



# РОССИЙСКИЙ МОРСКОЙ РЕГИСТР СУДОХОДСТВА

ЦИРКУЛЯРНОЕ ПИСЬМО

№ 382-08- 9974

от 20.03.2017

Касательно:

внесения изменений в Нормативно-методические указания по проектированию, изготовлению, эксплуатации и ремонту сосудов под давлением для хранения и перевозки опасных грузов (НМУ), НД № 2-090104-004, 2004 в связи с внедрением результатов НИР

Объект наблюдения:

Суда в постройке

Ввод в действие с момента получения настоящего циркулярного письма

Срок действия: до -

Срок действия продлен до -

Отменяет / изменяет / дополняет циркулярное письмо №

Количество страниц: 1+21

Приложения: текст изменений в НМУ, НД № 2-090104-004, 2004

Главный инженер - директор департамента классификации

В.И. Евенко

Вносит изменения в НМУ, НД № 2-090104-004, 2004

С момента получения настоящего циркулярного письма при рассмотрении технической документации и проведении технического наблюдения за изготовлением, испытаниями и эксплуатацией цистерн с сосудами из ПКМ необходимо руководствоваться требованиями новой редакции части III «Неметаллические (полимерные) композитные материалы» НМУ. Вышеуказанные требования вводятся по результатам проведения НИР в 2016 г. Соответственно вносятся изменения в часть I «Общие положения» касательно расшифровки аббревиатуры ПКМ. Изменения содержатся в приложении к настоящему циркулярному письму и будут учтены при переиздании НМУ.

Необходимо выполнить следующее:

1. Применять положения настоящего циркулярного письма в деятельности РС.
2. Содержание настоящего циркулярного письма довести до сведения инспекторского состава РС, заинтересованных организаций и лиц в регионе деятельности подразделений РС.

Исполнитель: Докучаев С.В.

382

+7 (812) 315-46-98

Система «Тезис»: 17-32215

**НОРМАТИВНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ,  
ИЗГОТОВЛЕНИЮ, ЭКСПЛУАТАЦИИ И РЕМОНТУ СОСУДОВ  
ПОД ДАВЛЕНИЕМ ДЛЯ ХРАНЕНИЯ И ПЕРЕВОЗКИ ОПАСНЫХ ГРУЗОВ,  
НД № 2-090104-004, 2004**

**ЧАСТЬ I. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ**

Пункт 1.1 заменяется следующим текстом:

«1.1 Нормативно-методические указания по проектированию, изготовлению, эксплуатации и ремонту судов под давлением для хранения и перевозки опасных грузов<sup>1</sup> содержат требования Российского морского регистра судоходства<sup>2</sup> к конструкции, материалам, проектированию и изготовлению, контролю качества, эксплуатации и ремонту судов под давлением (съемной цистерн)<sup>3</sup>, предназначенных для хранения и перевозки опасных грузов, выполненных как из металлических, так и из полимерных композиционных материалов<sup>4</sup>.».

**ЧАСТЬ III. НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИЕ (ПОЛИМЕРНЫЕ) КОМПОЗИТНЫЕ МАТЕРИАЛЫ**

Часть заменяется следующим текстом:

**«ЧАСТЬ III. ПОЛИМЕРНЫЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ**

**1 КОНСТРУКЦИЯ СОСУДОВ**

**1.1 ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ**

1.1.1 Конструкция судов должна быть технологичной, обеспечивать надежность, долговечность и безопасность эксплуатации в течение расчетного срока службы и предусматривать возможность проведения технического освидетельствования, очистки, промывки и полного опорожнения, продувки, осмотра и ремонта.

1.1.2 Устройства, препятствующие наружному и внутреннему осмотру судов, должны быть съемными.

1.1.3 Если конструкция судов не позволяет провести наружный и внутренний визуальные осмотры или гидравлическое испытание, предусмотренные НМУ, проектантом в инструкции по монтажу и эксплуатации должны быть указаны методика, периодичность и объем контроля, выполнение которых обеспечит своевременное выявление и устранение дефектов.

1.1.4 Конструкции внутренних устройств должны обеспечивать удаление из судна воздуха при гидравлическом испытании и воды после гидравлического испытания.

1.1.5 На каждом судне должны быть предусмотрены вентиль, кран или другое устройство, позволяющее осуществить контроль за отсутствием давления в судне перед открыванием крышки смотрового люка или люка-лаза.

**1.1.6** Для веществ класса опасности 3 сосуд должен быть сконструирован таким образом, чтобы обеспечивать снятие статического электричества с различных составных частей сосуда во избежание накопления опасных электростатических зарядов (поверхностное сопротивление сосуда на землю не должно превышать  $10^7$  Ом).

**1.1.7** Конструкция сосудов из ПКМ должна быть устойчива к воздействию факторов пожара, обеспечивая пребывание сосуда в условиях стандартного пожара нефтепродуктов в течение 30 мин без проливания содержимого. Огнестойкость конструкции проверяется по методике, согласованной с Регистром.

**1.1.8** Конструкция сосудов из ПКМ должна быть спроектирована таким образом, чтобы, по возможности, избежать возникновения отрывных усилий в любых конструктивных элементах сосуда при его нормальной эксплуатации.

**1.1.9** Сосуды, предназначенные для перевозки жидкостей, газов и сыпучих грузов, должны быть жестко соединены с элементами каркаса и шасси. Элементы крепления сосуда к каркасу должны выдерживать действие сил инерции содержащегося в нем груза, возникающие при движении транспортного средства. При проектировании расчетные величины сил должны быть приняты равными  $R_g$  в поперечном и  $4R_g$  в продольном направлении;  $2R_g$  вертикально сверху вниз и  $R_g$  вертикально снизу вверх (где  $R_g = m_g$ ;  $m$  – масса сосуда с грузом;  $g$  – ускорение свободного падения).

**1.1.10** Элементы крепления, как правило, выполняются из металла и должны выдерживать прилагаемые к ним усилия при испытаниях и эксплуатации сосуда без пластических деформаций. При этом должно быть обеспечено отсутствие повреждений стенки сосуда.

## 1.2 РАСЧЕТ ПРОЧНОСТИ

**1.2.1** Расчет прочности сосудов и их элементов должен производиться в соответствии с методиками, согласованными с Регистром.

**1.2.2** Расчетные нагрузки должны устанавливаться, исходя из технических условий на изделие. Расчетное давление при расчетах прочности сосуда должно приниматься равным максимальному рабочему давлению.

**1.2.3** Расчет напряжений и деформаций, действующих в конструкционных слоях сосуда, проводится методом конечных элементов (МКЭ) на основании теории слоистых оболочек. Расчетная конечно-элементная модель должна воспроизводить схему армирования сосуда. При проведении расчетов необходимо задать значения упругих характеристик конструкционных слоев сосуда ( $E_1$  – модуль упругости в направлении вдоль волокон,  $E_2$  – модуль упругости в направлении поперек волокон,  $G_{12}$  – модуль сдвига в плоскости слоя,  $\nu_{12}$  – коэффициент Пуассона), которые определяются на основании механических испытаний, проводимых по программам и методикам, разработанным в соответствии с требованиями ИСО 527-5, ИСО 14126, ИСО 14129 или их национальных аналогов.

**1.2.4** При действии расчетных нагрузок должен обеспечиваться критерий прочности в виде соотношения

$$F_1 \sigma_{11} + F_2 \sigma_{22} + F_{11} \sigma_{11}^2 + F_{22} \sigma_{22}^2 + F_{33} \sigma_{12}^2 + 2F_{12} \sigma_{11} \sigma_{22} < 1, \quad (1.2.4-1)$$

$$\text{где } F_1 = \frac{1}{\sigma_1^+} + \frac{1}{\sigma_1^-}; \quad F_2 = \frac{1}{\sigma_2^+} + \frac{1}{\sigma_2^-}; \quad F_{11} = \frac{1}{\sigma_1^+ \sigma_1^-};$$

$$F_{22} = \frac{1}{\sigma_2^+ \sigma_2^-}; \quad F_{33} = \frac{1}{\sigma_{12}^2}; \quad F_{12} = -1/2 \sqrt{F_{11} F_{22}};$$

$$\sigma_1^+ = \frac{\sigma_{1B}^+}{K}; \quad \sigma_1^- = \frac{\sigma_{1B}^-}{K}; \quad \sigma_2^+ = \frac{\sigma_{2B}^+}{K};$$

$$\sigma_2^- = \frac{\sigma_{2B}^-}{K}; \quad \bar{\sigma}_{12B} = \frac{\sigma_{12B}}{K};$$

$K$  – коэффициент безопасности;

$\sigma_{11}$  – действующее напряжение в однонаправленном слое ПКМ в направлении вдоль волокон;

$\sigma_{22}$  – действующее напряжение в однонаправленном слое ПКМ в направлении поперек волокон;

$\sigma_{12}$  – действующее напряжение сдвига в однонаправленном слое ПКМ;

$\sigma_{1B}^+$  – прочность однонаправленного слоя ПКМ при растяжении вдоль волокон, определяемая по стандарту ИСО 527-5;

$\sigma_{1B}^-$  – прочность однонаправленного слоя ПКМ при сжатии вдоль волокон, определяемая по стандарту ИСО 14126;

$\sigma_{2B}^+$  – прочность однонаправленного слоя ПКМ при растяжении поперек волокон, определяемая по стандарту ИСО 527-5;

$\sigma_{2B}^-$  – прочность однонаправленного слоя ПКМ при сжатии поперек волокон, определяемая по стандарту ИСО 14126;

$\sigma_{12B}$  – прочность однонаправленного слоя ПКМ при сдвиге в плоскости слоя, определяемая по стандарту ИСО 14129.

Испытания для определения расчетных характеристик ПКМ  $\sigma_1^+$ ,  $\sigma_1^-$ ,  $\sigma_2^+$ ,  $\sigma_2^-$ ,  $\bar{\sigma}_{12B}$  должны проводиться в соответствии с требованиями указанных стандартов ИСО по меньшей мере на шести элементарных образцах, характерных для данного типа конструкции сосуда и технологии его изготовления.

Идентичность материала в образцах, используемых для определения расчетных характеристик материала, обеспечивается соответствием массовой доли содержания волокон значениям, указанным в технологической инструкции по изготовлению сосуда.

Расчет действующих напряжений  $\sigma_{11}$ ,  $\sigma_{22}$  и  $\sigma_{12}$  в каждом конструкционном слое сосуда из ПКМ должен проводиться МКЭ.

Допускается применение других соотношений для выражения критерия прочности по согласованию с Регистром.

#### Коэффициент безопасности

$$K = K_0 \times K_1 \times K_2 \times K_3 \times K_4, \quad (1.2.4-2)$$

где  $K_0$  – коэффициент запаса прочности.

Для цистерн обычной конструкции значение  $K_0$  должно быть не менее 1,5. Для цистерн, предназначенных для перевозки веществ, требующих повышенной степени прочности, значение  $K_0$  должно быть умножено на коэффициент 2, если сосуд не снабжен защитой от повреждений, состоящей из полного металлического каркаса, включающего продольные и поперечные конструкционные элементы;

$K_1$  – коэффициент ухудшения свойств материала вследствие ползучести или старения и в результате химического воздействия перевозимых веществ. Этот коэффициент рассчитывается по формуле

$$K_1 = \frac{1}{\alpha \beta}, \quad (1.2.4-3)$$

где  $\alpha$  – коэффициент ползучести и  $\beta$  – коэффициент старения, определяемый в соответствии со стандартом EN 978 после испытания, проводимого согласно стандарту EN 977. В качестве альтернативы можно использовать консервативное значение  $K_1 = 2$ ;  $K_2$  – коэффициент, зависящий от рабочей температуры и тепловых свойств смолы, определяемый согласно следующему уравнению с минимальным значением, равным 1:  $K_2 = 1,25 - 0,0125(\text{ТТД} - 70)$ , где ТТД — температура тепловой деформации смолы, °С;  $K_3$  – коэффициент усталости материала; следует использовать значение  $K_3 = 1,75$ , если компетентным органом не утверждена иная величина. При действии расчетных нагрузок применяется значение  $K_3$ , равное 1,1;  $K_4$  – коэффициент отверждения;  $K_4 = 1,1$ , если отверждение производится по утвержденной технологии с соответствующей документацией;  $K_4 = 1,5$  – в других случаях.

Минимальное значение коэффициента безопасности  $K$  при действии расчетных нагрузок должно быть не менее 4.

**1.2.5** Если по условиям эксплуатации сосуд может подвергаться воздействию избыточного внешнего давления, должен быть выполнен расчет его устойчивости.

Коэффициент запаса устойчивости при расчете должен быть не менее 5.

Величины упругих характеристик материала конструкционных слоев сосуда при расчете устойчивости принимается согласно 1.2.3.

**1.2.6** Зоны соединений конструкционных слоев сосуда из ПКМ, включая зоны конструкции, изготавливаемые по различным технологиям, должны выдерживать расчетные и испытательные нагрузки, указанные в 1.1.9 и 5.9.

**1.2.6.1** Во избежание концентрации напряжений в зонах соединений конусность соединения должна быть не менее 1:6. Прочность на сдвиг в местах указанных соединений должна составлять не менее

$$\tau = \frac{Q}{l} \leq \frac{\tau_R}{K}, \quad (1.2.6.1)$$

где  $\tau_R$  – прочность соединения на сдвиг в соответствии со стандартом ИСО 14125.

При отсутствии соответствующих результатов испытаний  $\tau_R = 10 \text{ Н/мм}^2$ ;

$Q$  – нагрузка на единицу ширины соединения;

$K$  – коэффициент безопасности, определяемый по формуле (1.2.4-2);

$l$  – длина перехлеста слоев в соединении.

**1.2.6.2** При расчетах МКЭ рекомендуется также применять критерий виртуального закрытия трещины

$$K_{delam} = 1/\sqrt{G_{eqiuv}} \geq K, \quad (1.2.6.2)$$

где  $K$  – коэффициент безопасности, определяемый по формуле (1.2.4-2);

$G_{eqiuv}$  – эффективная скорость высвобождения упругой энергии при страгивании трещины;

$$G_{eqiuv} = \left( \frac{G_I}{G_{IC}} \right)^\alpha + \left( \frac{G_{II}}{G_{IIC}} \right)^\beta + \left( \frac{G_{III}}{G_{IIIC}} \right)^\gamma; \quad (1.2.6.3)$$

$G_I$  – скорость высвобождения упругой энергии при страгивании трещины при нормальном отрыве (форма I);

$G_{II}$  – скорость высвобождения упругой энергии при страгивании трещины при сдвиге в плоскости слоя (форма II);

$G_{III}$  – скорость высвобождения упругой энергии при страгивании трещины при межслоевом сдвиге (форма III);

$G_{IC}$  – критическая скорость высвобождения упругой энергии при страгивании трещины при нормальном отрыве (форма I);

$G_{IIC}$  – критическая скорость высвобождения упругой энергии при страгивании трещины при сдвиге в плоскости слоя (форма II);

$G_{IIIIC}$  – критическая скорость высвобождения упругой энергии при страгивании трещины при межслоевом сдвиге (форма III);

$\alpha, \beta, \gamma$  – экспериментально определяемые константы.

Величина  $G_{IC}$  определяется в соответствии со стандартом EN 6033, величина  $G_{IIC}$  – со стандартом EN 6034. Величина  $G_{IIIIC} = G_{IIC}$ .

Вид соотношения (1.2.6.3) требует уточнения в каждом конкретном случае на основании результатов испытаний конструктивно подобных образцов, имитирующих зоны соединений конструкционных слоев сосуда.

Допускаются другие методы расчета зон соединений конструкционных слоев с учетом особенностей конструкции сосуда согласованные с Регистром.

1.2.7 Для обоснования применимости методов расчета прочности сосуда из ПКМ при действии нормативных расчетных и испытательных нагрузок рекомендуется разработка методик и проведение конструктивных испытаний подобных и полномасштабных образцов, имитирующих как регулярные зоны конструкции сосуда из ПКМ, так и зоны, получаемые в результате совмещения различных технологий (например, фильтрной намотки и вакуумной инфузии).

### 1.3 ТОЛЩИНА И СТРУКТУРА СТЕНКИ СОСУДА

1.3.1 При выборе материала, толщины и структуры стенки сосуда должны быть удовлетворены требования по обеспечению:

прочности, устойчивости и работоспособности;

стойкости к воздействию внешних сред, действующих на внутреннюю и внешнюю поверхности стенки сосуда;

герметичности.

1.3.2 Минимальные значения толщины конструкционной оболочки сосуда рекомендуется определять с использованием соотношений (1.3.2-1 – 1.3.2-3), но в любом случае минимальная толщина не должна быть менее 6 мм.

Минимальная толщина стенки цилиндрической части конструкционной оболочки сосуда определяется как минимальное значение следующих величин:

$$t_{вд} = \frac{PR_{цил}}{2(0,001E_{вд})} \quad (1.3.2-1)$$

и

$$t_{окр} = \frac{PR_{цил}}{0,001E_{окр}}, \quad (1.3.2-2)$$

где  $E_{вд}$  – модуль упругости материала цилиндрической части конструкционной оболочки сосуда в направлении вдоль оси вращения сосуда;

$E_{окр}$  – модуль упругости материала цилиндрической части конструкционной оболочки сосуда в окружном направлении;

$P$  – расчетное внутреннее давление;

$R_{цил}$  – внутренний радиус цилиндрической части конструкционной оболочки сосуда.

Минимальная толщина конструкционной оболочки торцевых днищ сосуда определяется как

$$t = \frac{PR_{сф}}{2(0,001E)} \quad (1.3.2-3)$$

где  $E$  – минимальное значение следующих величин:  $E_{мер}$  – модуль упругости материала конструкционной оболочки торцевых днищ сосуда в меридиональном направлении и  $E_{окр}$  – модуль упругости материала конструкционной оболочки торцевых днищ сосуда в окружном направлении;

$P$  – расчетное внутреннее давление;

$R_{сф}$  – внутренний радиус конструкционной оболочки торцевых днищ сосуда.

Величины модулей упругости  $E_{вд}$ ,  $E_{окр}$ ,  $E_{мер}$ ,  $E_{окр}$  определяются на основании теории слоистых оболочек с использованием характеристик упругости конструкционных слоев сосуда, указанных в 1.2.3, с учетом схемы армирования конструкционной оболочки сосуда.

Минимальная толщина конструкционной оболочки сосуда подтверждается на основании поверочных расчетов МКЭ при действии расчетных внутреннего и внешнего давлений.

1.3.3 Если материал стенки не позволяет обеспечить выполнение требований согласно 1.3.1, должны применяться защитные покрытия, обеспечивающие герметичность и стойкость к воздействию внешних сред на все время службы сосуда.

1.3.4 Толщина защитного покрытия не должна учитываться при расчетах прочности сосуда.

## 1.4 ЛЮКИ, ЛЮЧКИ, КРЫШКИ

1.4.1 Сосуды должны быть снабжены необходимым числом люков и смотровых лючков, обеспечивающих осмотр, очистку и ремонт сосудов, а также монтаж и демонтаж разборных внутренних устройств. При условии соблюдения требований 1.1.3 допускается выполнять сосуд без люков и лючков независимо от диаметра сосуда.

1.4.2 Сосуды с внутренним диаметром более 800 мм должны иметь люки, а с внутренним диаметром 800 мм и менее – лючки.

1.4.3 Внутренний диаметр круглых люков должен быть не менее 500 мм. Размер овальных люков по наименьшей и наибольшей осям в свету должен быть не менее 325 x 500 мм. Внутренний диаметр круглых лючков или размер по наименьшей оси овальных лючков должен быть не менее 80 мм.

1.4.4 Люки и лючки необходимо располагать в местах, доступных для обслуживания.

1.4.5 Крышки сосудов и люков массой более 20 кг должны быть снабжены подъемно-поворотными или другими устройствами для их открывания и закрывания.

1.4.6 При наличии на сосудах съемных днищ или крышек, внутренний диаметр которых не менее указанного для люков в 1.4.3 (что обеспечивает возможность проведения внутреннего осмотра), допускается люки не предусматривать.

1.4.7 Конструктивное оформление районов расположения люков и лючков зависит от назначения сосуда и технологии изготовления и должно рассматриваться для каждой конструкции. Некоторые принципиально возможные варианты конструктивного оформления приведены на рис. 1.4.7-1 – 1.4.7-3.

1.4.8 Число отверстий в стенке сосудов для люков, лючков и штуцеров должно быть минимальным, а район расположения отверстий должен иметь соответствующее

подкрепление. В цилиндрической части сосуда рекомендуется располагать отверстия в одном усиленном кольцевом поясе. Ширина усиленного пояса должна быть не менее трех диаметров наибольшего отверстия.

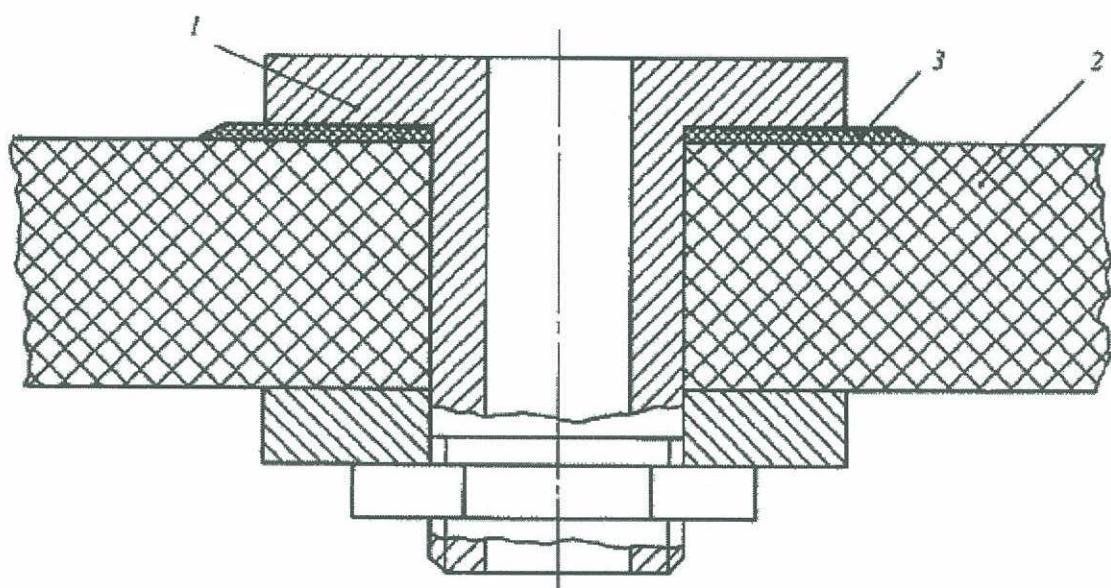


Рис. 1.4.7-1 Принципиально возможное конструктивное оформление района выхода арматуры:

1 – механический штуцер; 2 – стенка сосуда; 3 – уплотнение

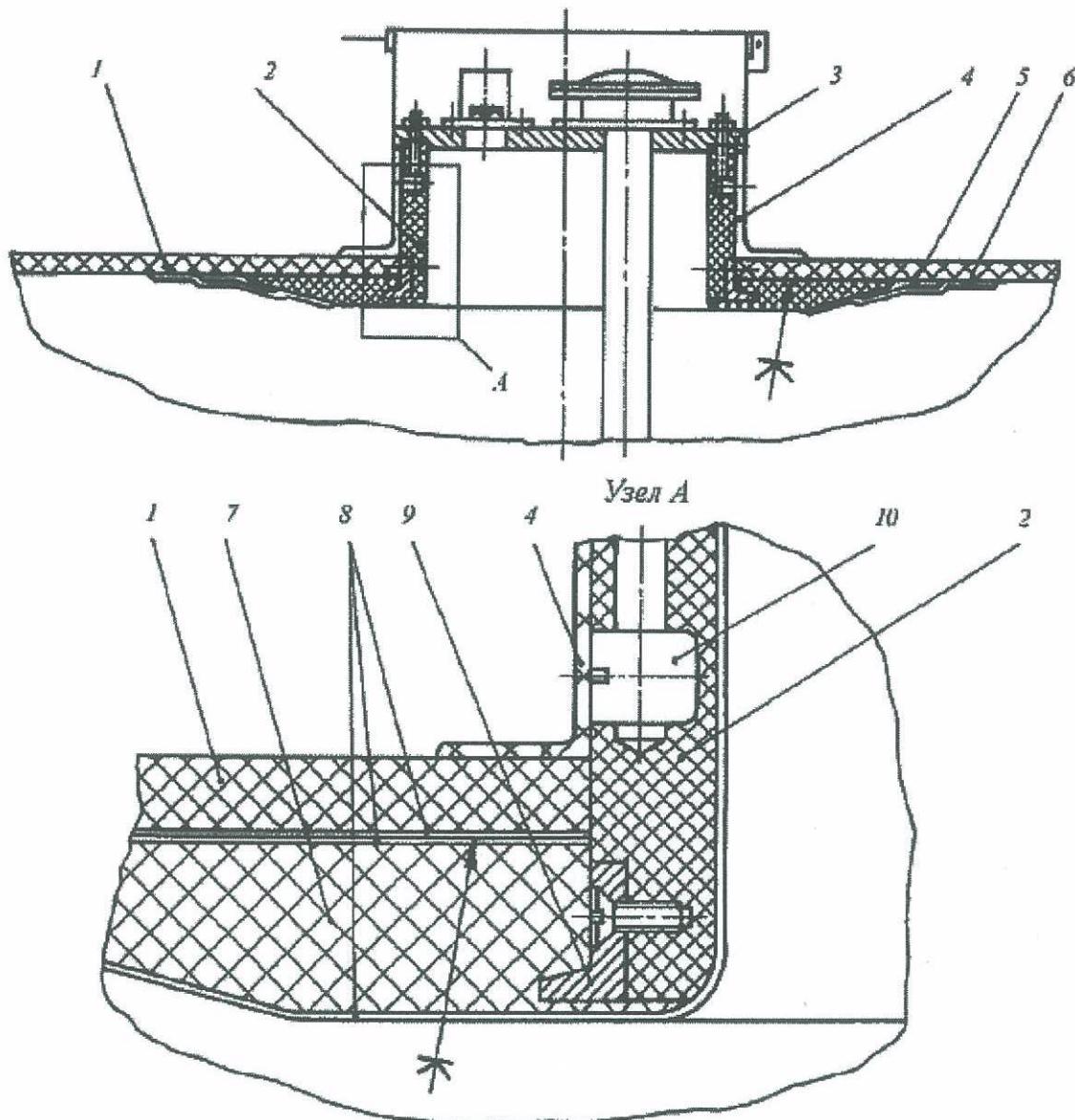


Рис. 1.4.7-2 Принципиально возможное конструктивное оформление люка с обечайкой из ПКМ:

- 1 – стенка цистерны; 2 – обечайка люка; 3 – крышка люка;
- 4 – наформовка; 5 – зона раскрепления; 6 – заформовка;
- 7 – опорный вкладыш;
- 8 – защитный коррозионностойкий и герметизирующий слой;
- 9 – кольцо упорное; 10 – штифт

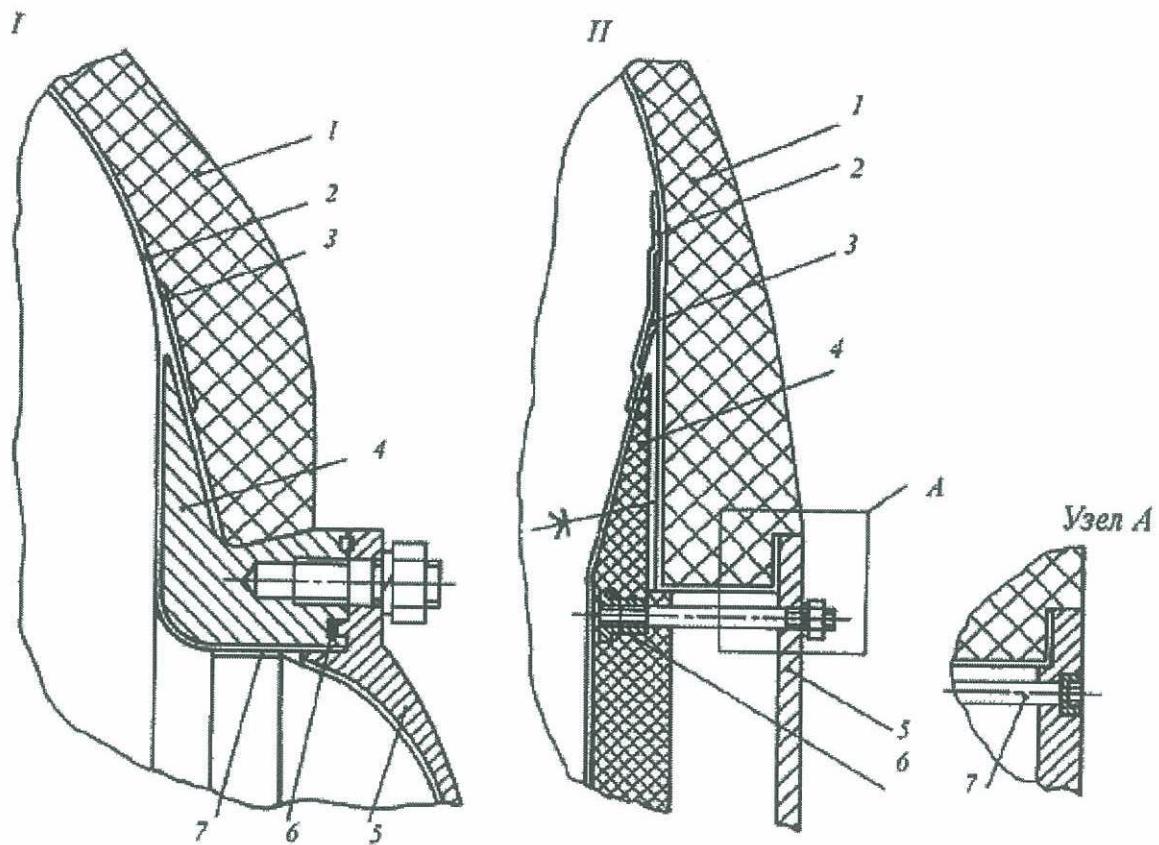


Рис. 1.4.7-3 Варианты принципиально возможного конструктивного оформления «полюсных» отверстий цистерны.

Вариант I: 1 – днище; 2 – защитный коррозионностойкий и герметизирующий слой; 3 – зона раскрепления; 4 – фланец; 5 – крышка; 6 – уплотнение; 7 – заформовка.

Вариант II: 1 – днище; 2 – заформовка; 3 – зона раскрепления; 4 – заглушка; 5 – крышка; 6 – футорка; 7 – винт

## 1.5 ДНИЩА СОСУДОВ

1.5.1 В сосудах применяются эллиптические, полусферические и торосферические днища.

1.5.2 Выбор формы днища должен производиться из условия обеспечения необходимой прочности и надежности с учетом выбранной технологии изготовления сосуда.

1.5.3 Длина цилиндрической части днища определяется как наименьшее из значений, где  $r$  – внешний радиус цилиндра;  $s$  – толщина конструкционных слоев цилиндрической части днища или  $20s$ .

## 1.6 СОЕДИНЕНИЯ И ИХ РАСПОЛОЖЕНИЕ

1.6.1 При проектировании сосудов из композиционных материалов число стыковых и угловых соединений должно быть сведено к минимуму. Район соединения должен быть соответственно усилен, исходя из расчета прочности.

1.6.2 При проектировании стыковых соединений, работающих на растяжение, рекомендуется применять соединения со ступенчатой разделкой кромок (см. рис. 1.6.2-1). Глубина ступени принимается равной 1 – 2 мм, ширина – 20 – 25 мм, толщина наружных (перекрывающих) накладок должна быть не менее 2 мм, а величина перекроя – 40 – 60 мм. Допускаются и иные варианты конструктивного оформления стыковых соединений (см. рис. 1.6.2-2 и 1.6.2-3).

1.6.3 Коэффициент запаса прочности для стыковых соединений должен быть не меньше запасов прочности, принятых для других элементов сосуда.

1.6.4 Во всех случаях работоспособность и надежность соединения должны быть проверены на основании результатов экспериментальных исследований.

1.6.5 Способ соединения сосуда с рамой каркаса контейнера-цистерны устанавливается проектантом сосуда.

1.6.6 Прочность соединений сосуда с рамой каркаса контейнера-цистерны должна обосновываться расчетами МКЭ и подтверждаться результатами испытаний прототипа в соответствии с требованиями 3.3.2.1 части VIII «Контейнеры–цистерны с сосудом из полимерных композиционных материалов» Правил изготовления контейнеров.

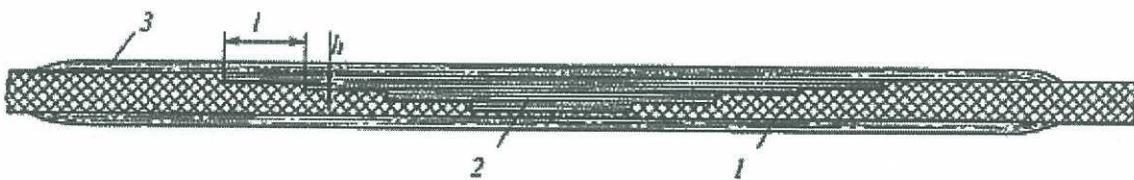


Рис. 1.6.2-1 Стыковое соединение со ступенчатой разделкой кромок:

1 – стенка сосуда; 2 – соединительные слои; 3 – расформовка;

$h$  – глубина ступени;  $l$  – ширина ступени

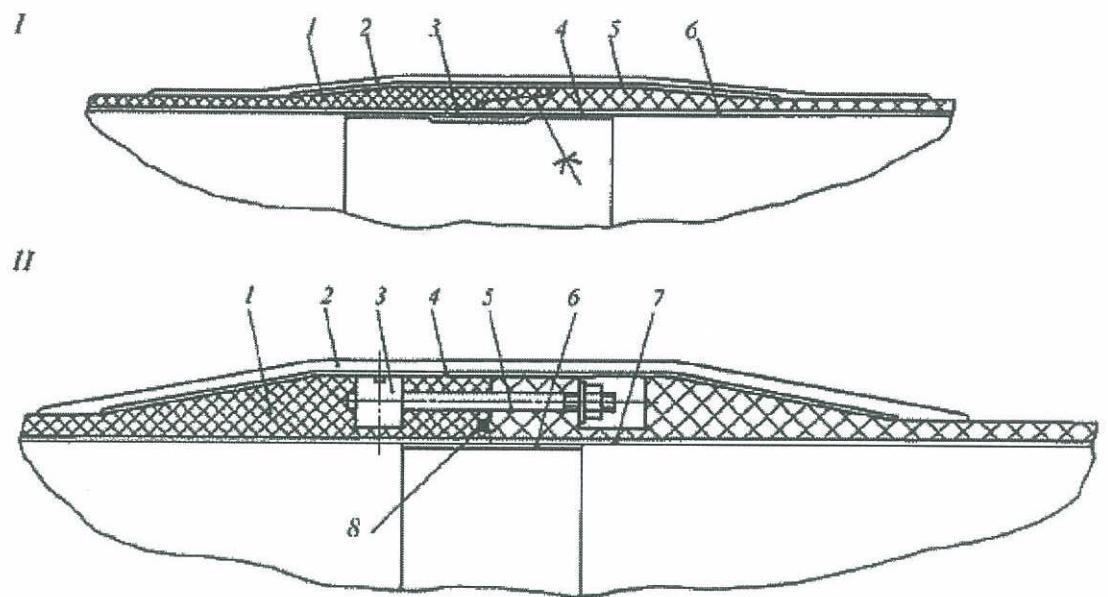


Рис. 1.6.2-2 Варианты принципиально возможного конструктивного оформления стыковых соединений.

Вариант I: 1 – стенка оболочки; 2 – наформовка; 3 – зона раскрепления;  
4 – заформовка; 5 – эластичный подслой (резина);  
6 – защитный коррозионностойкий и герметизирующий слой.

Вариант II: 1 – стенка оболочки; 2 – наформовка; 3 – штифт;  
4 – эластичный подслой; 5 – шпилька; 6 – заформовка; 7 – защитный  
коррозионностойкий и герметизирующий слой; 8 – уплотнение

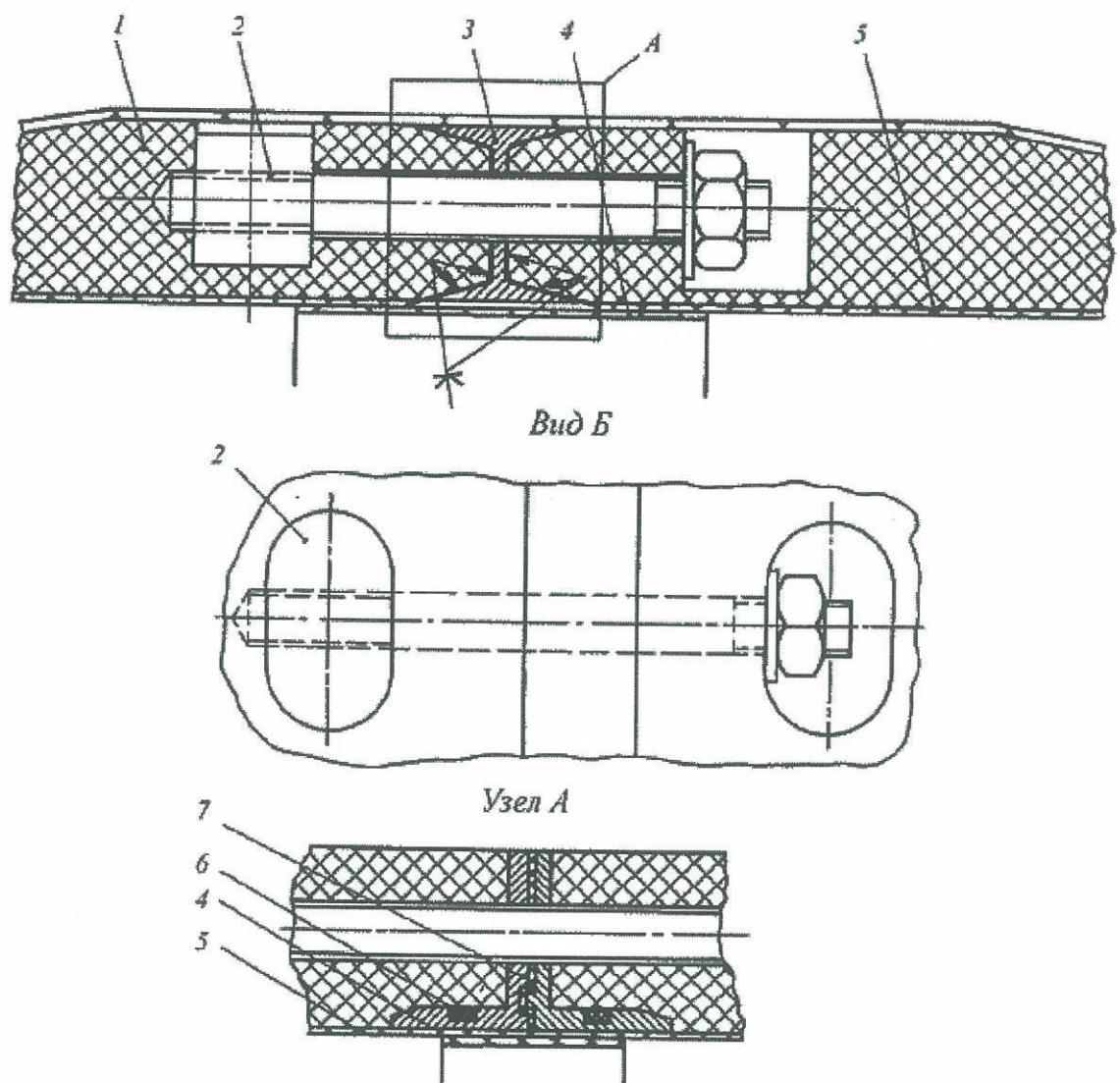


Рис. 1.6.2-3 Конструктивное оформление шпилечно-штифтовых соединений элементов силовой оболочки цистерны:

1 – оболочка цистерны; 2 – штифт; 3 – кольцо; 4 – заформовка;  
5 – защитный коррозионностойкий и герметизирующий слой;  
6 – уплотнение; 7 – прокладка

## **2 МАТЕРИАЛЫ**

**2.1** Материалы, применяемые для изготовления сосудов, должны обеспечивать их надежную работу в течение расчетного срока службы с учетом заданных условий эксплуатации (расчетного давления, минимальной и максимальной расчетных температур), состава и характера среды (коррозионной активности, взрывоопасности, токсичности и др.), влияния температуры окружающего воздуха, а также возможных экологических последствий при разрушении сосуда.

**2.2** При изготовлении сосудов должны применяться только допущенные Регистром материалы и компоненты, удовлетворяющие технической документации, одобренной Регистром.

**2.3** При изготовлении сосудов в качестве связующего материала рекомендуется применять полизэфирные, винилэфирные, эпоксидные, эпоксиленольные и фенольные смолы с отверждающими добавками в количествах, устанавливаемых действующими технологическими инструкциями.

В обоснованных случаях по согласованию с Регистром допускается применять другие смолы, обеспечивающие изготовление сосуда с заданной прочностью и стойкостью к воздействию эксплуатационных факторов.

**2.4** Армирующие компоненты на основе волокон различного происхождения (стеклянных, углеродных, органических, борных и др.) могут применяться в различных текстильных формах в виде крученых и некрученых нитей, жгутов (ровингов) тканей различного переплетения, нетканых материалов, обеспечивающих прочность сосуда и его стойкость к воздействию эксплуатационных факторов.

**2.5** В качестве материалов защитных покрытий внутренней и внешней поверхностей конструкционной оболочки сосуда рекомендуется использовать либо ПКМ с большим содержанием смолы (не менее 70 % по массе), либо термопласти.

Допускается применять другие материалы, обеспечивающие надежную защиту стенки сосуда от воздействия внешних факторов на все время службы сосуда.

**2.6** Арматура сосудов должна изготавливаться из металла.

Узлы соединений металлических деталей со стенкой сосуда из ПКМ должны обеспечивать прочность и герметичность соединения на все время эксплуатации сосуда.

При создании таких узлов необходимо учитывать разность между коэффициентами температурного расширения металла и ПКМ.

**2.7** В уплотнительных элементах узлов должны применяться материалы, обладающие необходимой стойкостью к воздействию сред, хранящихся в сосуде. Материалы должны обеспечивать герметичность сосуда при всех эксплуатационных воздействиях.

Уплотнительные материалы должны иметь следующие свойства:

малую остаточную деформацию сжатия;

незначительную релаксацию напряжения;

стойкость к старению;

стойкость к действию среды, хранящейся в сосуде, при соответствующей температуре эксплуатации;

миграционную стойкость к материалу защитного слоя (материалу стенки).

**2.8** Внешняя поверхность сосуда должна иметь огнезащитное покрытие.

**2.9** При выборе материалов сосуда и его элементов следует учитывать возможность образования электрохимических пар, наличие которых может привести к ускоренному коррозионному разрушению.

**2.10** Силовые оболочки сосудов, насколько это допустимо из конструктивных соображений, не должны содержать металлических элементов. Во всех случаях следует избегать прямого контакта металлического элемента с содержимым сосуда.

**2.11** Качества и свойства исходных материалов и полуфабрикатов должны отвечать требованиям соответствующих стандартов и технических условий, быть подтверждены сертификатами предприятия-поставщика и результатами входного контроля в соответствии с методиками, изложенными в технических условиях.

Материалы с истекшим сроком хранения могут быть допущены к применению после подтверждения их соответствия техническим условиям.

### **3 ИЗГОТОВЛЕНИЕ СОСУДОВ**

**3.1** Изготовление сосудов и их элементов должно проводиться на предприятиях, освидетельствованных Регистром.

**3.2** На предприятии (изготовителе) должен осуществляться контроль качества на всех стадиях изготовления, начиная с входного контроля исходных материалов и заканчивая контролем качества изделий при проведении сдаточных испытаний.

Порядок и объем контроля устанавливаются соответствующей проектной документацией, согласованной с Регистром.

**3.3** При изготовлении сосудов и их элементов, выполненных из ПКМ, могут применяться следующие методы:

- намотка нитями или жгутами;
- намотка тканями;
- контактное формование;
- автоклавное формование;
- вакуумная инфузия;
- прессование;

другие методы, согласованные с Регистром.

**3.4** При изготовлении сосудов методом контактного формования ткань в отдельном слое укладывается без перекроя. В каждом соседнем слое стыки ткани должны быть разнесены не менее чем на 100 мм.

Совмещение стыков в одном сечении допускается не менее чем через 6 слоев.

Для стеклопластиков, изготовленных методом контактного формования, весовое содержание стекла должно составлять 40 – 55 %.

**3.5** В качестве армирующих материалов для сосудов, изготавливаемых методом намотки, должны использоваться односторонние материалы (ленты, жгуты).

**3.6** При изготовлении сосудов методом намотки химстойкий слой рекомендуется наносить на оправку до изготовления конструкционной оболочки.

**3.7** При наличии обоснования возможно использование оболочки, выполненной из химстойкого слоя, в качестве оправки для изготовления конструкционной оболочки сосуда.

**3.8** Объем контроля при изготовлении сосуда из ПКМ указан в разд. 5.

### **4 АРМАТУРА, КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ, ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА**

**4.1** Требования к арматуре, контрольно-измерительным приборам и предохранительным устройствам сосудов из ПКМ аналогичны требованиям, предъявляемым к соответствующим устройствам для металлических сосудов, работающих под давлением, согласно разд. 4 части II «Металлические материалы».

### **5 ОБЪЕМ И МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА**

## **СОСУДОВ ИЗ ПКМ НА ВСЕХ СТАДИЯХ ИЗГОТОВЛЕНИЯ, ПРИ ПРИЕМКЕ И ЭКСПЛУАТАЦИИ**

**5.1** Перед запуском в производство основные исходные материалы (смолы, покрытия, отвердители, армирующие) должны быть проверены в лаборатории изготовителя сосуда по основным показателям на соответствие техническим условиям на поставку по изложенным в них методикам.

Разрывную нагрузку стеклоармирующих материалов следует определять для каждой пятой партии на 10 % рулонов (бобин) партии.

В случае нарушения упаковки или правил хранения следует проверять каждую партию.

Перед началом работ необходимо провести сверку данных анализа лаборатории изготовителя сосуда с требованиями нормативных документов.

Материал следует хранить в соответствии с требованиями технических условий, сертификатов или другой технической документации, представляемой изготовителем материала.

По истечении гарантийного срока хранения материала или нарушения условий его хранения материал должен быть проверен по всем показателям, предусмотренными нормативными документами. Если свойства материала отвечают соответствующим требованиям, материалы могут быть использованы.

Контроль условий хранения материалов должна осуществлять лаборатория изготовителя. Результаты проверки фиксируются в журнале.

**5.2** Изготовление сосудов из ПКМ должно осуществляться в специальных производственных помещениях, отвечающих требованиям технологического процесса, техники безопасности, производственной санитарии и пожарной безопасности.

В производственных помещениях измерение температуры и влажности воздуха следует проводить постоянно.

**5.3** Объем и номенклатура контроля качества в процессе изготовления конструкций устанавливаются инструкцией по контролю качества.

Методики и средства контроля качества на каждом этапе изготовления разрабатываются изготовителем сосуда и согласуются с Регистром и разработчиком технической документации.

Контроль за соблюдением правильности технологического процесса при изготовлении конструкций и нанесении защитных покрытий следует оформлять соответствующими техническими документами, подписываемыми представителями технического контроля, ответственными за каждую технологическую операцию.

**5.4** Качество материала в готовых конструкциях следует контролировать по методикам одобренным Регистром:

внешним осмотром готовых конструкций, замером толщины стенок конструкции; определением числа и размеров внутренних дефектов в материале с помощью контрольной аппаратуры;

определенением модулей упругости материала в осевом и окружном направлениях неразрушающими методами;

определенением физико-механических характеристик материала при испытании образцов, вырезаемых из сосуда.

При этом определяются плотность материала, пределы прочности при растяжении и изгибе и, если необходимо, при сжатии, а также предел прочности материала при межслойном сдвиге.

**Примечание.** Если сосуд изготавливается в виде монолитной оболочки, качество компонентов ПКМ и технологии изготовления оцениваются по техническим характеристикам материала, которые определяются при контактном формировании на образцах, вырезанных из проб, а при изготовлении методом намотки – на кольцевых

образцах, изготовленных из того же материала, что и конструкция, по той же технологии и в тех же климатических условиях.

**5.5** Контрольные операции должны проводиться в соответствии с нормативными документами, указанными в технологической инструкции, одобренной Регистром. Контрольные операции по измерению толщины и дефектоскопии должны проводиться не ранее чем через два дня после изготовления сосуда.

Определение механических характеристик возможно только после окончательного отверждения, срок которого должен указываться в технологической инструкции по изготовлению сосуда.

**5.6** Измерение толщины стенки сосуда следует проводить методами и средствами, обеспечивающими погрешность измерения не более 3 %. Число точек, в которых проводятся измерения, их расположение на сосуде и критерии принятия решения о качестве сосуда определяются методикой измерения толщины стенки сосуда, одобренной Регистром.

**5.7** Методы и оборудование, применяемые при дефектоскопии, указываются в технологической инструкции по изготовлению сосуда. Дефектоскопия проводится в соответствии с методикой, одобренной Регистром, в которой должен содержаться раздел, определяющий критерии принятия решения о качестве сосуда.

**5.8** Программа испытаний прототипа сосуда из ПКМ должна предусматривать гидравлическое испытание со ступенчатым возрастанием величины приложенного внутреннего давления до испытательного давления, принимаемого равным  $1,5p$ , где  $p$  – расчетное давление.

При испытании прототипа сосуда обязательно проведение тензометрии деформаций.

**5.9** Все серийные сосуды после их изготовления подлежат испытаниям на прочность. Испытания сосудов проводит предприятие (изготовитель) в соответствии с программой, одобренной Регистром.

При испытаниях сосуда на прочность испытательное давление должно приниматься равным  $1,5p$ .

**5.10** Для испытаний сосуда на прочность должна применяться вода с температурой не ниже  $5^{\circ}\text{C}$  и не выше  $25^{\circ}\text{C}$ , если нет других указаний в проекте. При заполнении сосуда водой воздух должен быть удален полностью.

Давление в испытываемом сосуде следует повышать плавно. Скорость подъема давления устанавливается в программе испытаний. Использование сжатого воздуха или другого газа для подъема давления при гидравлических испытаниях не допускается.

Время выдержки сосуда под давлением должно составлять не менее 30 мин. После выдержки давление должно быть снижено до рабочего значения, при котором проводят осмотр наружной поверхности сосуда и мест всех его соединений (особенно тщательно – мест соединений с закладными деталями). Сосуд считается выдержавшим испытания, если не обнаружено видимых повреждений и течи. Сосуд и его элементы, в которых при испытаниях выявлены дефекты, после их устранения подвергаются повторным гидравлическим испытаниям.

## 6 ТЕХНИЧЕСКОЕ НАБЛЮДЕНИЕ

**6.1** Применение ПКМ для изготовления проектируемого сосуда должно основываться на результатах технико-экономического анализа. При применении ПКМ в конкретном типе сосудов, предназначенных для хранения и транспортировки опасных грузов, необходимо проведение испытаний прототипа сосуда. Испытания прототипа и его опытная эксплуатация проводятся по программе, одобренной Регистром.

Техническое наблюдение Регистра за серийным изготовлением сосудов может проводиться после окончания испытаний прототипа сосуда и освидетельствования изготовителя сосудов в соответствии с 1.4 части I «Основные требования» Правил изготовления контейнеров.

**6.2** Объем, методы и периодичность освидетельствований сосудов из ПКМ должны соответствовать требованиям 3.6 Правил технического наблюдения за контейнерами в эксплуатации.

## **ПРИЛОЖЕНИЕ**

### **ПЕРЕЧЕНЬ НАЦИОНАЛЬНЫХ И МЕЖДУНАРОДНЫХ НОРМАТИВНЫХ ДОКУМЕНТОВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ И ИЗГОТОВЛЕНИИ СОСУДОВ**

1. Правила проектирования, изготовления и приемки сосудов и аппаратов стальных сварных ПБ 03-584-03, Госгортехнадзора РФ.
2. ГОСТ 12.0.004-2015. Организация обучения безопасности труда. Общие положения.
3. ГОСТ 12.1.001-89 ССБТ. Ультразвук. Общие требования безопасности.
4. ГОСТ 12.2.013.01-87. Машины ручные электрические. Общие требования безопасности и методы испытаний.
5. ГОСТ 27.002-89. Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения.
6. ГОСТ 380-2005. Сталь углеродистая обыкновенного качества. Марки.
7. ГОСТ 1497-84. Металлы. Методы испытания на растяжение.
8. ГОСТ 5272-68. Коррозия металлов. Термины.
9. ГОСТ 5520-79. Сталь листовая углеродистая низколегированная и легированная для котлов и сосудов, работающих под давлением. Технические условия.
10. ГОСТ 5639-82. Стали и сплавы. Методы выявления и определения величины зерна.
11. ГОСТ 6996-66. Сварные соединения. Методы определения механических свойств.
12. ГОСТ 7512-82. Контроль неразрушающий. Соединения сварные. Радиографический метод.
13. ГОСТ 9454-78. Металлы. Метод испытания на ударный изгиб при пониженных, комнатной и повышенных температурах.
14. ГОСТ 12503-75. Сталь. Методы ультразвукового контроля. Общие требования.
15. ГОСТ 14249-89. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность.
16. ГОСТ Р 55724-2013. Контроль неразрушающий. Соединения сварные. Методы ультразвуковые.
17. ГОСТ 16860-88. Деаэраторы термические. Типы, основные, параметры, приемка, методы контроля.
18. ГОСТ 18442-80. Контроль неразрушающий. Капиллярные методы. Общие требования.
19. ГОСТ 18661-73. Сталь. Измерение твердости методом ударного отпечатка.
20. ГОСТ 20415-82. Контроль неразрушающий. Методы акустические. Общие положения.
21. ГОСТ 20911-89. Техническая диагностика. Термины и определения.
22. ГОСТ Р 56512-2015. Контроль неразрушающий. Магнитопорошковый метод. Типовые технологические процессы.
23. ГОСТ 22761-77. Металлы и сплавы. Метод измерения твердости по Бринеллю переносными твердомерами статического действия.
24. ГОСТ 22762-77. Металлы и сплавы. Метод измерения твердости на пределе текучести вдавливанием шара.
25. ГОСТ 25859-83. Сосуды и аппараты стальные. Нормы и методы расчета на прочность при малоцикловых нагрузках.
26. ГОСТ 26202-84. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность обечаек и днищ от воздействия опорных нагрузок.
27. ГОСТ 24755-89. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность укрепления отверстий.
28. ГОСТ Р 55614-2013. Контроль неразрушающий. Толщиномеры ультразвуковые. Общие технические требования.

29. ГОСТ Р 52857.1-12-2007. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность.
30. ASME Boiler and Pressure Vessel Code. Section VIII Rules for Construction of Pressure Vessels, Division 1, 2015.
31. ИСО 75-1:2013. Пластмассы. Определение температуры изгиба под нагрузкой. Часть 1. Общий метод испытания.
32. DIN EN 976-1:1997. Резервуары подземные из стеклопластиков. Горизонтальные цилиндрические резервуары для безнапорного хранения жидкого топлива на нефтяной основе. Часть 1. Требования и методы испытаний одностенных резервуаров.
33. ИСО 2078:1993. Стекловолокно. Нити. Обозначение.
34. ИСО 75-3:2004. Пластмассы. Определение температуры деформации под нагрузкой. Часть 3. Высокопрочные термореактивные слоистые пластики и пластмасса, армированная длинным волокном.
35. ГОСТ 25.601-80. Расчеты и испытания на прочность методы механических испытаний композиционных материалов с полимерной матрицей (композитов). Метод испытания плоских образцов на растяжение при нормальной, повышенной и пониженной температурах.
36. ГОСТ 25.602-80. Расчеты и испытания на прочность. Методы механических испытаний композиционных материалов с полимерной матрицей (композитов). Метод испытания на сжатие при нормальной, повышенной и пониженной температурах.
37. ГОСТ 3811-72. Материалы текстильные. Ткани, нетканые полотна и штучные изделия. Методы определения линейных размеров, линейной и поверхностной плотностей.
38. ГОСТ 27952-88. Смолы полиэфирные ненасыщенные. Технические условия.
39. ИСО 1268-5:2001. Производство пластин намоткой для изготовления образцов для испытаний.
40. ГОСТ 22181-91. Смолы полиэфирные ненасыщенные. Методы определения желатинизации.
41. ГОСТ 6943.16-94 Стекловолокно. Ткани. Нетканые материалы. Метод определения массы на единицу площади.
42. ГОСТ 17139-2000. Стекловолокно. Ровинги. Технические условия.
43. ГОСТ 30053-93. Стекловолокно. Маты. Метод определения массы на единицу площади.
44. ГОСТ 15139-69. Пластмассы. Методы определения плотности (объемной массы).
45. ГОСТ 14359-69. Пластмассы. Методы механических испытаний. Общие требования.
46. DIN EN 637:1994. Системы пластмассовых трубопроводов. Компоненты стеклопластиков. Определение количества составляющих гравиметрическим методом.
47. ИСО 527-4:1997. Пластмассы. Определение механических свойств при растяжении. Часть 4. Условия испытаний для изотропных и ортотропных пластических композиционных материалов, армированных волокнами.
48. ИСО 527-5:2009. Пластмассы. Определение механических свойств при растяжении. Часть 5. Условия испытаний пластических композиционных материалов, армированных однонаправленными волокнами.
49. ИСО 14125:1998. Композиты на основе стеклопластика. Определение свойств гибкости.
50. ИСО 14130:1997. Материалы композиционные полимерные армированные волокном. Определение эффективной межслойной прочности на сдвиг методом короткой балки.

51. ИСО 175:2010 Пластики. Методы испытаний для определения влияния погружения в жидкие химикаты.
52. ИСО 2555:1989. Пластмассы. Полимеры/смолы жидкие, эмульсии или дисперсии. Определение кажущейся вязкости по методу Брукфильда.
53. ИСО 2535:2001. Пластмассы. Ненасыщенные полиэфирные смолы. Метод определения времени гелеобразования при температуре окружающей среды.
54. EN 6033:2015. Метод испытания. Определение межслойной энергии трещиностойкости – Mode I –  $G_{IC}$ .
55. EN 6034:2015. Метод испытания. Определение энергии межламинарной трещиностойкости – Mode II –  $G_{IIc}$ .
56. ИСО 14126:1999. Материалы композиционные пластмассовые, армированные волокнами. Определение свойств при сжатии в направлении плоскости расслаивания.
57. ИСО 14129:1997. Композиты полимерные. Определение механических характеристик при сдвиге в плоскости армирования методом испытания на растяжение под углом  $\pm 45$  град.
58. EN 978:1997. Подземные резервуары стеклопластиков (GRP). Определение коэффициента альфа и коэффициента бета.
59. ИСО 527-1:2012. Пластмассы. Определение механических свойств при растяжении. Часть 1. Общие принципы.
60. ИСО 9163:2005. Стекловолокно. Ровинги. Изготовление испытательных образцов и определение прочности на растяжение пропитанных ровингов.
61. ИСО 4605:1978. Стекловолокно. Ткани. Нетканые материалы. Методы определения массы на единицу площади.
62. ИСО 3219:1993. Пластмассы. Полимеры/смолы в жидком состоянии или в виде эмульсий или дисперсий. Определение вязкости с помощью ротационного вискозиметра при определенной скорости сдвига.
63. ИСО 2114:2000. Пластмассы (полиэфирные смолы), краски и лаки (связующие вещества). Определение частичного кислотного и полного кислотного числа.
64. ИСО 2811-2:1997. Краски и лаки. Определение плотности. Часть 2. Метод погруженного тела (метод отвеса).
65. ИСО 1675:1985. Пластмассы. Жидкие смолы. Определение плотности с помощью пикнометра.
66. ИСО 3001:1999. Пластмассы. Эпоксидные соединения. Определение эпоксидного эквивалента.
67. ИСО 8975:1989 Пластмассы. Фенолоальдегидные смолы. Определение рН.
68. ИСО 3251:2008. Краски, лаки и пластмассы. Определение содержания нелетучих веществ.
69. ASME Boiler and Pressure Vessel Code. Section X Fiber-Reinforced Plastic Pressure Vessels, 2015.
70. Правила изготовления контейнеров, РС, 2015, СПб.
71. Рекомендации экспертов ООН по перевозке опасных грузов. Типовые правила (UN), 2015.
72. Международный кодекс морской перевозки опасных грузов (МК МПОГ/IMDG Code) с поправками 37-14.
73. Международные правила перевозки опасных грузов по железным дорогам (МПОГ/RID), 2015.
74. Европейское соглашение о международной дорожной перевозке опасных грузов (ДОПОГ/ADR), 2016.
75. Приложение II к Соглашению о международном железнодорожном грузовом сообщении (СМГС/SMGS), 2016.».