

Редакція:

19.05.1993

ПРОВЕДЕНИЕ РАБОТ ПО ОЦЕНКЕ ОСТАТОЧНОЙ РАБОТОСПОСОБНОСТИ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ,
НЕФТЕХИМИЧЕСКИХ И ХИМИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ

КИЕВ 1993

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ УКРАИНЫ ПО НАДЗОРУ ЗА ОХРАНОЙ ТРУДА (
ГОСНАДЗОРОХРАНТРУДА)

УТВЕРЖДЕНЫ

Госнадзорхрантруда

19 мая 1993 г

НАДЕЖНОСТЬ В ТЕХНИКЕ

ПРОВЕДЕНИЕ РАБОТ ПО ОЦЕНКЕ ОСТАТОЧНОЙ РАБОТОСПОСОБНОСТИ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ,
НЕФТЕХИМИЧЕСКИХ И ХИМИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Настоящие методические указания распространяются на технологическое оборудование /сосуды/ нефтеперерабатывающих, нефтехимических, химических производств и смежных отраслей промышленности, работающее под давлением свыше 0,07 МПа /0,7 кгс/см²/.

Методические указания рекомендуют порядок проведения работ по оценке остаточной работоспособности действующего оборудования при продлении ресурса.

Методические указания предназначены для инженерно-технических работников, занимающихся обследованием действующего оборудования и установлением сроков его дальнейшей эксплуатации.

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Настоящие методические указания /МУ/ разработаны в соответствии с "Правилами устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением", а также п.4.1.2. "Общих правил взрывобезопасности химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств".

Требования настоящих методических указаний распространяются на сосуды под давлением до 16 МПа /160 кгс/см²/ для сосудов, работающих под давлением свыше 16 Па /160 кгс/см²/ до 45 МПа /450 кгс/см²/, дополнительно следует пользоваться рекомендациями Приложения 2.

1.2. Работы по оценке остаточной работоспособности действующего оборудования в соответствии с настоящими методическими указаниями проводят в следующих случаях.

1.2.1. Оборудование выработало назначенный ресурс, приведенный в паспорте.

1.2.2. При отсутствии в паспорте или документе, его заменяющем, данных о ресурсе.

Каждый аппарат /не зависимо от срока его изготовления/ должен иметь назначенный ресурс. Вопросы проведения диагностики аппарата в каждом конкретном случае решаются с учетом технического состояния и времени наработки на момент установления его ресурса.

1.2.3. Оборудование эксплуатировалось более 20 лет.

1.2.4. Если сосуды и аппараты находились в эксплуатации при количестве главных циклов нагружения от давления, стесненности температурных деформаций или других видов нагружения от 10 и более за весь срок эксплуатации при отсутствии в паспорте данных о числе циклов или при исчерпании назначенного ресурса.

При определении числа циклов учитывают циклы нагружения о нагрузок, у которых размах колебаний превышает 15 % для углеродистых и низколегированных сталей, а также 25 % для аустенитных сталей от допускаемого значения, установленного при расчете на статическую прочность.

1.2.5. Оборудование эксплуатировалось более 100000 ч при температуре несущих элементов конструкций из углеродистой стали свыше 380 °С, из низколегированной стали 420 °С и из аустенитной стали 525 °С, если в паспорте не указан меньший ресурс,

1.2.6. Нарушались расчетные условия эксплуатации оборудования по давлению, температуре, составу среды, а также в результате аварии или пожара.

1.2.7. Если произведено выправление выпучин или вмятин перед наложением защитного слоя на стенки сосуда, а также осуществлены реконструкция или ремонт сосуда с применением сварки элементов, работающих под давлением.

1.2.8. Если предприятие по опыту работы примет решение о проведении работ по оценке остаточной работоспособности технологического оборудования.

1.2.9. По требованию органов Государственного комитета Украины по надзору за охраной труда.

1.3. Оценка технического состояния технологического оборудования, его техническое диагностирование и установление допустимого срока его дальнейшей эксплуатации проводится на основании результатов комплексного обследования организациями или предприятиями, имеющими разрешение /лицензию/ органов Государственного комитета Украины по надзору за охраной труда на проведение таких работ.

Порядок допуска к эксплуатации сосудов и аппаратов, прошедших комплексное обследование, осуществляется в соответствии с требованиями действующих "Правил устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением".

1.4. Комплексное обследование включает следующие работы.

1.4.1. Изучение технической и эксплуатационной документации на обследуемое оборудование.

1.4.2. Визуальный осмотр поверхности.

1.4.3. Толщинометрию несущих элементов конструкции.

1.4.4. Испытания на твердость.

1.4.5. Дефектоскопию.

1.4.6. Микроструктурные исследования.

1.4.7. Определение химического состава металла и продуктов коррозии.

1.4.8. Определение механических характеристик металла.

1.4.9. Экспериментальное определение напряжений, деформаций, перемещений и усилий для случаев, предусмотренных п. 1.2.5.

1.4.10. Проверку прочности сосудов расчетом.

1.4.11. Анализ полученных данных, составление заключения по результатам обследования с выводами о возможности дальнейшей эксплуатации и определение остаточного ресурса работы оборудования.

1.5. Необходимость проведения работ по п.п. 1.4.6-1.4.9 определяется на основании результатов, полученных при выполнении работ в соответствии с п.п. 1.4.1-1.4.5.

Объем и методы проведения обследований в каждом конкретном случае должны быть определены специалистами, выполняющими эти работы, и указаны в программе обследования.

1.6. При оценке технического состояния однотипной по конструктивному и материальному исполнению группы сосудов или аппаратов, работающих в одинаковых условиях, допускается производить полный комплекс работ по настоящему МУ для отдельных ее представителей и, в зависимости от полученных результатов, снижать объем контрольных работ на оставшихся объектах данной группы.

1.7. Перечень оборудования и график его обследования разрабатывается предприятием-владельцем, утверждается его главным инженером или руководителем и представляется в местные органы Государственного надзора. Обследование, как правило, должно совмещаться с проведением освидетельствования и планово-предупредительных ремонтов в сроки, предусмотренные нормативно-технической документацией.

1.8. Обследование оборудования не заменяет технические освидетельствования, проводимые в установленном порядке.

1.9. Результаты обследования служат основанием для принятия следующих решений.

1.9.1. Возможность временной эксплуатации оборудования до выдачи заключения об его остаточном ресурсе.

1.9.2. Проведение ремонта с целью дальнейшей эксплуатации.

1.9.3. Необходимость проведения специальных исследований, например, определение остаточных напряжений для сред, способных вызвать коррозионное растрескивание, контроль методом акустической эмиссии, определение количества и распределения а-фазы, рентгеноструктурный анализ и т.д.

1.9.4. Необходимость вырезки металла для проведения его дальнейшего лабораторного исследования.

1.10. Предприятие-владелец обязано представить всю необходимую для обследования документацию и организовать безопасную работу специалистам.

Специалисты, проводящие обследование оборудования, должны выполнять работы в соответствии с инструкциями по технике безопасности, действующими на предприятии.

2. ОСНОВНЫЕ РАБОТЫ, ВЫПОЛНЯЕМЫЕ ПРИ ОБСЛЕДОВАНИИ ОБОРУДОВАНИЯ

2.1. Изучение технической и эксплуатационной документации.

2.1.1. Ознакомление для каждого объекта обследования с такими сведениями : регистрационным и заводским номером, заводом-изготовителем, годом изготовления и ввода в эксплуатацию, номером чертежа, основными геометрическими размерами, маркой материала, технологией изготовления / способом деформации, сварки, сварочными материалами, режимами термообработки, методами и результатами контроля и т.д./, рабочим и расчетным давлениями, составом и температурой рабочей среды, расчетной температурой стенки, временем наработки, цикличностью нагружения и др.

2.1.2. Ознакомление с актами наружного и внутреннего осмотров поверхностей аппаратов.

2.1.3. Ознакомление с итоговыми отчетными данными об условиях работы объекта за срок службы, если таковые составлялись.

2.1.4. Анализ данных поверхностных термопар для контроля фактических температур стенок корпусов и штуцеров аппаратов.

2.1.5. Ознакомление с актами плановых и внеплановых технических освидетельствований, а также с технической документацией при ремонтах.

2.1.6. Изучение всей эксплуатационной и отчетной документации о ранее проведенных осмотрах и обследованиях данного объекта,

2.1.7. Изучение имевших место зарегистрированных случаев отклонений параметров от регламентных или случаев отказа за срок службы аппарата.

2.2. Визуальный осмотр

2.2.1. Визуальный осмотр проводят с целью проверки состояния оборудования. Включает в себя наружный и внутренний осмотры.

2.2.2. Визуальному осмотру подлежат сигнальные отверстия, места сопряжения конструктивных элементов, места концентрации напряжений, зоны наиболее вероятного коррозионно-эрозионного износа, сварные и разъемные соединения, места нарушения наружного защитного покрытия или изоляции, места возможного попадания на поверхность оборудования воды, паров, влажных газов или сред, вызывающих коррозию металла. Анализируются отложения и их распределение на поверхности, отбирают на химический анализ продукты коррозии, определяют их цвет, плотность, адгезию к металлу.

2.2.3. Осмотру подвергаются основной металл, сварные швы и зона термического влияния.

Осмотр сварных соединений желательно проводить с применением лупы кратностью 3,5 - 7, остальную поверхность можно осматривать невооруженным глазом.

2.2.4. При осмотрах, особое внимание следует обращать на выявление следующих факторов:

на поверхностях аппаратов — трещин, надрывов, коррозии стенок /особенно в местах отбортовки и вырезов/, выпучин, отдулин, раковин, язв, коррозионных повреждений, отслоений;

в сварных швах — дефектов сварки, таких как трещины всех видов и направлений, свищей и пористости наружной поверхности шва, подрезов, наплывов, прожогов, незаплавленных кратеров;

в заклепочных швах — трещин между заклепками, обрывов головок, следов пропусков, надрывов в кромках склепанных листов и в зоне головок заклепок, особенно у сосудов, работающих с агрессивными средами;

в сосудах с защищенными от коррозии поверхностями - разрушений футеровки, в том числе неплотностей слоев футеровочных плиток, трещин в суммированном, свинцовом или ином покрытии, скалываний эмали, трещин и отдулин в лакирующем слое, повреждений металла стенки сосуда в местах нарушенного защитного покрытия.

2.2.5. В случае обнаружения дефектов участки контроля должны быть зачищены и подвергнуты обследованию одним из методов неразрушающего контроля, который выбирается исходя из возможности более полного и точного выявления дефектов.

2.2.6. Места контроля с применением сварки подвергаются тщательному осмотру. Следует обращать внимание на состояние сварного шва и околошовной зоны и учитывать трудности обнаружения трещин из-за возможных подтеков и наплывов металла при некачественном выполнении сварочных работ.

2.2.7. Нормы допустимых дефектов определяются стандартами, техническими условиями и нормативно-технической документацией на продукцию.

2.2.8. Перед внутренним осмотром сосуд должен быть остановлен, охлажден /отогрет/, освобожден от заполняющей его рабочей среды, отключен заглушками от всех трубопроводов, соединяющих сосуд с источниками давления или другими сосудами, очищен от металла. Электрообогрев и привод сосуда должны быть отключены.

При работе внутри сосуда должны применяться безопасные светильники и приборы на напряжение не выше 12 В, а при взрывоопасных средах — во взрывобезопасном исполнении.

2.2.9. Сосуды, работающие с вредными веществами 1-го и 2-го классов опасности по ГОСТ 12.1.007-76, перед внутренним осмотром должны подвергаться тщательной обработке /нейтрализации, дегазации/ в соответствии с инструкцией по безопасному ведению работ, утвержденной главным инженером предприятия-владельца оборудования.

2.2.10. Работы внутри сосудов проводят в соответствии с "Типовой инструкцией по организации безопасного проведения газоопасных работ", утвержденной Госгортехнадзором СССР 20.02.1985 г.

2.3. Толщинометрия несущих элементов конструкции

2.3.1. Толщинометрия должна проводиться для всех несущих элементов конструкции - корпусов, днищ, люков-лазов, штуцеров, патрубков и др.

2.3.2. На каждый объект должна быть составлена карта замеров толщины с указанием привязки к основным элементам сосуда. Замеры производятся по квадратной сетке с размером квадрата, обеспечивающим надежную оценку толщины стенки диагностируемого элемента.

2.3.3. При обнаружении значительных отклонений от значений толщины стенки элемента /на величину прибавки к расчетной толщине/, квадрат сетки уменьшается с Таким расчетом, чтобы как можно точнее определить область "провала" толщины стенки.

Область "провала" фиксируется на карте замеров, также, как единичные "провалы" толщины.

2.3.4. Поверхность элементов, предназначенная для измерений толщины, должна быть обработана механически до шероховатости, указанной в инструкции по эксплуатации или в паспорте используемого прибора. Работы производит предприятие-владелец оборудования.

2.3.5. Толщинометрия осуществляется ультразвуковыми толщиномерами или ультразвуковыми дефектоскопами, обеспечивающими точность измерения не ниже $\pm 0,1$ мм.

2.3.6. Если погрешность измерений не нормируется из-за невозможности точной калибровки толщиномера по материалу конструктивных элементов сосудов, то результаты замеров следует считать факультативными, т.е. приблизительными, при этом погрешность составляет 1-2% измеряемой толщины элемента.

2.3.7. При ведении коррозионных карт на оборудование необходимо произвести калибровку толщиномера по материалу измеряемого элемента, при этом следует

производить замеры толщины на одном и том же пятне контакта при идентичности шероховатости и контактной смазки.

2.3.8. В случае, когда требуется измерить толщину оборудования, нагретого до температуры 500-600°C, следует применять специальные термостойкие силиконовые смазки в смеси с борной кислотой или другие, рекомендуемые для этой цели.

2.3.9. При наличии отложений на стенках труб /нагревательные трубы в случае серосодержащей сырой нефти/, когда результат измерения от одного испытания к другому увеличивается, следует в отдельных местах убрать отложения и проконтролировать чистую толщину стенки.

2.4. Испытания на твердость

2.4.1. Измерение твердости металла непосредственно на обследуемых объектах проводится с целью проверки соответствия механических характеристик значениям, установленным нормативно-технической документацией, и выявления отдельных участков с показателями ниже или выше стандартных значений.

2.4.2. Твердость измеряют с помощью переносных твердомеров, пригодных для проведения испытаний на слабо искривленных поверхностях. В средах, вызывающих коррозионное растрескивание, измерения твердости следует проводить динамическими методами.

2.4.3. Измерение твердости осуществляется непосредственно на внешней поверхности объекта на плоской площадке, шлифованной и полированной.

Выбор участка для проведения исследований определяется результатами дефектоскопии. Место, размер и количество шлифов устанавливаются специалистами, проводящими обследование, в каждом конкретном случае. При этом используются места контроля структуры металла.

2.4.4. Испытания на твердость должны выполняться в соответствии с требованиями государственных стандартов.

2.4.5. Твердость должна определяться как средне-арифметическое значение, из не менее чем трех измерений на одном и том же месте.

2.4.6. При получении неудовлетворительных результатов испытания должны быть повторены. Если при повторном испытании получены показатели, не удовлетворяющие установленным нормам, необходимо путем дополнительных измерений выявить размеры участка с измененными показателями.

2.4.7. При испытаниях на твердость основного металла и сварных швов могут быть косвенно оценены такие характеристики, как условный предел текучести, предел прочности.

Взаимосвязь между показателями твердости и указанными характеристиками для сталей в состоянии поставки приведена в Приложении 3.

2.5. Дефектоскопия

2.5.1. Все сосуды, и аппараты, находящиеся в эксплуатации, которые подлежат оценке остаточной работоспособности в соответствии с настоящими МУ,

подвергаются дефектоскопии.

2.5.2. Дефектоскопия производится с целью выявления в основном металле и сварных соединениях несплошностей различного происхождения и вида, определения их местоположения условных размеров, контроля геометрических параметров объекта, оценки качества металла, склонного к сероводородному, водородному охрупчиванию, растрескиванию, а также межкристаллитной коррозии.

2.5.3. Выбор метода дефектоскопии производят специалисты, выполняющие обследование.

Объем контроля устанавливают индивидуально для каждого объекта в соответствии с задачами обследования и с учетом следующих данных: мерки стали, температуры, давления и состава рабочей среды за весь период эксплуатации, вида ремонтных работ, гидравлических и пневматических испытаний с использованием метода акустической эмиссии /или без них/, результатов визуального осмотра и толщинометрии.

2.5.4. Контроль производится при температуре окружающего воздуха и поверхности металла 5...40°С. Допускается проведение контроля вне указанного интервала температур при условии учета температурного изменения параметров контроля и защиты оператора от воздействия температуры.

2.5.5. Поверхности изделий, предъявляемые для контроля, должны быть очищены от грязи, окалины, ржавчины, брызг металла, краски, шпатлевки, а также других инородных веществ и при необходимости обработаны механически до шероховатости, требуемой выбранным методом дефектоскопии. Работы производит предприятие-владелец оборудования.

2.5.6. Специалистами, проводящими дефектоскопию, на каждый объект должны составляться схемы расположения участков контроля с указанием их геометрических параметров и расстояний от основных конструктивных элементов.

2.5.7. При обнаружении на участке контроля дефектов, подлежащих фиксации, результаты контроля оформляют в виде эскиза-дефектограммы с соблюдением и указанием масштаба. Обнаруженные расслоения металла фиксируются на отдельной дефектограмме с указанием условных размеров и привязкой к конструктивным элементам корпуса и обозначаются на наружной поверхности корпуса кернением.

2.6. Микроструктурные исследования

2.6.1. Микроструктурные исследования проводятся с целью анализа изменений структуры, которые могут иметь место в процессе длительной эксплуатации и оказывают влияние на свойства стали и, в первую очередь, на длительную прочность, пластичность и характер разрушения.

2.6.2. Микроструктурные исследования включают в себя металлографию и другие методы, такие как электронно-фрактографические и рентгеноструктурные.

2.6.3. Металлографические исследования должны проводиться непосредственно на объекте обследования с помощью переносных металлографических приборов, методом реплик или на образцах /шлифах вырезанных из заготовок /темплетов/ металла в случае проведения механических испытаний.

2.6.4. Металлографические исследования включают:

качественной и количественное определение неметаллических включений по ГОСТ 1778-70;

исследование макро- и микроструктуры основного металла, металла шва и околошовной зоны, а также сварных соединений двухслойных сталей по ОСТ 26.1379-76;

определение величины зерна по ГОСТ 5639-82;

определение балла структурных составляющих по ГОСТ 8233-56;

определение глубины обезуглероженного слоя по ГОСТ 1763-68;

определение склонности к межкристаллитной коррозии /МКК/ по ГОСТ 6032-89.

Методы проведения металлографических исследований выбираются специалистами, выполняющими обследование.

2.6.5. Образцы /шлифы/ для металлографических исследований основного металла должны вырезаться вдоль, поперек направления прокатки и по толщине листа металла, для сварных соединений - поперек шва и изготавливаться в соответствии с требованиями государственных стандартов и "Правилами устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением".

2.6.6. В перлитных и аустенитных сталях определяют следующие формы нестабильности структуры и связанные с ней структурные изменения:

сфероидизацию перлита и коагуляцию карбидной фазы по шкале ВТИ;

графитизацию /только для перлитных сталей, не содержащих хром/ по шкале ВТИ;

старение и образование новых фаз - химических соединений /α- фазы и др./;

тепловую хрупкость;

перераспределение легирующих элементов между твердым раствором и карбидной фазой.

2.6.7. Объем и порядок микроструктурных исследований устанавливают специалисты, выполняющие обследование.

2.7. Определение химического состава

2.7.1. Химический состав металла определяют в следующих случаях:

при отсутствии в паспорте или документе, его заменяющем, данных о химическом составе металла;

если при проведении ремонта, реконструкции или модернизации были применены элементы из материала, марка которого не записана в паспорте;

при несоответствии измеренных значений твердости паспортным данным;

при локальном износе /коррозионном, эрозионном/ металла какого-либо элемента конструкции, например отдельной вставки обечайки, днища и т.д.

2.7.2. Отбор проб для определения химического состава производят в соответствии с ГОСТ 7565-81.

Химический анализ содержания углерода, кремния, марганца, серы и фосфора проводят по ГОСТ 22536.1-88, 22536.4-88, 22535.3-87, 22536.2-87, 22536.3-88 или другими методами, по точности не уступающими стандартным.

2.7.3. Отбор проб для определения химического состава основных элементов сосудов производится с наружной поверхности обечайек, днищ, крышек. Для

однотипных элементов конструкции достаточно одной пробы. Место отбора пробы должно быть отмечено на чертеже общего вида или эскиза.

2.7.4. Поверхность элемента в месте отбора пробы должна быть очищена от краски, ржавчины, окалины, масла, влаги и обезжирена.

2.7.5. В качестве пробы используют стружку металла весом не менее 30 грамм. Стружка может быть получена при взятии пробы зубилом, пневмозубилом или шабером непосредственно из корпуса сосуда или из темплета в случае проведения механических испытаний.

2.7.6. Результаты анализа химического состава оформляют в соответствии с Приложением 4 и помещают в паспорт сосуда.

2.8. Определение механических характеристик металла

2.8.1. Определение механических характеристик металла производят разрушающими или неразрушающими методами. Выбор метода осуществляют специалисты, проводящие обследование.

2.8.2. Образцы, используемые для определения механических характеристик металла, вырезают из заготовок/темплетов/. Темплеты под образцы вырезают из элементов конструкции. Темплеты должны содержать сварной шов.

2.8.3. Места и способы вырезки темплетов в каждом конкретном случае должны быть определены специалистами, проводящими обследование.

2.8.4. Размеры темплетов зависят от типа и количества образцов, необходимых для проведения механических испытаний, но должны быть таковыми, чтобы обеспечить минимальные остаточные напряжения при последующей заварке места темплета.

2.6.5 Обязательные виды механических испытаний: на растяжение при комнатной температуре /в соответствии с ГОСТ 1497-84/,

на ударный изгиб при комнатной температуре /в соответствии с ГОСТ 9454-78/.

2.8.6. Необходимость проведения других механических испытаний устанавливается специалистами, проводящими обследование.

2.8.7. Для каждого вида испытаний должны быть подготовлены не менее трех образцов основного металла и пяти образцов сварного соединения.

2.8.8. Испытания сварных соединений на ударный изгиб производят на образцах с надрезом по оси шва.

2.8.9. К изготовлению образцов предъявляют следующие требования :

направление вырезки образцов выбирается из условий нагружения аппарата или сосуда, технологии получения материала, а также в соответствии с техническими условиями на металлопродукцию;

технология изготовления образцов не должна оказывать существенного влияния на структурное состояние, а также вызывать наклеп;

для намеченной серии испытаний технология изготовления однотипных образцов должна быть одинаковой;

нагрев образца при его изготовлении не должен вызывать структурных изменений и физико-химических превращений в металле;

поверхность рабочей части после механической обработки должна быть в зоне измерений гладкой и однородной и не иметь следов трещин, коррозии, цветов побежалости и других дефектов;

заключительные технологические операции по чистовой обработке /тонкое точение, шлифование, полирование и припуски на них/ должны сводить к минимуму деформацию поверхности образца /наклеп/, должны быть удалены заусеницы на головках и боковых гранях образца;

категорически запрещается править или рихтовать образцы.

2.8.10. Механические испытания основного металла и сварных соединений проводят при комнатной температуре. В случае необходимости проведения механических испытаний при повышении или пониженных температурах следует руководствоваться следующими стандартами:

при испытаниях на статическое растяжение при повышенных температурах — ГОСТ 9651-84;

при испытаниях на статическое растяжение при пониженных температурах — ГОСТ 11150-84.

2.9. Экспериментальное определение напряжений, деформаций, перемещений и усилий

2.9.1. Напряжения, деформации и перемещения экспериментально определяют с применением тендометрирования, поляризационно-оптического или других методов. При выборе метода должно быть показано соответствие его возможностей задачам и условиям измерений.

2.9.2. Измерения деформаций и перемещений необходимо производить в строго установленных контролируемых и регистрируемых условиях при действии силовых и температурных нагрузок в соответствии с заданными режимами.

2.9.3. Тензометрирование является одним из основных экспериментальных методов исследования напряженного и деформированного состояния конструкции при изучении поведения натурального объекта в период его эксплуатации.

Этот метод используется в широком диапазоне деформаций и температур при действии на объекты статических, квазистатических и динамических нагрузок.

2.9.4. Типы тензорезисторов должны выбираться с учетом целей и условий эксперимента.

Приклеиваемые тензорезисторы состоят из элемента, чувствительного к деформации /решетки из тонкого листа металлической фольги/, тонкой пленки, которая является изолятором и несущей основой для чувствительного элемента, и контактных площадок для подсоединения выводных проводов.

Размер чувствительного элемента определяется экспериментатором так, чтобы обеспечить минимальную погрешность, связанную с неоднородностью поля деформаций.

Для измерений, при которых не известны как величины, так и направления главных деформаций, используют трехэлементные розетки с ориентацией элементов в 60° и 45° .

2.9.5. Для исследований следует применять тензорезисторы, выпускаемые серийно на отечественных /или зарубежных/ предприятиях, прошедшие поверочный контроль и имеющие паспорт, содержащий их метрологические характеристики. При применении нестандартных тензорезисторов следует приводить в отчетах метрологические характеристики тензорезисторов и методики, по которым они определены.

2.9.6. В качестве клеев наиболее широко используют цианоакрилат /"циакрин"/, эпоксидную смолу, полиимид, некоторые виды керамики и др.

Циакрин не требует ни нагревания, ни отвердителя для инициирования полимеризации и может быть использован в диапазоне температур от -32 до 65°C. Он обеспечивает правильное измерение деформаций не выше 6%. Поскольку прочность клея снижается с течением времени и в результате поглощения влаги, необходимо защищать датчик от влаги при его длительной эксплуатации.

Эпоксидный клей состоит из смолы и отвердителя, который вступает в реакцию со смолой, обеспечивая полимеризацию при повышенных температурах в течение нескольких часов под давлением от 70 до 210 кПа. Рабочий диапазон температур эпоксидных клеев определяется их составом и соответствует температурам от -269 до +260°C. Допустимое относительное удлинение также зависит от состава клея и изменяется в пределах 3-10%.

Полиимид представляет собой однокомпонентный полимер, который применяют в широком диапазоне температур от -269 до 399°C. Полиимид отверждается под давлением 275 кПа при температуре 260°C. Применяют клей при измерении деформаций в условиях повышенных температур, вплоть до 315°C.

2.9.7. После отверждения клея тензодатчик должен быть покрыт герметиком, таким как парафин, каучук или полиуретан. Покрытие защищает решетку, несущую основу и клей от разрушительного действия влаги и увеличивает ресурс тензодатчика.

2.9.8. Средства защиты тензорезисторов от агрессивных сред и механических повреждений не должны влиять на метрологические характеристики тензорезисторов и искажать напряженное состояние исследуемого элемента.

2.9.9. Все приборы, применяемые для измерения деформаций, проходят метрологическую поверку с периодичностью, регламентируемой технической документацией на прибор.

2.9.10. При проведении испытаний целесообразно автоматизировать процесс измерений и регистрации данных, применять ЭВМ для обработки результатов экспериментов.

2.9.11. Регистрация наблюдений при испытании объекта исследования на каждой ступени нагружения повторяется не менее 3 раз.

2.9.12. Главные деформации E_1, E_2 и их направления определяются в соответствии с таблицей Приложения 5 по действительным значениям деформаций.

2.9.13. Главные напряжения определяются по главным деформациям E_1, E_2 точках измерения по формулам:

для плоского напряженного состояния

;/2.1./

для одноосного напряженного состояния

/2.2./

Максимальные касательные напряжения определяют по формуле

В формулах /2.1./ — /2.3/ E — модуль продольной упругости, Па /кгс/мм²; — коэффициент Пуассона; G — модуль сдвига, Па /кгс/мм².

2.9.14. Для измерения деформаций и перемещений возможно использование индикаторов часового типа ИЧ-10 с ценой деления 0,01мм. Точность показаний подобных приборов достаточна для оценки перемещений в исследуемых точках сосудов и аппаратов химических производств. Рекомендуемая методика измерений приведена в Приложении 6.

3. ПРОВЕРКА ПРОЧНОСТИ СОСУДОВ РАСЧЕТОМ

3.1. Общие положения

3.1.1. Поверочный расчет проводят с учетом всех расчетных нагрузок и всех расчетных режимов эксплуатации.

3.1.2. Основными расчетными нагрузками являются:

внутреннее или наружное давление;

масса изделия и его содержимого;

дополнительные нагрузки /масса присоединенных изделий и т.д./;

усилия от реакции опор и трубопроводов;

температурные воздействия.

3.1.3. Основными расчетными режимами эксплуатации являются: пуск;

стационарный режим;

остановка;

гидро- или пневмоиспытания;

нарушение нормальных условий эксплуатации;

аварийная ситуация и др.

3.1.4. При поверочном расчете используют механические характеристики, полученные в результате данного обследования, с учетом их изменения на прогнозируемый срок службы при заданных условиях эксплуатации.

3.1.5. Методы, применяемые для определения расчетных нагрузок, расчетных режимов, внутренних усилий, перемещений, напряжений и деформаций рассчитываемых элементов, выбираются специалистами, выполняющими соответствующий расчет.

Расчет типовых узлов деталей и конструкций рекомендуется проводить в соответствии с нормативно-технической документацией /Приложение 7/.

3.2. Оценка прочности сосудов

3.2.1. При проведении поверочного расчета по допускаемым напряжениям на основе анализа условий эксплуатации элементов конструкции для наиболее нагруженных областей определяют наибольшие напряжения, которые сопоставляют с соответствующими допускаемыми напряжениями.

Номинальные допускаемые напряжения определяют по характеристикам материала при расчетной температуре T .

Номинальное допускаемое напряжение для элементов оборудования и трубопроводов, нагруженных давлением, принимают минимальным из следующих значений:

;3.1./

где — минимальное значение временного сопротивления предела прочности при расчетной температуре, МПа /кгс/мм²;

— минимальное значение условного предела текучести при расчетной температуре, МПа /кгс/мм²;

— среднее значение предела длительной, прочности при расчетной температуре, МПа /кгс/мм²;

n_b — коэффициент запаса прочности по временному сопротивлению /пределу прочности/;

n_T — коэффициент запаса прочности по пределу текучести;

n_g — коэффициент запаса прочности по пределу длительной прочности.

В тех случаях, когда эксплуатация конструкции включает два и более режимов нагружения, отличающихся по температуре или нагрузке, при расчетах необходимо использовать условие прочности по накопленному длительному статическому повреждению:

;3.2./

где t_i — продолжительность работы на i -м режиме нагружения, з;

$[t]_i$ — допускаемое время нагружения, соответствующее пределу длительной прочности /значения могут быть приняты по данным государственных отраслевых стандартов или технических условий/;

— напряжение i -го режима.

3.2.2. При расчете на статическую прочность проверяют выполнение условий прочности применительно к расчетным нагрузкам, указанным в п.3.1.2, по всем эксплуатационным режимам, указанным в п.3.1.3. При необходимости расчеты проводят с учетом вибрационных нагрузок.

Расчеты рекомендуется проводить по ГОСТ 14249-89, ОСТ 108. 031.08-85, ОСТ 108.031.09-85.

3.2.3. Метод расчета на прочность при малоцикловых нагрузках должен проводиться при количестве главных циклов нагружения от давления, стесненных температурных деформаций или других видов нагружений от 10³ и выше за весь срок эксплуатации сосуда.

Расчеты рекомендуется проводить в соответствии с положениями ГОСТ 25859-83, ОСТ 108.031.09-85 с учетом дефектности материала и накопления повреждений в нем.

3.2.4. При расчете на сопротивление хрупкому разрушению элементов оборудования используют такие характеристики материала, как критический коэффициент интенсивности напряжений K_{Ic} критическую температуру хрупкости T_k и условный предел текучести.

Если толщина стенок рассчитываемых элементов меньше, чем требуемые толщины для определения значений K_{Ic} в соответствии с положениями ГОСТ 25.506-85, при расчетах на сопротивление хрупкому разрушению следует использовать критическое раскрытие трещины d_c или другие характеристики $/K_{Ic}, J_{Ic}/$, определяемые в соответствии с упомянутым ГОСТ.

Сопротивление хрупкому разрушению считают обеспеченным, если для выбранного расчетного дефекта в виде трещины в рассматриваемом режиме эксплуатации выполняется условие

; /3.3./

где — допускаемое значение коэффициента интенсивности напряжений.

Индекс i указывает, что допускаемые значения коэффициентов интенсивности напряжений выбирают различными в зависимости от расчетных условий:

$i=1$ — для нормальных условий эксплуатации;

$i=2$ — для гидравлических /пневматических/ испытаний и нарушения нормальных условий эксплуатации;

$i=3$ — для аварийной ситуации.

Порядок расчета коэффициента интенсивности напряжений K_I , допускаемого значения коэффициента интенсивности напряжений, критической температуры хрупкости T_k , для полуэллиптических поверхностных трещин приведен в Приложении 8.

Если путем расчета определены параметры дефектов, допустимых по условиям обеспечения прочности, то при обследовании оборудования путем контроля необходимо подтвердить отсутствие в оборудовании дефектов, параметры которых превышают допускаемые.

3.2.5. Оценка прочности с учетом коррозионного износа, показателями которого являются скорость коррозии, максимальная глубина локальных коррозионных поражений, проводится для оборудования, работающего в контакте с коррозионно-активными средами. При выборе метода для определения скорости коррозии следует руководствоваться нормативными документами, данными, приведенными в аттестационных отчетах по материалам, либо апробированными в открытой печати. Определение скорости коррозии следует проводить по результатам обследования.

Выбор того или иного метода расчета производят специалисты, выполняющие обследование.

3.2.6. При наличии локальной коррозии /МКК, ножевой, структурно-избирательной, язвенной, питтинговой, коррозионного растрескивания/ решение о возможности дальнейшей эксплуатации оборудования принимают специалисты, проводящие обследование, при условии обеспечения защиты оборудования от локальной коррозии.

3.3. Оценка остаточной работоспособности сосудов

3.3.1. Определение остаточной работоспособности эксплуатируемого оборудования основано на решении задачи индивидуального прогнозирования предельного состояния и остаточного ресурса с целью установления безотказного срока службы при заданных условиях эксплуатации.

3.3.2. При установлении остаточного ресурса должен быть обеспечен запас по переход объекта, в предельное состояние.

3.3.3. Предельное состояние объекта характеризуется критерием предельного состояния. В зависимости от условий эксплуатации для одного и того же объекта могут быть установлены два и более критериев, в качестве которых могут служить пределы допускаемых значений некоторых характеристик объекта.

3.3.4. К характеристикам объекта следует отнести:

расчетную толщину стенки;

допускается значение длительной прочности при прогнозировании остаточного ресурса;

допускаемое число циклов нагружения от давления, стесненности температурных деформаций или других видов;

наличие вид и количество дефектов материала объекта;

изменение физико-механических характеристик ниже значений, указанных в нормативно-технической документации;

степень коррозионного износа объекта, характер и виды коррозионных поражений.

3.3.5. Расчеты по предельному состоянию позволяют выявить запас прочности конструкции. Метод расчета по предельному состоянию выбирается организацией, выполняющей расчет. При этом следует различать три вида предельных состояний:

по несущей способности /прочности, устойчивости, выносливости при переменных напряжениях/;

по развитию чрезмерных деформаций /местных пластических деформаций, прогибов, перекосов и др./;

по образованию или раскрытию трещин.

3.3.6. По исчерпанию определенного остаточного ресурса, в случае, если объект достиг предельного состояния, он должен быть временно или окончательно изъят из эксплуатации, либо для него необходимо установить новый остаточный ресурс по результатам комплексного обследования технического состояния в соответствии с положениями настоящих Методических указаний. При этом условие п.3.3.2 должно выполняться.

4. ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБСЛЕДОВАНИЯ

4.1. Результаты каждого вида контроля оформляют в виде актов или протоколов.

4.2. Результаты комплексного обследования и выполненных исследований оформляют в виде технического заключения на каждый объект с приложениями, содержащими материалы обследования, или научно-технического отчета, составленного в соответствии с ГОСТ 7.32-91.

4.3. Рекомендуемая форма титульного листа и последней страницы технического заключения приведены в Приложении 9.

4.4. Научно-технический отчет, составленный организацией, проводящей обследование, передается предприятию-владельцу оборудования.

По требованию предприятия-владельца по результатам научно-технического отчета оформляется Акт на каждый объект /Приложение 10/, который подписывают представители организации, проводившие обследование, главный механик и начальник службы технадзора предприятия-владельца и утверждает главный инженер предприятия-владельца.

4.5. Техническое заключение /п.4.2/ и Акт /п.4.4/ прикладываются к паспорту.

4.6. Принятое специалистами, проводящими обследование, решение об объеме ремонтно-восстановительных работ, о необходимости изменения технологического регламента, о необходимости контрольных вырезок металла оборудования для проведения лабораторных исследований /места, размеры и количество/, оформляется в виде "Протокола технического совещания" и утверждается главным инженером или руководителем предприятия-владельца оборудования.

5. ТРЕБОВАНИЯ ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ

При проведении обследования технологического оборудования необходимо соблюдать правила техники безопасности /ТБ/ в полном соответствии с требованиями "Общих правил взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств", "Правил устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением", а также действующих внутренних нормативных документов предприятия по безопасности, на котором эксплуатируется данный объект.

Общие основные требования безопасности труда, являющиеся основой обеспечения безопасных условий работы на производстве, изложены в следующих государственных стандартах:

ГОСТ 12.0.004-70. ССБТ. Организация обучения работающих безопасности труда. Основные положения;

ГОСТ 12.0.005-84. ССБТ. Метрологическое обеспечение в области безопасности труда. Основные положения;

ГОСТ 12.1.001-83. Ультразвук. Общие требования безопасности;

ГОСТ 12.1.004-89. ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования;

ГОСТ 12.1.005-88. ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны;

ГОСТ 12.1.007-76. ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности;

ГОСТ 12.1.010-76. ССБТ. Взрывобезопасность. Общие требования;

ГОСТ 12.1.019-79. ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.

При организации и проведении работ неразрушающими методами контроля необходимо дополнительно к требованию стандартов выполнять требования

следующих документов:

правил техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей;

правил безопасности и производственной санитарии для операторов ультразвуковой дефектоскопии;

санитарных правил при проведении рентгеновской дефектоскопии;

санитарных правил по изотопной дефектоскопии;

норм радиационной безопасности /НРБ-76/;

основных санитарных правил работы с радиоактивными веществами и другими источниками ионизирующих излучений /ОСП 72/80/; правил безопасности при транспортировании радиоактивных веществ /ПБТРВ-73/.

Приложение 1

ОСНОВНЫЕ ТЕРМИНЫ И ИХ ПОЯСНЕНИЯ

Термин	Определение	ГОСТ
1	2	3
Надежность	Свойства объекта сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, хранения и транспортировки	ГОСТ 27.002-89 Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения.
Безотказность	Свойство объекта непрерывно сохранять работоспособное состояние в течение, некоторого времени или наработки	-//-
Работоспособность	Состояние объекта, при котором значения всех параметров, характеризующих способность выполнять заданные функции, соответствуют нормативно-технической и /или/ конструкторской / проектной/ документации	-//-

Предельное состояние	Состояние объекта, при котором его дальнейшая эксплуатация недопустима или нецелесообразна, либо восстановление его работоспособного состояния невозможно или нецелесообразно	-//-
Критерий предельного состояния	Признак или совокупность признаков предельного состояния объекта, установленные нормативно-технической и /или/ конструкторской / проектной/ документацией. В зависимости от условий эксплуатации для одного и того же объекта могут быть установлены два и более критериев предельного состояния	-//-
Отказ	Событие, заключающееся в нарушении работоспособного состояния объекта	-//-
Наработка	Продолжительность или объем работы объекта	-//-
Остаточный ресурс	Суммарная наработка объекта от момента контроля его технического состояния до перехода в предельное состояние	-//-
Назначенный ресурс	Суммарная наработка, при достижении которой эксплуатация объекта должна быть прекращена независимо от его технического состояния	-//-
Назначенный срок службы	Календарная продолжительность эксплуатации, при достижении которой эксплуатация объекта должна быть прекращена независимо от его технического состояния	-//-
Цикл нагружения	Последовательность изменения нагрузки, которая заканчивается первоначальным состоянием и затем повторяется	ГОСТ 25859-83 /СТ СЭВ 3648-82/ Сосуды и аппараты стальные. Нормы и методы расчета на

		прочность при малоцикловых нагрузках.
Трещиностойкость /вязкость разрушения/	Способность материала сопротивляться развитию трещин при механических и других воздействиях	ГОСТ 25.506-85 Методы механических испытаний металлов. Определения характеристик трещиностойкости / вязкости разрушения/ при статическом напряжении
Коэффициент интенсивности напряжений K	Величина, определяющая напряженно-деформированное состояние и смещения вблизи вершины трещины для упругого тела, независимо от схемы нагружения, формы и размеров тела и трещины	-//-
Коэффициент интенсивности напряжений K_I / K_{II} или K_{III} /	Значение K для модели трещины типа I — трещина отрыва / типа II — трещина поперечного сдвига или типа III — трещина продольного сдвига/	-//-
Критический коэффициент интенсивности напряжений K_{Ic}	Силовая характеристика трещиностойкости для модели трещины типа I при продольном стеснении пластических деформаций у вершины трещины	-//-
Раскрытие трещины	Смещение берегов непосредственно у вершины трещины	-//-
Раскрытие в вершине трещины	Раскрытие трещины при максимальной нагрузке, действующей на образец. Деформационный критерий разрушения	-//-
J — интеграл	Величина, характеризующая работу пластической деформации и разрушения, а также поле напряжений и деформаций при упругопластическом деформировании вблизи вершины трещины / аналогично коэффициенту интенсивности	-//-

	напряжении К для упругого тела/	
Критический J — интеграл J _c /J _{1c} /	Значения J — интеграла, характеризующие сопротивление материала начал распространения трещины независимо от вида разрушения. Энергетический критерий разрушения	-//-
Критическая температура хрупкости	Температура, принимаемая за температурную границу изменения характера разрушения материала от хрупкого к вязкому	-//-
Температура стенки расчетная	Температура, при которой определяются физико-механические характеристики, допускаемые напряжения материала и проводится расчет на прочность элементов сосуда	Правила устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением
Температура рабочей среды максимальная (минимальная)	Максимальная (минимальная) температура среды в сосуде при нормальном протекании технологического процесса	-//-

Приложение 2

КОМПЛЕКСНОЕ ОБСЛЕДОВАНИЕ СОСУДОВ, РАБОТАЮЩИХ ПОД ДАВЛЕНИЕМ СВЫШЕ 16 МПа /160 кгс/см²/ ДО 45,0 МПа /450 кгс/см²/

1. Выбор методов контроля и объем контроля согласно п.1.4 настоящих МК осуществляет организация, выполняющая обследование.
2. Изучение, технической и эксплуатационной документации проводят в соответствии с п .2.1. настоящих МУ.
3. Визуальный осмотр наружной и внутренней поверхности проводят в соответствии с п.2.2 настоящих МУ.

Осмотру подлежат корпус, фланцы, крышки, основной крепеж, обтюраторы, монтажные цапфы и другие детали, относящиеся к сосуду и влияющие на его прочность при эксплуатации и транспортировке.

При осмотре внутренней поверхности корпуса, при необходимости, проводят поиск сварных швов методом травления уплотнительных поверхностей.

При наличии футеровки проверяют плотность прилегания футеровки, дефекты последней /разрывы, трещины и др./.

4. Толщинометрию несущих элементов проводят в соответствии с П.2.3 настоящих МУ.

5. Испытания на твердость проводят в соответствии с требованиями п.2.4 настоящих МУ.

Испытанию на твердость подлежат корпус, фланцы, основной крепеж, обтюраторы и другие детали, относящиеся к сосуду и влияющие на его прочность при эксплуатации и транспортировке.

6. Дефектоскопию узлов и деталей сосуда проводят в соответствии с требованиями п.2.5 настоящих МУ.

Обязательному контролю подлежат уплотнительные поверхности, локально поврежденные участки сосуда.

7. Микроструктурные исследования проводят на внутренней поверхности корпуса, крышек, в местах, имеющих заниженную или завышенную твердость, в местах, подвергшихся перегреву, а также при необходимости уточнения характера выявленного дефекта.

Обязательно подвергают металлографическим исследованиям те места деталей сосудов, где проводился микроструктурный анализ металла при предыдущем обследовании сосудов или при использовании новых деталей. Исследования проводят на шлифах, приготовленных непосредственно на объектах обследования, с помощью переносных металлографических приборов или методом реплик.

Объем и методы проведения микроструктурных исследований устанавливают специалисты, выполняющие обследование. При этом следует руководствоваться п.2.6 настоящих МУ.

8. Химический состав металла элементов конструкции или деталей определяют в случаях, когда воздействие среды или режимов эксплуатации могут привести к его изменению /например, обезуглероживание внутренней поверхности корпусов и крышек "горячих" аппаратов при водородной коррозии, образование нитридов в средах, содержащих азот/. При этом условия П.2.7.1 МУ соблюдаются.

При необходимости в сосудах, работающих при температуре выше 200°С с водородосодержащими средами, проверяют содержание хрома.

Химический анализ содержания отдельных элементов проводят на отобранных пробах или методом стилоскопирования.

9. Если корпус сосуда или концевые элементы имеют механические повреждения или коррозионные дефекты, которые превышают допускаемые, сосуд подвергают расчетно-теоретическому или экспериментальному исследованию напряженно-деформированного состояния /тензометрированию/ в соответствии с п.2.9 МУ.

При тензометрировании измеряют деформации в поврежденных зонах, определяют коэффициент концентрации напряжений. При необходимости измеряют продольную/для спирально-рулонных сосудов/ или поперечную /для рулонированных сосудов/ деформации.

По полученным напряжениям в соответствии с настоящими МУ производят оценку прочности конструкции и определяют возможность ее дальнейшей эксплуатации.

10. После завершения всех исследований проводят гидроиспытания на пробное давление в соответствии с требованиями "Правил устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением".

11. Результаты проведенного обследования оформляют, в соответствии с разд. 4 настоящих МУ.

МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СТАЛЕЙ ПО ЗНАЧЕНИЯМ ТВЕРДОСТИ

1. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Настоящее приложение к Методическим указаниям содержит рекомендуемые методы определения предела прочности, условного предела текучести, относительных удлинения δ и сужения ψ и ударной вязкости KCV по характеристикам твердости, полученным при измерении твердости металла непосредственно на обследуемых объектах.

1.2. Данный материал рекомендуется использовать при проведении расчетов механических характеристик сталей Ст20, 15Х5М, 09Г2С, 12Х18Н10Т, наиболее распространенных в материальном оформлении оборудования.

1.3. Наряду с изложенными методами и формулами допускается использование для расчета других расчетных методик и формул, позволяющих получить результаты с большей точностью.

1.4. Наибольшее распространение и практическое значение имеет твердость при пластическом вдавливании:

шарика - твердость по Бринелю и по Роквеллу /шкала В/;

конуса - твердость по Роквеллу /шкала С/;

пирамиды - твердость по Виккерсу.

НВ - мера твердости по Бринелю; НУ — мера твердости по Виккерсу; НКВ — мера твердости по шкале В Роквелла, HRC — мера твердости по шкале С Роквелла.

1.6. Величины твердости, определенные различными методами, могут отличаться. Твердость НВ и НУ до 350-400 кгс/мм² равны между собой. Выше 400 кгс/мм² твердость по Бринелю оказывается заниженной по отношению к НУ.

1.7. При испытаниях на твердость следует учитывать, что при помощи твердости оцениваются механические свойства в том месте, где производится ее определение. А так как металл неоднороден, причем неоднородность выражается в том, что поверхностный слой отличается по своим свойствам от однородной сердцевины, то в этом случае определение механических свойств по твердости на поверхности дает информацию о свойствах металла только поверхностного слоя. Поэтому для получения информации о свойствах сердцевины необходима при определении твердости поверхностный слой удалить.

2. КОРРЕЛЯЦИОННЫЕ ЗАВИСИМОСТИ МЕЖДУ ЗНАЧЕНИЯМИ ТВЕРДОСТИ И МЕХАНИЧЕСКИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ

2.1. Для материалов, дающих при растяжении шейку, определена зависимость /1/:

/П.3.1/

где НВ — мера твердости по Бринелю;

— предел прочности при растяжении.

Для конструкционных сталей коэффициент $k=0,33-0,36$.

2.2. Таблицы для пересчета НВ на приведены в ГОСТ 22761-77.

2.3. Статистическая обработка результатов измерений в работе /4/ позволила выявить для конструкционных углеродистых и перлитных низколегированных сталей в области твердости /1500 НВ ÷ 5000 МПа соотношение вида:

$=0,345 \text{ НВ} / \text{П 3.2.}$

2.4. В табл. П. 3.1 даны формулы зависимости от НВ для легированных сталей перлитного класса /2, 3/. По формулам рассчитаны значения предела прочности.

2.5. Метод пересчета по значениям НВ можно использовать для ориентировочного определения условного предела текучести.

На основании статистической обработки экспериментальных данных /4/ для твердостей НВ³1500 МПа

$=0,367 \text{ НВ} - 240 / \text{П.3.3/}$

для твердостей НВ1500 МПа

$=0,2 \text{ НВ} / \text{П 3.4.}$

2.6. В табл. П.3.2 приведены формулы зависимости от НВ/2, 3, 4/. По формулам рассчитаны значения условного предела текучести.

2.8. По известной характеристике косвенно определяют условный предел текучести относительное сужение ψ и ударную вязкость KCV /5/. Соотношения механических характеристик конструкционных сталей приведены в табл. П 3.3, П.3.4.

Таблица П.3.1.

Величины , рассчитанные по измеренным значениям НВ

, МПа								
Измеренное	ПО ГОСТ	работа /3/				работа /2/		
значение НВ, МПа	22761- 77	0,337 НВ+21 /12МХ/	0,337 НВ+17 /15ХМ/	0,335 НВ+17 /12 ХМФ/	0,312 НВ+70 /15 ХМФ/	0,35 НВ-11 /20ХМЛ/	0,29 НВ+80 /15 ХМФЛ/	0,328 НВ+20 /20ХМЛ, 20 ХМФЛ и 15 ХМФЛ/
1000	385	358	354	352	382	340	370	348
1250	457	438	433	431	460	425	442	430
1500	532	521	517	515	536	514	515	513

2000	686	695	691	687	694	689	660	676
2500	840	851	847	843	850	860	804	840

3. ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ ИСПЫТАНИИ НА ТВЕРДОСТЬ. ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПО ЗНАЧЕНИЯМ ТВЕРДОСТИ

3.1. Твердость следует определять в соответствии с требованиями инструкции на твердомер.

3.2. Площадка для измерений должна быть не менее 25 см².

3.3. Снятие поверхностного слоя на глубину не менее 0,1 мм необходимо проводить напильником или с помощью зачистных машинок.

3.4. Для измерений подготавливают поверхность шероховатостью $R_z=1,25$ мкм.

3.5. Проводят не менее 3-х измерений, при этом относительная погрешность каждого измерения не должна превышать 5 %. Значения твердости рассчитывают как среднее арифметическое всех измерений.

3.6. По полученным значениям твердости определяют предел прочности , используя таблицы ГОСТ 22761-77, либо формулу /П.3.2/, или таковые, приведенные в табл.П.3.1.

3.7. Условный предел текучести рассчитывают по формулам /П.3.3/, /П.3.4/ или приведенным в табл. П.3.2.

3.8. Значения характеристик пластичности и ударной вязкости получают, используя соотношения, приведенные в табл.П.3.3.,П.3.4.

ПЕРЕЧЕНЬ ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Фридман Я.Б. Механические свойства металлов. - М.: Машиностроение, т. 2, 1974. -368 с.

2. Бугай Н.В., Ткаченко А.Н. Определение механических характеристик сварных соединений и литых деталей электрооборудования безобразцовым способом: Тр. Ворошиловградской науч.-практич. конф. Косвенные методы оценки свойств материалов., 1976. -С.58-60.

3. Букин Ю.А., Дрозд М.С. и др. Определение твердости и механических свойств энергетического оборудования безобразцовым методом. // Энергетическое строительство. - 1976. -М.3. -С. 35-36.

4. Марковец М.П. Определение механических свойств металла по твердости. - М.: Машиностроение, 1979. - 191 с.

Таблица П.3.2.

Величины , рассчитанные по измеренным значениям HB

Изме- ренное значение HB, МПа	, МПа									
	Работа /4/			Работа /3/						
	0,367HB-240; HB> 1500	0,2 HB; HB 1500	0,25 HB- 19; 12МХ	0,25 HB- 23,5; 15 ХМЛ	0,31 HB- 152; 20ХМ	0,235 +1В; 12 ХІМФ	0,38 HB- 235; 15 ХІМІФ	0,29 HB- 114; HB > 2000 15 ХІМІФЛ	0,57 HB- 627; HB 2000 15 ХІМІФ	0,29 ЭП4 ХМс ЭП18 ХІМ ЭП18 ХІМ ЄИ7 Х2М
1250	-	250	290	285	238	235	240	248	-	
1500	310	300	356	351	314	371	335	320	-	
2000	500	-	481	476	470	488	525	466	515	5
2500	680	-	606	601	625	606	715	-	795	7
3000	860	-	731	726	780	724	905	-	1080	8

Таблица П.3.3.

Соотношения величині твердости по Бринелю со значениями механических характеристик , d конструкционных сталей

HB, МПа	,МПа	d, %
1000	195-225	40-48
1200	240-275	34-40
1400	275-325	30-34
1600	330-380	26-30
1800	385-445	23-27
2000	440-520	21-24
2200	500-600	19-21
2400	555-675	17-19
2800	665-830	15-17

3000	725-900	14-16
3200	880-980	13-14
3400	950-1050	12-13
3600	1030-1130	11-12
3800	110-1220	10-12
4000	1170-1290	10-11
4200	1235-1365	9-10
4400	1310-1450	9-10

Таблица П.3.4.

Соотношение механических характеристик конструкционных сталей

, МПа	Разброс свойств		
	, МПа	у, %	KCV, Дж/см ²
800	700-750	65-75	180-240
900	800-850	60-70	120-180
1000	900-950	55-70	90-150
1100	1000-1050	55-65	70-120
1200	1050-1150	50-65	50-110
1300	1100-1250	48-62	40-90
1400	1200-1350	45-60	40-80
1500	1250-1400	45-58	30-80
1600	1300-1500	43-57	25-80
1700	1350-1600	42-56	25-70
1800	1350-1700	40-55	22-70
1900	1400-1700	38-52	20-65
2000	1400-1800	35-52	20-60
2100	1400-1800	30-45	20-60
2200	1400-1800	25-40	20-50

Приложение 4

РЕЗУЛЬТАТЫ

АНАЛИЗА ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ОСНОВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИИ

Наименование места	Результаты химического	Марка стали
--------------------	------------------------	-------------

отбора пробы анализа

Заключение

Химический проводился в
анализ лаборатории

наименование

“ ” 199_г.

Приложение 5

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГЛАВНЫХ ДЕФОРМАЦИЙ И ИХ НАПРАВЛЕНИЙ ПО
ИЗМЕРЕННЫМ ОТНОСИТЕЛЬНЫМ ДЕФОРМАЦИЯМ

Тип напряженного состояния и рас- положение тензо- резисторов	Относительные дефор-мации, измеренные тензорезистором	Определение , , и главных направлений
---	--	---

Тензорезисторы расположены по известным направлениям главных деформаций

Линейное напряженное состояние

/направление /

=;

=-

Плоское напряженное состояние

90°

, 90° ;

$^3 90^\circ = 90^\circ$

Направлено главных деформаций неизвестны

Плоское напряженное состояние

/углы между осью и осями тензо-

резистором 0, 45° и 90° /

, ,

;

;

Приложение 6

МЕТОДИКА ИСПЫТАНИЙ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОСТАТОЧНЫХ ДЕФОРМАЦИЙ И РАБОТОСПОСОБНОСТЬ ОБЪЕМА

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Испытание объекта по рекомендуемой методике проводят для случаев, предусмотренных п. 1.2.5 настоящих МУ.

1.2. По результатам испытаний получают деформационно-силовую характеристику объекта и проводят оценку его работоспособности.

1.3. Рекомендуемая периодичность испытаний: не реже 1 раза в 4 года.

2. ИЗМЕРЕНИЕ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ

2.1. Измерение перемещений можно проводить как на внутренней, так и на наружной поверхностях аппарата.

2.2. В качестве датчика перемещения используют индикатор часового типа ИЧ-10 с ценой деления 0,01 мм. Индикатор устанавливают в специальное приспособление, которое крепится к металлоконструкции.

2.3. Перемещение измеряется в среднем сечении обечайки в трех точках, равномерно расположенных по окружности, и в одной точке днища.

3. УСЛОВИЯ НАГРУЖЕНИЯ

3.1. При испытаниях аппарат нагружают и разгружают внутренним давлением. Устанавливают следующие ступени нагрузок:

при нагружении — 0; 0,2 Р; 0,4 Р; 0,6 Р; 0,8 Р; Р;

при разгрузке — 0,8 Р; 0,6 Р; 0,4 Р; 0,2 Р, 0,

где Р — рабочее давление в аппарате.

4. ПОРЯДОК ПОСТРОЕНИЯ ДЕФОРМАЦИОННО-СИЛОВОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОБЪЕКТА

4.1. На каждой ступени приложения нагрузки регистрируются показания всех индикаторов. Регистрация наблюдения при испытании повторяется не менее 3 раз.

4.2. Для определения действительного значения показаний на каждой ступени нагружения проводят упорядочение выборки наблюдений, подсчитывая среднее значение

; /П 6.1/

где — значение наблюдения;

n — количество повторных наблюдений;

j — порядковый номер ступени нагружения;

l — порядковый номер повторного наблюдения;

k — номер точки измерения /индикатора/.

Проверяют значимость каждого из n наблюдений по условию

/П 6.2/

где Δ — предельное значение отклонения от данного объема выборки по Δ наблюдениям и принятого уровня значимости 0,05. Определяется по ГОСТ 8.207-76;

S^* — генеральное среднее квадратическое отклонение, а в случае невыполнения неравенства признают данное наблюдение аномальным и исключают из рассматриваемой выборки;

подсчитывают как среднеарифметическое значимых наблюдений выборки

,/П 6.3./

где n_1 — количество аномальных наблюдений.

4.3. При однократном наблюдении единственный отсчет /наблюдение/ по прибору принимается за действительный результат измерения. Погрешность результата оценивается по погрешности, указанной в паспортных данных.

4.4. По полученным значениям проводится построение графика зависимости между нагрузками и деформациями /рис. П.6.1/ и определение деформационно-силовой характеристики исследуемого объекта.

5. ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИСПЫТАНИЙ

5.1. Полученная в результате настоящих испытаний величина остаточных деформаций сравнивается с таковой, полученной при предыдущих испытаниях. Отклонение результатов свидетельствует об изменении механических характеристик металла.

5.2. Работоспособность аппарата считается удовлетворительной, если выполняется условие

$De \leq 0,01D$, /П 6.4/

где D — диаметр аппарата.

При использовании значения исходного диаметра D следует учитывать его возможное отклонение в пределах, указанных в ОСТ 26-291-87.

5.3. В случае, когда условие /П.6.4/ не выполняется, специализированная организация, проводящая обследование, принимает решение о проведении необходимых мероприятий и дальнейшей эксплуатации аппарата.

Построение деформационно-силовой характеристики исследуемого объекта

P , МПа

De

Рис. П.6.1.

1 — нагружение;
2 — разгрузка

ПЕРЕЧЕНЬ НОРМАТИВНО- ТЕХНИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ К ГЛАВАМ МЕТОДИЧЕСКИХ УКАЗАНИЙ

К гл.1

1. ОСТ 26-01-1-85. Сосуды и аппараты эмалированные. Общие технические условия.
2. ОСТ 26-01-151-82. Сосуды и аппараты стальные сварные для низкотемпературного газоразделения. Технические требования, правила приемки и методы испытания.
3. ОСТ 26-01-1183-82. Сосуды и аппараты алюминиевые. Общие технические условия.
4. ОСТ 26-01-9-80. Сосуды кованые, кованосварные стальные высокого давления. Общие технические условия.
5. ОСТ 26-01-221-86. Сосуды и аппараты многослойные рулонированные стальные высокого давления. Общие технические условия.
6. ОСТ 26-291-87. Сосуды и аппараты сварные стальные. Общие технические условия.
7. ост 26-3-87. Сварка в химическом машиностроении. Основные положения.
8. ОСТ 26-01-858-80. Сосуды и аппараты сварные из коррозионностойких сплавов на основе никеля. Общие технические условия.
9. РД 26-18-89. Сосуды. Термины и определения.
10. РДИ 26-19-83. Сосуды, работающие под давлением. Инструкция о порядке оформления и заполнения паспорте.
11. РД 26-01-155-85. Сосуды и аппараты

высокого давления.
Требования безопасности.

12. РД РТМ 26-01-135-81.

Надежность изделий
химического и нефтяного
машиностроения.
Химическое оборудование.
Номенклатура
нормируемых показателей.

13. РД 26-10-87.

Методические указания.
Оценка надежности
химического и нефтяного
оборудования при
поверхностном
разрушении.

К гл.2

1. ГОСТ 9012-59.

Металлы. Методы
испытаний. Измерение
твердости по Бринелю

2. ГОСТ 9013-59.

Металлы. Методы
испытаний. Измерение
твердости по Роквеллу.

3. ГОСТ 2999-75.

Металлы. Метод
измерения твердости
алмазной пирамидой по
Виккерсу.

4. ГОСТ 22761-77.

Металлы и сплавы. Метод
измерения твердости по
Бринелю переносными
твердомерами
статического действия.

5. ГОСТ 22762-77.

Металлы и сплавы. Метод
измерения твердости на
пределе текучести
вдавливанием шара.

6. ГОСТ 23273-78.

Металлы и сплавы.
Измерение твердости
методом упругого отскока
бойка /по Шору/.

7. ГОСТ 28868-90.

Металлы и сплавы
цветные. Измерение
твердости методом
ударного отпечатка.

8. ГОСТ 14782-86.

Контроль неразрушающий.
Соединения сварные.
Методы ультразвуковые.

9. ГОСТ 20426-82.

Контроль неразрушающий.
Методы дефектоскопии

	радиационные. Область применения.
10. ГОСТ 7512-82.	Контроль неразрушающий. Соединения сварные. Радиографический метод.
11. ГОСТ 24507-80.	Контроль неразрушающий. Поковки из черных и цветных металлов. Методы ультра звуковой дефектоскопии.
12. ГОСТ 21105-87.	Контроль неразрушающий. Магнитопорошковый метод.
13. ОСТ 26-5-88.	Контроль неразрушающий. Цветной метод контроля сварных соединений, наплавленного и основного металла.
14. ОСТ 26-01-84-78.	Швы сварных соединений стальных сосудов и аппаратов, работающих под давлением. Методика магнитопорошкового метода контроля.
15. ОСТ 26-01-91-78.	Сосуды высокого давления. Методы дефектоскопии.
16. ОСТ 26-01-134-81.	Сосуды и детали трубопроводов высокого давления. Метод ультразвуковой дефектоскопии кованных заготовок.
17. ОСТ 25-01-163-85.	Сосуды многослойные рулонированные стальные высокого давления. Методика ультразвукового контроля сварных соединений.
18. ОСТ 26-11-03-86	Швы сварных соединений сосудов и аппаратов, работающих под давлением. Радиографический метод контроля.
19. ОСТ 26-2044-87.	Швы сварных соединений сосудов и аппаратов, работающих под давлением. Методика ультразвукового контроля.
20. ОСТ 26-2079-80.	Швы сварных соединений

сосудов и аппаратов, работающих под давлением. Выбор методов неразрушающего контроля.

21. РД 26-11-01-85.

Инструкция по контролю сварных соединений недоступных для проведения радиографического и ультразвукового контроля.

22. РД 24-201-07-90.

Швы сварных соединений сосудов и аппаратов из алюминия и его сплавов. Методика ультразвукового контроля.

23. РДИ 26-01-128-80.

Инструкция по ультразвуковому контролю стыковых сварных соединений химической аппаратуры из сталей аустенитного и аустенитно-ферритного классов с толщиной стенки от 8 до 30 мм.

24. РДИ 26-01-6-81.

Контроль неразрушающий. Швы сварных соединений сосудов и аппаратов, заголовка деталей сепараторов из титана и его сплавов. Методика контроля ультразвуковым эхо-методом.

25. РД 26-11-87.

Инструкция по акустическим методам контроля структуры и механических характеристик серых и высокопрочных чугунов.

26. ГОСТ 10243-75.

Сталь. Метод испытаний и оценка микроструктуры.

27. ГОСТ 8233-56.

Сталь. Эталоны микроструктуры.

28. ГОСТ 1778-70.

Сталь. Металлографические методы определения неметаллических включений.

29. ГОСТ 5639-82.

Стали и сплавы. Методы выявления и определения величины зерна.

30. ГОСТ 5640-68.	Сталь. Металлографический метод оценки микроструктуры листов и ленты.
31. ГОСТ 1763-68.	Сталь. Методы определения обезуглероженного слоя.
32. ГОСТ 11878-66.	Сталь аустенитная. Методы определения содержания альфа-фазы.
33. ГОСТ 21073.0-75.	Металлы цветные. Определение величины зерна. Общие требования.
34. ГОСТ 21073.1-75.	Металлы цветные. Определение величины зерна методом сравнения со шкалой микроструктур.
35. ГОСТ 25536-82.	Металлы. Масштабы изображений на фотоснимках при металлографических методах исследования.
36. ГОСТ 3647-80.	Материалы шлифовальные. Классификация. Зернистость и зерновой состав. Методы контроля.
37. ГОСТ 10054-82.	Шкурка шлифовальная бумажная водостойкая. Технические условия.
38. ГОСТ 6456-82.	Шкурка шлифовальная бумажная. Технические условия.
39. ГОСТ 13344-79.	Шкурка шлифовальная тканевая водостойкая. Технические условия.
40. ГОСТ 5009-82.	Шкурка шлифовальная тканевая. Технические условия.
41. ОСТ 26-1379-76.	Швы сварных соединений. Металлографический метод контроля основного металла и сварных соединений химнефтеаппаратуры
42. ГОСТ 16217-83.	Датчики силы тензорезисторные. Термины и определения.

43. ГОСТ 20420-75.	Тензорезисторы. Термины и определения.
44. ГОСТ ЭДІ 15077-84.	Датчики силоизмерительные тензорезисторные ГСП. Общие технические условия.
45. ГОСТ 21616-76.	Тензорезисторы. Общие технические условия.
46. ГОСТ 21615-76.	Тензорезисторы. Методы определения характеристик.
47. ГОСТ 9500-84.	Динамометры образцовые переносные. Общие технические требования.
48. ГОСТ 13837-79. К гл.3	Динамометры общего назначения. Технические условия.
1. ГОСТ 14249-89.	Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность.
2. ГОСТ 24755-89.	Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность укрепления отверстий.
3. ГОСТ 24756-81.	Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Определение расчетных усилий для аппаратов колонного типа от ветровых и сейсмических воздействий.
4. ГОСТ 24757-81.	Сосуды и аппараты. Аппараты колонного типа. Нормы и методы расчета на прочность.
5. ГОСТ 25215-82	Сосуды и аппараты высокого давления. Обечайки и днища. Нормы и методы расчета на прочность.
6. ГОСТ 25221-82.	Сосуды и аппараты. Днища и крышки сферические неотбортованные. Нормы и методы расчета на прочность.
7. ГОСТ 25859-83.	Сосуды и аппараты стальные. Нормы и методы

	расчета на прочность при малоцикловых нагрузках.
8. ГОСТ 25867-83.	Сосуды и аппараты. Сосуды с рубашками. Нормы и методы расчета на прочность
9. ГОСТ 26158-84.	Сосуды и аппараты из цветных металлов. Нормы и методы расчета на прочность. Общие требования.
10. ГОСТ 26159-84.	Сосуды и аппараты чугунные. Нормы и методы расчета на прочность. Общие требования.
11. ГОСТ 26202-84.	Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность обечаек и днищ от воздействия опорных нагрузок.
12. ГОСТ 26303-84.	Сосуды и аппараты высокого давления. Шпильки. Методы расчета на прочность.
13. ГОСТ 27691-88.	Сосуды и аппараты. Требования к форме представления расчетов на прочность, выполненных на ЭВМ.
14. ОСТ 26-1046-87.	Сосуды и аппараты высокого давления. Нормы и методы расчета на прочность.
15. ОСТ 26-1185-75	Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность элементов теплообменных аппаратов.
16. ОСТ 26-01-949-80	Сосуды и аппараты стальные эмалированные. Нормы и методы расчета на прочность.
17. ОСТ 26-01-1298-81.	Фланцы сосудов и аппаратов из титана. Конструкция и размеры. Нормы и методы расчета на прочность.
18. ОСТ 108.031.08-85.	Котлы стационарные и трубопроводы пара и горячей воды. Нормы расчета на прочность.

	Общие положения по обоснованию толщины стенки.
19. ОСТ 108.031.09-85.	Методы определения толщины стенки.
20. ОСТ 108.031.10-85.	Определение коэффициентов прочности.
21. РД 24.200.08-90.	Переходы конические, эллиптические и сферические сосудов и аппаратов. Нормы и методы расчета на прочность.
22. РД 24.200.17-90.	Сосуды и аппараты из титана. Нормы и методы расчета на прочность.
23. РД 24.201-11-90.	Сосуды и аппараты алюминиевые. Нормы и методы расчета на прочность укрепления отверстий при малоцикловых нагрузках.
24. РД 26-6-87.	Сосуды и аппараты стальные. Методы расчета на прочность с учетом смещения кромок сварных соединений, угловатости и некруглости обечаек.
25. РД 26-14-88.	Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Элементы теплообменных аппаратов.
26. РД 26-15-88.	Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность и герметичность фланцевых соединений.
27. РД 26-16-88.	Сосуды и аппараты. Методы расчет напряжений в месте пересечения патрубков с обечайками и днищами.
28. РД 26-11-05-85.	Сосуды и аппараты из двухслойной стали. Методы расчета на прочность.
29. РД 26-01-28-86.	Трубопроводы и аппараты высокого давления производств аммиака и

метанола. Марки стали и условия применения.

30. РТМ 26-01-83-76.

Сосуды и аппараты стальные сварные с неразъемными рубашками. Нормы и методы расчета на прочность.

31. РД 26-01-87-86.

Автоклавы. Методы расчета на прочность.

32. РД 26-02-96-83.

Днища и крышки плоские круглые с радиальными ребрами жесткости сосудов и аппаратов. Методы расчета на прочность.

33. РД 26-01-102-77.

Сосуды и аппараты из титана. Нормы и методы расчета укрепления отверстий при статических нагрузках.

34. РТМ 26-01-11-78.

Резервуары шаровые стальные сварные. Методы расчета на прочность.

35. РД РТМ 26-01-130-81.

Сосуды и аппараты, стальные сварные с рубашками из полутруб. Нормы и методы расчета на прочность.

36. РТМ 26-01-133-81.

Сосуды и аппараты из титановых сплавов. Нормы и методы расчета на прочность с учетом малоциклового нагружения.

37. РД РТМ 26-01-140-82.

Сосуды и аппараты алюминиевые. Нормы и методы расчета на прочность обечайки аппарата в месте крепления опор-лап и строповых устройств.

38. РД 26-01-149-84.

Сосуды и аппараты стальные сварные с рубашками из полутруб, расположенных вдоль образующих. Нормы и методы расчета на прочность.

39. РД 26-01-150-84.

Сосуды и аппараты алюминиевые. Метод

расчета сферических
неотбортованных нищ и
крышек.

40. РД 26-01-162-88.

Сосуды и аппараты из
цветных металлов. Нормы
и методы расчета на
прочность при
малоцикловых нагрузках.

41. РД 26-01-164-88.

Сосуды и аппараты
алюминиевые
горизонтальные,
устанавливаемые на
седловине опоры. Нормы и
методы расчета на
прочность.

42. РД 26-01-169-89.

Сосуды и аппараты. Нормы
и методы расчета на
прочность днищ в местах
крепления опор-стоек.

43. РД 36.13.004-86

Эксплуатация и ремонт
технологических
трубопроводов под
давлением до 10,0 МПа.

44. РТМ 108.031.111-80

Котлы стационарные
газотурбинные. Расчет на
прочность.

45. СН-529-80

Инструкция по
проектированию
технологических стальных
трубопроводов под
давлением до 10,0 МПа.

46. ГОСТ 9.908-85

ЕСЗКС. Металлы и сплавы.
Методы определения
показателей коррозии и
коррозионной стойкости.

47. ГОСТ 2265294-84

Соединения сварные.
Методы испытаний на
коррозионное
растрескивание.

48. ГОСТ 5632-72

Стали
высоколегированные и
сплавы коррозионно-
стойкие, жаростойкие и
жаропрочные. Марки.

49. ГОСТ 6032-89

Стали и сплавы
коррозионно-стойкие.
Методы испытания на
стойкость против
межкристаллической
коррозии.

50. ГОСТ 9908-85	Металлы и сплавы. Методы определения показателей коррозии и коррозионной стойкости.
51. ГОСТ 9.903-81	ЕСЗКС. Стали и сплавы высокопрочные. Методы ускоренных испытаний на коррозионное растрескивание.
52. РТМ 26-01-21-68	Методы коррозионных испытаний металлических материалов. Основные требования. Оценка результатов.
53. РТМ 26-01-38-70	Методы испытания нержавеющей сталей на коррозионное растрескивание.
54. РТМ 26-01-45-71	Методы испытаний склонности к коррозионному растрескиванию углеродистых и низколегированных сталей.
55.	Инструкция по определению скоростей коррозии металла стеною, корпусов сосудов и трубопроводов на предприятиях МНХП СССР, ВНИКТИНХО: Волгоград, 1983.

Приложение 8

ПОВЕРОЧНЫЙ РАСЧЕТ НА СОПРОТИВЛЕНИЕ ХРУПКОМУ РАЗРУШЕНИЮ

1. КОЭФФИЦИЕНТ ИНТЕНСИВНОСТИ НАПРЯЖЕНИЙ

1.1. Коэффициент интенсивности напряжений для выбранных расчетных трещин определяют аналитически, численно или экспериментально в соответствии с положениями Государственных или отраслевых стандартов или по апробированным методикам.

1.2. Коэффициент интенсивности напряжений, МПа $m^{1/2}$, для цилиндрических, сферических, конических, эллиптических, плоских элементов, нагружаемых

внутренним давлением и температурными воздействиями, допускается определять по формуле

, / П 8.1/

где — коэффициент, учитывающий влияние концентрации напряжений;

— составляющая напряжений растяжения, МПа;

— составляющая изгибных напряжений, МПа;

;

a — глубина трещины, мм;

c — полудлина трещины, мм;

h — длина зоны, в пределах которой составляющая изгибных напряжений сохраняет положительное значение, мм,

/ П 8.2/

Формула справедлива при $a \leq 0,25S$ и $a/c \leq 2/3$, где S — толщина стенки изделия.

При расчете зон, где отсутствует концентрация напряжений, принимают $\sigma = 1$.

2. ДОПУСКАЕМЫЕ ЗНАЧЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТОВ ИНТЕНСИВНОСТИ НАПРЯЖЕНИЙ

2.1. Допускаемые значения коэффициентов интенсивности напряжений зависят от приведенной температуры $[T-T_k]$. Зависимость $[K]$ от $[T-T_k]$ получают как огибающую двух кривых, определяемых по исходной температурной зависимости K_{Ic} . Одну из этих кривых получают делением ординат исходной кривой вдоль оси абсцисс на значение температурного запаса DT .

Принимают:

для нормальных условий эксплуатации $i=2/ n_k=1,5, DT=30^\circ C$;

при нарушении нормальных условий эксплуатации

$i=2/ n_k=1,5, DT=30^\circ C$;

для аварийных ситуаций

$i=3/ n_k=1, DT=0^\circ C$.

2.2. Исходные температурные зависимости K_{Ic} принимают по данным, полученным при испытаниях в соответствии с ГОСТ 25.50685, либо по данным, приведенным в соответствующих аттестационных отчетах по материалу, если возможно подтверждение того, что взаимодействие материала с рабочей средой не приводит к снижению характеристик сопротивления хрупкому разрушению ниже гарантируемого в упомянутом отчете уровня.

2.3. Для сталей перлитного класса и высокохромистых сталей и их сварных соединений с пределом текучести при температуре $20^\circ C$ не превышающем 600 МПа /60 кгс/мм²/, можно использовать обобщенные кривые допускаемых коэффициентов интенсивности напряжений, приведенные на рисунке П 8.1.

3. КРИТИЧЕСКАЯ ТЕМПЕРАТУРА ХРУПКОСТИ

3.1. Критическую температуру хрупкости материала определяют по формуле
,/П 8.3/

где — критическая температура хрупкости материала в исходном состоянии;

— сдвиг критической температуры хрупкости вследствие температурного старения;

— сдвиг критической температуры хрупкости вследствие циклической повреждаемости.

Обобщенные зависимости допускаемых коэффициентов интенсивности напряжений

1 — нормальные условия эксплуатации, $\beta_1 = 13 + 18e^{0,02(T-T_k)}$

2 — нарушение нормальных условий эксплуатации и гидравлические / пневматические/ испытания, $\beta_2 = 17 + 24e^{0,018(T-T_k)}$

3 — аварийная ситуация, $\beta_3 = 26 + 36e^{0,02(T-T_k)}$

Рис. П 8.1

3.2. Значение , , принимают по данным, полученным в результате исследований, данным соответствующих аттестационных отчетов по материалам, данным технических условий на материалы.

Методики определения , , должны соответствовать государственным стандартам.

3.3. Допускается определять значения DTN по формуле

,/П 8.4/

где — число циклов нагружения при i-м режиме эксплуатации;

— допускаемое число циклов для i-го режима эксплуатаций;

— число режимов.

4. РАСЧЕТ ПРИ НОРМАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ ЭКСПЛУАТАЦИИ

4.1. Сопротивление хрупкому разрушению следует считать обеспеченным, если выполняется условие /П 8.5/

При определении в качестве расчетного дефекта принимают поверхностную полуэллиптическую трещину глубиной $a = 0,25S$ с соотношением $a/c = 2/3$. Размер h допускается принимать равным $0,5S$. Размеры расчетного дефекта уточняются специализированной организацией.

Тогда формула для определения принимает вид

,/П 8.6/

где и в МПа; S в мм; в МПа.м^{1/2}.

4.2. Коэффициент для зон перехода жесткостей /соединение фланцев с цилиндрической частью корпуса, галтели и др/ определяют по формулам:

при $0 \leq S/R \leq 5$

, /П 8.7/

при $S/R > 5$

/П 8.8/

В формулах /П 8.7/ R — радиус кривизны концентратора в рассчитываемом сечении;
— теоретический коэффициент концентрации напряжений /допускается принимать равным значению при растяжении/.

При $S/R > 5$ принимают $\sigma =$.

4.3. Коэффициент для зон отверстий /присоединения патрубков, штуцеров, труб/ определяют по формулам:

при $S/R_1 \leq 0,8$

; /П 8.9/

при $S/R_1 > 0,8$

, /П 8.10/

где R_1 — радиус отверстия.

4.4. Для определенного значения температуры T с учетом значений критической температуры хрупкости T_k определяют приведенную температуру $(T-T_k)$ и по температурной зависимости

$K_1 =$

/рис. П 8.1/ устанавливают значение K_1 . Значения K_1 , полученные по формуле /П 8.6/, сравнивают с определенными значениями K_1 и проверяют выполнение условия /П 8.5/.

4.5 Расчет требуется проводить только до приведенной температуры $(T-T_k)^*$, наибольшее значение которой на графике $K_1 =$ соответствует значению определяемому по формуле

$K_1^* = 0,35$, /П 8.11/

где σ в МПа, S в мм, K_1^* в МПа $\times$ мм $^{1/2}$.

Приложение 9

ФОРМА ТИТУЛЬНОГО ЛИСТА

/полное наименование организации,

выдавшей техническое заключение/

УТВЕРЖДАЮ

/руководитель
организации, выдавшей
заключение/

“ ____ ” _____ 199_г.

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАКЛЮЧЕНИЕ
по результатам комплексного обследования

/наименование оборудования, заводской номер,

регистрационный номер, технологическая

позиция, наименование установки,

наименование предприятия-владельца

оборудования/

/должность/

/ Личная подпись /Ф.И.О./

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании проведенных исследований и расчетов _____

/наименование оборудования, регистрационный номер, технологическая позиция,

наименование установки, наименование предприятия-владельца оборудования/
может быть допущено к дальнейшей эксплуатации на технологические
параметры _____

/параметры, на которых может эксплуатироваться оборудование/

Возможный срок дальнейшей эксплуатации _____

/срок эксплуатации/

при условии соблюдения действующих правил органов Государственного надзора.

Дополнительно в процессе эксплуатации _____

/наименование оборудования./

необходимо _____

/перечислять мероприятия, выполнение которых необходимо при

эксплуатации, если таковые необходимы/

По истечении указанного срока эксплуатации необходимо снова выполнять оценку остаточного ресурса _____

/наименование оборудования/

Приложение 10

УТВЕРЖДАЮ

Главный инженер

предприятия-владельца

подпись Ф.И.О.

“ ____ ” _____ 199__ г.

АКТ

На основании проведенных _____

/наименование организации/

исследований по теме _____

/название работ/

и сделанного заключения об эксплуатационных возможностях _____

/наименование аппарата, заводской и регистрационный номеру годы изготовления

и ввода в эксплуатацию, время наработки, наименование установки, наименование

предприятия-владельца/

может быть допущен к дальнейшей эксплуатации при следующих рабочих параметрах_____

/параметры, при которых может эксплуатироваться аппарат/

до _____

/срок эксплуатации/

_____	Личная подпись_____
/должность/	Ф.И.О.
_____	_____

СОДЕРЖАНИЕ

1. Общие положения
2. Основные работы, выполняемые при обследовании оборудования
 - 2.1. Изучение технической и эксплуатационной документации.
 - 2.2. Визуальный осмотр
 - 2.3. Толщинометрия несущих элементов конструкции
 - 2.4. Испытания на твердость
 - 2.5. Дефектоскопия
 - 2.6. Микроструктурные исследования
 - 2.7. Определение химического состава
 - 2.8. Определение механических характеристик металла
 - 2.9. Экспериментальное определение напряжений, деформаций, перемещений и усилий
3. Проверка прочности сосудов расчетом
 - 3.1. Общие положения
 - 3.2. Оценка прочности сосудов
 - 3.3. Оценка остаточной работоспособности сосудов
4. Оформление результатов обследования
5. Требования техники безопасности