

УДК 66-5

**МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРТИЗЫ ПРОМЫШЛЕННОЙ
БЕЗОПАСНОСТИ КОНТЕЙНЕРОВ ДЛЯ ТРАНСПОРТИРОВКИ
И ХРАНЕНИЯ ХЛОРА С ЦЕЛЬЮ ПРОДЛЕНИЯ СРОКА
ИХ БЕЗОПАСНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ**

Архипов Виталий Владимирович
ведущий инженер

Бойко Алексей Николаевич
ведущий инженер

Колесов Андрей Александрович
ведущий инженер

Евстафьев Владимир Геннадьевич
ведущий инженер

Семенов Роман Александрович
ведущий инженер

Перминов Андрей Юрьевич
ведущий инженер

ООО «Центр испытаний, оценки соответствия и экспертиз», Волгоград

author@apriori-journal.ru

Аннотация. Специалистами экспертной организации разработана и предложена к применению методика проведения экспертизы промышленной безопасности, с целью продления срока безопасной эксплуатации контейнеров для транспортировки и хранения хлора.

Ключевые слова: методика; экспертиза; контейнеры; хлор.

**TECHNIQUE EXPERTIZE OF INDUSTRIAL SAFETY OF CONTAINERS
FOR TRANSPORTATION AND STORAGE OF CHLORINE FOR THE PUR-
POSE OF EXTENSION OF TERM OF THEIR SAFE OPERATION**

Arkhipov Vitaly Vladimirovich
senior engineer

Boyko Alexey Nikolaevich
senior engineer

Kolesov Andrey Aleksandrovich
senior engineer

Evstafyev Vladimir Gennadievich
senior engineer

Semyonov Roman Aleksandrovich
senior engineer

Perminov Andrei Yurievich
senior engineer

«Center for testing, conformity assessment and expertise» LLC, Volgograd

Abstract. Specialists expert organization developed and proposed to use the methodology of industrial safety expertise, with a view to extension of the period of safe operation of containers for transporting and storing chlorine.

Key words: methodology; expertise; containers; chlorine.

На основании опыта проведения экспертизы промышленной безопасности технических устройств, и в соответствии с требованиями нормативной документации, специалистами экспертной организации разработана Методика. Методика проведения экспертизы промышленной безопасности, с целью продления срока безопасной эксплуатации контейнеров для транспортировки и хранения хлора определяет необходимый объём работ и порядок проведения экспертного технического диагностирования, критерии оценки работоспособности контейнеров отечественного и зарубежного производства, изготовленных из низколегированных сталей и работающих под давлением.

Методика разработана в соответствии с требованиями и с учетом следующих документов:

Федеральный закон «О промышленной безопасности опасных производственных объектов»;

Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила проведения экспертизы промышленной безопасности», утверждены приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 14.11.2013 г. № 538;

Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила промышленной безопасности опасных производственных объектов, на которых используется оборудование, работающее под избыточным давлением», утверждены приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 25.03.2014 г. № 116;

Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности производств хлора и хлорсодержащих сред», утверждены приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 20.11.2013 г. № 554;

Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Порядок осуществления экспертизы промышленной безопасно-

сти в химической, нефтехимической и нефтеперерабатывающей промышленности», утвержден приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 15.10.2012 г. № 584;

РД 03-421-01. Методические указания по проведению диагностирования технического состояния и определению остаточного срока службы сосудов и аппаратов;

ДиОР-05. Методика диагностирования технического состояния и определения остаточного ресурса технологического оборудования нефтеперерабатывающих, нефтехимических и химических производств.

Экспертиза промышленной безопасности с целью продления срока безопасной эксплуатации контейнеров для транспортировки и хранения хлора проводится в следующих случаях:

если контейнеры, отработали в среде хлора назначенный срок службы или ресурс, но не более 10 лет;

после проведения работ, связанных с изменением конструкции, заменой материала несущих элементов, либо восстановительного ремонта после аварии или инцидента на опасном производственном объекте, в результате которых контейнер был повреждён;

по истечении срока, установленного по результатам предыдущего заключения экспертизы промышленной безопасности.

Общие положения

Экспертиза промышленной безопасности (ЭПБ) контейнеров для транспортировки и хранения хлора проводится с целью определения возможности, срока и условий их дальнейшей эксплуатации.

Экспертиза промышленной безопасности контейнеров для транспортировки и хранения хлора выполняется сторонней специализированной экспертной организацией, имеющей лицензию Ростехнадзора на право осуществления деятельности по проведению экспертизы про-

мышленной безопасности (проведению экспертизы технических устройств, применяемых на опасном производственном объекте) и проводится экспертами аттестованными в области проведения экспертизы промышленной безопасности и технического диагностирования соответствующих объектов (п. 2.4.12.) Цистерны, контейнеры (бочки), баллоны для взрывопожароопасных и химически опасных веществ и п. 2.4.31. Цистерны и спецконтейнеры для перевозки сжиженных токсичных газов).

Для определения технического состояния, возможности продления срока и определения условий дальнейшей безопасной эксплуатации контейнеров в рамках ЭПБ проводится техническое диагностирование контейнеров (далее – экспертное техническое диагностирование).

Экспертиза промышленной безопасности проводится специалистами под руководством эксперта(-ов) Единой системы оценки соответствия на объектах, подконтрольных Ростехнадзору, назначенными приказом по экспертной организации.

Экспертиза промышленной безопасности и экспертное техническое диагностирование контейнеров для транспортировки и хранения хлора проводится специалистами, аттестованными в установленном порядке.

Экспертное техническое диагностирование контейнеров для транспортировки и хранения хлора проводится с использованием поверенных в установленном порядке приборов и аппаратуры.

Подготовка контейнеров к техническому диагностированию (в том числе и зачистка поверхности под контроль неразрушающими методами) производится согласно стандартам и руководством по ремонту эксплуатирующей организации.

Перед проведением диагностирования контейнеры для сжиженного хлора должны быть опорожнены и подвергнуты следующим подготовительным операциям:

вакуумированию;

промывке;

просушке;

зачистке сварных швов, околошовных зон, нижнего и верхнего днища, бобышки, мест, подверженных коррозии, мест приварки строповых устройств и их самих, мест приварки бандажных колец и мест для замеров толщины и твердости согласно соответствующим схемам настоящей «Методики...»;

табличка с паспортными данными должна быть зачищена и покрыта бесцветным лаком.

Дефекты, выявленные при техническом диагностировании контейнера, должны быть отмечены на схеме контейнера и на его стенке.

Экспертиза промышленной безопасности и экспертное техническое диагностирование контейнеров производится в следующей последовательности:

- наружный и внутренний осмотры, визуально-измерительный контроль;*
- контроль веса и вместимости;*
- измерение толщины стенок и твердости;*
- гидравлическое испытание и акустико-эмиссионный контроль;*
- при неудовлетворительных результатах осмотра и/или АЭК – дополнительный контроль неразрушающими методами – УЗК и/или ЦД для уточнения вида дефекта;*
- при неудовлетворительных результатах измерения твердости и/или по указанию эксперта, руководящего диагностированием – исследование физико-механических свойств металла;*
- прогнозирование и назначение остаточного ресурса;*
- оформление и утверждение Заключения промышленной безопасности.*

Техническое диагностирование контейнеров Наружный и внутренний осмотры, визуально-измерительный контроль

Наружный и внутренний осмотры контейнеров, включающие визуально-измерительный контроль, проводятся в соответствии с ФНП в области промышленной безопасности «Правила безопасности производств хлора и хлорсодержащих сред», утверждены приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 20.11.2013 г. № 554, РД 03-421-01. Подготовка контейнеров к проведению наружного и внутреннего осмотров осуществляется в соответствии со стандартами и руководством по ремонту эксплуатирующей организации.

К проведению наружного и внутреннего осмотров, визуально-измерительного контроля допускаются сотрудники специализированной экспертной организации, подготовленные и аттестованные в установленном порядке.

До проведения визуально-измерительного контроля контейнера необходимо убедиться в том, что:

проведено вакуумирование контейнера;

проведена тщательная очистка внутренней и наружной поверхности;

качество зачистки поверхностей соответствует требованиям методов контроля, включенных в программу обследования.

Наружный осмотр

Наружный осмотр производится на специально оборудованных площадках (стеллажах) с освещением не менее 750 лк.

При наружном осмотре следует обратить внимание на:

наличие маркировки контейнера – при невозможности прочтения

клейма на контейнере дальнейшая его эксплуатация запрещается;

состояние строповых устройств – обрывы не допускаются;

общую геометрию контейнера, наличие повреждений поверхности, связанных с транспортировкой или неправильной эксплуатацией (трещины, вмятины, изменения формы);

наличие язвенной коррозии: допускаются одиночные коррозионные язвы, эрозионные повреждения и другие дефекты нетрещиноподобного вида глубиной менее 1,5 мм и протяженностью не более 20 мм; скопления коррозионных язв глубиной не более 1,0 мм и цепочки язв глубиной не более 0,5 мм при максимальной протяженности язвенного участка поверхности не более 180 мм. Одиночными считаются дефекты, кратчайшее расстояние между которыми составляет не менее 180 мм;

исправность запорной арматуры – неисправная запорная арматура не допускается;

механические повреждения верхней или нижней юбки – повреждения не должны снижать доступ к рукояткам вентиляей;

состояние бандажных колец – бандажные кольца не должны иметь трещин и отрывов от корпуса;

состояние сварных соединений – сварные соединения не должны иметь наружных дефектов (трещин, пор, кратеров, свищей, подрезов, наплывов);

состояние сифонных трубок – сифонные трубки проверяются после снятия штуцеров; не допускаются непровары и трещины в сварном шве приварки трубки к штуцеру, язвенная коррозия стенок сифонных трубок.

Внутренний осмотр

Для внутреннего осмотра необходимо снять один из фланцев. Осмотр проводить с использованием технических эндоскопов.

При внутреннем осмотре обратить внимание на:
отсутствие посторонних предметов и веществ;
посторонние примеси (вода, загрязнения, окалина и пр.) и предметы
– требуют удаления с последующей промывкой и сушкой;
отсутствие трещин – трещины не допускаются;
наличие язвенной коррозии – требования допустимости язвенной
коррозии те же, что и при наружном осмотре;
наличие коррозии по линии раздела фаз – требования допустимо-
сти те же что и для язвенной коррозии;
сварные швы – они не должны иметь дефектов, характерных для
корня шва (трещин, подрезов и непроваров в корне, вогнутости корня).

Измерение отклонений размеров корпуса контейнера

Операция выполняется при наличии повреждений корпуса. Допустимые отклонения в размерах корпуса составляют:

отклонение наружного диаметра от номинального размера – не более ± 1 % т.е. не более $\pm 8,13$ мм;

относительная овальность корпуса - не более 1,5 %;

отклонение от прямолинейности образующей цилиндрической части – не более 0,5 % ее длины;

наибольший размер вмятин или выпучин на корпусе – не более 200 мм, причем максимальный относительный прогиб – не более 5 % от наибольшего размера вмятины, но не более 5 мм по абсолютной величине.

Решение по допустимости выявленных вмятин или выпучин на корпусе может быть принято по результатам расчетов по «Методике расчета и оценки допустимости деформаций (вмятин) на корпусе контейнера для сжиженного хлора при его техническом диагностировании».

Измерение геометрических размеров корпуса контейнера выполняется измерительными скобами, линейками и штангенциркулем.

Результаты наружного и внутреннего осмотров, визуально-измерительного контроля оформляются Протоколом.

Контроль веса и вместимости

Контрольное взвешивание контейнера производится для определения фактической массы порожней тары (нетто) и выявления отклонения ее от исходных данных.

Проверка вместимости (внутреннего объема) контейнера производится путем заполнения его водой и последующим взвешиванием. Из полученной массы вычитают массу нетто, полученную при контрольном взвешивании. Масса воды в кг численно равна объему в дм.

При изменении (увеличении или уменьшении) массы или вместимости контейнера на величину, большую погрешности измерения весов, причина изменения массы или вместимости должна быть выявлена в текущем техническом диагностировании.

Результаты контрольного взвешивания и проверки вместимости оформляются Протоколом и отмечаются на корпусе контейнера.

Измерение твердости

Измерение твердости проводится в соответствии с положениями ГОСТ 9012-59 и раздела 3.6.6 РД 03-421-01 для неразрушающей оценки механических свойств металла, бывшего в эксплуатации.

Замер твердости выполняется переносными приборами отечественного или зарубежного производства с малой энергией удара.

Зачистку площадок для измерения твердости рекомендуется производить шлифовальными машинами. Размер площадок определяется исходя из конструкции инденторов твердомера. Оптимальный размер

50x50 мм. Глубина вышлифовки должна быть в пределах 0,5 мм. Чистота поверхности должна быть не хуже Ra 6,3.

Измерению твердости подвергаются основной металл, и наплавленный металл сварных соединений каждого несущего элемента корпуса приведена на Рис. 2. В каждой точке (шов, зона термического влияния, основной металл) производится не менее трех замеров; в протокол заносятся минимальные, максимальные и средние значения твердости.

Допустимые значения твердости металла контейнера из сталей 09Г2С, 18Г2А – N составляют:

основной металл 120-180 НВ, металл шва и зоны термического влияния – не более 225 НВ.

В случае получения результатов измерения твердости, не соответствующих требованиям стандартов, производится не менее двух дополнительных замеров на расстоянии 20-50 мм от точек, показавших неудовлетворительный результат. При подтверждении полученного значения твердости производится выявление размеров участка или длины шва с отклонениями по твердости.

Временное сопротивление и предел текучести могут быть определены с помощью переносных твердомеров по ГОСТ 22761-77 и ГОСТ 22762-79.

При неудовлетворительных результатах измерения твердости и/или по указанию эксперта, руководящего диагностированием может быть назначено исследование физико-механических свойств металла или иные мероприятия.

Результаты замера твердости оформляются Протоколом.

Измерение толщины стенок

Измерение толщины стенок проводится в соответствии с положениями раздела 3.6.4 РД 03-421-01 «Методические указания по проведению

диагностирования технического состояния и определению остаточного срока службы сосудов и аппаратов». Объем замеров толщины стенок определяется данным документом и результатами визуально-измерительного контроля. Схема расположения точек замера толщины приведена на рис. 1.

Измерение толщины стенок производится специалистами, аттестованными не ниже II уровня квалификации по ультразвуковому методу контроля, с использованием ультразвуковых импульсных толщиномеров.

Для проведения замеров на корпусе в соответствии со схемой до металлического блеска зачищаются участки диаметром около 15 мм. Технология измерения толщины ультразвуковыми толщиномерами принимается в соответствии с инструкцией к прибору.

Отбраковочные значения толщины стенки элементов контейнеров сжиженного хлора объемом 800 дм³ из сталей 09Г2С, 18Г2А – N составляют:

обечайка: 7,0 мм;
днище: 6,0 мм;
фланец: 34,0 мм.

Результаты замера толщины стенки контейнера оформляются Протоколом.

Гидравлическое испытание и акустико-эмиссионный контроль

Гидравлическое испытание контейнеров сопровождается акустико-эмиссионным контролем (АЭК) и проводится согласно ФНП в области промышленной безопасности «Правила промышленной безопасности опасных производственных объектов, на которых используется оборудование, работающее под избыточным давлением», утверждены приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 25.03.2014 г. № 116 и ПБ 03-593-03 «Правила организации и

проведения акустико-эмиссионного контроля сосудов, аппаратов, котлов и технологических трубопроводов» с соблюдением всех требований к технике безопасности работ, определяемых этими документами.

Гидравлическое испытание и АЭК проводятся при условии получения положительных заключений по визуально-измерительному контролю, измерениям толщины и твердости.

Гидравлическое испытание проводится по программе нагружения для акустико-эмиссионного контроля.

Гидравлическое испытание и АЭК контейнеров проводятся на специальном стенде. Стенд должен содержать станцию нагружения, систему гибких трубопроводов с элементами подсоединения с испытуемым контейнером, двумя поверенными манометрами с ценой деления шкалы не более 0,05 МПа, аппаратуру для акустико-эмиссионного контроля. Пробное давление должно составлять 2,1 МПа.

АЭК выполняется аттестованными специалистами не ниже II уровня квалификации по акустико-эмиссионному контролю.

АЭК Проводится в соответствии с требованиями ПБ 03-593-03 и техническими особенностями используемой АЭ-аппаратуры.

При Использовании многоканальной АЭ-системы допускается одновременное испытание нескольких контейнеров от одного нагружающего устройства.

Контейнер считается выдержавшим испытания при положительных результатах акустико-эмиссионного контроля, и если в процессе испытания и выдержки под испытательным давлением не было зафиксировано:

падения давления по манометру;

течи, трещин, слезок, потения в сварных соединениях и на основном металле;

течи в разъемных соединениях;

видимых остаточных деформаций.

Результаты АЭК и гидравлического испытания оформляются Заключением и Протоколом по акустико-эмиссионному контролю, Протоколом о проведении гидравлического испытания.

Контроль неразрушающими методами

Неразрушающий контроль контейнеров для сжиженного хлора проводится в соответствии с положениями раздела 3.6 РД 03-421-01 «Методические указания по проведению диагностирования технического состояния и определению остаточного срока службы сосудов и аппаратов».

Из неразрушающих методов контроля при обследовании контейнеров для сжиженного хлора используются:

ультразвуковая дефектоскопия (УЗК);

капиллярная (цветная) дефектоскопия (ЦД);

акустико-эмиссионный контроль (порядок применения определен разделом 2.5).

Ультразвуковая дефектоскопия применяется при контроле продольного шва на обечайке и кольцевых стыковых сварных соединений днищ с обечайкой для выявления внутренних дефектов сварных соединений в виде трещин, непроваров, пор и неметаллических включений. Объем и места ультразвуковой дефектоскопии определяются экспертом, проводящим диагностирование, в зависимости от результатов визуально-измерительного и АЭК.

Для проведения ультразвуковой дефектоскопии следует использовать ультразвуковые дефектоскопы с АРД – шкалами.

При ультразвуковом контроле необходимо руководствоваться ОСТ 26-2044-83 и РДИ 38.18.016-94. Для контейнеров с толщиной стенки 10 мм оптимальным является применение эхо-импульсного метода с использованием совмещенных преобразователей с углом ввода 70° и частотой 4 МГц.

При оценке допустимости выявленных несплошностей необходимо пользоваться данными таблицы 6 и положениями раздела 6 РДИ 38.18.016-94:

предельная чувствительность при контроле сварных соединений контейнеров составляет 2 мм²;

условная протяженность цепочки точечных несплошностей не должна превышать 15 мм на участке 100 мм.

По результатам ультразвукового контроля сварных соединений контейнера составляется Заключение. Сокращенная запись результатов контроля должна соответствовать ГОСТ 14782-86.

Капиллярный (цветной) метод НК применяется для контроля сварных швов вварки бобышек и основного металла, по границам вмятин или мест повышенной акустико-эмиссионной активности. Объем и места контроля капиллярным методом определяются экспертом, проводящим диагностирование, в зависимости от результатов визуально-измерительного и АЭК.

Контроль контейнеров производится на площадках или стеллажах с естественным или искусственным освещением с освещенностью не менее 750 лк.

К контролю капиллярным методом контейнеров допускаются все типы дефектоскопических наборов, обеспечивающих второй класс чувствительности по ГОСТ 18442-80.

При проведении капиллярного метода контроля необходимо руководствоваться требованиями ОСТ 26-5-88 или инструкции РДИ 38.18.019-95. Нормы допустимости поверхностных дефектов для сварных соединений и основного металла принимаются согласно таблице 6.1 РДИ 38.18.019-95:

трещины всех видов и направлений – не допускаются;

отдельные поры и включения – допускаются, если размер индикаторного следа составляет менее 2,0 мм и регистрируется не более

3-х дефектов на 100 мм сварного соединения или на участок основного металла размером 100x100 мм.

По результатам контроля капиллярным методом составляется Заключение. Условные обозначения для записи вида дефектов и технологии контроля при оформлении результатов контроля должны соответствовать ГОСТ 18442-80.

Расположение участков УЗК и ЦД с привязкой к основным размерам элементов сосуда приводятся на прилагаемой к Заключению схеме.

Прогнозирование и назначение остаточного ресурса контейнеров

Прогнозирование остаточного ресурса производится только для контейнеров, техническое состояние которых по результатам технического диагностирования оценивается как удовлетворительное, т.е. в ходе обследования не выявлено указанных выше браковочных признаков.

Прогнозирование остаточного ресурса контейнеров осуществляется по установленному доминирующему механизму повреждения, для контейнеров – это коррозионный износ.

Оценка прогнозируемого остаточного ресурса основных несущих элементов контейнера выполняется по формуле:

$$T = \frac{S_{\phi} - S_{отб}}{a}$$

где:

T – расчетный ресурс, годы;

S_{ϕ} – минимальное значение толщины стенки элемента сосуда на момент проведения диагностирования, мм;

$S_{отб}$ – принятая отбраковочная толщина стенки основного несущего элемента контейнера;

a – скорость коррозии, принимается равной 0,1 мм/год.

В качестве прогнозируемого остаточного ресурса работоспособности контейнера принимается минимальное из полученных расчетных

значений для основных несущих элементов оборудования.

По результатам расчетов прогнозируемого остаточного ресурса и с учетом результатов технического диагностирования эксперт назначает величину остаточного ресурса работоспособности.

Результаты расчетов прогнозируемого остаточного ресурса и величина назначенного остаточного ресурса оформляются Заключением.

По истечении назначенного ресурса для оценки возможности дальнейшей эксплуатации контейнера необходимо выполнить полный комплекс операций по экспертизе его технического состояния в соответствии с настоящей «Методикой...»

Заключение экспертизы промышленной безопасности

Заключение экспертизы промышленной безопасности о продлении срока безопасной эксплуатации контейнеров для транспортировки и хранения хлора оформляется в соответствии с положениями ФНП в области промышленной безопасности «Правила проведения экспертизы промышленной безопасности», утверждены приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 14.11.2013 г. № 538 и РД 03 – 484-02.

Заключение экспертизы промышленной безопасности о продлении срока безопасной эксплуатации контейнера может быть выдано специализированной экспертной организацией, имеющей лицензию Ростехнадзора на право осуществления деятельности по проведению экспертизы промышленной безопасности.

Заключение выдается на основании результатов выполненных работ в соответствии с настоящей «Методикой...» и включает:

Протокол внутреннего и внешнего осмотра, визуально-измерительного контроля;

Протокол результатов контроля массы и вместимости контейнера;

Протокол измерения толщины стенок;

Протокол измерения твердости;

Заключение и Протокол по результатам акустико-эмиссионного контроля;

Протокол по результатам гидравлического испытания;

Заключение по результатам ультразвуковой дефектоскопии (при проведении контроля);

Заключение по результатам контроля капиллярным методом (при проведении контроля);

Заключение по расчету остаточного ресурса работоспособности контейнера;

Другие документы (при необходимости).

В соответствии с результатами экспертного технического диагностирования в Заключении формулируется вывод о соответствии контейнера требованиям НД, определяются установленные сроки безопасной эксплуатации, требования технической документации, регламентирующие ее, а также сроки последующего технического освидетельствования.

Заключение подписывается специалистами, проводившими техническое диагностирование, утверждается руководителем организации, проводящей экспертизу промышленной безопасности.

Техника безопасности при проведении работ

Хлор является токсичным веществом 2-го класса опасности (по ГОСТ 12.1.005-88 ПДК в рабочей зоне 1 мг/м^3), поэтому вопросам обеспечения безопасности при диагностировании контейнеров для транспортировки и хранения хлора должно уделяться особое внимание.

Доступ к контейнерам специалистов, проводящих диагностирование, для осмотра, выполнения неразрушающего контроля и других работ определяется положениями ФНП в области промышленной безопасно-

сти «Правила промышленной безопасности опасных производственных объектов, на которых используется оборудование, работающее под избыточным давлением», утверждены приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 25.03.2014 г. № 116, ФНП в области промышленной безопасности «Правила безопасности производств хлора и хлорсодержащих сред», утверждены приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 20.11.2013 г. № 554.

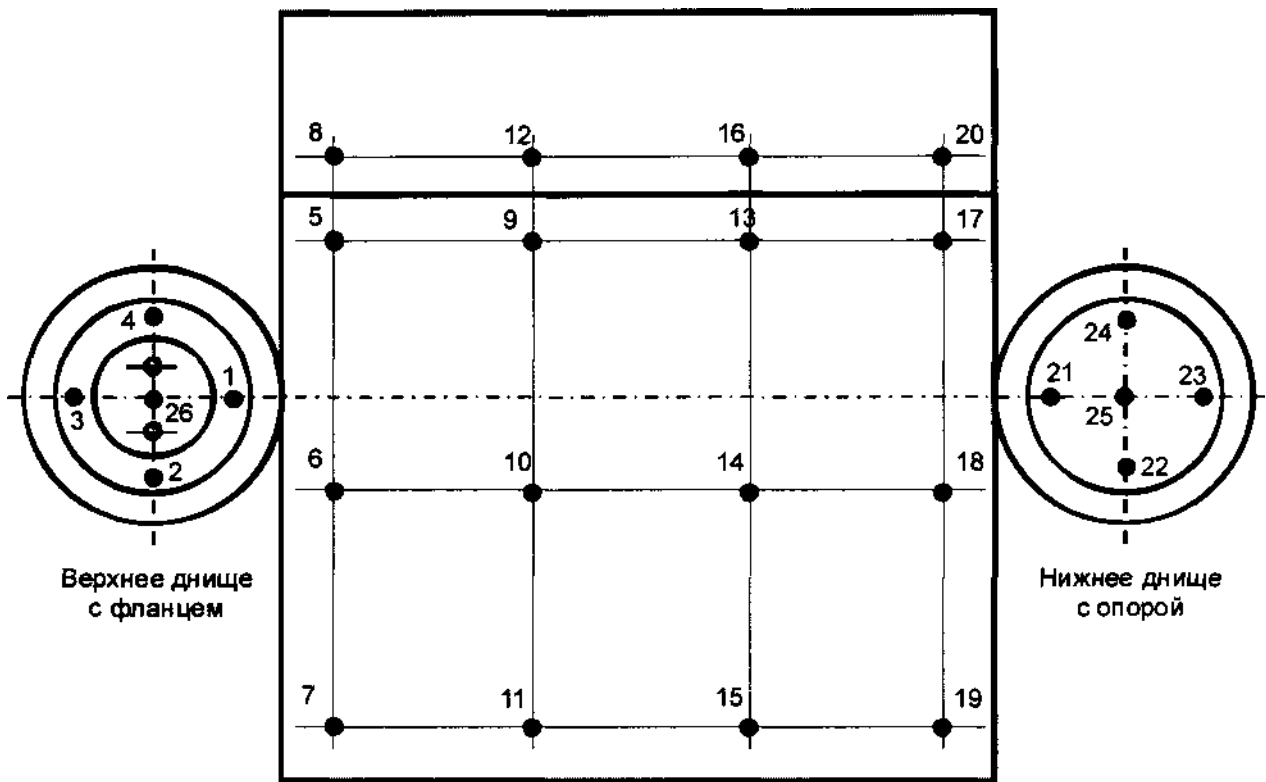
При подготовке и проведении работ по экспертизе технического состояния контейнеров необходимо строго выполнять общие требования по безопасному проведению работ, требования безопасности, относящиеся к конкретным видам выполняемых работ и требования ФНП в области промышленной безопасности «Правила безопасности производств хлора и хлорсодержащих сред», утверждены приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 20.11.2013 г. № 554.

При проведении диагностирования контейнеров должны соблюдаться требования безопасности и охраны труда, действующие в эксплуатирующей организации. Персонал, проводящий работы по диагностированию, должен быть в установленном порядке обучен, аттестован и проинструктирован по технике безопасности.

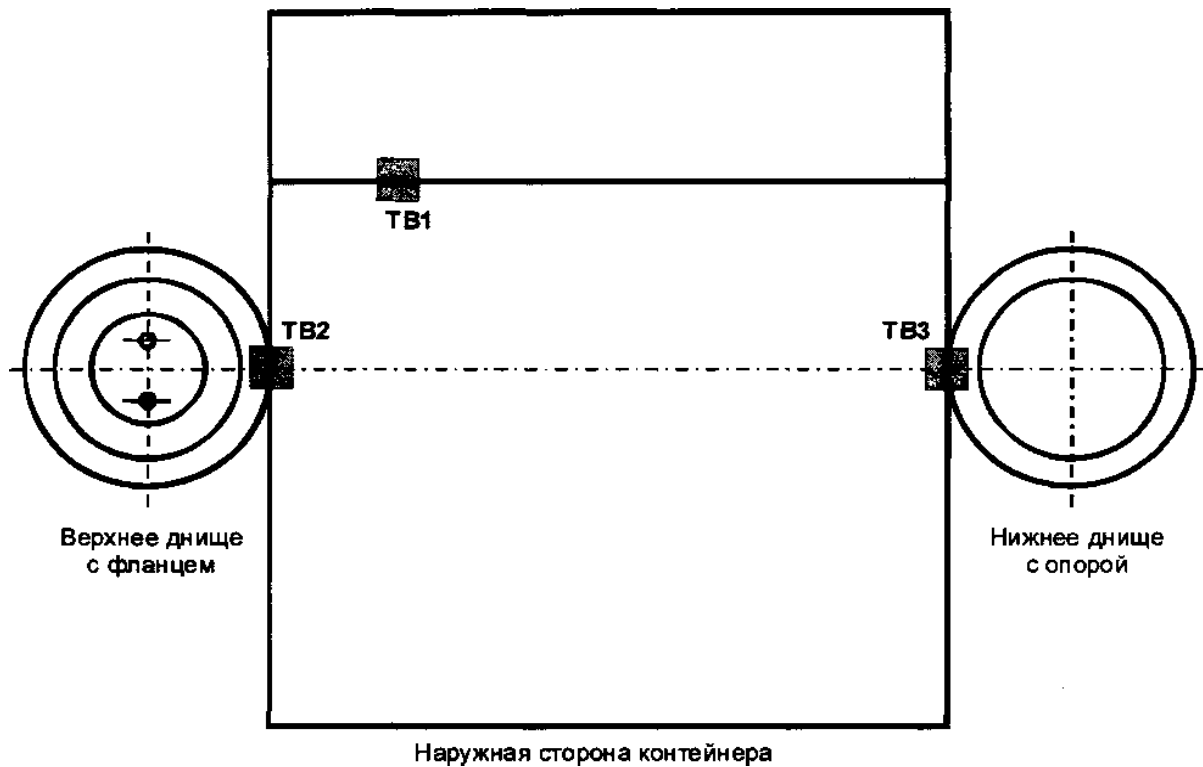
Расчет на прочность Определение допускаемых напряжений

Экспертному техническому диагностированию подвергаются контейнеры сжиженного хлора российского и польского производства, выполненные из сталей 09Г2С и 18G2A-N (аналог – 09Г2С), соответственно.

В Таблице 1, приведены фактические минимальные значения механических характеристик металла (пределы прочности и временного



Наружная сторона контейнера
 ● 1-26 Места замера толщины стенки элементов контейнера
Рис. 1 Схема замеров толщины стенки элементов контейнера



■ ТВ1-ТВ3 Места замера твердости (основной металл, зона термического влияния, шов)

Рис. 2. Схема замеров толщины стенки элементов контейнера

сопротивления (предел текучести)) контрольных вырезов корпусов контейнеров, полученные при механических испытаниях.

Таблица 1

Механические характеристики металла

Механические характеристики	Контейнеры российского производства из стали 09Г2С	Контейнеры польского производства из стали 18G2A-N
R_m , МПа	510	507
R_e , МПа	406	495

Согласно п. 1.4.2. ГОСТ 14249-89, для рабочих условий и статических условий нагружения, коэффициент запаса прочности по пределу текучести (пт) принимается равным 1,5, а по пределу прочности (пв) – 2,4.

Допускаемые напряжения, вычисленные согласно п. 1.4.1. ГОСТ 14249-89 по фактическим минимальным значениям предела прочности и предела текучести с учетом коэффициентов запаса прочности, приведены в Таблице 2.

Таблица 2

Допускаемые напряжения

Допускаемые напряжения	Контейнеры российского производства из стали 09Г2С	Контейнеры польского производства из стали 18G2A-N
[a], МПа	212	211

Согласно ГОСТ 14249-89 допускаемое напряжение для стали 09Г2С при температуре 50°С составляет [a] = 174 МПа.

Согласно п. 1.4.4. ГОСТ 14249-89 принятые допускаемые напряжения при расчете элементов контейнера на прочность составляют [o] = 174 МПа.

Расчет толщины стенки основных элементов контейнера
(поверочный прочностной расчет выполнен по ГОСТ 14244-89)

Исходные данные:

Расчетное давление (принято в соответствии с требованиями ПБ 09-594-03) $p = 1,6$ МПа

Расчетная температура $T = 50^{\circ}\text{C}$

Материальное исполнение контейнера:

отечественного производства 09Г2С

польского производства 18G2A (аналог – 09Г2С)

Допускаемые напряжения (принято по ГОСТ 14249-89) $[\sigma] = 174$ МПа

Внутренний диаметр $D = 803$ мм

Коэффициент прочности сварных соединений

для обечайки $\varphi = 0,9$

для днища $\varphi = 1,0$

Обечайка корпуса контейнера

Расчетная толщина стенки гладкой цилиндрической обечайки, нагруженной внутренним избыточным давлением:

$$s_p = \frac{p \times D}{2 \times [\sigma] \times \varphi - p} = \frac{1,6 \times 803}{2 \times 174 \times 0,9 - 1,6} = 4,1 \text{ мм}$$

Исполнительная толщина стенки обечайки (s) должна отвечать условию:

$$s > s_p + c_1 + c_2 ,$$

где

c_1 – прибавка на коррозию, принятая равной 2,0 мм;

c_2 – минусовой допуск на листовой прокат, по ГОСТ 19903-74, $c_2 = 0,8$ мм.

Исполнительная толщина стенки обечайки контейнера составляет 10 мм, т.о. соотношение $s > s_p + \sum c_i$ – выполняется.

Днище

Расчетная толщина стенки днища эллиптического, нагруженного внутренним избыточным давлением:

$$s_{1p} = \frac{p \times R}{2 \times [\sigma] \times \varphi - 0,5 \times p} = \frac{1,6 \times 806,0}{2 \times 174 \times 1,0 - 0,5 \times 1,6} = 3,7 \text{ мм}$$

где

$R = D^2 / 4H$ – кривизна в вершине днища,

$H = 200$ мм – высота днища без учета цилиндрической части.

Исполнительная толщина днища (s_1) должна соответствовать условию:

$$S_1 > s_{1p} + c_1 + c_2 + c_3 ,$$

где

c_1 – прибавка на коррозию, принятая равной 2,0 мм;

c_2 – минусовой допуск на прокат, по ГОСТ19903-74, $c_2 = 0,8$ мм;

c_3 – прибавка на утонение металла при штамповке, максимальное значение которой не превышает, согласно ОСТ 26.291-94, 15 % от номинальной толщины листа заготовки, т.е. $c_3 = 1,5$ мм.

Исполнительная толщина стенки днища контейнера составляет 10 мм, т.о. соотношение $s_1 > s_{1p} + \sum c_i$ – выполняется.

Фланец

Конструктивный элемент: крышка плоская (тип 3 по ГОСТ 14249-89)

Расчетный диаметр: $D_p = D_{кр} = 328$ мм

Коэффициент конструкции: $K = 0,45$

Коэффициент ослабления для крышки с двумя отверстиями диаметром 42 мм составляет:

$$K_o = \sqrt{\frac{1 - \sum \left(\frac{d}{D_p} \right)^3}{1 - \sum \left(\frac{d}{D_p} \right)}} = 1,16$$

Расчетная толщина фланца:

$$S_{2p} = K \times K_o \times D_p \times \sqrt{\frac{P}{\varphi \times [\sigma]}} = 0,45 \times 1,16 \times 328 \times \sqrt{\frac{1,6}{1,0 \times 174}} = 16,4 \text{ мм}$$

Исполнительная толщина фланца должна соответствовать условию:

$$S_2 \geq S_{2p} + C_1 + C_2 ,$$

где

c_1 – прибавка на коррозию, принятая равной 2,0 мм;

c_2 – минусовой допуск на прокат, по ГОСТ19903-74, $c_2 = 1,0$ мм.

Исполнительная толщина фланца составляет 37 мм, т.о. соотношение

$S_2 \geq S_{2p} + \sum C_i$ – выполняется.

Выводы

Таким образом, если в ходе эксплуатации контейнера будет исчерпан весь установленный запас, предусмотренный на коррозионный износ, то остаточная толщина элементов контейнера составит:

для обечайки: $10,0 - (c_1 + c_2) = 7,2$ мм;

для днища: $10,0 - (c_1 + c_2 + c_3) = 5,7$ мм;

для фланца: $37,0 - (c_1 + c_2) = 34,0$ мм.

Расчетные значения толщин стенки элементов, т.е. значения, при которых напряжения в стенке контейнера достигают допустимых, составляют:

для обечайки: $s_p = 4,1$ мм;

для днища: $s_{1p} = 3,7$ мм;

для фланца: $s_{2p} = 16,4$ мм.

В качестве отбраковочных принимаем следующие значения толщин элементов контейнеров хлора из сталей марок 09Г2С и 18Г2А-Н:

обечайка: $s_{отб} = 7,0$ мм;

днище: $s_{отб1} = 6,0$ мм;

фланец: $S_{отб2} = 34,0$ мм.

Исследование физико-механических свойств металла

Контрольные вырезки металла, вырезаемые из контейнеров, необходимы для проведения комплексного исследования металла с целью оценки изменения его физико-механических свойств под влиянием условий длительной эксплуатации.

Для контрольной вырезки металла выбирается по одному контейнеру, имеющему максимальный срок эксплуатации, от каждого завода – изготовителя.

К месту вырезки предъявляются следующие требования:

вырезка металла должна производиться из наиболее нагружаемого места (температурными и силовыми нагрузками) или содержать характерные эксплуатационные поражения металла (трещина, коррозионно-эрозионный износ и др.);

в вырезку металла должен входить сварной шов;

место вырезки должно быть удобным для проведения работ по вырезке.

На контрольной вырезке должны быть обозначены:

номер контейнера, наружная и внутренняя поверхности, направление проката листов, из которых она вырезана;

Размеры вырезки должны быть достаточными для проведения комплексных исследований.

Контрольные вырезки вырезаются механическим способом (шлифовальным инструментом, высверловкой и др.), а при невозможности ее осуществления – тепловой резкой (газовой резкой, плазменной резкой, воздушно-дуговой строжкой и др.) с обязательным последующим удале-

нием следов резки шлифовальным инструментом на глубину не менее 3 мм. В процессе вырезки не допускаются повреждения вырезаемого металла (удары молотком и т.п.).

Образцы для проведения исследований по оценке физико-механических свойств бывшего в длительной эксплуатации металла контейнеров изготавливаются из металла контрольных вырезок.

Из металла контрольной вырезки изготавливаются образцы для проведения следующих исследований:

образцы (стружка) для оценки химического состава металла;

образцы-шлифы для проведения металлографических исследований металла и замера его твердости;

образцы-шлифы сварного соединения для проведения металлографических исследований и замера его твердости;

образцы для испытания металла на растяжение при 20°C;

образцы для испытания металла на ударный изгиб при 20°C и минус 50°C;

образцы сварного соединения для испытания на растяжение при 20°C;

образцы сварного соединения для испытания на ударный изгиб при 20°C и минус 50°C;

образцы сварного соединения для испытания на изгиб при 20°C;

образцы металла для испытания на малоцикловую усталость и для других специальных испытаний (при необходимости).

Схема раскроя контрольной вырезки на образцы должна обеспечивать изготовление образцов на растяжение и ударный изгиб, ось которых должна быть перпендикулярна направлению проката листа металла контрольной вырезки.

Рекомендуются следующие типы образцов.

Для испытаний на растяжение при 20°C:

пропорциональные плоские образцы, тип I по ГОСТ 1497-84;

гладкие цилиндрические диаметром 10 мм, расчетной длиной 100 (50) мм, тип I-V по ГОСТ 1497-84.

При изготовлении образцов на растяжение предпочтение отдается плоским образцам натурной толщины, а в случае невозможности испытания образцов натурной толщины, следует утонять толщину образца механическим способом со стороны минимально подверженной эксплуатационным повреждениям.

Образцы для испытаний на изгиб

изготавливаются в соответствии с требованиями ГОСТ 14019-80. Испытываются образцы натурной толщины. Рекомендуется одну из торцевых поверхностей образцов на изгиб подготавливать как металлографический микрошлиф, что позволит более точно проследить за развитием деформации и разрушением образца.

Испытания на ударный изгиб

выполняются на образцах, подготовленных в соответствии с требованиями ГОСТ 9454-78 и имеющих концентраторы вида U и V.

Определение механических свойств сварного соединения

в целом и его отдельных участков, а также наплавленного металла выполняется на образцах, изготовленных в соответствии с ГОСТ 6996-66. Предпочтение следует отдавать образцам натурной толщины.

Отбор проб металла (стружки)

для определения химического состава выполняется по ГОСТ 7122-81.

Измерение твердости

выполняется на образцах, вырезанных из контрольных вырезок и изготовленных в соответствии с требованиями ГОСТ 9012-59, ГОСТ 2999-75 и др., применительно к выбранному методу измерения твердости.

Образцы для проведения специальных исследований

изготавливаются в соответствии с методиками проведения этих исследований.

Допускается изменять форму и размеры головок образцов для проведения всех видов испытаний (не оговоренную требованиями соответствующих нормативных документов) в зависимости от способа крепления в захватах испытательной машины.

Испытания образцов металла на растяжение и обработка результатов испытаний выполняется по ГОСТ 1497-84.

Испытания образцов металла на изгиб при 20°C и обработка результатов испытаний выполняется по ГОСТ 14019-80.

Испытания образцов металлов на ударный изгиб и обработка результатов испытаний выполняется по ГОСТ 9454-78.

Испытания образцов сварного соединения и обработка результатов выполняется по ГОСТ 6996-66.

Условия проведения испытаний, не оговоренных в настоящей «Методике...», и обработка результатов оговариваются в методиках этих испытаний. Методики должны быть утверждены головной специализированной организацией, если на них нет нормативных и методических документов.

Металлографические исследования металла контрольных вырезов и сварных соединений проводят с целью оценки микроструктуры, характера ее изменения под влиянием длительной эксплуатации. Исследования проводят на образцах-шлифах металла и сварных соединений.

Образцы-шлифы подготавливаются как металлографический шлиф. Плоскость листа должна располагаться:

вдоль направления проката того листа металла, из которого сделана контрольная проба;

поперек направления проката того листа металла, из которого сделана контрольная проба;

поперек сварного шва.

Образцы-шлифы, изготовленные из металла контрольных вырезов, должны быть во всю толщину исследуемого листа металла.

Список использованных источников

1. Федеральный закон «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» № 116-ФЗ от 21.7.1997.
2. ГОСТ 12.1.005-88. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
3. ГОСТ 14019-80. Металлы и сплавы. Методы испытаний на изгиб.
4. ГОСТ 14249-89. Сосуды и аппараты. Нормы расчета на прочность.
5. ГОСТ 14782-86. Контроль неразрушающий. Соединения сварные. Методы ультразвуковые.
6. ГОСТ 1497-84. Металлы. Методы испытаний на растяжение.
7. ГОСТ 18442-80. Контроль неразрушающий. Капиллярные методы. Общие требования.
8. ГОСТ 18661-73. Сталь. Измерение твердости методом ударного отпечатка.
9. ГОСТ 22727-88. Прокат листовой. Методы ультразвукового контроля.
10. ГОСТ 22761-77. Металлы и сплавы. Метод измерения твердости по Бринеллю переносными твердомерами статического действия.
11. ГОСТ 22762-79. Металлы и сплавы. Метод измерения твердости на пределе текучести вдавливанием шара.
12. ГОСТ 25859-83. Сосуды и аппараты стальные. Нормы и методы расчета на прочность при малоцикловых нагрузках.
13. ГОСТ 25863-83. Контроль неразрушающий. Толщиномеры ультразвуковые контактные. Общие технические требования.
14. ГОСТ 2601-84. Сварка металлов. Термины и определения основных понятий.
15. ГОСТ 27655-88. Акустическая эмиссия. Термины, определения и обозначения.

16. ГОСТ 2999-75. Металлы. Метод измерения твердости алмазной пирамидой по Виккерсу.
17. ГОСТ 5639-82. Стали и сплавы. Методы выявления и определения величины зерна.
18. ГОСТ 5640-68. Сталь. Металлографический метод. Методы оценки микроструктуры листов и ленты.
19. ГОСТ 6996-66. Сварные соединения. Методы определения механических свойств.
20. ГОСТ 7122-81. Швы сварные и металл наплавленный. Методы отбора проб для определения химического состава.
21. ГОСТ 9012-59. Металлы. Методы испытаний. Измерение твердости по Бринеллю.
22. ГОСТ 9454-78. Металлы. Метод испытаний на ударный изгиб при пониженной, комнатной и повышенной температуре.
23. ДиОР-05. Методика диагностирования технического состояния и определения остаточного ресурса технологического оборудования нефтеперерабатывающих, нефтехимических и химических производств. Волгоград: ВНИКТИнефтехимоборудование, 2006.
24. СТО-СА-03-004-2009 «Трубчатые печи, резервуары, сосуды и аппараты нефтеперерабатывающих и нефтехимических производств. Требования к техническому надзору, ревизии и отбраковке. Волгоград: ОАО ВНИКТИнефтехимоборудование, 2009.
25. ОСТ 26-2044-83. Швы стыковых и угловых сварных соединений сосудов и аппаратов, работающих под давлением. Методика ультразвукового контроля.
26. ОСТ 26-291-94. Сосуды и аппараты стальные сварные. Технические условия.
27. ОСТ 26-5-88. Контроль неразрушающий. Цветной метод контроля сварных соединений, наплавленного металла и основного металла.

28. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила проведения экспертизы промышленной безопасности», утверждены приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 14.11.2013 г. № 538.
29. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила промышленной безопасности опасных производственных объектов, на которых используется оборудование, работающее под избыточным давлением», утверждены приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 25.03.2014 г. № 116.
30. ПБ 03-593-03. Правила организации и проведения акустико-эмиссионного контроля сосудов, аппаратов, котлов и технологических трубопроводов.
31. ПБ 03-440-02. Правила аттестации персонала в области неразрушающего контроля.
32. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Порядок осуществления экспертизы промышленной безопасности в химической, нефтехимической и нефтеперерабатывающей промышленности», утвержден приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 15.10.2012 г. № 584.
33. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности. Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств, утверждены приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 11.03.2013 г. № 96.
34. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности производств хлора и хлорсодержащих сред», утверждены приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 20.11.2013 г. № 554.

35. РД 03-421-01. Методические указания по проведению диагностирования технического состояния и определению остаточного срока службы сосудов и аппаратов.
36. РД 03-606-03. Инструкция по визуальному и измерительному контролю.
37. РДИ 38.18.016-94. Инструкция по ультразвуковому контролю сварных соединений технологического оборудования. Волгоград: ВНИКТИнефтехимоборудование.
38. РДИ 38.18.019-95. Инструкция по капиллярному контролю деталей технологического оборудования, сварных соединений и наплавки. Волгоград: ВНИКТИнефтехимоборудование.
39. Методика расчета и оценки допустимости деформаций (вмятин) на корпусе контейнера для сжиженного хлора при его техническом диагностировании. Волгоград: Техническая диагностика.