МИНИСТЕРСТВО ЭНЕРГЕТИКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ИНСТРУКЦИЯ ПО ПОРЯДКУ ПРОДЛЕНИЯ СРОКА СЛУЖБЫ БАРАБАНОВ КОТЛОВ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ



Москва 2004

gost.e-ecolog.ru

МИНИСТЕРСТВО ЭНЕРГЕТИКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

УТВЕРЖДЕНО
Приказом
Минэнерго России
от 30.06.2003 г. № 269

ИНСТРУКЦИЯ ПО ПОРЯДКУ ПРОДЛЕНИЯ СРОКА СЛУЖБЫ БАРАБАНОВ КОТЛОВ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ

Москва ЦПТИ ОРГРЭС 2004

© ЦПТИ ОРГРЭС, 2004

Вводится в действие
с 30 июня 2003 г.

Настоящая Инструкция (СО 153-34.17.442-2003) распространяется на барабаны котлов высокого давления (10,0 и 14,0 МПа) и устанавливает назначенный срок службы (парковый ресурс) барабанов котлов высокого давления, определяет основные мероприятия и порядок проведения технического диагностирования, а также нормы и критерии оценки качества элементов барабанов при продлении их срока службы после выработки паркового ресурса.

Настоящая Инструкция предназначена для предприятий отрасли электроэнергетики и может быть использована на предприятиях других отраслей, эксплуатирующих барабанные котлы высокого давления.

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Настоящая Инструкция устанавливает парковый ресурс барабанов котлов высокого давления (p = 10,0; 14,0 МПа) и определяет основные требования к правилам продления срока их службы после его выработки.

1.2. Инструкция имеет своей целью обеспечить единую систему выполнения технического диагностирования барабанов при достижении ими паркового ресурса (зоны, методы и объемы контроля, нормы оценки качества основных элементов барабана) и оформления материалов по продлению срока их службы.

1.3. Техническое диагностирование проводится для оценки состояния барабана и определения возможности, условий и параметров его дальнейшей эксплуатации.

1.4. Оценка качества элементов барабана проводится согласно настоящей Инструкции и действующих нормативных документов.

1.5. Барабан считается пригодным к дальнейшей эксплуатации, если по результатам технического диагностирования и расчетов на прочность состояние его элементов удовлетворяет требованиям нормативных документов.

1.6. В пределах паркового ресурса контроль металла элементов барабана проводится в соответствии с "Типовой инструкцией по контролю металла и продлению срока службы основных элементов турбин и трубопроводов тепловых электростанций", утвержденной Постановлением Госгортехнадзора России № 94 от 18.06.2003 г. и зарегистрированной Минюстом России № 4748 от 19.06.2003 г.

2. ПАРКОВЫЙ РЕСУРС БАРАБАНА

2.1. Парковый ресурс барабанов, установленный в зависимости от марки стали, конструктивных и эксплуатационных особенностей, приведен в таблице.

2.2. При обнаружении сквозных трещин парковый ресурс барабана считается исчерпанным.

2.3. Барабаны относятся к контрольным группам с индексом "Б", если при ранее выполненном контроле был отмечен хотя бы один из следующих показателей повреждаемости барабана:

— барабан имеет наплавку аустенитными электродами не менее 20% (но не менее 3 шт.) трубных отверстий и (или) мостиков в любой из групп отверстий одноименного назначения, и (или) не менее 5 наплавок на внутренней поверхности обечаек и (или) днищ, и (или) не менее 20% штуцеров одноименного назначения, приваренных аустенитными электродами;

— хотя бы один из мостиков между отверстиями поражен трещинами на участках, составляющих в сумме не менее половины его длины;

— барабан имеет выход расслоения металла на поверхность трубных и (или) лазовых отверстий;

Парковый ресурс барабанов котлов высокого давления

Рабочее давление котла, МПа	Контрольная группа	Конструктивные особенности котла	Марка стали барабана	Парковый ресурс, тыс. ч	Примечания
10,0	1А	Двухбарабанные	Стали 20, 20Б, 15К, 16К, 18К, 20К, 22К, 15М, 16М, 15ГСМФ	250,0	
	1Б	—»—	То же	200,0	См. п. 2.3
	2А	Однобарабанные	Стали 20, 20Б, 15К, 16К, 18К, 20К, 22К, 15М, 16М, 15ГСМФ	300,0	
	2Б	—»—	То же	250,0	См. п. 2.3
14,0	3А	Однобарабанные и двухбарабанные	Сталь 16ГНМ	250,0	
	3Б	То же	То же	200,0	См. п. 2.3
	4А	Однобарабанные	Сталь 16ГНМА	300,0	
	4Б	-»-	То же	250,0	См. п. 2.3
10,0–14,0	5А	Барабаны котлов импортной поставки		Назначается индивидуально по согласованию в установленном порядке	

— барабан имеет ремонтные заварки на 25% протяженности отдельного продольного или кольцевого основного сварного соединения или на 10% суммарной протяженности продольных и кольцевых основных сварных соединений;

— барабан имеет ремонтные заварки в швах приварки внутрибарабанных устройств на 15% суммарной протяженности проконтролированных швов.

3. ПОРЯДОК ПРОДЛЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ БАРАБАНА СВЕРХ ПАРКОВОГО РЕСУРСА

3.1. Эксплуатация барабана сверх паркового ресурса продлевается на основании:

— положительных результатов технического диагностирования;

— положительных результатов расчетов на прочность и остаточного ресурса.

3.2. Техническое диагностирование барабана проводится в соответствии с разделами 4 и 5 настоящей Инструкции.

3.3. Расчет на прочность и расчет остаточного ресурса выполняется на основании результатов технического диагностирования в соответствии с нормативными документами по расчету на прочность и методическими указаниями по оценке ресурса металла барабана котла, приведенными в приложении 1.

4. ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО ДИАГНОСТИРОВАНИЯ БАРАБАНА

4.1. Организация работ по проведению технического диагностирования барабана осуществляется предприятием — владельцем котла.

4.2. Котел, на котором установлен барабан, подлежащий техническому диагностированию, выводится из работы. Барабан необходимо освободить от заполняющей среды и охладить.

4.3. Внутрибарабанные устройства и при необходимости тепловая изоляция удаляется для обеспечения доступа ко всем элементам барабана, его внутренняя и наружная поверхности очищается от загрязнений и подготавливается к техническому диагностированию в соответствии с применяемыми методами контроля.

4.4. Владелец котла (предприятие, имеющее право на эксплуатацию котла) предоставляет всю необходимую техническую и эксплуатационную документацию организации, проводящей диагностирование барабана.

5. ПРОВЕДЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО ДИАГНОСТИРОВАНИЯ БАРАБАНА

Техническое диагностирование барабана включает:

– анализ технической документации;

– контроль металла элементов барабана;

– анализ результатов контроля;

– определение возможности, условий и параметров дальнейшей эксплуатации барабана;

– оформление результатов.

5.1. Анализ технической документации

5.1.1. Анализ технической и эксплуатационной документации проводится для ознакомления с конструктивными особенностями, материалами, технологией изготовления и условиями эксплуатации барабана, а также для выявления мест и возможных причин образования дефектов в материале элементов барабана в результате эксплуатации.

5.1.2. Анализ технической и эксплуатационной документации включает:

– анализ сертификатных данных для выявления соответствия марки стали, механических свойств и химического состава металла элементов барабана проектным данным;

– анализ конструктивных особенностей барабана и технологии его изготовления;

– анализ условий эксплуатации барабана. Особое внимание должно быть обращено на характеристики и количество нестационарных режимов, отклонение по водно-химическому режиму, условия консервации и возможность развития стояночной коррозии, а также другие факторы, способствующие образованию и развитию дефектов в металле барабана;

– анализ результатов штатного контроля металла элементов барабана и оценку интенсивности развития дефектов в металле, а также анализ сведений о ремонтах, заменах и реконструкциях элементов барабана и результатов технических освидетельствований и гидравлических испытаний за весь период эксплуатации.

5.2. Контроль металла элементов барабана

5.2.1. Типовая программа, предусматривающая базовый объем контроля металла элементов барабана, приведена в приложении 2.

5.2.2. Типовой программой предусмотрены следующие методы неразрушающего контроля:

ВК – визуальный контроль;

ИК – измерительный контроль;

ЦД – цветная дефектоскопия;

МПД – магнитопорошковая дефектоскопия;

УЗК – ультразвуковой контроль;

ТР – травление;

УЗТ – ультразвуковая толщинометрия;

ТВ – измерение твердости;

РП – исследование микроструктуры металла методом реплик или сколов;

АЭ – акустическая эмиссия.

5.2.3. При разрушающем контроле проводится исследование металла вырезки (ИМ).

5.2.4. На основании типовой программы, опыта эксплуатации и результатов ранее выполненных проверок барабана разрабатывается индивидуальная программа технического диагностирования барабана, объем контроля в которой может быть изменен относительно типовой.

5.2.5. Контроль на наличие поверхностных и подповерхностных дефектов допускается проводить методом вихретоковой дефектоскопии взамен магнитопорошковой или цветной дефектоскопии по методике, утвержденной в установленном порядке.

5.2.6. Методические указания по проведению контроля металла элементов барабана приведены в приложении 3.

5.3. Анализ результатов контроля и нормы (критерии) оценки качества

5.3.1. Основные элементы барабана должны удовлетворять требованиям действующих нормативных документов, включая нормативные документы по расчету на прочность.

5.3.2. Дефекты, обнаруженные в элементах барабана при неразрушающих методах контроля, оцениваются согласно требованиям нормативных документов.

5.3.3. Отклонение среднего диаметра барабана от номинального, овальность барабана и отклонение от прямолинейности образующих обечаек барабана должны соответствовать требованиям нормативной документации при изготовлении барабана.

5.3.4. Возможность эксплуатации барабана обосновывается специальным расчетом на прочность в следующих случаях:

— отклонение среднего диаметра барабана от номинального значения в большую сторону превышает 1,0%;

— овальность барабана превышает 1,0%;

— отклонение от прямолинейности образующих обечаек превышает 2,0 мм на каждый метр длины обечайки.

5.3.5. Значения твердости металла основных элементов барабана по данным измерения переносными приборами должны находиться в следующих пределах:

— специальные стали;
15М, 16М, 20, 15К;
16К, 18К, 20К, 22К = 120-180 НВ;

— 16ГНМ и 16ГНМА = 130-190 НВ.

5.3.6. Структура металла по результатам металлографического исследования металла сколов, реплик или вырезок не должна иметь аномальных изменений по сравнению с требованиями к исходному состоянию.

5.3.7. Механические свойства металла основных элементов барабана должны соответствовать требованиям нормативных документов на изготовление барабана и (или) требованиям, изложенным ниже.

5.3.7.1. Испытания при комнатной температуре:

— значения прочностных характеристик металла не должны отличаться более чем на 5,0% в меньшую сторону от значений, регламентированных нормативными документами;

— отношение условного предела текучести металла к его временному сопротивлению разрыва не должно быть более 0,75 для углеродистых сталей и 0,8 для легированных сталей;

– относительное удлинение металла должно быть не менее 16,0%;

– ударная вязкость металла на образцах с острым надрезом должна быть не менее 25,0 Дж/см;

– критическая температура хрупкости металла должна быть не более 40°С.

5.3.7.2. Испытания при эксплуатационной температуре:

– значения условного предела текучести металла для углеродистых и легированных сталей должны быть не менее значений, регламентированных нормативными документами на изготовление барабана.

5.4. Определение возможности, условий и параметров эксплуатации барабана сверх паркового ресурса

5.4.1. Возможность, условия и параметры эксплуатации барабана сверх паркового ресурса определяются на основании результатов технического диагностирования, расчетов на прочность и остаточного ресурса, а также гидравлического испытания.

5.4.2. Необходимым условием возможности эксплуатации барабана сверх паркового ресурса на расчетных параметрах является соответствие его элементов требованиям условий прочности, установленных нормативными документами.

5.4.3. Если по условиям прочности элементы барабана из-за утонения стенки или каких-либо других повреждений, а также из-за снижения механических свойств металла не выдерживают расчетное давление, продление срока службы барабана возможно при установлении пониженных, с учетом требований норм расчета на прочность, параметров. После ремонта, полной или частичной замены элементов барабана, не удовлетворяющих условиям прочности, а также после восстановления механических свойств металла возможна эксплуатация барабана на расчетных параметрах.

5.5. Оформление результатов

5.5.1. На выполненные при техническом диагностировании работы предприятие, их проводившее, оформляет "Заключение о техническом диагностировании барабана после выработки паркового ресурса", которое включает следующие разделы:

5.5.1.1. Данные об организации, проводившей техническое диагностирование: наименование, название и номер лицензии. Фамилия, должность (квалификация) лиц, проводивших техническое диагностирование. Даты начала и окончания технического диагностирования.

5.5.1.2. Основные данные о котле, барабане, анализ технической документации. Паспортные данные котла и барабана: наименование изготовителя, заводские и регистрационные номера, даты изготовления, дата ввода в эксплуатацию, расчетные параметры среды, сведения об основных элементах барабана (геометрические размеры, материал, способ соединения, сертификаты на материал), время наработки, число пусков и других нестационарных режимов, рабочие и разрешенные параметры, результаты штатного контроля металла (зоны контроля и обнаруженные дефекты нанести на формуляр развертки барабана), технических освидетельствований, ремонтов и реконструкций за весь период эксплуатации.

5.5.1.3. Методы контроля. Подробное описание зон, методов и объемов контроля металла элементов барабана.

5.5.1.4. Результаты технического диагностирования, в которых приводятся:

— типы (марки) испытательного оборудования и дефектоскопической аппаратуры с данными о госповерке;

— сведения о квалификации дефектоскопистов;

— сведения о нормативных документах, в соответствии с которыми проводился контроль;

— данные о состоянии наружных и внутренних поверхностей основных элементов, сведения о дефектах основного металла и сварных швов, обнаруженных при визуальном и измерительном контроле, а также методами неразрушающего контроля;

— результаты измерений геометрических размеров основных элементов;

— результаты по ультразвуковому контролю толщины стенки основных элементов;

— результаты измерения твердости металла основных элементов;

— результаты исследования микроструктуры металла методами сколов или реплик (при необходимости);

— данные о гидравлическом испытании.

Результаты по всем видам контроля оформляются актами, протоколами и таблицами. Графическое изображение результатов контроля наносится на формуляр развертки барабана, прилагаемый к заключению.

5.5.1.5. Выводы о возможности, условиях и параметрах дальнейшей эксплуатации барабана.

Приложение 1

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОЦЕНКЕ РЕСУРСА МЕТАЛЛА БАРАБАНА

Условные обозначения:

σ_a – амплитуда напряжений, МПа;

ΔT – перепад температуры, °С;

α_T – коэффициент линейного расширения, град$^{-1}$;

E_T – модуль упругости при температуре T, МПа;

σ_b^T – предел прочности при температуре T, МПа;

ψ^T – относительное сужение при температуре T, %;

D – паропроизводительность котла, кг/ч;

m – величина непрерывной продувки котловой воды;

$V_{вд}$ – водяной объем котла, м^3;

V^l – удельный объем кипящей воды, м^3/кг;

ω – частота термоциклирования барабана на стационарном режиме, ч$^{-1}$;

N – число циклов до разрушения для заданного циклического режима;

r – коэффициент асимметрии цикла.

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Настоящие Методические указания (МУ) определяют схему, основные этапы и исходные данные для оценки ресурса металла барабана в условиях нестационарного эксплуатационного нагружения.

1.2. Основным фактором исчерпания ресурса металла барабана и накопления повреждений, образования и развития трещин является развитие процесса коррозионной усталости в зонах конструктивных концентраторов напряжений, определяемое спектром служебных циклических нагрузок, воздействием коррозионной среды, наличием дефектов, состоянием и изменением прочностных и пластических свойств металла в процессе эксплуатации, а также конструктивными особенностями и условиями эксплуатации конкретного барабана.

1.3. Цель применения настоящей методики заключается в определении состояния барабана по уровню накопленной повреждаемости металла (НПМ) и оценки стадии процесса накопления и развития повреждений: докритической (стадии зарождения трещин) или износовой (стадии массового образования трещин).

1.4. Расчет величины НПМ для критической (по уровню действующих напряжений и влияния коррозионной среды) зоны с учетом комплекса конструктивных и эксплуатационных факторов является базой для определения возможности и условий дальнейшей эксплуатации барабана и его дополнительного служебного ресурса.

2. ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ НЕСТАЦИОНАРНЫХ РЕЖИМОВ И РАСЧЕТ ВЕЛИЧИНЫ ЦИКЛИЧЕСКИХ НАПРЯЖЕНИЙ

2.1. В качестве основных циклических режимов работы котельных барабанов, обуславливающих НПМ от воздействия коррозионной усталости, принимаются:

– тепловые удары;

– гидравлические испытания и опрессовки котла при рабочем давлении;

– гидравлические испытания при давлении 1,25 рабочего;

– температурные колебания стенки барабана при работе котла на стационарном режиме.

2.2. Под тепловым ударом понимаются режимы со скачкообразным изменением температуры среды в барабане (например, разрыв экранной трубы, заполнение водой неостывшего барабана или заполнение холодного барабана водой через экономайзер), которое характеризуется быстрым изменением температуры стенки барабана.

2.3. При необходимости должны выделяться дополнительные группы режимов, требующие совместного учета нагружающих факторов (например, при разрыве экранной трубы от совместного действия температурных напряжений и напряжений от внутреннего давления в конкретном временном интервале).

2.4. Количество пусков – остановов, тепловых ударов и гидроиспытаний при давлении 1,25 рабочего, а также других циклических режимов устанавливается по эксплуатационной документации. При отсутствии данных по количеству тепловых ударов и гидравлических испытаний (опрессовок) при рабочем давлении оно принимается равным соответственно 0,08 и 1,0 от числа пусков – остановов.

2.5. Частота термоциклирования барабана ω в период работы котла на стационарном режиме определяется перемешиванием в барабане котловой и питательной воды и связывается с параметром интенсивности смены воды в котле:

$$\omega = \frac{D(1-m)}{V_{вд}} V^1. \qquad (1)$$

Для основных типов энергетических барабанных котлов ω изменяется в пределах: 2,9...11,4 $ч^{-1}$.

Помимо этого необходим учет термических колебаний среды в барабане в период его пуска, число которых при отсутствии конкретных данных может быть принято равным 40 за один пуск.

2.6. Амплитуда действующих при пуске-останове котла и его гидроиспытаниях напряжений вычисляется согласно нормативным документам, при этом необходим учет конкретных скоростей нагрева (охлаждения) барабана при пуске – останове, а также условий суммирования температурных напряжений и напряжений от внутреннего давления. При отсутствии конкретных данных скорость нагрева (охлаждения) барабана принимается равной 5,0 °С/мин.

2.7. Амплитуда напряжений при тепловом ударе определяется по формуле

$$\sigma_a^{ту} = 2E\,\alpha_T\,\Delta T. \qquad (2)$$

Аналогичным образом вычисляется и амплитуда напряжений при термоциклировании барабана в условиях пуска котла и при его работе на номинальных параметрах.

2.8. При отсутствии данных для тепловых ударов перепад температуры среды, омывающей стенку барабана, принимается равным 100°С, а при термоциклировании — 20°С.

3. РАСЧЕТ УСТАЛОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК МЕТАЛЛА

3.1. Характеристики усталостной долговечности металла барабана определяются в диапазоне чисел циклов нагружения 10^{12} по соотношению

$$\sigma_a = \frac{E^T A}{n(4N)^{m_1}} + \frac{B}{n(4N)^{m_2} + (1+r)/(1-r)}, \qquad (3)$$

где n — коэффициент запаса;

m_1 и m_2 — характеристики материала;

r — коэффициент асимметрии нагружения;

A и B — константы, определяемые механическими свойствами материала.

3.2. Коэффициент асимметрии цикла $r = \sigma_{min}/\sigma_{max}$ определяется для каждой группы нестационарных режимов, если $r < -1$ и $r > 1$, то в расчете принимается $r = -1$.

3.3. Константы A и B уравнения (3) определяются соотношениями:

$$A = 1{,}15 \cdot \lg \frac{100}{100 - \psi^T}; \qquad (4)$$

$$B = \sigma_b^T (1 + 1{,}4 \cdot 10^{-2} \cdot \psi^T). \qquad (5)$$

3.4. Характеристики материала барабана m_1 и m_2 определяются как:

$$m_1 = 0{,}5;$$

$$m_2 = 0{,}132 \lg (2{,}5 + 0{,}035\, \psi^T).$$

3.5. Наименьшее значение коэффициента запаса n принимается для барабанов из сталей 22К и 16ГНМА равным 2,

а для барабанов из стали 16ГНМ — равным 3. Интенсивное влияние коррозионной среды на усталостную прочность металла барабана может быть учтено увеличением коэффициента запаса до 3 — для барабанов из стали 22К и 16ГНМА и до 4 — для барабанов из стали 16ГНМ.

3.6. Значения σ_b^T и ψ^T должны учитывать изменение свойств металла барабана в процессе эксплуатации. В случае отсутствия данных о механических свойствах металла барабана при условии соответствия уровня твердости требованиям раздела 5 настоящей Инструкции для температуры стенки барабана до 350°С принимаются следующие значения механических характеристик:

— для стали 22К: σ_b^T = 390 МПа, ψ^T = 40%;

— для стали 16ГНМА: σ_b^T = 460 МПа, ψ^T = 50%;

— для стали 16ГНМ: σ_b^T = 460 МПа, ψ^T = 40%.

Для этого уровня механических свойств металла на рис. П1, П2 и П3 приведены усталостные кривые для сталей 22К, 16ГНМА и 16ГНМ, учитывающие изменение коэффициента r в пределах 0,5–0,8.

4. РАСЧЕТ НАКОПЛЕННОЙ ПОВРЕЖДАЕМОСТИ МЕТАЛЛА И КРИТЕРИИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО РЕСУРСА ЭКСПЛУАТАЦИИ БАРАБАНА

4.1. Суммарная величина НПМ для различных нестационарных режимов составляет:

$$A = \sum_{i=1}^{i=k} n_i / N_i, \qquad (6)$$

где k — общее число нестационарных режимов;

n_i — общее число циклов i-того режима за время эксплуатации;

N_i — допустимое число циклов для i-того режима по уравнению (3).

4.2. С учетом пп. 2.4 и 2.5 уравнение (6) может быть записано в виде:

$$A = 2\frac{n_{по}}{N_{по}} + 0{,}08\frac{n_{по}}{N_{ту}} + \frac{n_{ги}}{N_{ги}} + \frac{40\,n_{по} + \omega\tau}{N_{т}}, \qquad (7)$$

где $n_{по}$ – число пусков – остановов барабана;

$N_{по}$, $N_{ту}$, $N_{ги}$, $N_{т}$ – число циклов N по уравнению (3) или по соответствующим кривым усталости (рис. П1.1 – П1.3) для режимов пусков-остановов, теплового удара, гидроиспытаний и температурных колебаний соответственно.

4.3. При расчете N по уравнению (3) для циклических режимов, связанных с перепадами давления и изменениями других силовых факторов, необходимо учитывать эффективный коэффициент концентрации напряжений для рассматриваемой конструктивной зоны барабана. Он должен оцениваться согласно рекомендациям и для зоны отверстий водоопускных труб может быть принят равным 3.

4.4. Если при расчете по соотношению (6) $A < 1$, то стадия НПМ является докритической и в связи с конкретным значением параметра A имеется возможность продления ресурса барабана при его эксплуатации с прогнозируемой интенсивностью основных циклических режимов следующим образом:

– при $A < 0{,}8$, – до 50,0 тыс. ч дополнительно;

– при $0{,}8 < A < 1$ – до 25,0 тыс. ч дополнительно.

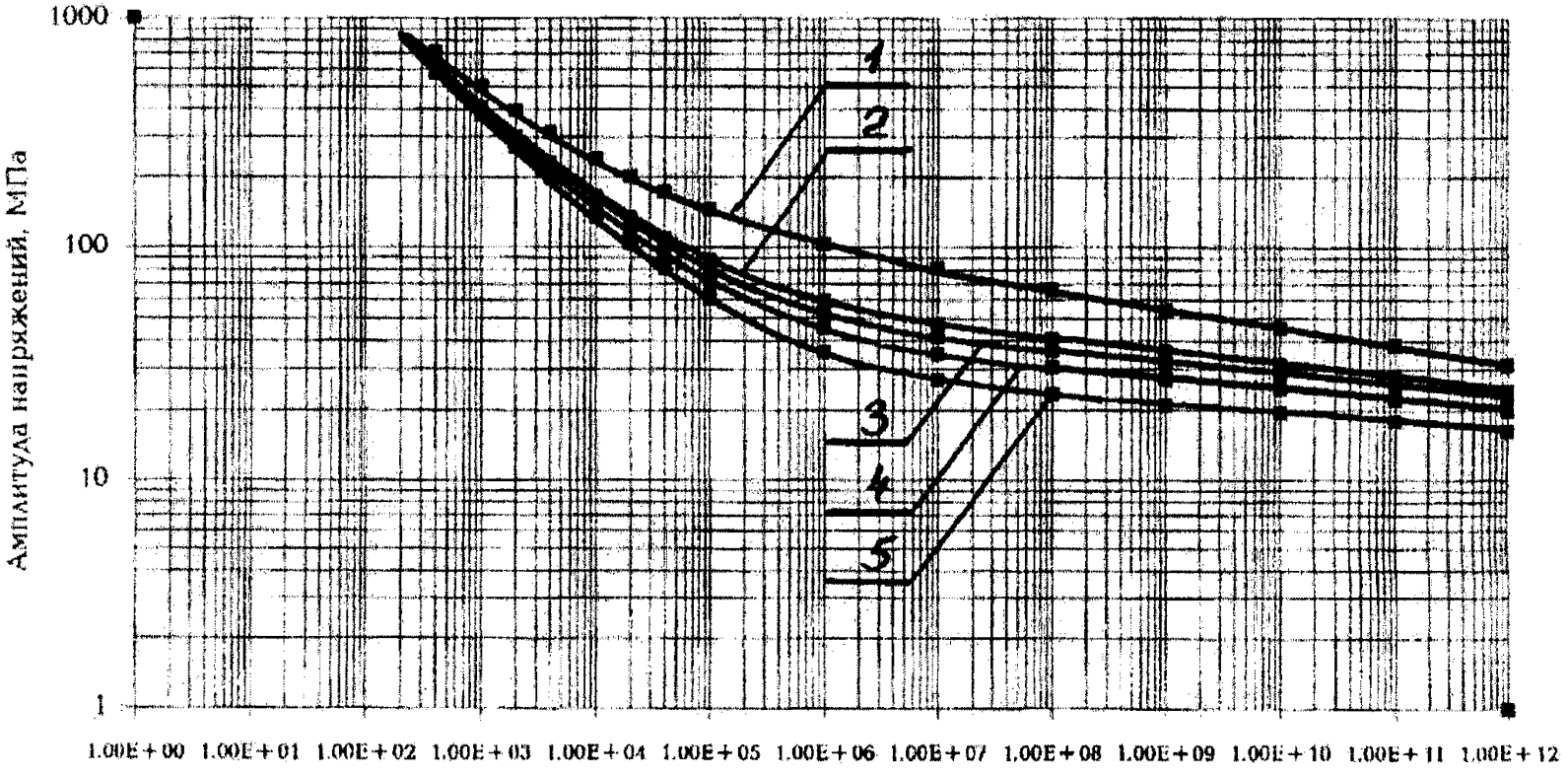

Рис. П1.1. Кривая усталости для стали 22К:

1-5 — долговечность, циклы (1 — r = -1; 2 — r = 0,5; 3 — r = 0,6; 4 — r = 0,7; 5 — r = 0,8)

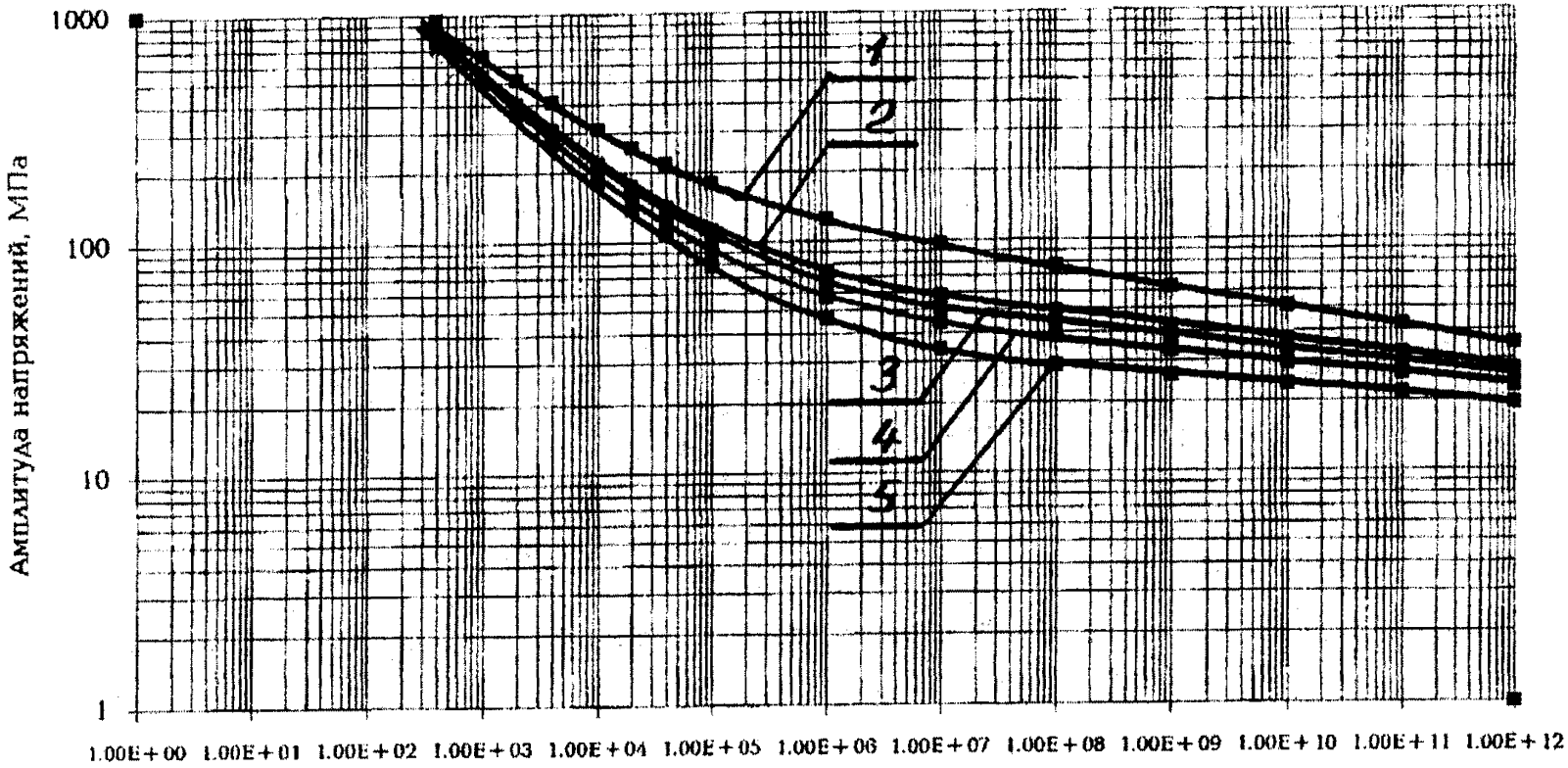

Рис. П1.2. Кривая усталости для стали 16ГНМА:

1-5 — долговечность, циклы (1 — r = -1; 2 — r = 0,5; 3 — r = 0,6; 4 — r = 0,7; 5 — r = 0,8)

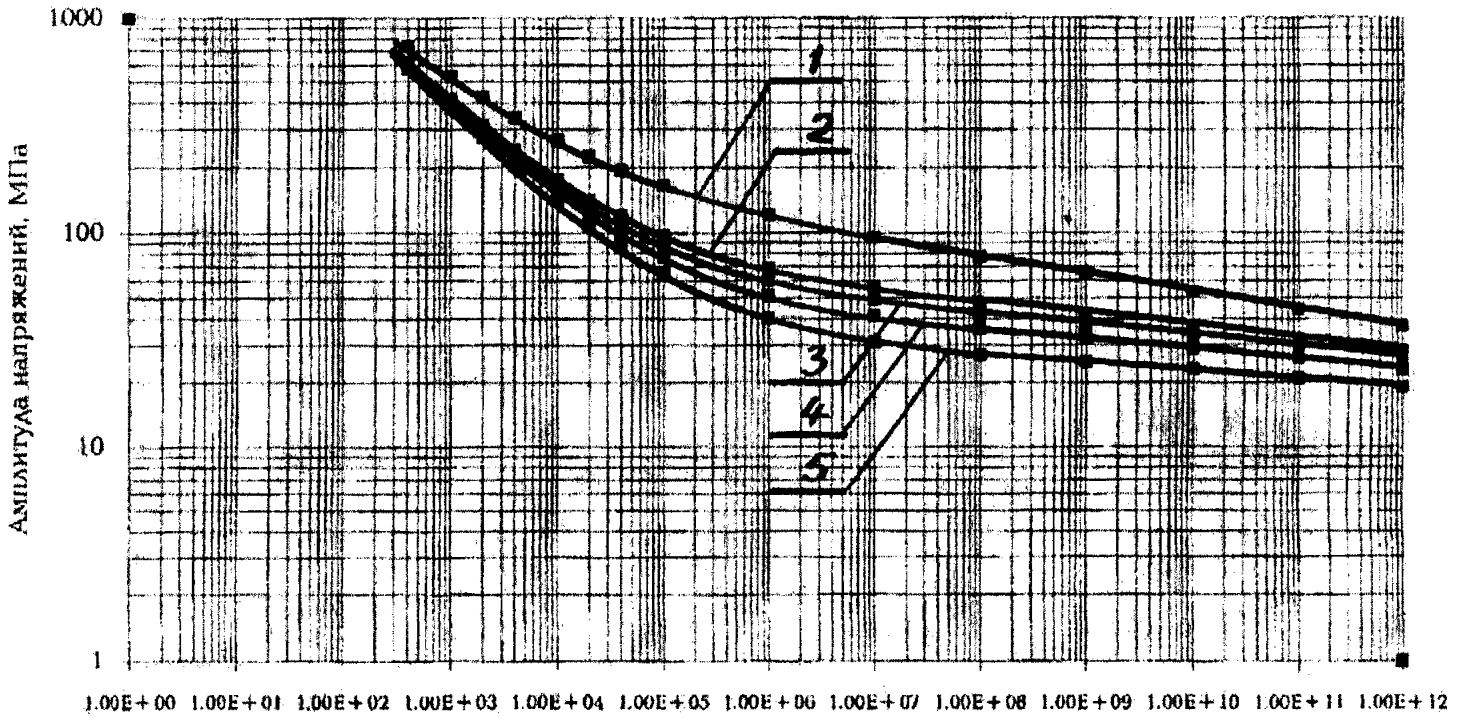

Рис. П1.3. Кривая усталости для стали 16ГНМ:

1-5 — долговечность, циклы (1 — r = -1; 2 — r = 0,5; 3 — r = 0,6; 4 — r = 0,7; 5 — r = 0,8)

Приложение 2

ТИПОВАЯ ПРОГРАММА КОНТРОЛЯ МЕТАЛЛА ОСНОВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ЦЕЛЬНОКОВАНЫХ И СВАРНЫХ БАРАБАНОВ КОТЛОВ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ

№ п.п.	Объект контроля	Метод контроля	Зона контроля	Объем контроля	Примечания
1	2	3	4	5	6
1.	Обечайки	1. ВК	1. Обмуровка и тепловая изоляция	100%	1. Проверяется целостность обмуровки и тепловой изоляции 2. При наличии сырых пятен на обмуровке следует снять ее в этих местах для осмотра наружной поверхности обечаек
			2. Наружная поверхность обечаек в местах возможного попадания воды на изоляцию	100%	
			3. Внутренняя поверхность обечаек	100%	
		2. МПД или ЦД, или ТР	1. Зоны на внутренней поверхности обечаек в случае, если имеется подозрение на наличие трещин	Объем контроля назначается по результатам ВК	
			2. Продольные и поперечные мостики на внутренней поверхности обечаек между отверстиями водяного объема	По 30% продольных и поперечных мостиков каждой группы отверстий одноименного назначения	1. Контроль проводится на продольных и поперечных мостиках, худших по результатам ВК 2. При обнаружении трещин объем контроля увеличивается до 100%
			3. Продольные и поперечные мостики на внутренней поверхности обечаек между отверстиями труб парового объема	По 25% продольных и поперечных мостиков каждой группы отверстий одноименного назначения	1. Контроль проводится на продольных и поперечных мостиках, худших по результатам ВК 2. При обнаружении трещин объем контроля увеличивается до 100%
			4. Ремонтные заварки в корпусах обечаек: наплавленный металл с околошовной зоной шириной 20-30 мм	100%	Аустенитные заварки контролируются методом травления или цветной дефектоскопии
		3. УЗК	1. Контроль металла на расслоение	Во всех зонах зачистки под МПД, ЦД или ТР	При обнаружении расслоения металла выявить его границы и определить размеры
		4. ИК	1. Овальность	В одном сечении на каждой обечайке в горизонтальном и вертикальном направлениях с допустимым отклонением от вертикали и горизонтали на 30°	При обнаружении овальности более 1% измерение проводится в 3 сечениях на каждой обечайке
			2. Прогиб	По всей длине цилиндрической части обечаек в сечениях, отстоящих друг от друга не более 1000 мм	

Продолжение приложения 2

№ п.п.	Объект контроля	Метод контроля	Зона контроля	Объем контроля	Примечания
1	2	3	4	5	6
		5. УЗТ	1. Контрольные точки в сечениях, отстоящих друг от друга не более 1000 мм на внутренней или наружной поверхности обечаек	В 3 точках в каждом сечении	1. В каждом сечении точки замера располагать под углом 120°, одна из точек должна лежать на нижней образующей 2. В местах выборок и коррозионных дефектов проводится дополнительный контроль толщины стенки 3. При обнаружении расслоения металла проводится контроль методом УЗК (п. 1.3 данного приложения)
		6. ТВ	1. В водяном объеме контрольные точки на внутренней поверхности обечаек на мостиках между отверстиями водоопускных труб	По 1-2 точки на 10% мостиков	Контролируемые мостики должны быть равномерно разнесены по водяному объему обечаек
			2. В паровом объеме контрольные точки на внутренней поверхности обечаек	По 3 точки на каждой обечайке	Контрольные точки должны быть равномерно разнесены по паровому объему
		7. ИМ	1. Исследование микроструктуры металла на сколах или репликах	В случае необходимости по индивидуальной программе	Необходимость определения механических свойств и исследования микроструктуры металла определяется специализированной научно-исследовательской организацией по результатам технического диагностирования барабана

			2. Исследование металла вырезки	В случае необходимости вырезка производится на одной из обечаек согласно индивидуальной программе	
2.	Днища	1. ВК	1. Обмуровка и тепловая изоляция	100%	Проверяется целостность обмуровки и тепловой изоляции. При наличии сырых пятен на обмуровке следует снять ее в этих местах для осмотра наружной поверхности днищ
			2. Наружная поверхность днищ в местах возможного попадания воды на изоляцию	100%	
			3. Внутренняя поверхность днищ с зоной перехода от цилиндрической части к сферической	100%	
		2. МПД или ЦД, или ТР	1. Зоны на наружной поверхности днищ, если имеется подозрение на наличие трещин	Объем контроля назначается по результатам ВК	
			2. Внутренняя поверхность днищ с зоной перехода от цилиндрической части к сферической	25%	Контроль проводится на участке внутренней поверхности, не проверенном ранее
			3. Зоны на внутренней поверхности днищ, если имеется подозрение на наличие трещин	Объем контроля назначается по результатам ВК	
			4. На наружной и внутренней поверхности днищ места приварок опор	100%	

Продолжение приложения 2

№ п.п.	Объект контроля	Метод контроля	Зона контроля	Объем контроля	Примечания
1	2	3	4	5	6
			5. Ремонтные заварки в корпусах днищ – наплавленный металл с околошовной зоной шириной 20-30 мм	100%	Аустенитные заварки контролируются методом травления или цветной дефектоскопии
		3. УЗК	1. Контроль металла на расслоение	Во всех зонах зачистки под МПД, ЦД или ТР	При обнаружении расслоения металла выявить его границы и определить размеры
		4. УЗТ	1. Контрольные точки на наружной или внутренней поверхности в 2 сечениях, расположенных под углом 90°	В 4-5 точках в каждом сечении	1. В каждом сечении точки замера должны быть равномерно разнесены от цилиндрического борта до лазового отверстия 2. При обнаружении расслоения металла проводится контроль методом УЗК (п. 2.3 данного приложения)
		5. ТВ	1. Контрольные точки на внутренней поверхности в 2 сечениях, расположенных под углом 90°	В 4-5 точках в каждом сечении	В каждом сечении точки замера должны быть равномерно разнесены от цилиндрического борта до лазового отверстия
3.	Лазовые отверстия	1. ВК	1. Поверхность лазов на расстоянии 100 мм от кромок и примыкающая уплотнительная поверхность затворов	100%	
		2. МПД или ЦД, или ТР	То же	100%	
4.	Основные продольные и поперечные сварные швы	1. ВК	1. Металл сварного шва с околошовной зоной 60-80 мм на сторону с наружной поверхности барабана	В местах снятой изоляции	
			2. С внутренней поверхности барабана металл сварного шва с околошовной зоной 60-80 мм на сторону	100%	
			3. Ремонтные заварки: наплавленный металл с околошовной зоной не менее 30 мм на сторону	100%	
		2. МПД или ЦД, или ТР	1. Металл сварного шва с околошовной зоной 60-80 мм на сторону с внутренней поверхности барабана	30% общей длины каждого сварного шва, включая участки длиной не менее 100 мм в каждую сторону от точки пересечения продольного и поперечного швов	1. Контроль проводится на участках сварных швов, худших по результатам ВК 2. При обнаружении недопустимых дефектов объем контроля увеличивается до 100%
		3. УЗК	1. Металл сварного шва с околошовной зоной 60-80 мм на сторону с наружной или внутренней поверхности барабана	30% общей длины каждого сварного шва 100% мест пересечения продольных и кольцевых сварных швов на длине не менее 200 мм в каждую сторону от точки пересечения	1. Контроль проводится на участках сварных швов, худших по результатам ВК и МПД 2. При обнаружении недопустимых дефектов объем контроля увеличивается до 100%

Продолжение приложения 2

№ п.п.	Объект контроля	Метод контроля	Зона контроля	Объем контроля	Примечания
1	2	3	4	5	6
5.	Сварные швы приварки внутрибарабанных устройств	1. ВК	1. Металл сварных швов с околошовной зоной 20-30 мм на сторону	Во всех доступных местах	
		2. МПД или ЦД, или ТР	1. Металл сварных швов с околошовной зоной 20-30 мм на сторону	30% общей длины каждого сварного шва	1. Контроль проводится на участках сварных швов, худших по результатам ВК 2. При обнаружении недопустимых дефектов объем контроля увеличивается до 100%
			2. Ремонтные заварки: наплавленный металл с околошовной зоной не менее 30 мм на сторону	100%	
6.	Угловые сварные швы приварки штуцеров труб парового и водяного объемов	1. ВК.	1. С наружной поверхности барабана металл сварного шва с околошовной зоной не менее 30 мм на сторону	100%	

		2. МПД или ЦД, или ТР	1. С наружной поверхности барабана металл сварного шва с околошовной зоной не менее 30 мм на сторону	30% сварных швов приварки штуцеров каждой группы труб одноименного назначения, но не менее 2 шт. в каждой группе	1. Контроль проводится на сварных швах, худших по результатам ВК 2. При обнаружении недопустимых дефектов объем контроля увеличивается до 100%
			2. Ремонтные заварки: наплавленный металл с околошовной зоной не менее 30 мм на сторону	100%	
7.	Отверстия и штуцера труб водяного объема	1. ВК	1. Внутренняя поверхность отверстий и штуцеров с примыкающими к отверстиям участками внутренней поверхности барабана шириной 30-40 мм от кромки отверстия	100%	
		2. МПД или ЦД, или ТР	1. Внутренняя поверхность отверстий и штуцеров с примыкающими к отверстиям участками внутренней поверхности барабана шириной 30-40 мм от кромки отверстия	30%	1. Контроль отверстий с защитными рубашками или присоединенных методом вальцовки проводится на участках внутренней поверхности, примыкающих к отверстию, шириной 30-40 мм без удаления защитной рубашки или вальцовки 2. При обнаружении дефектов необходимо проконтролировать внутреннюю поверхность отверстий

Окончание приложения 2

№ п.п.	Объект контроля	Метод контроля	Зона контроля	Объем контроля	Примечания
1	2	3	4	5	6
			2. Ремонтные заварки на внутренней поверхности отверстий и штуцеров: наплавленный металл с околошовной зоной шириной 20-30 мм на сторону	100%	Аустенитные заварки контролируются методом травления или цветной дефектоскопии
8.	Отверстия и штуцера труб парового объема	1. ВК	1. Внутренняя поверхность отверстий и штуцеров с примыкающими к отверстиям участками внутренней поверхности барабана шириной 30-40 мм от кромки отверстия	100%	
		2. МПД или ЦД, или ТР	1. Внутренняя поверхность отверстий и штуцеров с примыкающими к отверстиям участками внутренней поверхности барабана шириной 30-40 мм от кромки отверстия	30% отверстий и штуцеров каждой группы труб одноименного назначения, но не менее 2 шт. в каждой группе	1. Контроль проводится на отверстиях и штуцерах, худших по результатам ВК 2. При обнаружении недопустимых дефектов объем контроля увеличивается до 100%
			2. Ремонтные заварки на внутренней поверхности отверстий и штуцеров: наплавленный металл с околошовной зоной 20-30 мм на сторону	100%	Аустенитные заварки контролируются методом травления или цветной дефектоскопии

Приложение 3

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ПРОВЕДЕНИЮ КОНТРОЛЯ МЕТАЛЛА ЭЛЕМЕНТОВ БАРАБАНА

1. ВИЗУАЛЬНЫЙ И ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ КОНТРОЛЬ

1.1. Визуальный и измерительный контроль проводится для выявления и измерения обнаруженных дефектов: поверхностных трещин всех видов и направлений, коррозионных и механических повреждений, образовавшихся на стадии изготовления, монтажа, ремонта или эксплуатации. По результатам визуального и измерительного контроля следует откорректировать типовую программу контроля металла элементов барабана в части применения неразрушающих методов контроля.

1.2. При измерении линейных размеров, характеризующих форму барабана (диаметры, прогиб), используются методы и средства, позволяющие обеспечить точность измерения ±1,0 мм. При определении размеров дефектов (длина и глубина трещин, размеры язвин) точность приборов для линейных измерений должна быть ±0,1 мм.

1.3. Визуальному и измерительному контролю подлежат основной металл и сварные соединения.

1.4. При выполнении визуального контроля особое внимание следует обращать на следующее:

— появление трещин в стыковых и угловых сварных соединениях, швах приварки внутрибарабанных устройств по линии сплавления, зонах термического влияния и в наплавленном металле, на кромках трубных отверстий, на их поверхности или вокруг них, на мостиках между трубными отверстиями;

— появление коррозионных повреждений на внутренней поверхности барабана и в местах нарушения тепловой изоляции с его наружной поверхности.

1.5. Результаты визуального контроля оформляются актами или протоколами. Зоны контроля должны оговариваться, а выявленные дефекты наносятся на формуляр развертки барабана с указанием их расположения и размеров.

1.6. Измерение геометрических размеров и формы барабана проводится для получения информации об их состоянии.

1.6.1. Овальность поперечного сечения цилиндрической части барабана a (%) определяется по формуле

$$a = \frac{200(D_{max} - D_{min})}{(D_{max} + D_{min})},$$

где D_{max} и D_{min} — максимальный и минимальный наружный или внутренний диаметры барабана, измеренные в одном сечении.

Измерение диаметров проводится на каждой обечайке барабана в одном сечении в горизонтальном и вертикальном направлениях и возможностью смещения перпендикулярных осей измерения на 30° от вертикали.

Конкретные точки измерения овальности по длине барабана, а также расположение осей измерения должны быть зафиксированы на формуляре развертки барабана и в соответствующем акте или протоколе.

В случае необходимости (при овальности более 1%) измерение диаметров проводится на каждой обечайке барабана в 3 сечениях (двух крайних, отстоящих от концов обечайки на 500 мм, и в середине обечайки) по 3 замера в каждом сечении под углом 60°.

1.6.2. Контроль прямолинейности образующей барабана (прогиб) выполняется путем измерения расстояния от нижней и (или) верхней образующей наружной поверхности до металлической струны, натянутой между кольцевыми швами приварки днищ к обечайкам барабана. Замеры проводятся через 1000 мм.

2. КОНТРОЛЬ МЕТОДАМИ ЦВЕТНОЙ И МАГНИТОПОРОШКОВОЙ ДЕФЕКТОСКОПИИ

2.1. Контроль проводится в соответствии с требованиями нормативных документов на эти виды контроля с целью выявления и определения размеров и конфигурации поверхностных и подповерхностных трещин.

2.2. Результаты контроля оформляются актами или протоколами. Зоны контроля и выявленные дефекты наносятся на формуляр развертки барабана с указанием их размеров и расположения.

3. УЛЬТРАЗВУКОВОЙ КОНТРОЛЬ

3.1. Ультразвуковой контроль проводится в соответствии с требованиями нормативных документов на эти методы с целью выявления внутренних дефектов в сварных соединениях (трещин, непроваров, шлаковых включений и др.) и в основном металле.

3.2. Результаты ультразвукового контроля оформляются актами или протоколами. Зоны контроля и выявленные дефекты наносятся на формуляр развертки барабана с указанием их размеров и расположения.

4. УЛЬТРАЗВУКОВОЙ КОНТРОЛЬ ТОЛЩИНЫ СТЕНКИ

4.1. Ультразвуковой контроль толщины стенки проводится в соответствии с требованиями нормативных документов на эти методы, с целью определения ее фактической величины и количественных характеристик утонения стенки барабана в процессе эксплуатации.

4.2. Ультразвуковой контроль толщины стенки обечаек выполняется в сечениях через каждые 1000 мм. В каждом сечении измерения выполняются по окружности в 3 точках под углом 120°, причем одна из них должна находиться на нижней образующей.

На днищах контроль толщины стенки проводится в 2 сечениях, расположенных под углом 90°. В каждом сечении измерения выполняются в точках, равномерно разнесенных от цилиндрического борта до лазового отверстия.

Обязательному измерению толщины стенки подлежат места выборок дефектов и коррозионного повреждения.

4.3. Результаты измерения толщины стенки барабана оформляются в таблицах. Расположение точек замера наносится на формуляр развертки барабана.

5. КОНТРОЛЬ ТВЕРДОСТИ

5.1. Измерение твердости металла неразрушающими методами проводится в соответствии с требованиями нормативных документов на эти методы контроля.

5.2. Измерение твердости осуществляется при помощи переносных приборов со статическим или динамическим нагружением, точность измерения которых должна быть в пределах ±7%.

5.3. Измерение твердости металла барабана проводится в следующих зонах:

— на обечайках в водяном объеме на 10% продольных мостиков между отверстиями водоопускных труб;

— на обечайках в паровом объеме в 6 точках, равномерно разнесенных по обечайке;

— на днищах в 2 сечениях, расположенных под углом 90°. В каждом сечении точки замера должны быть равномерно разнесены от цилиндрического борта до лазового отверстия.

5.4. Результаты измерения твердости металла барабана оформляются в таблицах. Расположение точек замера наносится на формуляр развертки барабана.

6. ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТАЛЛА

6.1. Исследование химического состава, механических свойств и микроструктуры металла барабана выполняется для установления их соответствия требованиям действующих нормативных документов и выявления изменений механических свойств и структуры металла, возникающих в результате нарушения нормальных условий работы или в связи с длительной эксплуатацией.

6.2. Исследование металла барабана выполняется специализированной научно-исследовательской организацией на репликах, сколах или "пробке", вырезанной из обечайки барабана. Требования к проведению вырезки "пробки" приведены в приложениях 4 и 5.

6.3. При исследовании металла вырезки из барабана определяются:

— химический состав металла методами аналитического или спектрального анализа;

— прочностные и пластические характеристики металла при комнатной и эксплуатационной температурах по испытаниям образцов на растяжение;

— ударная вязкость металла;

— твердость металла по всей толщине стенки на стационарных твердомерах;

— критическая температура хрупко-вязкого перехода ($T_к$) по испытаниям образцов на ударный изгиб при различных температурах;

— микроструктура металла и неметаллические включения в нем на темплете, вырезанном по всей толщине стенки.

Приложение 4

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ПРОВЕДЕНИЮ ВЫРЕЗКИ "ПРОБКИ" ИЗ ОБЕЧАЙКИ БАРАБАНА

1. Необходимость проведения исследования металла барабана на вырезке устанавливается по результатам технического диагностирования.

2. Допустимость ослабления тела барабана образующимся при вырезке "пробки" отверстием, обосновывается расчетом на прочность.

3. Герметичность барабана восстанавливается отглушивающим штуцером с донышком, устанавливаемым внутрь барабана, для предотвращения образования в нем застойных зон. Необходимые минимальные размеры штуцера и донышка обосновываются расчетом на прочность.

4. Организация, выполняющая заделку образующегося отверстия, разрабатывает технологию приварки отглушивающего штуцера в установленном порядке или использует "Технологию восстановления герметичности барабана", приведенную в приложении 5.

5. Для вырезки "пробки" необходимо применять специальное устройство, конструкция которого позволит произвести вырезку без использования огневой резки и обеспечит диаметр "пробки" не менее 90 мм.

6. Перед вырезкой на "пробку" во внутренней поверхности барабана наносится направление его продольной оси и маркировка номеров плавки и листа обечайки, из которой она производилась.

Приложение 5

ТЕХНОЛОГИЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ГЕРМЕТИЧНОСТИ БАРАБАНА ПОСЛЕ ВЫРЕЗКИ "ПРОБКИ"

1. Герметичность барабана после вырезки "пробки" восстанавливается отглушивающим штуцером с донышком, который устанавливается внутрь барабана и должен иметь провар по всей толщине стенки (рис. П5.1).

2. Конструкция штуцера и его донышка должна соответствовать требованиям норм расчета на прочность (рис. П5.2).

3. Минимальный размер сечения сварного шва приварки штуцера к барабану должен соответствовать условию:

$$\Delta_{min} \geq S_{штуц}.$$

4. Технологические указания по вварке отглушивающего штуцера и контроль качества сварки.

4.1. Вварка штуцера выполняется электродами диаметром не более 3 мм, типа Э50А, марки ТМУ-21 по ГОСТ 9476-75 с обеспечением предварительного и сопутствующего подогрева зоны сварки шириной 150—200 мм от кромки от-

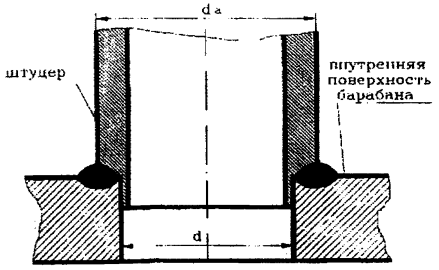

Рис. П5.1. Схема приварки штуцера к барабану

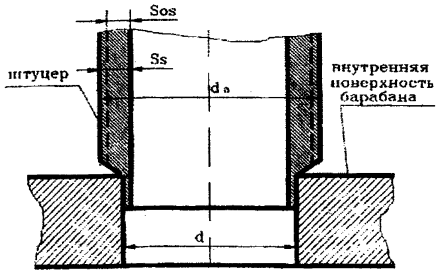

Рис. П5.2. Схема укрепления отверстия

верстия до температуры 150 – 200°С с последующим медленным охлаждением под слоем изоляции.

4.2. На электроды обязательно наличие сертификата. Перед допуском к работе электроды подвергаются прокалке и технологической пробе в соответствии с требованиями нормативных документов.

4.3. Прихватка штуцера к телу барабана производится в 2 – 3 точках, равномерно разнесенных по периметру. Длина прихваток – 10 – 15 мм.

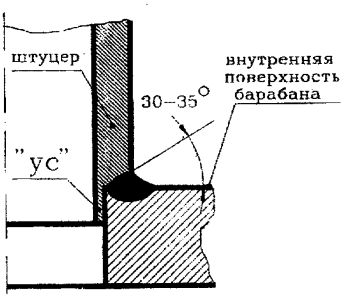

Рис. П5.3. Схема приварки штуцера

4.4. Вварка штуцера производится на подкладном кольце, роль которого выполняет "УС" проточки торца штуцера под внутренний диаметр отверстия (рис. П5.3).

4.5. Предварительный подогрев выполняется пламенем горелки снаружи барабана до достижения температуры 200°С на внутренней поверхности тела барабана вокруг отверстия. По окончании подогрева в отверстие снаружи вставляется асбестовая пробка. Зона, прилегающая к отверстию, также надежно изолируется снаружи.

4.6. Заполнение разделки (рис. П5.4) ведется послойно без перерыва в работе. Слои считаются от тела барабана. Ширина каждого валика в слое не должна превышать 2 – 3 диаметра электрода. Каждый очередной валик должен перекрывать предыдущий на 1/3 ширины. После наложения каждого валика выполняется удаление шлака и брызг.

4.7. Замыкающий облицовочный слой должен быть выше уровня разделки на 2 – 3 мм, чтобы последующей обработкой обеспечить плавный переход от наплавленного металла к телу штуцера и барабана.

4.8. По окончании сварочных работ проводится повторный подогрев зоны сварки до температуры 250 – 300°С с изоляцией места сварки изнутри и снаружи барабана.

4.9. После остывания зоны сварки до температуры не выше 50°С поверхность углового шва обрабатывается шлифмашинками до получения плавного сопряжения наплавленного металла с металлом штуцера и барабана, а также прилегающие к металлу шва зоны на ширину не более 50 мм на теле барабана и не более 100 мм на теле штуцера.

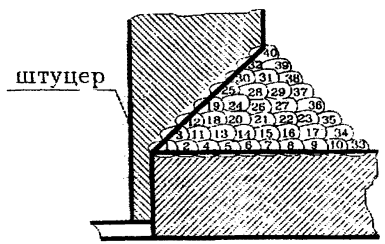

Рис. П5.4. Схема наложения валиков в шве приварки штуцера

4.10. Наплавленный металл шва и прилегающих зон проверяется методом МПД. Замеряется твердость наплавленного металла и зоны термического влияния на теле барабана.

4.11. УЗД качества углового шва приварки штуцера к барабану провести в соответствии с требованиями действующих нормативных документов.

4.12. Техническая документация оформляется в соответствии с нормативными требованиями на сварочные работы при ремонте оборудования ТЭС.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Общие положения 3
2. Парковый ресурс барабана 4
3. Порядок продления эксплуатации барабана сверх паркового ресурса 6
4. Организация проведения технического диагностирования барабана 6
5. Проведение технического диагностирования барабана 7
5.1. Анализ технической документации 7
5.2. Контроль металла элементов барабана 8
5.3. Анализ результатов контроля и нормы (критерии) оценки качества 8
5.4. Определение возможности, условий и параметров эксплуатации барабана сверх паркового ресурса 10
5.5. Оформление результатов 11
Приложение 1. Методические указания по оценке ресурса металла барабана 13
Приложение 2. Типовая программа контроля металла основных элементов цельнокованых и сварных барабанов котлов высокого давления 22
Приложение 3. Методические указания по проведению контроля металла элементов барабана 31
Приложение 4. Методические указания по проведению вырезки "пробки" из обечайки барабана 36
Приложение 5. Технология восстановления герметичности барабана после вырезки "пробки" 37

Подписано к печати 10.02.2004
Печать ризография
Усл.печ.л. 2,5 Уч.-изд. л. 2,6
Тираж 200 экз.
Заказ № 558
Издат. № 03-34

ЦПТИ ОРГРЭС
107023, Москва, Семеновский пер., д. 15

gost.e-ecolog.ru