

СОГЛАСОВАНО

Самостоятельное Утверждение
по котлонадзору и надзору
за подъемными сооружениями
Госгортехнадзора РФ

Н.А. Халонен

УТВЕРЖДАЮ



В.А. Заваров

05 января 1995 г.

Закрытое акционерное общество
Инженерно-технический центр
"ВИБРОТЕХПРОМ" 123/4

Мил № 37.Р

И Н С Т Р У К Ц И Я

по диагностированию технического состояния
и определению остаточного ресурса сосудов
электролизных установок, изготовленных
ПС "Уралхиммаш" по ТУ26-01-355-80 и
ТУ 26-01-739-78

И7 - 95

Начальник отдела прочности
АО "НИИХИММАШ"

К.Т.Н.

В.И. Равков

"05" января 1995 г.

Начальник отдела защиты
от коррозии

К.Т.Н.

П.А. Харин

"05" января 1995 г.

Исполнители :

В.Г. Морозов

"05" января 1995 г.

Б.В. Лебедев

"05" января 1995 г.

Москва - 1995 г.

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ	3
2. ПОРЯДОК ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СОСУДОВ ЭЛЕКТРОЛИЗНЫХ УСТАНОВОК, ВЫРАБОТАВШИХ УСТАВОВЫЙ РЕСУРС	5
3. ПОРЯДОК ВЫДАЧИ ЗАКЛЮЧЕНИЙ ПО ПРОДЛЕНИЮ РЕСУРСА БЕЗОПАСНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ СОСУДОВ	11
4. ПЕРЕЧЕНЬ ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	12
5. СХЕМА РАЗВЕРТКИ СОСУДА С УКАЗАНИЕМ ТОЧЕК ЗАМЕРА ТОЛЩИНЫ СТЕНКИ	14

I. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

I.1. Настоящей инструкцией устанавливается порядок проведения диагностирования технического состояния (сокращенно-диагностирования) сосудов электролизных установок СЭУ-4М, СЭУ-8М, СЭУ-20, СЭУ-40 и СЭУ-10-2, изготовленных ПО "Уралхиммаш" по ТУ26-01-355-80 и ТУ26-01-739-78. Установки предназначены для получения водорода или кислорода методом электролитического разложения воды.

В общем случае в состав электролизных установок, в зависимости от типа, входят следующие сосуды:

- разделительная колонка;
- регулятор-промыватель газа;
- бак уравнивательный;
- испаритель;
- холодильник;
- влагоотделитель;
- осушитель;
- сепаратор;
- восстановитель;
- сборник конденсата;
- паровой подогреватель;
- ресивер;
- фильтр.

I.2. Под диагностированием сосудов следует понимать проведение комплекса научно-технических мероприятий (по неразрушающему и при необходимости разрушающему контролю, анализу прочности, исследованию коррозионного состояния и др.), которые позволяют определить соответствие сосудов требованиям действующей нормативно-технической документации по сосудам давления, связанным с обеспечением безопасности их дальнейшей эксплуатации.

I.3. Диагностирование сосудов проводится в следующих случаях:

- после истечения установленного срока службы сосудов;
- при выявлении случаев нарушения установленного регламента эксплуатации (повышения рабочего давления, расширения диапазона рабочих температур, увеличения цикличности нагрузок и др.);
- после ремонтно-восстановительных работ с применением сварки;
- после аварий;

1.4. Сосуды электролизных установок, работающие в условиях непрерывного нагружения, считаются исчерпавшими расчетный срок службы, если общее количество лет эксплуатации достигло 10. Дальнейшая эксплуатация их возможна только после проведения диагностирования технического состояния и определения остаточного ресурса.

1.5. долговечность сосудов электролизных установок .

1.5.1. Под долговечностью следует понимать свойства сосудов сохранять работоспособность до наступления предельного состояния, при котором коэффициенты запаса прочности их несущих элементов становятся ниже нормативных значений, обеспечивающих его надежную и безопасную эксплуатацию.

1.5.2. Для сосудов электролизных установок, учитывая воздействие эксплуатационных нагрузок, среды и др. факторов, максимальная долговечность (при отсутствии случаев, указанных в п. 1.3) без проведения диагностирования определена заводом изготовителем (по "УРАЛХИММАШ") 10 лет.

1.5.3. Основными элементами, определяющими долговечность сосудов являются :

- узлы приварки горловин люков к обечайкам или днищам, а также места приварки фланцев, штуцеров, бобышек, опор и др. ;
- сварные соединения переходов обечайки к днищу, а также места пересечения сварных швов ;
- нижние части обечаек или днищ, которые наиболее подвержены воздействию конденсата, что может привести к повышенной коррозии или коррозионному растрескиванию.

1.6. Ремонтные работы с применением сварки основных элементов сосудов должны производиться предприятием (организацией), имеющим разрешение (лицензию) органов Госгортехнадзора на выполнение этих работ.

1.7. В случае выработки сосудами электролизной установки установленного срока службы предприятие-владелец сосудов организует их диагностирование силами специализированных организаций, имеющих разрешение (лицензию) Госгортехнадзор РФ на проведение работ по диагностированию технического состояния и выдачу заключения о возможности дальнейшей безопасной эксплуатации. Порядок проведения диагностирования и выдачи заключения изложен в разделах 2 и 3 настоящей инструкции.

1.8. Подготовка сосудов к диагностированию (очистка для осмотра, установка вспомогательных сооружений для обеспечения доступа к любой точке сосуда, зачистка металла для дефектоскопии и толщинометрии и др. подготовительные работы) производится предприятием-владельцем сосудов.

2. ПОРЯДОК ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СОСУДОВ ЭЛЕКТРОЛИЗНЫХ УСТАНОВОК, ВЫРАБОТАВШИХ УСТАНОВЛЕННЫЙ РЕСУРС

2.1. Работы по диагностированию сосудов электролизных установок должны носить комплексный характер и в общем случае включают :

- а) изучение технической документации на сосуд ;
- б) наружный и внутренний осмотр сосуда ;
- в) проведение неразрушающего контроля, в т.ч. толщинометрии ;
- г) проведение металлографических исследований и определение химсостава металла сосуда ;
- д) проведение коррозионных исследований ;
- е) определение механических характеристик металла сосуда ;
- ж) проведение исследований прочности сосудов ;
- з) проведение гидравлических испытаний .

Работы по п.п. а), б) в), д), ж), з) являются основными и носят обязательный характер . Работы по п.п. г), е) могут проводиться дополнительно к основным при необходимости.

2.2. Изучение технической документации на сосуд проводится с целью:

- проверки наличия паспорта на сосуд и правильности его заполнения ;
- установления фактических условий эксплуатации сосуда, соответствия их паспортным данным ;
- анализа результатов предшествовавших диагностированию технических освидетельствований и ремонтно-восстановительных работ.

Результаты анализа технической документации учитываются при определении объема и вида диагностических работ.

2.3. Наружный и внутренний осмотр проводится с целью выявления дефектов , которые могли возникнуть как в процессе эксплуатации сосуда, так и при его изготовлении, транспортировке и монтаже . При этом также производится качественная оценка коррозионного состояния сосуда .

При осмотре следует руководствоваться требованиями п.п. 4.5.7, 4.5.8, 4.5.9., 6.3.9., и 6.3.10 " правил устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением " .

В случае визуального выявления коррозионного повреждения дальнейший осмотр сосудов может быть продолжен с использованием лампы ($2^x + 10^x$ кратного увеличения) в целях определения вида коррозии (сплошная, точечная, язвенная), ее интенсивности, глубины, а в случае коррозионного растрескивания, количество трещинок, их глубину, протяженность и направление. Глубина повреждения определяется после удаления продуктов коррозии .

При проведении осмотра особое внимание следует обратить на состояние поверхности сосуда и сварные швы в зонах концентрации напряжений (в местах приварки горловины люка, штуцеров, фланцев к обечайке и днищу, в зонах сопряжения обечайки с днищами, в местах приварки опорных узлов и др.), в местах образования и скопления конденсата, входа и выхода продукта, в зонах проведенного ранее ремонта. В случае отсутствия возможности проведения непосредственного внутреннего осмотра сосуда, внутренний осмотр поверхности может осуществляться с помощью переносного смотрового прибора РВП-456*, объектив которого вводится внутрь сосуда через люк (лючок) или патрубок . Выявленные повреждения вносятся в карту осмотра сосуда и отмечаются на схеме -развертке с указанием характера, глубины, протяженности, площади и т.д.

По результатам обследования проводят выбор участков поверхности сосуда для проведения неразрушающих методов контроля, а также выявляется необходимость проведения исследования химсостава металла корпуса, в том числе содержание водорода, а также механических характеристик, металлографии и пр.

2.4. Для выявления дефектов в элементах сосуда используются следующие неразрушающие методы контроля :

- ультразвуковая дефектоскопия сварных соединений (УЗД) ;
- радиографический контроль сварных соединений (РК) ;
- цветной, магнитопорошковый и токовихревой контроль сварных соединений ;
- ультразвуковая толщинометрия (УЗТ) ;
- акустико-эмиссионный контроль (АЭК) .

Метод контроля (или сочетание различных методов) выбирается таким образом, чтобы обеспечить максимальную степень выявления недопустимых дефектов.

* Возможно применение аналогичных приборов других типов

2.5. Ультразвуковая дефектоскопия или радиографический контроль применяются для выявления в сварных соединениях сосудов внутренних дефектов типа трещин, непроваров, несплавлений, шлаковых включений, газовых пор с определением их количества и расположения.

Неразрушающему контролю методом УЗД или РК подлежат все продольные и кольцевые сварные соединения в объеме 100 % в соответствии с требованиями ГОСТ 14702-80, ГОСТ 20-2044-80, ГОСТ 7012-81 и ГОСТ 26-11-03-84.

2.6. Оценка качества сварных соединений сосудов по результатам неразрушающего контроля производится в соответствии с требованиями "Правил устройства и безопасной эксплуатации сосудов работающих под давлением" и ГОСТ 26-291-87.

2.7. Для выявления дефектов в зонах концентрации напряжений (см. п. 2.3) используется цветной метод контроля в соответствии с требованиями ГОСТ 20-5-88 или магнитопорошковый в соответствии с требованиями ГОСТ 21105-75.

2.8. Выдача заключений по результатам неразрушающего контроля допускается только специалистами, имеющими квалификацию не ниже 2-го уровня в соответствии с международными квалификационными требованиями. Результаты контроля оформляются в виде карт с представлением эскизов аппаратов, на которых фиксируется характер дефектов, местоположение и размеры.

2.9. Метод акустико-эмиссионного контроля позволяет выявить наличие дефектов, склонных к развитию при рабочих нагрузках. Однако, не указывается дислокацию дефектов и их размеры. Метод АЭК может применяться как в качестве самостоятельного метода, так и в сочетании с другими (в частности с УЗД). Следует иметь в виду, что для получения достоверных данных о склонности дефектов к развитию в условиях эксплуатации сосудов при отрицательных температурах (ресивер, влагоотделитель и испаритель) необходимо проводить АЭК при температурах стенки сосудов, соответствующих минимальной температуре наружного воздуха, что практически трудноосуществимо. Проведение испытаний при более высоких температурах не позволяет получить достоверную информацию о склонности дефектов к развитию при фактической минимальной рабочей температуре.

2.10. Ультразвуковая толщинометрия сосудов проводится с целью определения фактической толщины стенок их корпусных элементов (ребра, эк, днища, люков, штуцеров и др.), которые могут быть изменены в результате коррозии (эрозии) в результате длительной эксплуатации сосудов.

2.5. Ультразвуковая дефектоскопия или радиографический контроль применяются для выявления в сварных соединениях сосудов внутренних дефектов типа трещин, непроваров, несплавлений, шлаковых включений, газовых пор с определением их количества и расположения.

Неразрушающему контролю методом УЗД или РК подвергаются все продольные и кольцевые сварные соединения в объеме 100 % в соответствии с требованиями ГОСТ 14702-80, ГОСТ 28-2044-80, ГОСТ 7012-81 и ГОСТ 26-11-03-84.

2.6. Оценка качества сварных соединений сосудов по результатам неразрушающего контроля производится в соответствии с требованиями "Правил устройства и безопасной эксплуатации сосудов работающих под давлением" и ГОСТ 26-291-87.

2.7. Для выявления дефектов в зонах концентрации напряжений (см. п. 2.3) используется цветной метод контроля в соответствии с требованиями ГОСТ 20-5-88 или магнитопорошковый в соответствии с требованиями ГОСТ 21105-75.

2.8. Выдача заключений по результатам неразрушающего контроля допускается только специалистами, имеющими квалификацию не ниже 2-го уровня в соответствии с международными квалификационными требованиями. Результаты контроля оформляются в виде карт с представлением эскизов аппаратов, на которых фиксируется характер дефектов, местоположение и размеры.

2.9. Метод акустико-эмиссионного контроля позволяет выявить наличие дефектов, склонных к развитию при рабочих нагрузках. Однако, не указывается дислокацию дефектов и их размеры. Метод АЭК может применяться как в качестве самостоятельного метода, так и в сочетании с другими (в частности с УЗД). Следует иметь в виду, что для получения достоверных данных о склонности дефектов к развитию в условиях эксплуатации сосудов при отрицательных температурах (ресивер, влагоотделитель и испаритель) необходимо проводить АЭК при температурах стенки сосудов, соответствующих минимальной температуре наружного воздуха, что практически трудноосуществимо. Проведение испытаний при более высоких температурах не позволяет получить достоверную информацию о склонности дефектов к развитию при фактической минимальной рабочей температуре.

2.10. Ультразвуковая толщинометрия сосудов проводится в целях определения фактической толщины стенок их корпусных элементов (ребра, днища, люков, штуцеров и др.), которые могут быть изменены в результате коррозии (эрозии) в результате длительной эксплуатации сосудов.

Для измерения величины утонения могут быть использованы отечественные и зарубежные толщинометры, удовлетворяющие требованиям ГОСТ 25863-83 (например, "Кварц-6", УТ-92П, УТ-93П, приборы ДМ2 и ДМ германской фирмы "Крауткремер и др.).

Реальная погрешность измерения используемых толщинометров не должна превышать 5% от измеренной толщины металла.

Толщинометрия проводится с внутренней или внешней поверхности сосуда выборочные для контроля участки зачищаются до металлического блеска. Подготовленная к контролю поверхность не должна иметь углублений, шероховатости, забоин, глубоких царапин и т.д.

Измерения в общем случае осуществляются по 6-ти образующим обечайки через 60° окружности элемента.

Если обечайка состоит из нескольких царг, то измерения проводятся в каждой царге (см. Приложение).

Количество точек измерения должно быть :

- в каждой царге не менее 5-ти измерений по одной образующей т.е. не менее 30-ти измерений в каждой царге . В случае, если длина образующей царги не более 500 мм , то допускается количество точек замера сократить до 3-х на каждой образующей .
- на крышках и днищах не менее 7-ми измерений (одна точка в полюсе днища и по одной точке на каждом радиусе через 60° окружности в зоне сопряжения цилиндрической и выпуклой частей)
- в горловинах люков и патрубков не менее 6-ти точек (через каждые 60° по окружности) . , в зонах патрубков, непосредственно примыкающих к корпусу или днищу. Для патрубков диаметром менее 100 мм допускается количество точек замера сократить до 4-х , т.е. через каждые 90° окружности;
- в накладных укрепляющих кольцах горловин люков и патрубков - не менее 2-х точек (через 180° по окружности кольца примерно по середине его ширины).

При обнаружении зон с повышенным коррозионным (эрозионным) поражением , расслоением металла и др. дефектами (по результатам осмотра и коррозионного обследования) количество точек замера должно быть увеличено за счет дополнительных точек в указанных зонах (1.0 точка в зависимости от площади зоны).

2.II. В зонах с повышенным коррозионным поражением и расслоением должны быть определена твердость металла неразрушающим методом с помощью переносных твердомеров по ГОСТ 22761-77 , ГОСТ 22762-77, ГОСТ 18661-73 , а также проведены металлографические исследования разрушения .

методом "Реплик" .

При необходимости определения химсостава в соответствии с ГОСТ 7172-81 может быть проведен отбор проб (стружки) из частей аппарата, находящихся в указанных зонах .

2.12. При получении неразрушающими методами контроля значительной шероховатости металла, происходящей из-за 15 % изменения характерные для данной марки стали , а также получения данных об изменении структуры металла и химсостава, исследования должны быть продолжены с использованием разрушающих методов.

2.13. При разрушающем методе контроля из исследуемых элементов вырезаются заготовки с рекомендуемым размером 100x150 мм для исследования микроструктуры , определения значений ударной вязкости и содержания водорода в металле.

Заготовка должна включать в себя основной металл, зону термического влияния и металл сварного шва .

2.13.1. Для исследования микроструктуры из образца изготавливают шлифы по общепринятой методике (например , см. Справочник "Контроль качества термической обработки стальных полуфабрикатов и деталей ", М., "Машиностроение ", 1984 г.). Микроисследования шлифов вырезанных образцов позволяют определить величину обезуглероживенного слоя с наружной и внутренней поверхности металла, дефекты сварных швов (непровары, подрезы , поры, раковины, микротрещины др.), наличие мартенситной структуры в зоне сплавления, коррозионного разрушения , распределение и величину неметаллических включений , величину зерна . Недопустимым является превышение глубины обезуглероживания слоя со стороны внутренней поверхности по сравнению с наружной на 40 %; наличие дефектов в сварных швах , превышающих регламентируемые ОСТ 26-291-87; появление микротрещин; скопление неметаллических включений выше 4-го балла по ГОСТ 5639-82 ; образование крупнозернистой структуры основного металла с размером зерна свыше 3-го балла по ГОСТ 5639-82 ; глубокая язвенная и точечная коррозия.

2.13.2. Определение значений ударной вязкости проводится в соответствии с ГОСТ 2454-78.

2.13.3. Определение содержания водорода в металле производится методом вакуум-плавления , например, на установке *ЛесоРН2* и аналогичных. Для чего из заготовки вырезают образцы из основного металла, околошовной зоны и сварного шва. Общее количество образцов 18 шт. в том числе :

- 3 образца со стороны рабочей среды из основного металла

- 3 образца с внешней стороны из основного металла ;
- 3 -" со стороны рабочей среды из металла сварного шва ;
- 3 -" с внешней стороны из металла сварного шва ;
- 3 -" со стороны рабочей среды из металла околошовной зоны ;
- 3 -" с внешней стороны из металла околошовной зоны .

Образцы вырезаются из одной заготовки . Размер образцов : диаметр \varnothing 2,0 мм , длина 3-4 мм .

Поверхность образцов должна быть очищена от окалины , обезжирена растворителем и осушена этиловым спиртом .

Вырезка образцов проводится механическим способом при условии , чтобы нагрев поверхности не превышал $50 \pm 60^{\circ}\text{C}$.

Повышенным содержанием водорода для углеродистых сталей типа Ст.3 считается $5-10 \text{ см}^3$ на 100 г. металла . О наводороживании металла судят по сравнительной оценке результатов определения водорода с внутренней и внешней стороны образцов , а также сравнением полученных результатов с обычным содержанием водорода в стали , которое составляет $2 \pm 3 \text{ см}^3$ на 100 г. металла и менее .

Ремонтно-восстановительные работы после вырезки заготовок из элементов проводятся в соответствии с п. 1.6. настоящих Инструкций 2.14. После проведения неразрушающего и разрушающего (с последующим ремонтно-восстановительными работами) контроля необходимо провести послеэлементный поверочный расчет сосуда на прочность с учетом результатов ультразвуковой толщинометрии . Расчеты выполняются в соответствии с действующей нормативно-технической документацией :

ГОСТ 14249-89 , ГОСТ 24755-89 , ГОСТ 25867-83 , ГОСТ 26202-84 , РД26-15-88 и др .

В том случае , когда прочность какого -либо элемента или узла сосуда по результатам поверочного расчета оказалась недостаточной для ее уточненной оценки могут быть использованы специальные исследования , в том числе , численные методы исследований напряжений с применением ЭВМ , а также экспериментальные методы .

В случае обнаружения недопустимых дефектов типа трещин , непроваров , смещений кромок стыкуемых элементов в сварных соединениях , вмятин , выпучин , эллиптичности , расслоений металла допускается проводить оценку их влияния на прочность расчетом или экспериментом . В частности , для некоторых типов дефектов на основании анализа формы и размеров дефекта и его расположения рассчитывается величина коэффициента интенсивности напряжений K , [20,21] в зоне дефекта .

Полученная величина K , сравнивается с допустимой величиной коэффициента интенсивности напряжений $[K,]$. Для обеспечения прочности элемента в зоне дефекта должно выполняться условие :

$$K, \leq [K,]$$

Для определения K , следует использовать величину критического коэффициента интенсивности напряжения K_{IC} . Значения K_{IC} принимаются по литературным данным, либо путем экспериментальных исследований (для металла сосуда при минимальной рабочей температуре). Допускаемое значение коэффициента интенсивности напряжений в зоне дефекта определяется делением его критического значения на коэффициент запаса $[2I]$.

При неудовлетворительных результатах оценки или невозможности оценить влияние на прочность выявленных дефектов, дефектное место подлежит ремонту (при возможности) с обязательным последующим контролем места ремонта.

3. ПОРЯДОК ВЫДАЧИ ЗАКЛЮЧЕНИЯ ПО ПРОДЛЕНИЮ РЕСУРСА БЕЗОПАСНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ СОСУДОВ ЭЛЕКТРОЛИЗНЫХ УСТАНОВОК

Заключение о возможности продления ресурса безопасной эксплуатации сосудов электролизных установок и о допустимом технологическом регламенте их работы (давлении, температуры) дается специализированной организацией, имеющей разрешение (лицензию) органа Госгортехнадзора РФ на проведение работ по техническому диагностированию сосудов, работающих под давлением, на основании результатов их комплексного диагностирования технического состояния в соответствии с разделом 2 настоящей Инструкции.

Заключение должно быть неотъемлемой частью паспорта и храниться вместе с ним.

П Е Р Е Ч Е Н Ь

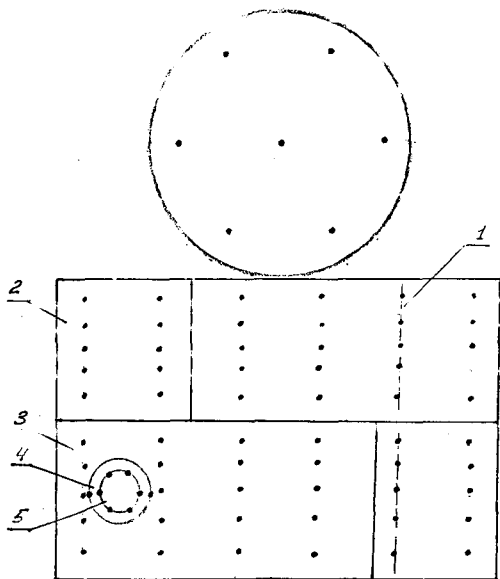
использованных источников

1. ОСТ 26-291-87 Сосуды и аппараты стальные сварные . Общие технические условия .
2. Правила устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением ., М., 1990 г.
3. ГОСТ 14782-86 Контроль неразрушающий. Соединения сварные . Методы ультразвуковые .
4. ОСТ 26-2044-83 Швы стыковые и угловые сварных соединений сосудов и аппаратов, работающих под давлением. Методика ультразвукового контроля .
5. ГОСТ 7512-82 Контроль неразрушающий . Соединения сварные . Радиографический метод.
6. ОСТ 26-II-03-84 Швы сварных соединений сосудов и аппаратов, работающих под давлением. Радиографический метод контроля .
7. ОСТ 26-5-88 Контроль неразрушающий . Цветной метод контроля сварных соединений наплавленного и основного металла.
8. ГОСТ 18442-80 Контроль неразрушающий . Капиллярные методы . Общие требования
9. ГОСТ 21105-75 Контроль неразрушающий Метод магнито-порошковый метод .
10. ГОСТ 22761-77 Металлы и сплавы . Метод измерения твердости по Бринелю переносными твердомерами статического действия .
11. ГОСТ 22762-77 Металлы и сплавы . Метод измерения твердости на пределе текучести вдавливанием шара .
12. ГОСТ 7122-81 Швы сварные и металл направленный . Метод отбора проб для определения химического состава.
13. ГОСТ 5639-82

14. ГОСТ 9454-78 Металлы. Метод испытаний на ударный изгиб при пониженной, комнатной и повышенной температурах .
15. ГОСТ 14249-89 Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность.
16. ГОСТ 25867-83 Сосуды и аппараты. Сосуды с рубашками нормы и методы расчета на прочность.
17. ГОСТ 24755-89 Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность укрепления отверстий .

18. ГОСТ 26202-84 Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность обечаек и днищ от воздействия опорных нагрузок .
19. РД 26-15-88 Сосуды и аппараты . Нормы и методы расчета на прочность и герметичность фланцевых соединений .
20. Д.Броек Основы механики разрушения . М., Высшая школа , 1980 г.
21. ЦИАЭ П.Б. 002-86 Нормы расчета на прочность оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок . М., Энергоатомиздат 1989 г

С Х Е М А
развертки сосуда с указанием точек замера
толщины стенки



- I - образующая ;
- 2.3 - швы обечайки ;
- 4 - накладное укрепляющее кольцо ;
- 5 - горловина люка .