструкций, превышающих предельные значения, указанные в Н-150(d), также не будут достигнуты желаемые результаты при проведении необходимых усталостных расчетов.

Металл, использующийся для усиления, не должен рассматриваться применительно более чем к одному отверстию.

Н-151 Прочность материалов усиления

В любом случае предел текучести материала патрубка не должен быть меньше, чем 80 % от предела текучести стенки сосуда при расчетной температуре.

Если используется материал с более низким пределом текучести, покрываемая таким материалом площадь должна быть увеличена обратно пропорционально отношению пределов текучести для материала патрубка и материала стенки сосуда. Нельзя снижать требования в отношении усиления, если материал патрубка или металл шва имеет более высокий предел текучести, чем материал стенки сосуда. Прочность материала в рассматриваемой точке должна быть использована для анализа усталости.

НЕОБЯЗАТЕЛЬНОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ I

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ЕДИНИЦ ТРАДИЦИОННОЙ АМЕРИКАНСКОЙ СИСТЕМЫ И СИСТЕМЫ СИ В СТАНДАРТЕ ПО КОТЛАМ И СОСУДАМ ДАВЛЕНИЯ ASME

I-100 ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЕДИНИЦ ИЗМЕРЕНИЯ В ФОРМУЛАХ

В формулах, приведенных в данном необязательном приложении, можно использовать только единицы измерения, принятой в США Системы единицы измерения или единицы Системы СИ, указанные в Обязательном приложении 7, либо единицы, указанные в пояснениях к конкретной формуле. Лицо или организация, выполняющая расчеты, несет ответственность за использование правильных единиц измерения. В непротиворечивой системе уравнений должны быть использованы единицы только одной системы измерения. Если необходимо перевести единицы измерения из одной системы в другую, их следует переводить с точностью до трех значащих цифр, для использования в расчетах и других аспектах строительства.

I-200 РЕКОМЕНДАЦИИ ПО РАСЧЕТУ ЭКВИВАЛЕНТОВ ЕДИНИЦ СИ

Для расчета единиц в системе СИ необходимо придерживаться следующих рекомендаций:

(a) В тексте единицы в системе СИ должны идти после единиц в американской системе и быть заключены в кавычки.

(b) В общем для интерполяции предусмотрены отдельные таблицы системы СИ. Таблицы имеют аналогичное обозначение (например, номер таблицы) для американской системы и системы СИ, но к названию таблицы в Системе СИ добавляется суффикс «М», если для этих единиц предусмотрена отдельная таблица. В тексте, ссылки на таблицу производятся главным образом по ее номеру (а именно без «М»). Но в некоторых маленьких таблицах, где нет необходимости в интерполяции единицы в Системе СИ стоят в кавычках рядом с единицами американской системы.

(c) Графическая информация (графики) должна дублироваться для двух систем, за исключением случаев, когда на оси не нанесены размеры.

(d) В большинстве случаев перевод единиц в систему СИ производится очень жестко, но если это возможно, то производят мягкий перевод. Это происходит за счет округления величины до существенного знака в соответствии с требуемой точностью в существующей американской системе единиц. Например 3 000 фунтов/кв. дюйм имеет точность

до одного знака. Соответственно при переводе в единицы СИ получается 20 000 кПа. Это дает отличие от «точного» или мягкого значения 20 684,27 кПа в 3%. Однако точность перевода определялась комитетом для каждой единицы индивидуально. Если возникали вопросы, более важные знаки включались в единицы СИ. Значения допустимого напряжения, приведенные в Разделе II, Часть D имеют три существенных знака.

(e) Перевод величин минимальной толщины и радиуса, выраженных в долях дюйма, осуществляется на основании следующей таблицы:

Доля, д.	Предложено Перевод в СИ, мм	Разница, %
$1/32$	0,8	-0,8
$3/64$	1,2	-0,8
$1/16$	1,5	5,5
$3/32$	2,5	-5,0
$1/8$	3	5,5
$5/32$	4	-0,8
$3/16$	5	-5,0
$7/32$	5,5	1,0
$1/4$	6	5,5
$5/16$	8	-0,8
$3/8$	10	-5,0
$7/16$	11	1,0
$1/2$	13	-2,4
$9/16$	14	2,0
$5/8$	16	-0,8
$11/16$	17	2,6
$3/4$	19	0,3
$7/8$	22	1,0
1	25	1,6

(f) При увеличении размеров в дюймах равными долями, можно получать линейные метрические размеры, умножая количество долей на 25 мм. Промежуточные значения следует скорее интерполировать, нежели переводить и округлять до ближайшего миллиметра. Смотри примеры в следующей таблице. [Примите к сведению, что эта таблица не применяется к Номинальным размерам труб (NPS), которые учтены ниже.]

Размер, дюймы	Размер, мм
1	25
1 ¹ / ₈	29
1 ¹ / ₄	32
1 ¹ / ₂	38
2	50
2 ¹ / ₄	57
2 ¹ / ₂	64
3	75
3 ¹ / ₂	89
4	100
4 ¹ / ₂	114
5	125
6	150
8	200
12	300
18	450
20	500
24	600
36	900
40	1000
54	1350
60	1500
72	1800

Размер или длина, футы	Размер или длина, м
3	1
5	1,5
200	60

(g) Для номинальных размеров труб используются следующие соотношения:

Американская система	Система СИ	Американская система	Система СИ
NPS 1 ¹ / ₈	DN 6	NPS 20	DN 500
NPS 1 ¹ / ₄	DN 8	NPS 22	DN 550
NPS 3 ¹ / ₈	DN 10	NPS 24	DN 600
NPS 1 ¹ / ₂	DN 15	NPS 26	DN 650
NPS 3 ¹ / ₄	DN 20	NPS 28	DN 700
NPS 1	DN 25	NPS 30	DN 750
NPS 1 ¹ / ₄	DN 32	NPS 32	DN 800
NPS 1 ¹ / ₂	DN 40	NPS 34	DN 850
NPS 2	DN 50	NPS 36	DN 900
NPS 2 ¹ / ₂	DN 65	NPS 38	DN 950
NPS 3	DN 80	NPS 40	DN 1000
NPS 3 ¹ / ₂	DN 90	NPS 42	DN 1050
NPS 4	DN 100	NPS 44	DN 1100
NPS 5	DN 125	NPS 46	DN 1150
NPS 6	DN 150	NPS 48	DN 1200
NPS 8	DN 200	NPS 50	DN 1250
NPS 10	DN 250	NPS 52	DN 1300
NPS 12	DN 300	NPS 54	DN 1350
NPS 14	DN 350	NPS 56	DN 1400
NPS 16	DN 400	NPS 58	DN 1450
NPS 18	DN 450	NPS 60	DN 1500

(h) Площадь в квадратных дюймах (д²) переводили в квадратные миллиметры (мм²) и площадь в квадратных

футах (фт²) переводили в квадратные метры (м²). Смотрите примеры в следующей таблице:

Площадь (Амер. Сис.)	Площадь (СИ)
1 дюйм ²	650 мм ²
6 дюйм ²	4000 мм ²
10 дюйм ²	6500 мм ²
5 фт ²	0,5 м ²

(i) Объемы в кубических дюймах (д³) переводились в кубические миллиметры (мм³) и объемы в кубических футах (фт³) переводились в кубические метры (м³). Смотрите примеры в следующей таблице:

Объем (Амер. Сис.)	Объем (СИ)
1 дюйм ³	16000 мм ³
6 дюйм ³	100000 мм ³
10 дюйм ³	160000 мм ³
5 фт ³	0,14 м ³

(j) Хотя в расчетах давления всегда должно быть в МПа, иногда в тексте встречаются другие единицы. Например для маленького давления используют кПа. Также в большинстве случаев эту величину округляют до одного (максимум двух) знака. Смотрите примеры в следующей таблице. (Примите к сведению, что при переводе 14,7 фунт/дюйм² получают 101 кПа, а 15 фунт/ кв. дюйм (psi) – 100 кПа. Хотя на первый взгляд это кажется противоречивым, на самом деле это соответствует законам округления.)

Давление (Амер. Сис.)	Давление (СИ)
0,5 psi	3 кПа
2 psi	15 кПа
3 psi	20 кПа
10 psi	70 кПа
14,7 psi	101 кПа
15 psi	100 кПа
30 psi	200 кПа
50 psi	350 кПа
100 psi	700 кПа
150 psi	1 МПа
200 psi	1,5 МПа
250 psi	1,7 МПа
300 psi	2 МПа
350 psi	2,5 МПа
400 psi	3 МПа
500 psi	3,5 МПа
600 psi	4 МПа
1200 psi	8 МПа
1500 psi	10 МПа

(k) Для выражения свойств материала используют psi или ksi (например допустимого напряжения, прочности на растяжение и предела текучести, модуля упругости), которые можно переводить в систему СИ с точностью до 3 знаков. Смотрите примеры в следующей таблице:

Прочность (Амер. Сис.)	Прочность (СИ)
95 000 psi	655 МПа

(l) В большинстве случаев температуру (например для РВНТ) округляют до ближайших 5 °С. В зависимости от необходимой точности ее округляют до ближайших 1 или 10 °С или даже 25 °С. Температуру ниже 0 °F (отрицательную) обычно округляют до ближайших 1 °С. Примеры

в таблице были получены путем округления до ближайших 5 °С, за одним исключением:

Температура, °F	Температура, °С
70	20
100	38
120	50
150	65
200	95
250	120
300	150
350	175
400	205
450	230
500	260
550	290
600	315
650	345
700	370
750	400
800	425
850	455
900	480
925	495
950	510
1000	540
1050	565
1100	595
1150	620
1200	650
1250	675
1800	980
1900	1040
2000	1095
2050	1 120

чтобы получить величину в системе СИ. Аналогично, разделите величину в Системе СИ на коэффициент, чтобы получить величину в американской системе. В большинстве случаев допускается округление при пересчете до трех знаков.

Амер система	СИ	Коэффициент	Замечания
д	мм	25,4	...
фт	м	0,3048	...
д ²	мм ²	645,16	...
фт ²	м ²	0,09290304	...
д ³	мм ³	16387,064	...
фт ³	м ³	0,02831685	...
гал	м ³	0,003785412	...
гал	литры	3,785412	...
psi	МПа	0,0068948	Исп. только в формулах
psi	кПа	6,894757	Исп. только в тексте и на табличках
футофунт	Дж	1,355818	...
°F	°С	$\frac{5}{9} \times (°F - 32)$	Не для разницы темпер-р
°F	°С	$\frac{5}{9}$	Только для разницы темпер-р
R	K	$\frac{5}{9}$	Абсолютная температура
фунтметр	кг	0,4535924	...
фунтсила	H	4,448222	...
дюйм-фунт	H-мм	112,98484	Исп. только в формулах
футофунт	H-м	1,3558181	Исп. только в тексте
тыс. фунтов/кв. дюйм. √д	МПа√м	1,0988434	...
БТЕ/ч	Вт	0,2928104	Используется только для тепл. мощности и тепло-передачи
фунт/фт ³	кг/м ³	16,018463	...

I-300 ГИБКИЕ КОЭФФИЦИЕНТЫ ПЕРЕСЧЕТА

Для удобства приводится следующая таблица «гибких» коэффициентов пересчета. Умножьте величину в американской системе на коэффициент,

НЕОБЯЗАТЕЛЬНОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ J

КОЭФФИЦИЕНТ КОНЦЕНТРАЦИИ НАПРЯЖЕНИЙ ДЛЯ ПОПЕРЕЧНЫХ ОТВЕРСТИЙ В ЦИЛИНДРАХ С ЗАМКНУТЫМ КОНЦОМ И ПРЯМОУГОЛЬНЫХ БЛОКАХ

J-100 ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

В рекомендациях настоящего приложения предлагается способ расчета линейного упругого напряжения на пересечении поперечных отверстий на канале сосуда давления без нарушений непрерывности.

Использование данных коэффициентов возможно только когда отверстия перпендикулярны оси главного канала или в блоке или в цилиндре, когда их оси пересекаются и отверстие расположено на расстоянии от концов цилиндра, блока или других нарушений непрерывности. Коэффициенты подходят для отверстий с острыми краями или отверстий, которые имеют ровный радиус менее одной четвертой диаметра поперечного отверстия.

J-110 Методика

Касательное напряжение и интенсивность напряжений на отверстиях цилиндров и блоков с квадратным поперечным сечением (см. Рис. J-110.1) рассчитываются путем умножения напряжений, найденных с помощью уравнений (1) или (4) в KD-260, на коэффициент концентрации напряжений, K_T (см. Рис. J-110.1).

D_O = наружный диаметр или ширина поперечного сечения блока;

D_I = внутренний диаметр сосуда или блока;

D_H = диаметр поперечного отверстия;

K_T = коэффициент концентрации касательных напряжений (см Рис. J-100.2 и J-110.3; Таблицы J-110.2 и J-110.3).

РИС. J-110.1 КОНФИГУРАЦИИ ПРЯМОУГОЛЬНЫХ БЛОКОВ И ЦИЛИНДРОВ С ПОПЕРЕЧНЫМИ ОТВЕРСТИЯМИ

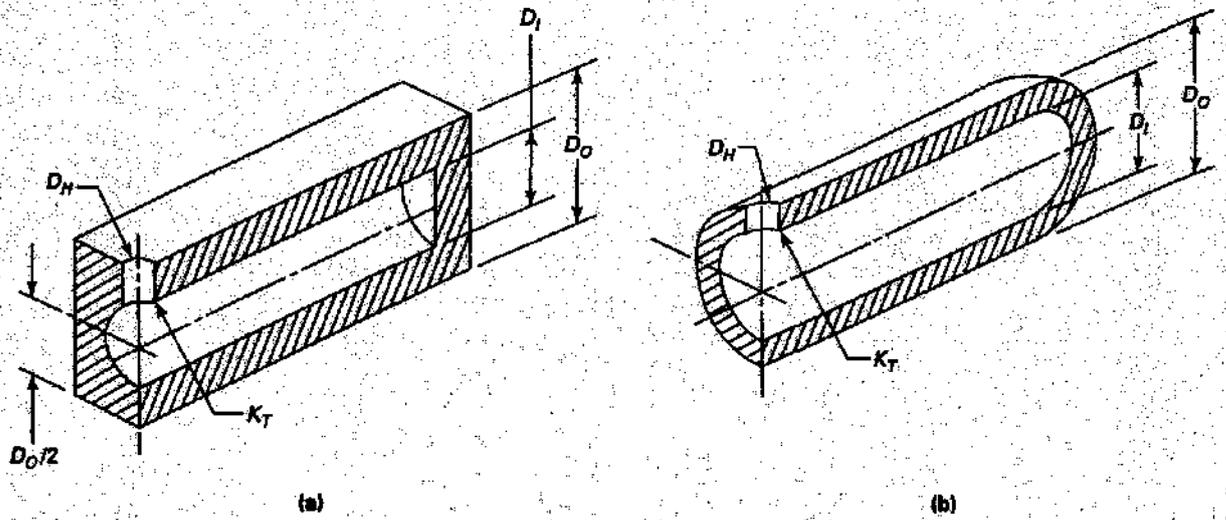


РИС. J-110.2 КОЭФФИЦИЕНТЫ КОНЦЕНТРАЦИИ КАСАТЕЛЬНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ ДЛЯ ОТВЕРСТИЙ В ЦИЛИНДРАХ

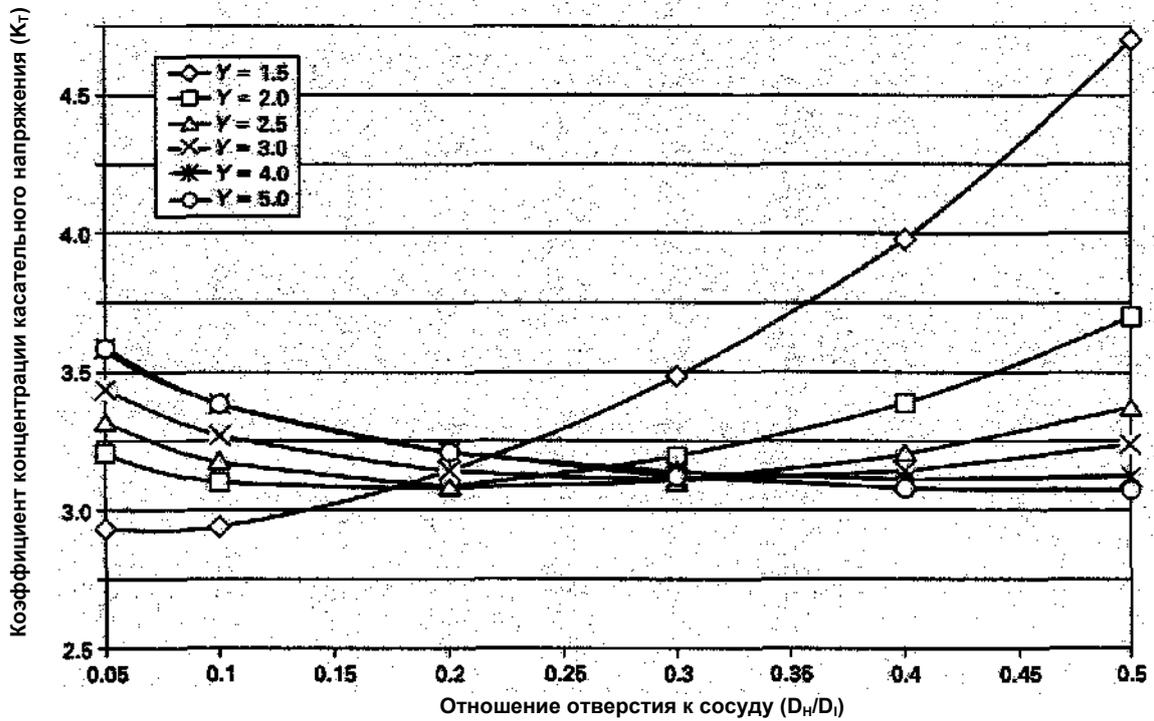


РИС. J-110.3 КОЭФФИЦИЕНТЫ КОНЦЕНТРАЦИИ КАСАТЕЛЬНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ ДЛЯ ОТВЕРСТИЙ В БЛОКАХ С КВАДРАТНЫМ ПОПЕРЕЧНЫМ СЕЧЕНИЕМ

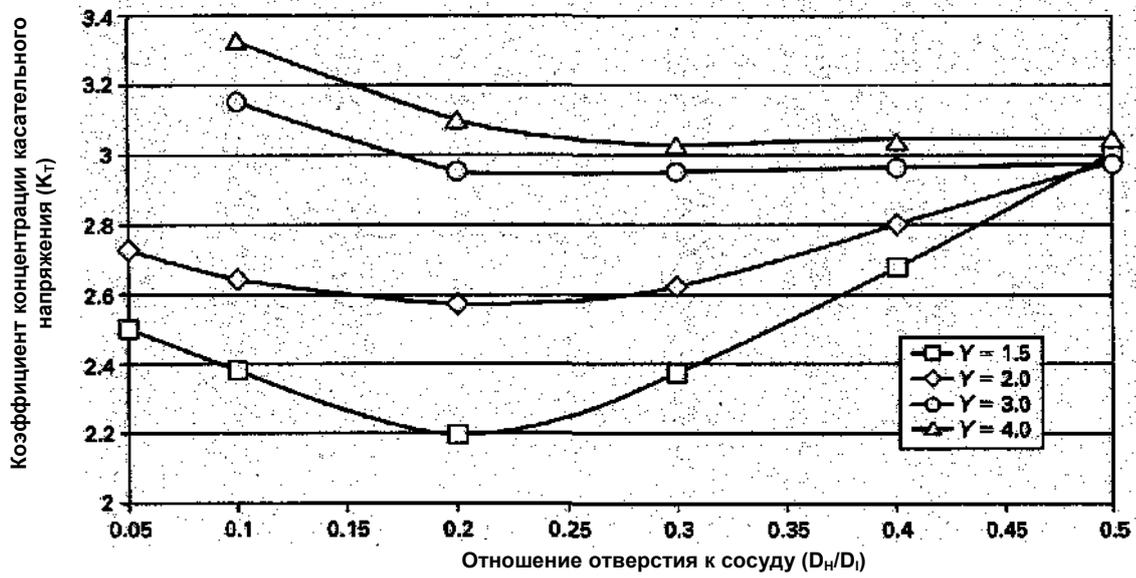


ТАБЛИЦА J-110.2
КОЭФФИЦИЕНТЫ КОНЦЕНТРАЦИИ КАСАТЕЛЬНЫХ
НАПРЯЖЕНИЙ ДЛЯ ОТВЕРСТИЙ В ЦИЛИНДРАХ
(ТАБЛИЧНЫЕ ЗНАЧЕНИЯ ИЗ РИС. J-110.2)

K_T Y	D_H/D_I					
	0,05	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50
1,5	2,93	2,94	3,15	3,49	3,99	4,71
2,0	3,21	3,11	3,09	3,20	3,39	3,71
2,5	3,33	3,18	3,10	3,12	3,21	3,38
3,0	3,44	3,28	3,15	3,12	3,15	3,25
4,0	3,58	3,39	3,22	3,14	3,11	3,13
5,0	3,59	3,39	3,21	3,12	3,08	3,08

ОБЩИЕ ПРИМЕЧАНИЯ:

- (а) Значения в таблице могут быть интерполированы.
(б) Уравнение для коэффициентов концентрации напряжений:
(1) Рис. J-110.2 — Коэффициент концентрации касательного напряжения в цилиндрах.

$$K_T = A + B \ln \left(\frac{D_H}{D_I} \right) + C \frac{1}{\ln (D_H / D_I)}$$

где

$$A = 0.279 + 28.6 \left(\frac{1}{Y} \right) - 119 \left(\frac{1}{Y} \right)^2 + 195 \left(\frac{1}{Y} \right)^3 - 116 \left(\frac{1}{Y} \right)^4$$

$$B = -0.310$$

$$C = -1.63 + 18.7 \left(\frac{1}{Y} \right) - 79.7 \left(\frac{1}{Y} \right)^2 + 129 \left(\frac{1}{Y} \right)^3 - 81.4 \left(\frac{1}{Y} \right)^4$$

ТАБЛИЦА J-110.3
КОЭФФИЦИЕНТЫ КОНЦЕНТРАЦИИ КАСАТЕЛЬНЫХ
НАПРЯЖЕНИЙ ДЛЯ ОТВЕРСТИЙ В БЛОКАХ С КВАДРАТНЫМ
ПОПЕРЕЧНЫМ СЕЧЕНИЕМ (ТАБЛИЧНЫЕ ЗНАЧЕНИЯ
ИЗ РИС. J-110.3)

K_T Y	D_H/D_I					
	0,05	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50
1,5	2,50	2,38	2,20	2,38	2,68	3,02
2,0	2,73	2,64	2,57	2,62	2,80	2,98
3,0		3,15	2,96	2,95	2,97	2,98
4,0		3,33	3,10	3,03	3,05	3,05

ОБЩИЕ ПРИМЕЧАНИЯ:

- (а) Значения в таблице могут быть интерполированы.
(б) Уравнение для коэффициентов концентрации напряжений:
(1) Рис. J-110.3 — Коэффициент концентрации касательного напряжения в блоках с квадратным поперечным сечением.

$$K_T = A + B \ln \left(\frac{D_H}{D_I} \right) + C \frac{1}{\ln (D_H / D_I)}$$

где

$$A = 2.83 - 12.1 \left(\frac{1}{Y} \right)^2 + 13.7 \left(\frac{1}{e^Y} \right)$$

$$B = -0.202 - 5.74 \left(\frac{1}{Y} \right)^2 + 10.1 \left(\frac{1}{e^Y} \right)$$

$$C = -0.0103 - 6.90 \left(\frac{1}{Y} \right)^2 + 7.04 \left(\frac{1}{e^Y} \right)$$

УКАЗАТЕЛЬ

- Критерии приемки КМ-234, КД-240, КД-821, КД-824, КЕ-222
 Нормативы приемки КЕ-232, КЕ-233, КЕ-333
 поковки КЕ-232.2
 плиты КЕ-222
 сварные швы КЕ-330
 Прикрепление таблички клеящим составом КС-130.4,
 Приложение 5
 Допуски на коррозию, эрозию (см. Коррозия; Эрозия)
 Интенсивность переменного напряжения КД-302, КД-311,
 КД-312
 Испытания, усталость (см. Усталость)
 Заявка на получение признания КС-210
 на применение маркировок КС-130
 на применение клейма Статья КР-4, КС-110
 Накладные облицовки, проектирование КД-103
 требования к материалу КД-103
 способы крепления КД-103
 Разрешение применения новых материалов КМ-100(с),
 Приложение F
 Программа сборки КР-110, КР-330, КР-340, КР-401
 Средства крепления КД-710, КД-720
 Скобы, зажимы, лапы, элементы жесткости,
 опоры Статья КД-7
 проектирование КД-730, КД-740
 анализ усталости КД-724
 монтаж КД-720
 деталей, не находящихся под давлением Статья КД-7
 сварные швы КД-724
 Разрешение на применение клейма согласно
 Стандарту КС-220
 Нагартовка КД-210, КД-230, КД-311, Статья КД-5, Статья
 КФ-5, КТ-303, КТ-340
- Эффект Баушингера КД-311, КД-522
 Напряжения смятия КД-233
 Напряжение при изгибе КД-230
 Затворные фланцы (см. Плоские днища),
 болтовые фланцевые соединения, болтовые
 нагрузки КД-620
 Болтовое соединение Статья КМ-3, КД-620, КД-621
 проектирование КД-620
 осмотр КМ-303
 коэффициент снижения усталостной прочности
 резьбы КД-631.4
 технические нормы на материалы КМ-302, КМ-306
 определение напряжения КД-620
 испытательные образцы КМ-211.3
 нарезание резьбы и механическая
 обработка КМ-304, КД-620
 резьбы КД-621
 шайбы КМ-305
- Метод Бушале-Бамфорда D-403(a)
 Калибровка оборудования КЕ-242.3, КЕ-264.3, КЕ-265.3
 Калибровка эталонных приборов КТ-420
 Сертификация мощности, предохранительные устройства
 Приложение 4
 Преобразование мощности предохранительных
 устройств КР-530
 Держатель Свидетельства КЕ-111, КЕ-114, КЕ-212
 Свидетельство о признании КС-220, КС-260, Приложение С
 Сертификация
 изготовителем материалов КМ-101
 мощности предохранительных устройств Статья КР-5
 персонала КЕ-113
 методов испытаний КМ-241
 Образцы для испытаний на удар по методу Шарпи
 крепежные материалы КМ-212.1
 детали, удерживающие давление КМ-212.2, КМ-212.3
 Испытание на ударную прочность по методу
 Шарпи (CVN) КМ-212, КМ-233, КМ-234, КМ-251, Статья КТ-2
 снятие болтов КМ-212.1(с)
 снятие небольших деталей, удерживающих
 давление КМ-212.2(d)
 снятие небольших деталей, удерживающих давление,
 имеющих сварные швы КМ-212.3(с)
 местоположение, ориентация образцов КТ-210
 методы КМ-233
 требования КМ-234
 требуемые значения для крепежных
 материалов КМ-234.2(b)
 требуемые значения для материалов,
 удерживающих давление КМ-234.2(a)
 образец стандартного размера КМ-212.2(b)
 образец уменьшенного размера КМ-212.2(b)
 дополнительные требования к прочности КМ-251
 снижение температуры ниже расчетного
 значения Таблица КМ-212
 квалификация метода сварки КТ-220
 сварные швы КТ-230
 Плакировки КФ-313, КФ-320, КФ-342
 расчетные требования КД-103
 Плита для плакировки КД-103
 Зажимные соединения, конструкция Приложение G
 допустимые напряжения Таблица G-900
 нагрузки на болтовые соединения G-400
 зажимные напряжения G-800
 уравнения Приложение G
 моменты ступицы G-600
 напряжения ступицы G-700
 продольные нагрузки G-500
 материалы G-200
 обозначение G-300

- Разрушающая нагрузка KD-210
 Комбинации различных материалов KD-101
 Коэффициент сжимаемости KR-110, KR-531
 Соединения
 крепление Статья KD-6
 болтовых фланцев (см. Болтовые фланцевые соединения)
 Испытания на удар с охлаждением, коррекция на
 ускоренное охлаждение KM-220(b)
 Скорость охлаждения, отдельный испытательный образец
 KM-220
 Допуск
 на коррозию для KD-114
 защитной облицовки (см. Накладные облицовки; Плакировки)
 Плиты обшивки Статья KD-6
 Покрытия и закрытия KG-114, Статья KD-6
 Скорость роста трещины D-500
 Возникновение трещины KD-401
 Перемещение концевой точки трещины (CTOD) KM-250,
 D-600(b)(2)
 Ползучесть KD-210
 Критическая глубина трещины KD-401
 Накопленные повреждения KD-330, KD-440
 Нарастающий коэффициент использования KD-330
 Циклические нагрузки KD-110, Статья KD-3
 Работа в циклическом режиме
 применение KD-330
 анализ Статья KD-3
 сосуды, не требующие анализа KD-300
 Циклический эксплуатационный режим
 швов крепления KD-724
 резьбовых соединений KD-615
 Цилиндрические корпуса
 анализ KD-220
 под внешним давлением KD-222
- Точка отсчета KM-211.2
 Устранение дефектов KE-211
 Определения KD-210
 Деформация KD-210
 Происхождение силы напряжений KD-241
 Проектирование
 применимость KD-230, KD-240
 основание KD-120
 критерии KG-311.4, KD-130
 кривые усталости KD-320
 нагрузки KD-110
 давление KG-311
 технические условия KG-311
 значения сил напряжения (см. Сила напряжения,
 расчетные значения)
 температура KD-112
 Разработчик KM-211, KD-112, KD-114, KD-500, KF-100,
 KR-150
 Диски, разрушение KR-121, KR-123, Статья KR-2
 Разнородные металлы KM-100(d)
- Трубы и система труб контроля
 вихревыми точками KE-241
 требования KE-244
 Упругость KD-210, KD-1250
 Работодатель KE-112, KE-113
 Эрозия, допуск KD-114
 Обязательное обозначение отверстий Таблица KE-101
 Оценка для признания KS-250
 Напряжение расширения KD-210
 Экспериментальная проверка проекта Статья KD-12
 Внешнее давление, корпуса вращения под воздействием KD-222
 Сосуды под внешним давлением, рабочее давление KD-222
- Разрушающие режимы KD-121
 Закрытый обтекателями KF-234
 Быстрый излом KD-121
 Усталость KG-311, KD-140, Статья KD-3
 анализ KD-100(c), KD-140, Статья KD-3, KD-615, KD-930
 построение кривых KD-320, KD-932.2
 вычисление KD-300
 коэффициент концентрации напряжений KD-311.2
 Коэффициент снижения усталостной прочности KD-210,
 KD-1270
 Сборка на объекте KG-130
 Угловые сварные швы KD-722, KD-830, KF-220
 Фланцы (см. Отверстия; Уплотнения)
 Плоские днища, конструкции KD-640
 Крепления кованых сосудов Статья KD-7
 резьбовые соединения KD-610
 Поковки KM-201, KM-211, KF-112, KF-720
 определение толщины KM-201.2
 взятие испытательных образцов KM-211.2
 Формы Статья KS-3, Прил. А
 Механика излома Статья KD-4
 Расчеты механики излома Прил. D
 Трещиностойкость KM-213, KM-250, KD-112, KD-113
 корреляции D-600
 образцы KM-213
 крепеж KM-213.1
 материалы деталей, удерживающих давление KM-213.2,
 KM-213.3
 дополнительные требования к испытаниям KM-250
 Смещение свободного конца KD-210
- Прокладки (см. Уплотнения)
 Общие положения осмотра KE-100
 Серьезные структурные несплошности KD-210
- Днища
 плоские KD-640
 полусферические KD-220

- Термическая обработка KG-421, KM-211, KM-220, KM-242, Статьи KF-4, KF-540, KF-600, KF-630
сертификация и проверка KM-240
сварных элементов KD-1101, Статья KP-4, KF-630
повтор KM-106
отдельные испытательные образцы KM-220, KT-112
- Гидростатическое испытание KD-111, KF-1060, KT-300
последующая проверка KE-400, KE-410
снятие для нагартованных сосудов KT-340
жидкая среда для меньших KT-320
ограничений по давлению KT-311
давление выше предельных значений в соответствии со Стандартом KT-312.3
метод KT-330
верхние предельные значения давления KD-111, KT-312
- Идентификация материала KF-112
Обозначения индикатора качества, толщина Табл. KE-101
Испытание на удар (см. Испытание на удар методом Шарпи)
Изолированные камеры, маркировка KS-101
Отсутствие упругости KD-210
Инспектор KG-440
Одобрение инспектора KS-230
Место установки KG-311.13
Сплошное плакирование, требуемые материалы KM-104
Цельные днища E-100
Внутреннее давление KD-110, KD-221
- Сосуды с кожухом KG-111, KD-750
Число Джагера KE-112.1(d)
Прочность J_{1c} KM-250
Соединения
присоединение деталей, не испытывающих давление, и элементов жесткости KD-720
стыковые соединения KD-1110, KF-221
угол KD-1113
угловой сварной шов KD-700, KD-722
угол полного проплавления KD-1113
допустимые типы KD-1110
соединения штифтами KD-740, KD-830
конусность KD-1120
переход KD-1111, KD-1120
Стыковое соединение типа 1KD-1110
- Прочность K_{1c} KM-250, KD-120, Статья KD-4, Прил. D
- Протечка на слой KF-825
Многослойные сосуды Статья KD-8, KD-103, KD-221.2, Статья KF-8
Поперечное расширение и напряжение при сдвиге в процентах KM-234.3
Протечка до разрыва KG-311.10, KD-121, KD-141, KD-300, KD-400
Анализ предельных значений KD-210, KD-230
Предельные значения давления при гидростатическом испытании KT-310
Предельные значения усиления H-140
- Вкладыш KD-103
Жидкость KG-102, KR-110, KR-318, KR-501
Капиллярный контроль критерии приемки KE-233.2, KE-310, KE-334
области шлифовки KE-211
исправление плакированием KE-213
поковки KE-230(a)
общие положения KE-233
гайки и болты KE-261, KE-263
трубы и системы труб KE-241(b), KE-241(c), KE-251(a)
исправление сваркой KE-212.1-212.4
требования KE-104, KE-233
время проведения осмотра KE-221(c), KE-231(c), KE-252
сварные швы и наплавленные слои KE-300(b), KE-310, KE-322, KE-324, KE-325
- Нагрузка(ки) несущие конструкции KD-245
комбинация KD-110, KD-242, KD-221.5
расчетный болт KD-620
механическая KD-110
Напряжение нагрузки KD-210
Нагрузки KG-311, KD-110, KD-221.5
Локальные первичные мембранные напряжения KD-210
Локальные конструктивные несплошности KD-210
Местоположение испытательных образцов KT-210
Минимальная рабочая температура KG-311
Лапы Статья KD-7
- Критерии приемки метода магнитопорошковой дефектоскопии KE-233.2, KE-310, KE-334
области шлифовки KE-211
исправления плакировкой KE-213
поковки KE-230(a)
оценка показаний KE-233
гайки и болты KE-261, KE-263
трубы и системы труб KE-241(b), KE-241(c), KE-251(a), KE-252(c)
исправления сваркой KE-212.1, KE-212.4
требования KE-103, KE-233
время проведения осмотра KE-221(c), KE-231(c), KE-252
сварные швы и наплавленные слои KE-300(b), KE-300(c), KE-310, KE-322, KE-324, KE-325
- Хранение
рентгенограмм KS-310
отчетных документов KS-320
Изготовитель KG-130, KG-300, KG-320, KG-421, Статья KR-1, Статья KR-2, Статья KR-3, Статья KS-1, Статья KS 2, Статья KS-3
Отчеты изготовителя по конструкции KG-325, KG-444, Статья KS-3
Отчет изготовителя A-100, KS-300
Отчет изготовителя о проекте KG-323, Статья KS-3
Отчет изготовителя о деталях A-100
Диапазон расчетных значений KR-201, KR-202

- Маркировка Статья KS-1
 применение KS-130
 изолированные камеры KS-101
 таблички KS-130.1
 комбинации предохранительного клапана и разрывного диска KR-403
 требуемая KS-100
 разрывные диски KR-402
 предохранительные клапаны KR-401
 сосуды с изолированными камерами KS-101
 с символами в соответствии со Стандартом KS-100
- Проектные данные
 на материалы Статья KM-4
 допустимые Статья KM-1
 отчет KE-214
 технические условия KM-100
- Разрешение применения
 новых материалов KM-100(c)
 сертификация изготовителем KM-101
 исключение испытания на удар KM-212.1(c), KM-212.2(d), KM-212.3(c)
 поковки таблицы KCS-1, KHA-1
 цельные плакировочные плиты KM-103, KM-104
 допустимые Статья KM-1
 технические условия Таблицы KCS-1, KHA-1, KNF-1
 допустимая толщина KM-100(b)
- Критерии приемки материалов KM-100
 основной материал для плакировки, наплавленного слоя KM-103
 цельные плакировки и наплавленный слой KM-104
 заготовки из формованных деталей KM-102
 материал защитного вкладыша KM-105
- Теория максимального напряжения при сдвиге KD-131
 Среднее значение напряжения KD-311.2, KD-312.2, KD-312.3, KD-312.4
- Механическое испытание, накопленная сила критерии приемки KM-234.2
 требования к испытаниям на удар методом Шарпи KM-234
 метод испытания на удар KM-233
 требуемое количество образцов KM-231
 метод испытания на растяжение KM-232
- Мембранное напряжение KD-210
 Минимальная расчетная температура металла KG-311, KM-234.1(b), KD-112
 Передвижные сосуды KG-104.2
 Моноблочные сосуды KD-220, KD-250, KD-412
 Многосоставные предохранительные устройства KR-162
- Таблички KS-100
 Метод неразрушающего контроля KE-105
 Детали, не находящиеся под давлением KG-113
 Одноразовый предохранительный клапан KR-110
 Нормальное напряжение KD-210
 Глубина контакта
 гайк и шайб KM-307.3
 материалы KM-306
 требования KM-307
- специальная конструкция KM-307.4
 применение KM-305
 использование с фланцевыми соединениями KM-307.1
 использование с другими соединениями KM-307.2
- Получение и использование клейма в соответствии со Стандартом Статья KS-2
 Отверстия Статья KD-6, Прил. Н
 в плоских днищах E-120, H-130
 для предохранительных устройств KR-130
 Рабочий цикл KD-210
 Внешнее воздействие KE-113(c)
 Наплавленный слой KM-103, KM-104, KF-310, KF-340
 Избыточное давление . KG-311.11, KR-100, KR-120, KR-125, KR-150
 Коэффициент избыточного напряжения D-520
- Отчет о деталях, заводского изготовления или выполненных из заготовок KM-102, KS-301
 Детали, заводского изготовления или выполненные из заготовок KM-102
 Пиковое напряжение KD-210
 Проковка KF-237
 Остаточная деформация пружины KR-312
 Система труб KG-120
 Анализ пластичности KD-210
 Упругая подвеска KD-210
 Нагрузка пластичной нестабильности KD-210
 Упругость KD-210
 Плита KM-201, KM-211
 Плиты, взятие испытательных образцов KM-211.1
 Послесварочная термическая обработка (PWHT) KF-402, KF-410, KF-630, KF-712, KE-221, KE-231, KE-300
- Предохранительный клапан KR-100
 сертификация мощности Статья KR-5
 преобразование мощности KR-530
 расчетные требования KD-310
 промежуточный стопорный клапан KR-140
 требования к маркировке Статья KR-4
 требования к материалу KD-320
 минимальный размер KR-150
 испытание при изготовлении KR-340
 установочное давление KR-150
 клеймение KR-410
 испытания Статья KR-5
- Эталонные средства измерения Статья КТ-4
 разрыв KR-210
 разрушение KR-210
 Защита от избыточного давления KR-100
 Начальное напряжение KD-210
 Основное напряжение KD-312
 Материал защитного вкладыша KM-105
 Защитные вкладыши, требуемые материалы KM-103
- Квалификации
 персонала Уровня 1KE-112.1(e)

- персонала Уровня III KE-112.1(a)
 персонала KE-110
 метод KE-112
 отчетная документация KE-115
 иная чем SNT-TC-1A KE-112.2
 процедуры сварки и сварщиков KE-212.2
 Системы качества Прил. 2
 Термическая обработка закалкой и отпускком KM-211, KM-242, Статья KF-6
- Рентгенографический контроль
 стандарты приемки KE-243, KE-332
 поковки KE-230(a)
 трубы и системы труб KE-241(a), KE-251(a)
 требования KE-101, KE-243
 время проведения проверки KE-221(b), KE-231(b), KE-252
 Углубление KD-210, KD-631
 Отчетная документация Статья KS-3
 квалификация персонала KE-115
 Эталонные образцы KE-242.2, KE-244.2
 Усиление Прил. H
 Предохранительный клапан Статья KR-1, KR-2, KR-4, KR-5,
 Пропускная способность предохранительных
 клапанов KR-150, Статья KR-5
 Глубина исправления, диаметр полости KE-211
 Ремонт, основные требования KE-200
 Заменяемые детали KS-302
 Формы Статья KS-3, Прил. A
 Повторная квалификация Прил. B
 V- образный надрез для испытания на удар по Шарпи
 крепежные материалы Таблица KM-234.2(b)
 удерживающие давление детали Таблица KM-234.2(a)
 Остаточное напряжение KD-132, KD-210, KD-311, KD-520,
 KD-530, KD-810, KD-910
 Повторные испытания
 общие положения KM-261
 образцы для испытаний на удар по Шарпи KM-262, KT-240
 Скругленные индикаторные следы KE-233, KE-310, Таблица
 KE-332
 Устройство разрывного диска KR-110, Статья KR-2
 давление взрыва KR-210
 номинальные параметры пропускной
 способности KR-220
 маркировка комбинаций KR-403
 маркировка разрывных дисков KR-402
- Уплотнения KD-660
 Вторичное напряжение KD-210, KD-241
 Приспособляемость KD-210
 Профиль отверстий H-101
 Напряжение при сдвиге KM-234.3
 Касательное напряжение KD-131, KD-210, KD-244, KD-611
 Горячая посадка KD-810
 Расположение KG-311.13
 SNT-TC-1A KE-112.1, KE-112.2, KE-115
 Установленная температура диска KR-201, KR-202
- Клеймо
 применение KS-110
 получение и использование Статья KS-2
 Местоположение
 клейма на KS-130
 предохранительных клапанах Статья KR-4
 Промежуточных стопорных клапанах KR-140
 Предельное значение силы деформации KD-210
 Деформационное упрочнение KD-210, KD-230
 Условия расчета напряжений KD-210
 Цикл напряжения KD-210
 Сила напряжения KD-210, KD-241, KD-230, KD-620, KD-631
 коэффициент KD-401, KD-420, D-400
 Дополнительные требования к прочности
 Перемещение концевой точки трещины KM-252
 J_{Ic} KM-253
 K_{Ic} KM-254
- Опуск
 прилагаемые темплеты для вырезки образцов
 для испытаний KM-242.1
 отдельные темплеты для вырезки образцов для
 испытаний KM-242.2
 Испытательные темплеты для вырезки образцов для
 испытаний и образцы сортовой прокат и болтовые
 соединения KM-211.3
 поковки KM-211.2
 местоположение KT-210
 количество испытаний KM-243
 плиты KM-211.1, KT-200
 материалы, удерживающие
 давление KM-212.2, KM-212.3
 метод применения KM-210, KT-111
 отдельные кованные детали KM-211.2(d)
 отпуск KM-242
 Темплеты для вырезки образцов для испытаний,
 сертификация метода проведения испытаний KM-241
 Образцы для проведения испытаний по методу Шарпи
 крепежных материалов KM-212.1
 проведение термической обработки KM-220
 материалы, удерживающие давление KM-212.2, KM-212.3
 Испытания, пропускная способность
 Предохранительных устройств Прил. 4
 Испытательные лаборатории Прил. 4
 Термическое напряжение KD-210
 Толщина Статья KM-1, Статья KM-2
 Толщина, определение для проведения испытаний
 сортовой прокат и болтовые соединения KM-201.2
 поковки KM-201.1
 плиты KM-201.3
 Распределение нагрузки по резьбе E-220
 Резьбовые торцевые окончания E-200
 Допуски для корпусов KP-130
 Прочность Статья KM-2
 значения силы для проведения испытаний на удар
 Таблицы KM-234.2(a), KM-234.2 (b)
 требования
 для крепежных материалов Таблица KM-234.2(b)
 для удерживающих давление материалов Таблица
 KM-234.2(a)
 Стыковые сварные соединения Типа 1 KF-221

Стыковые сварные соединения Типа 2 KF-220, KF-223,
KF-821

Ультразвуковой контроль KE-102
стандарты приемки KE-222, KE-232.2, KE-242.1(d),
KE-264.4, KE-265.4, KE-333
поковки KE-230(a)
гайки и болты KE-264, KE-265
трубы и системы труб KE-241, KE-242, KE-251(b)
плита KE-222
метод KE-232.1
исправление сваркой KE-212.4
требования KE-102
время проведения проверки KE-221(a), KE-231(a), KE-252
сварные швы и наплавленные слои KE-300(a), KE-322,
KE-323
Единицы измерения KG-150
Заданные условия KG-311.5

Потребитель Статья KG-3, KR-317, KR-532
Технически нормы потребителя на проектирование
Статья KG-3

Клапаны, стопорные клапаны KR-140
Визуальный осмотр, гайки и болты KE-262

Весовые коэффициенты D-405
Наплавленный сварной шов, требования к материалам
KM-104

Категории сварных
соединений KE-321
испытания на удар KT-230
допустимые типы KD-220
Сварные сосуды Статья KD-11, Статья KF-2
Сварочные работы Статья KF-2
Сосуды и рамы с проволоочной намоткой Статья KD-9, KF-9
Письменная методика KE-112.1

Стандарт ASME по котлам и сосудам давления
СЕКЦИЯ VIII-3

РАЗЪЯСНЕНИЯ ТОМ 57

Начиная с издания 2004 г., Разъяснения Стандарта будут издаваться каждый июль одновременно с самим Стандартом и соответствующими изменениями. Разъяснения, распространявшиеся до этого в январе, будут размещаться в январе по адресу: www.cstools.asme.org/interpretations, а также включаться в июльскую рассылку. Разъяснения Секции III, Разделы 1 и 2 являются более расширенным вариантом Секции III, Подсекция NCA.

Тома разъяснений с 54 по 56 включены в расширенное издание Стандарта 2001 г.; том 54 впервые включен в издание 2004 года.

Секция	Том 57	Том 58	Том 59
I	7/07		
II-A	7/07		
II-B	...		
II-C	...		
II-D- (Амер. сист. единиц измерения)	7/07		
II-D (Метр. сист. единиц измерения)	...		
III-NCA	7/07		
III-3	7/07		
IV	7/07		
V	7/07		
VI	...		
VII	...		
VIII-1	7/07		
VIII-2	7/07		
VIII-3	7/07		
IX	7/07		
X	...		
XI	7/07		
XII	...		

Авторское право © 2007
АМЕРИКАНСКОЕ ОБЩЕСТВО ИНЖЕНЕРОВ-МЕХАНИКОВ
Все права защищены

РАЗЪЯСНЕНИЯ

ТОМ 57 — СЕКЦИЯ VIII-3

Ответы на технические запросы
1 января 2006 г. – 31 декабря 2006 г.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Общая информация

Настоящее издание включает все письменные разъяснения, выпущенные в указанный период специалистами ASME от лица Комитета ASME по котлам и сосудам давления, в ответ на вопросы, касающиеся положений Стандарта ASME по котлам и сосудам давления. Также включено содержание с перечислением вопросов по каждому отдельному тому.

В этих разъяснениях используется текст, взятый из писем дословно, за исключением некоторых типографских и редакторских исправлений, сделанных для обеспечения большей ясности. В некоторых экземплярах при проверке разъяснения была выявлена необходимость исправлений технического характера. В этих случаях, исправленное разъяснение представлено под номером исходного разъяснения с суффиксом R, а номер исходного дела обозначен звездочкой. За этими пересмотренными разъяснениями, новым разъяснениям и их изменениям, сделанным в указанные даты, присваиваются номера в хронологическом порядке. Разъяснения, относящиеся к нескольким Секциям Стандарта, приводятся среди разъяснений для каждой соответствующей Секции.

Существующие методики ASME обеспечивают возможность пересмотра этих разъяснений, когда или если появляется дополнительная информация, которая, по мнению просителя, может отразиться на разъяснении. Кроме того, лица, неудовлетворенные разъяснениями, могут обратиться в соответствующий компетентный комитет или подкомитет ASME. Как указано в изложении основных принципов Стандарта, ASME «не утверждает», «не сертифицирует», «не оценивает» или «не одобряет» никакие изделия, конструкции, патентованные устройства или деятельность.

Разъяснения относятся либо к изданию и его Дополнениям, действующим на момент издания разъяснений, либо к изданию и Дополнениям, указанным в разъяснении. Последующие изменения Стандарта могут заменить разъяснения.

Для получения подробных указаний по подготовке технических запросов в Комитет ASME по котлам и сосудам давления, см. Приложение 3.

СЕКЦИЯ VIII-3

<u>Тема</u>	<u>Разъяснение</u>	<u>Файл №</u>
Размер и расположение букв и цифр.....	VIII-3-07-01	BC05-460

Разъяснение: VIII-3-07-01

Тема: Размер и расположение букв и цифр

Дата издания: 27 июля 2006 г.

Файл: BC05-460

Вопрос: Предполагается ли, что текст, показанный на Рис. KS-132 и Рис. KS-132M, должен быть проштампован, протравлен или выгравирован шрифтом, меньшим по размеру, чем остальной текст на маркировочной табличке, однако не менее $\frac{1}{8}$ дюйма (3,2 мм)?

Ответ: Да.