Федеральное государственное унитарное предприятие
«Всероссийский научно-исследовательский институт
метрологической службы»
(ФГУП «ВНИИМС»)
Федерального агентства по техническому регулированию
и метрологии

Утверждаю
Заместитель директора
ГНМЦ ФГУП «ВНИИМС»
_____ Н.Н. Яншин
«__» _____ 2008 г.

Рекомендация

Государственная система обеспечения единства измерений

Резервуары стальные вертикальные цилиндрические. Методика калибровки геометрическим методом с применением лазерных сканирующих координатно-измерительных систем

МИ 3171-2008

г. Москва
2008 г.

gost.e-ecolog.ru

ПРЕДИСЛОВИЕ

РАЗРАБОТАНА Закрытым акционерным обществом «Центр МО» (ЗАО «Центр МО»).

ИСПОЛНИТЕЛЬ Почепа А.Н. (ЗАО «Центр МО»),

УТВЕРЖДЕНА ФГУП «ВНИИМС» 22.12.2008

ЗАРЕГИСТРИРОВАНА ФГУП «ВНИИМС» 22.12.2008

ВВЕДЕНА ВПЕРВЫЕ

Настоящая рекомендация не может быть полностью или частично воспроизведена, тиражирована и распространена без разрешения ОАО «АК «Транснефть».

СОДЕРЖАНИЕ

1 НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ 1

2 ТЕРМИНЫ, СОКРАЩЕНИЯ И ОБОЗНАЧЕНИЯ 2

3 ОПЕРАЦИИ КАЛИБРОВКИ 5

4 СРЕДСТВА КАЛИБРОВКИ 5

5 ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ 6

6 ТРЕБОВАНИЯ К КВАЛИФИКАЦИИ ИСПОЛНИТЕЛЕЙ 8

7 УСЛОВИЯ КАЛИБРОВКИ 8

8 ПОДГОТОВКА К КАЛИБРОВКЕ 8

9 ПРОВЕДЕНИЕ КАЛИБРОВКИ 10

10 ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ 13

11 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ КАЛИБРОВКИ 22

ПРИЛОЖЕНИЕ А ФОРМА ПРОТОКОЛА КАЛИБРОВКИ РЕЗЕРВУАРА 23

ПРИЛОЖЕНИЕ Б ФОРМА ГРАДУИРОВОЧНОЙ ТАБЛИЦЫ РЕЗЕРВУАРА 26

ПРИЛОЖЕНИЕ В БИБЛИОГРАФИЯ 27

Группа Т88.3

Рекомендация

Государственная система обеспечения единства измерений Резервуары стальные вертикальные цилиндрические. Методика калибровки геометрическим методом с применением лазерных сканирующих координатно-измерительных систем	МИ 3171-2008

Настоящая рекомендация устанавливает методику калибровки резервуаров стальных вертикальных цилиндрических для нефти и нефтепродуктов типов РВС, РВСП, РВСПА, РВСПК номинальной вместимостью до 50000 м^3 (далее - резервуары), применяемых в системе магистральных нефтепроводов ОАО «АК «Транснефть» и магистральных нефтепродуктопроводов ОАО «АК «Транснефтепродукт».

Рекомендация предназначена для применения метрологическими лабораториями дочерних обществ ОАО «АК «Транснефть» и ОАО «АК «Транснефтепродукт».

Рекомендация предусматривает проведение первичной калибровки вновь построенных (прошедших ремонт) резервуаров перед вводом их в эксплуатацию и последующей периодической калибровки в период эксплуатации с интервалом не более 5 лет.

Предел допускаемой погрешности определения градуировочных характеристик резервуаров по настоящей рекомендации:

- для резервуаров номинальной вместимостью от 200 м^3 до 700 м^3: ± 0,15 %;
- для резервуаров номинальной вместимостью от 800 м^3 до 1000 м^3: ± 0,12 %;
- для резервуаров номинальной вместимостью от 2000 м^3 до 3000 м^3: ± 0,10 %;
- для резервуаров номинальной вместимостью от 5000 м^3 до 50000 м^3: ± 0,08 %.

1 Нормативные ссылки

В настоящей рекомендации использованы ссылки на следующие документы:

ГОСТ 8.570-2000 ГСИ. Резервуары стальные вертикальные цилиндрические. Методика поверки;

ГОСТ 7502-98 Рулетки измерительные металлические. Технические условия;

ГОСТ 112-78 Термометры метеорологические стеклянные. Технические условия;

ГОСТ 427-75 Линейки измерительные металлические. Технические условия;

ГОСТ 166-89 Штангенциркули. Технические условия;

ГОСТ 13837-79 Динамометры общего назначения. Технические условия.

2 Термины, сокращения и обозначения

2.1 Термины.

В настоящей рекомендации применены термины по ГОСТ 8.570.

2.2 Сокращения.

РВС - резервуар вертикальный стальной цилиндрический со стационарной крышей;

РВСП - резервуар вертикальный стальной цилиндрический со стационарной крышей и понтоном;

РВСПА - резервуар вертикальный стальной цилиндрический со стационарной алюминиевой крышей и понтоном;

РВСПК - резервуар вертикальный стальной цилиндрический с плавающей крышей;

2.3 Обозначения

D - номинальный диаметр резервуара, мм; значение D задано в исполнительной документации на резервуар;

$m_{п.к.}$ - масса плавающей крыши, кг; значение $m_{п.к.}$ задано в исполнительной документации на резервуар;

h - высота конструктивного элемента резервуара (плоскости, связанной с конструктивным элементом или условно обозначенной на произвольной высоте), отсчитываемая от плоскости уторного шва, мм, в том числе:

h_0 - высота уторного шва ($h_0 = 0$);

$h_{изм.}$ - высота, на которой выполняются измерения периметра первого пояса резервуара;

$h_{т.о.}^{БВ}$ - высота точки отсчета базовой высоты резервуара;

$h_{м.п.}$ - высота «мертвой» полости;

h_J - высота J-й плоскости, построенной на 3D-модели;

h_1 - высота, соответствующая наполнению резервуара H_1;

h_2 - высота, соответствующая наполнению резервуара H_2;

$h_{вн.э.k}^{н}$ - высота нижнего края k-го конструктивного элемента внутри резервуара;

$h_{вн.э.k}^{в}$ - высота верхнего края k-го конструктивного элемента внутри резервуара;

$h_{вн.э.k}^{h_J}$ - высота части k-го конструктивного элемента резервуара в пределах от $h_k^н$ до h_J;

$h_{п.к.}^{н}$ - высота нижнего края (нижней деки) плавающей крыши при установке на опоры;

$h_{авар.в.}$ - высота верхнего аварийного уровня заполнения резервуара;

Δh_i - высота кольцевого участка стенки резервуара, образуемого листами i-го пояса резервуара;

Δh_{im} - высота условно выделенного m-го кольца в составе i-го пояса резервуара;

H - уровень продукта в резервуаре, отчитываемый от высоты точки отсчета базовой высоты резервуара, мм, в том числе:

$H_{н.норм}$ - нижний нормативный уровень продукта в резервуаре;

$H_{в.норм}$ - верхний нормативный уровень продукта в резервуаре;

H_0 - нулевой уровень продукта в резервуаре;

H_1 - уровень продукта в резервуаре, совпадающий, в пределах заданного допус-

ка, с нижним нормативного уровнем;

H_2 - уровень продукта в резервуаре, совпадающий, в пределах заданного допуска, с верхним нормативным уровнем;

H_J - уровень продукта в резервуаре, соответствующий высоте h_J;

$H^{БВ}$ - базовая высота резервуара, мм;

3D-0вн. - обозначение 3D-модели резервуара, построенной по данным сканирования внутреннего пространства резервуара при уровне наполнения H_0; для обозначения указанной 3D-модели верхним индексом при конкретной величине используется символ «0вн.»;

3D-0 - обозначение 3D-модели резервуара, построенной по данным сканирования внешней стороны стенки резервуара при уровне наполнения H_0; для обозначения указанной 3D-модели верхним индексом при конкретной величине, используется символ «0»;

3D-1 - обозначение 3D-модели резервуара, построенной по данным сканирования внешней стороны стенки резервуара при уровне наполнения H_1; для обозначения указанной 3D-модели верхним индексом при конкретной величине, используется символ «1»;

3D-2 - обозначение 3D-модели резервуара, построенной по данным сканирования внешней стороны стенки резервуара при уровне наполнения H_2; для обозначения указанной 3D-модели верхним индексом при конкретной величине, используется символ «2»;

M - верхний индекс в обозначении величины, определяющий её принадлежность к M-й модели резервуара;

L - периметр стенки резервуара на уровне $h_{изм}$, мм, в том числе:

$L^{РР}_{изм}$ - результат измерений периметра стенки резервуара измерительной рулеткой;

$L^{M}_{изм.}$ - результат измерений периметра стенки резервуара на M-й модели резервуара;

l - число метровых отрезков (в том числе неполных) в участке шкалы измерительной рулетки, применяемом при измерениях периметра первого пояса;

p - число участков шкалы рулетки, отложенных по периметру резервуара;

d - толщина стенки резервуара, мм;

$d_{1\Sigma}$ - сумма толщины листов первого пояса и толщины покрытий, мм;

$d_{i\Sigma}$ - сумма толщины листов i-го пояса и толщины покрытий, мм

$R^{БВ}_{т.о.}$ - координата точки отсчета базовой высоты резервуара, определяемая как расстояние от геометрического центра днища резервуара на уровне $h^{БВ}_{т.о.}$ до точки отсчета базовой высоты резервуара, мм;

$\varphi^{БВ}_{т.о.}$ - угол точки отсчета базовой высоты резервуара, угловые градусы;

ϑ - угол направления наклона резервуара, угловые градусы;

n - номер образующей резервуара; $n = 1; 2; \ldots N$;

n_{max} - номер образующей резервуара, имеющей максимальное значение абсолютной высотной отметки окрайки днища;

$n^{\cdot}_{max}$ - номер образующей, имеющей максимальное значение отклонения от вертикали для верхнего края стенки резервуара;

$n^{\cdot}_{min}$ - номер образующей, имеющей минимальное значение отклонения от вертикали для верхнего края стенки резервуара;

fn - абсолютная высотная отметка окрайки днища резервуара для n-й образующей, мм;

ΔRn - отклонение от вертикали верхнего края стенки резервуара для n-й образующей, мм;

$\eta_{у.м.}$ - степень наклона уторного шва стенки резервуара;

$\eta_{р}$ - степень наклона резервуара;

k - порядковый номер, присвоенный k-му конструктивному элементу;

$\rho_{пр}$ - плотность продукта в резервуаре, кг/м^3, в том числе:

$\rho_{пр.1}$ - результат измерений плотности продукта в резервуаре при уровне наполнения H_1;

$\rho_{пр\ 2}$ - результат измерений плотности продукта в резервуаре при уровне наполнения H_2;

$\rho_{пр.ср.}$ - среднее значение плотности продукта, принимаемое в расчетах градуировочной таблицы резервуара;

$t_{в.i.}$ - результат i-го измерения температура окружающего воздуха, °С;

$t_{в.ср}$ - средняя температура окружающего воздуха, °С;

$t_{пр.ср.}$ - средняя температура продукта в резервуаре, °С;

$t_{ст.ср}$ - средняя температура стенки резервуара, °С;

k_t - коэффициент, учитывающий отклонение температуры стенки резервуара от стандартного значения;

$\alpha_{ст.}$ - температурный коэффициент линейного расширения материала стенки резервуара;

$\alpha_{ИР}$ - температурный коэффициент линейного расширения материала ленты измерительной рулетки;

$S_{ж.л.}$ - площадь геометрической фигуры, образуемой сечением стенки резервуара плоскостью на уровне 0,5 $h_{ж.л.}$, м^2;

S_{im}^{M} - площадь геометрической фигуры, образуемой сечением m-го кольца i-го пояса резервуара плоскостью на уровне 0,5 Δh_{im}, измеренная на M-й 3D-модели резервуара, м^2;

$S_{im\ кор}^{M}$ - площадь геометрической фигуры, образуемой сечением m-го кольца i-го пояса резервуара плоскостью на уровне 0,5 Δh_{im}, измеренная на M-й 3D-модели резервуара, скорректированная с учетом толщины листов и покрытий, м^2;

$S_{п.к}$ - площадь сечения плавающей крыши, м^2;

$S_{отв\ \mu}$ - площадь сечения μ-го отверстия в плавающей крыше, м^2;

$v_{п.д.}$ - объем внутреннего пространства резервуара в пределах профиля днища, м^3;

$v'_{м.л.}$ - объем внутреннего пространства резервуара в пределах «мертвой» полости;

v_{im}^{M} - объем внутреннего пространства в пределах кольца Δh_{im}, измеренный на M-й модели резервуара;

v_{J}^{M} объем внутреннего пространства резервуара, ограниченный плоскостью на высоте h_J, измеренный на M-й модели резервуара;

$v_{вн.эл.k}^{hJ}$ - объем части k-го конструктивного элемента резервуара в пределах от h_k'' до h_J;

F_J^0 - весовая функция, применяемая к значению объема резервуара в пределах высоты h_J, рассчитанного на модели 3D-0;

F_J^1 - весовая функция, применяемая к значению объема резервуара в пределах высоты h_J, рассчитанного на модели 3D-1;

F_J^2 - весовая функция, применяемая к значению объема резервуара в пределах высоты h_J, рассчитанного на модели 3D-2;

V_J^{h01} - вместимость резервуара на уровне h_J, соответствующем условию $h_{м.п} \le h_J \le h_1'$, м^3; ($h_1' = h_1 \pm 5$);

V_J^{h12} - вместимость резервуара на уровне h_J, соответствующем условию $h_1' < h_J \le h_2$, м^3;

$V_J^{h2изг.в}$ - вместимость резервуара при уровне наполнения h_J в пределах от h_2 до $h_{изг.в.}$, м^3.

3 Операции калибровки

При проведении калибровки выполняют операции, приведенные в таблице 1.

Таблица 1

№№ п.п.	Выполняемые операции	Номер пункта рекомендации	Проведение операции:	
			при первичной калибровке	при периодической калибровке
1	Внешний осмотр	9.1	да	да
2	Измерения базовой высоты резервуара	9.2.1	да	да
3	Измерения периметра первого пояса резервуара	9.2.2	да	да
4	Измерения температуры окружающего воздуха	9.2.3	да	да
5	Измерения температуры продукта в резервуаре	9.2.4	да	да
6	Измерения геометрических характеристик внутренних конструктивных элементов	9.2.5	да	нет
7	Сканирование внутреннего пространства резервуара	9.2.6	да	нет
8	Сканирование внешней стороны стенки резервуара при отсутствии продукта в резервуаре	9.2.7	да	нет
9	Сканирование внешней стороны стенки резервуара при уровне наполнения, соответствующем нижнему нормативному уровню	9.2.8	да	да
10	Сканирование внешней стороны стенки резервуара при уровне наполнения, соответствующем верхнему нормативному уровню	9.2.9	да	да

4 Средства калибровки

4.1 При проведении калибровки применяют средства измерений и оборудование, приведенные в таблице 2.

Таблица 2

№№ п.п.	Наименования (типы) средств калибровки. Обозначения нормативных документов, регламентирующих технические требования (основные технические и метрологические характеристики средств калибровки)	Номер пункта рекомендации
1	Система лазерная координатно-измерительная сканирующая или электронный тахеометр, имеющий функцию сканирования: - погрешность моделирования поверхности объекта на расстоянии до 70 м: ± 3 мм; - среднее квадратическое отклонение при измерении расстояний до 70 м: не более 3 мм; - диапазон сканирования: в горизонтальной плоскости: от 0^0 до 360^0; в вертикальной плоскости (относительно горизонта): от минус 30^0 до $+30^0$; - электронная компенсация уровня горизонта в диапазоне ±14′ с разрешением до 10″.	9.2.6; 9.2.7; 9.2.8; 9.2.9
2	Рулетка измерительная с грузом по ГОСТ 7502 2-го класса точности с верхним пределом измерений 10, 20 или 30 м	9.2.1
3	Рулетка измерительная по ГОСТ 7502 2-го класса точности с верхним пределом измерений 10, 20 или 30 м	9.2.2; 9.2.5
4	Термометр метеорологический стеклянный ТМ-6-1 по ГОСТ 112 с пределами измерений от минус 30 ^{0}С до + 50 ^{0}С и пределами абсолютной погрешности измерений ±0,2 ^{0}С	9.2.3
5	Термометр стеклянный типа ТЛ-4 № 1 и ТЛ-4 №2 с пределами измерений, соответственно, от минус 30 ^{0}С до +20 ^{0}С и от 0 ^{0}С до +55 ^{0}С и пределами абсолютной погрешности измерений ±0,2 ^{0}С	9.2.4
6	Линейка измерительная металлическая с диапазоном измерений 0-500 мм по ГОСТ 427	9.2.5
7	Штангенциркуль с диапазоном измерений 0-125 мм по ГОСТ 166	9.2.5
8	Динамометр по ГОСТ 13837 с верхним пределом измерений до 100 Н	9.2.2
9	Скоба по ГОСТ 8.570	9.2.2

Допускается применение других средств измерений, метрологические характеристики которых аналогичны или превосходят характеристики приведенных выше средств измерений.

4.2 Применяемые средства измерений должны быть поверены и иметь действующие свидетельства о поверке или оттиски поверительных клейм.

5 Требования безопасности

5.1 При проведении калибровки соблюдают требования:

- ПБ 08-624-03 «Правила безопасности в нефтяной и газовой промышленности» [1];
- «Правил технической эксплуатации электроустановок потребителей» [2];
- ПОТ Р М-016-2001 (РД 153.34.0-03.150-00) (с изменениями 2003 г.) «Межотраслевые

правила по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок»;

- «Правил устройства электроустановок потребителей» [3];

- РД-13.220.00-КТН-575-06 «Правила пожарной безопасности на объектах магистральных нефтепроводов ОАО «АК «Транснефть» и дочерних акционерных обществ»;

- СО 02-06-АКТНП-001-2007 «Правила пожарной безопасности для предприятий ОАО «АК «Транснефтепродукт»;

- инструкции по охране труда в резервуарных парках, действующей в структурном подразделении-владельце резервуара (далее – структурное подразделение);

- эксплуатационной документации на применяемые средства калибровки.

5.2 В целях обеспечения безопасности работ в наряде-допуске на проведение работ предусматривают:

- контроль загазованности воздушной среды в каре резервуара перед началом работ и последующий периодический контроль не реже одного раза в час: концентрация паров углеводородов не должна превышать 300 мг/м^3;

- немедленное прекращение всех работ в случае достижения концентрации паров углеводородов значения 300 мг/м^3, выключение работающего оборудования и вывод людей из каре резервуара в безопасную зону; работы могут быть продолжены после устранения причин загазованности и стабилизации концентрации паров углеводородов на безопасном уровне;

- обозначение зоны проведения работ предупреждающими знаками (ограждающей лентой);

- ограничение длины лазерного луча плоскостью объекта сканирования, обеспечиваемое заданием области сканирования по монитору сканера в пределах поверхности резервуара и его отмостки;

- применение режима автоматического сканирования заданной области;

- постоянное нахождение оператора у пульта управления сканера (с тыльной стороны сканера);

- удаление из каре резервуара исполнителей работ, не занятых процедурой сканирования, эксплуатационного персонала объекта и иных лиц;

- проведение работ только в светлое время суток (после окончания утренних и до наступления вечерних сумерек).

5.3 К проведению работ допускают лиц, прошедших в своей организации обучение по программе пожарно-технического минимума и аттестацию по промышленной безопасности с участием инспектора Ростехнадзора.

5.4 Перед проведением работ на объекте исполнители должны пройти вводный инструктаж и инструктаж на рабочем месте по пожарной безопасности при работе в резервуарных парках и по охране труда.

5.5 Ответственные за производство работ от структурного подразделения должны пройти проверку знаний по промышленной безопасности в комиссиях филиалов дочерних обществ с участием инспектора Ростехнадзора.

5.6 Калибровка должна выполняться бригадой исполнителей работ (далее – бригада) в составе не менее трех человек.

6 Требования к квалификации исполнителей

6.1 Персонал бригады должен пройти специальную подготовку по работе со сканером и обучение методике калибровки резервуаров.

6.2 В составе бригады должно быть не менее одного исполнителя, имеющего квалификацию калибровщика (поверителя) резервуаров.

7 Условия калибровки

При проведении калибровки контролируют выполнение следующих условий:

- температура окружающего воздуха: от минус 10 °С до + 40 °С;

- рабочая жидкость в резервуаре: нефть товарная или светлые нефтепродукты (бензин; топливо дизельное; топливо реактивное; далее – продукт) в соответствии с предназначением резервуара;

- уровень продукта в резервуаре: в соответствии с указаниями 8.4 и 8.5.

8 Подготовка к калибровке

8.1 Подготовку резервуара к калибровке проводят персонал структурного подразделения и персонал бригады.

8.2 На персонал структурного подразделения возлагается:

8.2.1 внешний осмотр стенки, крыши, лестниц и ограждений резервуара в отношении его соответствия технической документации и требованиям безопасности выполнения работ; перед первичной калибровкой дополнительно предусматривается осмотр конструкций внутреннего пространства резервуара;

8.2.2 проверка соответствия состава средств измерений и оборудования резервуара, применяемым при выполнении измерений объема и температуры продукта и отбора проб, паспортным данным;

8.2.3 проверка исправности средств измерений и оборудования резервуара;

8.2.4 проверка способности понтона или плавающей крыши (далее по тексту – пла-

вающая крыша) свободно, без изменений уровня погружения и перекосов, перемещаться по высоте резервуара при изменении уровня продукта;

8.2.5 наполнение резервуара продуктом до уровня, предусмотренного указаниями 8.4 и 8.5;

8.2.6 контроль загазованности воздушной среды в каре резервуара.

8.3 Соответствие резервуара требованиям 8.2.1 – 8.2.4 должно быть подтверждено актом проверки соответствия, утвержденным заместителем руководителя структурного подразделения.

Вместе с актом руководителю бригады должны быть представлены:

- градуировочная таблица и протокол предыдущей калибровки (поверки) резервуара (если она проводилась);

- выписки из исполнительной технической документации на резервуар (либо копии документации) с данными по конструкции резервуара;

- выписка из технического отчета по результатам обследования (частичного обследования) резервуара (либо копию отчета) с данными по нивелировке окрайки днища и отклонениям от вертикали образующих стенки резервуара.

8.4 Резервуар, предъявляемый к первичной калибровке должен быть полностью освобожден от продукта (далее указанное состояние резервуара определяется как уровень наполнения H_0) и зачищен с удалением пирофорных отложений. Качество зачистки должно соответствовать требованиям, предъявляемым при подготовке резервуаров к проведению огневых работ в резервуаре.

8.5 Резервуар, предъявляемый к периодической калибровке, должен быть наполнен продуктом:

- перед выполнением операции 8.2.8 – до уровня H_1, при котором обеспечивается выполнение условия

$$H_{н.норм} \leq H_1 < (H_{н.норм} + 300), \qquad (1)$$

где $H_{н.норм.}$ – нижний нормативный уровня продукта, установленный в технологической карте резервуара, мм;

- перед выполнением операции 7.2.9 – до уровня H_2, при котором обеспечивается выполнение условия

$$(H_{в\ норм.} - 300) < H_2 \leq H_{в.норм.}, \qquad (2)$$

где $H_{в\ норм}$ – верхний нормативный уровня продукта, установленный в технологической карте резервуара, мм.

После каждой операции наполнения резервуара до заданного уровня должны выполняться измерения плотности продукта в соответствии с действующей в структурном подразделении методикой, аттестованной в установленном порядке.

Разность плотностей продукта в резервуаре $\rho_{пр.1}$ и $\rho_{пр.2}$ при уровнях наполнения H_1 и H_2 не должна быть более ± 2 % от минимального значения плотности при указанных уровнях.

Значения H_1 и H_2 и соответствующие им значения $\rho_{пр.1}$ и $\rho_{пр.2}$ вносят в протокол калибровки. Форма протокола калибровки приведена в приложении Б.

8.6 Персонал бригады проводит:

- подготовку средств измерений и оборудования к калибровке;

- определение перечня внутренних конструктивных элементов резервуара, геометрические характеристики которых должны быть определены (уточнены) методом прямых измерений.

9 Проведение калибровки

9.1 Внешний осмотр

При проведении внешнего осмотра проводят проверку:

9.1.1 исправности лестничных переходов обвалования, лестниц, перил и ограждающих конструкций резервуара – в отношении выполнения требований охраны труда при проведении калибровки, действующих в структурном подразделении;

9.1.2 состояния наружной поверхности стенки и отмостки резервуара – в отношении их соответствия требованиям правил эксплуатации резервуаров, действующих в структурных подразделениях.

9.2 Определение метрологических характеристик

9.2.1 Измерения базовой высоты резервуара.

Измерения базовой высоты проводят:

- при первичной калибровке – при уровнях наполнения H_0 и H_2;

- при периодической калибровке – при уровне наполнения H_2.

Измерения выполняют измерительной рулеткой с грузом по методике ГОСТ 8.570. Значения базовой высоты, $H^{БВ}$, отсчитывают в миллиметрах с округлением до целого числа и вносят в протокол калибровки.

9.2.2 Измерения периметра первого пояса резервуара.

9.2.2.1 Периметр первого пояса резервуара измеряют:

- при первичной калибровке – при уровнях наполнения H_0, H_1 и H_2;

- при периодической калибровке – при уровнях наполнения H_1 и H_2.

9.2.2.2 Измерения выполняют измерительной рулеткой по методике ГОСТ 8.570 на высоте ($h_{изм.} \pm 50$) мм. Значение $h_{изм.}$ выбирают из ряда $\{0{,}5\Delta h_1; 0{,}7\Delta h_1; 0{,}9\Delta h_1\}$, где Δh_1 – высота листов первого пояса. В результат измерений вносят поправку по ГОСТ 7502 на температурный коэффициент линейного расширения материала ленты измерительной рулетки, $\alpha_{ИР}$, значение которого указано на ленте измерительной рулетки. Температуру ленты рулетки принимают равной температуре стенки резервуара, $t_{ст.}$.

Значения периметра, $L^{ИР}_{изм.}$, отсчитывают в миллиметрах с округлением до целого числа и вносят в протокол калибровки с указанием значения $h_{изм.}$.

9.2.3 Измерения температуры окружающего воздуха.

9.2.3.1 Температуру окружающего воздуха измеряют термометром метеорологическим ТМ-6-1. Измерения выполняют на расстоянии (50 ... 100) мм от стенки резервуара в четырех точках равномерно по периметру стенки резервуара. Значения температуры, $t_{в.i.}$, отсчитывают в градусах Цельсия с округлением до единицы первого знака после запятой и вносят в протокол калибровки. За результат измерений принимают среднее арифметическое по четырем отсчетам, $t_{в.ср}$, с округлением до единицы первого знака после запятой.

9.2.4 Измерения температуры продукта в резервуаре.

9.2.4.1 Среднюю температуру продукта, $t_{пр.ср.}$, определяют с помощью стационарной системы измерений температуры продукта в резервуаре.

При отсутствии стационарной системы температуру продукта в резервуаре определяют по результатам измерений температуры продукта в точечных пробах, отобранных по методике ГОСТ 2517, с помощью термометра стеклянного типа ТЛ-4 № 2 (ТЛ-4 № 1). Измерения выполняют по методике, действующей в структурном подразделении, аттестованной в установленном порядке.

Значение $t_{пр.ср.}$ отсчитывают в градусах Цельсия с округлением до единицы первого знака после запятой и вносят в протокол калибровки.

9.2.5 Геометрические характеристики внутренних конструктивных элементов определяют методом прямых измерений с использованием измерительной рулетки по ГОСТ 7502, измерительной линейки по ГОСТ 427 и штангенциркуля по ГОСТ 166.

Значение геометрических характеристик отсчитывают в миллиметрах с округлением до целого числа и вносят в протокол калибровки.

9.2.6 Сканирование внутреннего пространства резервуара.

9.2.6.1 Перед проведением операции сканирования выполняют следующие операции:

- опускают ленту измерительной рулетки с грузом через измерительный люк, используемый для измерений базовой высоты резервуара, и в точке на днище резервуара, от которой отсчитывается базовая высота резервуара (далее - точка отсчета базовой высоты резервуара), устанавливают сферическую марку;

Примечание – По терминологии ГОСТ 8.570 точка отсчета базовой высоты резервуара именуется как точка касания груза рулетки.

- устанавливают плоские марки из самоклеющейся пленки на вертикальных швах первого пояса на уровне уторного шва; шов, совпадающий с образующей № 1 (согласно нумерации технического отчета по диагностике резервуара) отмечают двумя марками, смещенными по высоте на расстояние (150 ...250) мм; шов, совпадающий с образующей, имеющей по данным нивелирования окрайки днища максимальную высотную отметку, отмечают тремя марками, смещенными по высоте на расстояние (150 ...250) мм.

Примечание – Типы используемых марок установлены в руководстве по эксплуатации сканера.

9.2.6.2 Размещают на днище резервуара три станции, обеспечивая области сканирования, включающие:

- днище резервуара, в том числе его геометрический центр;

- стенку резервуара в пределах от уторного шва до высоты нижней деки плавающей крыши; в резервуарах без плавающей крыши – в переделах высоты первого пояса резервуара.

Схема размещения станций должна обеспечивать видимость с каждой станции сферической марки и не менее шести плоских марок, в том числе марок, установленных на образующих, помеченных двумя и тремя марками.

9.2.6.3 Сканирование проводят последовательно с каждой станций в режиме кругового обзора. Дискретность сканирования задают в пределах (3 ... 5) мм.

9.2.6.4 После завершения сканирования с каждой станции проводят привязку координат станции к координатам двух других стаций путем сканирования установленных на них марок.

9.2.6.5 Операции сканирования и взаимной привязки координат станций выполняют в соответствии с указаниями руководства по эксплуатации сканера. Регистрация результатов сканирования осуществляется в памяти управляющего компьютера в режиме реального времени автоматически.

Указания настоящего подпункта методики в полной мере распространяются на после-

дующие операции сканирования 9.2.7 – 9.2.9.

9.2.6.6 После выполнения операции 9.2.6.5 удаляют марки, установленные внутри резервуара на его стенке и днище.

9.2.7 Сканирование внешней стороны стенки резервуара при уровне наполнения H_0.

9.2.7.1 Размещают четыре станции в углах каре резервуара.

9.2.7.2 Проводят установку:

- плоских марок – на вертикальных швах первого пояса на уровне уторного шва; шов, совпадающий с образующей №1, отмечают двумя марками, смещенными по высоте на расстояние (150 …250) мм;

- сферических марок – на перилах крыши (кольцевой площадки); марки устанавливают равномерно по периметру резервуара, обеспечивая видимость с каждой станции не менее двух марок.

9.2.7.3 Выполняют операцию сканирования последовательно с каждой станции. Сканирование проводят в пределах видимого сектора внешней стороны стенки резервуара с захватом установленных сферических марок и части отмостки, примыкающей к уторному шву. Дискретность сканирования задают в пределах (30 … 60) мм.

9.2.7.4 После завершения сканирования с каждой станции проводят привязку координат станции к координатам двух смежных стаций путем сканирования установленных на них марок.

9.2.8 Сканирование внешней стороны стенки резервуара при уровне наполнения H_1.

Выполняют операции, изложенные в 9.2.7.1 – 9.2.7.4.

9.2.9 Сканирование внешней стороны стенки резервуара при уровне наполнения H_2.

Выполняют операции, изложенные в 9.2.7.1 – 9.2.7.4.

10 Обработка результатов измерений

10.1 Обработку результатов измерений базовой высоты резервуара проводят в соответствии с указаниями Г.5.10.1 приложения Г к ГОСТ 8.570.

Значение $H^{БВ}$ отсчитывают в миллиметрах с округлением до целого числа и вносят в протокол калибровки.

10.2 Обработку результатов измерений периметра первого пояса резервуара проводят в соответствии с указаниями Г.1 приложения Г к ГОСТ 8.570.

Значение $L^{ИР}_{изм.}$ отсчитывают в миллиметрах с округлением до целого числа и вносят в протокол калибровки.

10.3 Определение температуры стенки резервуара

10.3.1 Среднюю температуру стенки резервуара, $t_{ст\ ср.}$, при отсутствии продукта в резервуаре принимают равной средней температуре окружающего воздуха: $t_{ст.ср.} = t_{в\ ср}$.

10.3.2 Среднюю температуру стенки при наличии продукта в резервуаре рассчитывают по формуле

$$t_{ст\ ср.} = 0{,}875 t_{пр.ср.} + 0{,}125 t_{в.ср.}, \qquad (3)$$

где $t_{пр.ср.}$ - средняя температура продукта в резервуаре.

Значение $t_{ст.ср.}$ отсчитывают в градусах Цельсия с округлением до целого числа и вносят в протокол калибровки.

10.4 Построение 3D-моделей и оценка их соответствия объекту моделирования

10.4.1 3D-модели внутреннего пространства резервуара при уровне наполнения H_0 и внешней стороны стенки резервуара при уровнях наполнения H_0, H_1 и H_2 (далее указанные 3D-модели обозначаются, соответственно, как 3D-$0_{вн.}$, 3D-0, 3D-1; 3D-2) строят средствами компьютерной программы (КП) применяемого сканера.

10.4.2 Последовательно экспортируют 3D-$0_{вн.}$, 3D-0, 3D-1 и 3D-2 в формат сервисной КП и её инструментами определяют периметр первого пояса на высоте $h_{изм.}$, $L^{M}_{изм.}$, где M – индекс, определяющий принадлежность полученного значения к конкретной 3D-модели.

Значение $L^{0вн.}_{изм.}$ корректируют с учетом толщины листов первого пояса и толщины покрытий, значения которых определяют по данным исполнительной документации на резервуар. Корректированное значение, $L^{0вн.}_{изм.кор.}$, определяют по формуле

$$L^{0вн.}_{изм.кор.} = L^{0вн}_{изм.кор} + 2\pi \cdot d_{1\Sigma}, \qquad (4)$$

где $d_{1\Sigma}$ - сумма толщины листов первого пояса и толщины покрытий;

$\pi = 3{,}14159$; то же – при последующих расчетах.

Значения $L^{M}_{изм.}$ и $L^{0вн.}_{изм.кор.}$ представляют в миллиметрах с округлением до целого числа и вносят в протокол калибровки.

10.4.3 Проводят сравнение полученных значений $L^{M}_{изм.}$ и $L^{0вн.}_{изм.кор.}$ с результатами измерений периметра первого пояса измерительной рулеткой ($L^{ИР}_{изм.}$) при соответствующих уровнях наполнения.

Построенные 3D-модели считают соответствующими объекту, если выполняется условие

$$| L^{M}_{изм.(кор.)} - L^{ИР}_{изм.} | < p \cdot \Delta L, \qquad (5)$$

где ΔL - величина, рассчитанная согласно ГОСТ 7502 по формуле

$$\Delta L = [0{,}30+0{,}15(l-1)]; \qquad (6)$$

l - число метровых отрезков (в том числе неполных) в участке шкалы измерительной рулетки, применяемом при измерениях периметра первого пояса;

p - число участков шкалы рулетки, отложенных по периметру резервуара.

Значения $|L^{M}_{изм.(кор.)} - L^{ИР}_{изм.}|$, p и ΔL вносят в протокол калибровки.

При невыполнении для любой из 3D-моделей условия (5) определяют причину несоответствия и повторяют измерения.

10.5 Определение степени наклона резервуара.

10.5.1 Факт наклона (крена) резервуара устанавливают по данным нивелирования окрайки днища резервуара и измерений отклонений стенки резервуара от вертикали для каждой образующей n ($n = 1; 2; \ldots; N$), полученным при диагностике резервуара.

10.5.2 Определяют разность абсолютных высотных отметок окрайки днища (уторного шва) для каждой образующей n: $\Delta fn = fn_{max} - fn$, где fn_{max} – абсолютная высотная отметка окрайки днища для образующей, имеющей максимальное значение (соответствующий ей номер образующей n_{max}). Строят график зависимости $\Delta fn = \Delta fn(n)$.

Если полученная зависимость $\Delta fn(n)$ может быть аппроксимирована кривой синусоидальной формы с периодом N, то считают, что уторный шов резервуара имеет наклон в направлении от образующей n_{max} к образующей $n_{min} = (n_{max} + \frac{N}{2})$. Степень наклона уторного шва, $\eta_{у.ш.}$, определяют по формуле

$$\eta_{у.ш.} = \frac{\Delta fn_{max}}{D}, \qquad (7)$$

где D- номинальное значение диаметра резервуара. Значение $\eta_{у.ш.}$ отсчитывают с округлением до единицы пятого знака после запятой и вносят в протокол калибровки.

При выполнении условия $\eta_{у.ш.} \geq 0{,}00005$ проводят оценку наклона стенки резервуара по 10.5.3.

10.5.3 По данным отклонений образующих резервуара от вертикали на уровне верхнего пояса, ΔRn, строят график зависимости $\Delta Rn = \Delta Rn(n)$. Если полученная зависимость $\Delta Rn(n)$ может быть аппроксимирована кривой синусоидальной формы с периодом N, для которой значения аргументов при максимальном отклонении ΔRn_{max} и минимальном от-

клонении ΔRn_{min} соответствуют условиям $n'_{min} = n_{max} \pm 1$ и $n'_{max} = n_{min} \pm 1$, то считают, что резервуар имеет наклон в направлении от образующей n_{max} к образующей n_{min}.

10.5.4 Определяют степень наклона резервуара, η_P, по формуле

$$\eta_P = \frac{|\Delta Rn_{max}| + |\Delta Rn_{min}|}{2\sum_i \Delta h_i} \qquad (8)$$

Значение η_P отсчитывают с округлением до единицы пятого знака после запятой и вносят в протокол калибровки.

При выполнении условия $\eta_P \geq 0{,}00005$ наклон резервуара учитывают при расчете градуировочной таблицы резервуара.

10.5 Определение высоты точки отсчета базовой высоты резервуара

10.5.1 Экспортируют 3D-$0_{вн.}$ в формат сервисной КП и её инструментами строят:

- секущую плоскость 1 параллельно плоскости наклона уторного шва на уровне пересечения уторного шва образующей №1; для целей последующей обработки данных фиксируют на 3D-$0_{вн.}$ нанесением метки «h_0»;

Примечание – При последующих построениях секущих плоскостей их параллельность плоскости наклона уторного шва не оговаривается.

- секущую плоскость 2 на уровне точки установки сферической марки; точку установки сферической марки определяют с учетом геометрических размеров марки; для целей последующей обработки данных точку установки сферической марки фиксируют на 3D-$0_{вн.}$ нанесением метки «$h^{БВ}_{т.о.}$»;

- прямую, перпендикулярную секущим плоскостям 1 и 2.

10.5.2 За высоту точки отсчета базовой высоты резервуара, $h^{БВ}_{т.о.}$, принимают длину отрезка прямой, образуемого секущими плоскостями 1 и 2.

Значение $h^{БВ}_{т.о.}$ отсчитывают в миллиметрах с округлением до целого числа и вносят в протокол калибровки.

10.6 Определение координат точки отсчета базовой высоты резервуара

10.6.1 Экспортируют 3D-$0_{вн.}$ в формат сервисной КП и её инструментами строят:

- секущую плоскость на уровне метки «$h^{БВ}_{т.о.}$»;

- прямую 1 на секущей плоскости, проходящую через геометрический центр фигуры, формируемой стенкой резервуара и секущей плоскостью, и образующую № 1 резервуара;

- прямую 2 на секущей плоскости, проходящую через геометрический центр фигуры, формируемой стенкой резервуара и секущей плоскостью, и метку «$h^{БВ}_{т.о}$».

10.6.2 Инструментами сервисной КП определяют:

- угол между прямыми 1 и 2, $\varphi^{БВ}_{т.о.}$, отсчитываемый по часовой стрелке в направлении от образующей №1; значение $\varphi^{БВ}_{т.о.}$ отсчитывают в угловых градусах с округлением до целого числа;

- длину отрезка прямой 2 от геометрического центра до метки «$h^{БВ}_{т.о.}$», $R^{БВ}_{т.о.}$; значение $R^{БВ}_{т.о.}$ отсчитывают в миллиметрах с округлением до целого числа.

10.6.3 Определяют координаты точки отсчета базовой высоты резервуара указанием значений: $R^{БВ}_{т.о.}$; $\varphi^{БВ}_{т.о.}$.

10.7 Определение направления наклона резервуара

10.7.1 Экспортируют 3D-$0_{вн}$ в формат сервисной КП и её инструментами строят:

- секущую плоскость на уровне метки «$h^{БВ}_{т.о.}$»;

- прямую 1 на секущей плоскости, проходящую через геометрический центр фигуры, формируемой стенкой резервуара и секущей плоскостью, и метку «$h^{БВ}_{т.о.}$»;

- прямую 2 на секущей плоскости, проходящую через геометрический центр фигуры, формируемой стенкой резервуара и секущей плоскостью, и образующую с номером n_{min};

- прямую 3 на секущей плоскости, проходящую через геометрический центр фигуры, формируемой стенкой резервуара и секущей плоскостью, и образующую с номером n_{max};

- прямую 4 как биссектрису между прямыми 2 и 3.

10.7.3 Инструментами сервисной КП определяют угол ϑ между 1-й прямой и прямой 4, отсчитываемый по часовой стрелке в направлении от прямой 1. Значение ϑ отсчитывают в угловых градусах с округлением до целого числа и принимают в качестве направления наклона резервуара.

10.8 Определение высоты «мертвой» полости.

10.8.1 Экспортируют 3D-$0_{вн.}$ в формат сервисной КП и её инструментами строят:

- секущую плоскость 1 на уровне метки «h_0»;

- секущую плоскость 2 на уровне верха щели приемо-раздаточного устройства (ПРУ) резервуара (при наличии двух и более ПРУ – на уровне верха щели верхнего из них);

- секущую плоскость 3 на уровне выше плоскости 2 на 200 мм.

- вертикальную прямую, пересекающие секущие плоскости.

10.8.2 За высоту «мертвой» полости, $h_{м.п.}$, принимают длину отрезка вертикальной прямой, образуемого секущими плоскостями 1 и 3.

Значение $h_{м.л.}$ отсчитывают в миллиметрах с округлением до целого числа и вносят в протокол калибровки.

10.9 Определение высоты плавающей крыши при её установке на опорах.

10.9.1 Экспортируют 3D-$0_{вн.}$ в формат сервисной КП и её инструментами строят:

- горизонтальную секущую плоскость на уровне метки «h_0»;

- горизонтальную секущую плоскость на уровне, совпадающем с плоскостью нижней деки плавающей крыши;

- вертикальную прямую, пересекающие секущие плоскости.

10.9.2 За высоту плавающей крыши, $h''_{п.к}$, принимают длину отрезка вертикальной прямой, образуемого секущими плоскостями.

Значение $h''_{п.к}$ отсчитывают в миллиметрах с округлением до целого числа и вносят в протокол калибровки.

10.10 Определение объема в пределах профиля (неровностей) днища резервуара

10.10.1 Экспортируют 3D-$0_{вн.}$ в формат сервисной КП и её инструментами:

- строят секущую плоскость на уровне $h_{м.л}$;

- определяют объем пространства, ограниченного днищем резервуара, внутренней стороной стенки резервуара и секущей плоскостью, $v'_{м.л.}$.

Значение $v'_{м.л.}$ отсчитывают в метрах кубических с округлением до единицы 4-го знака после запятой и вносят в протокол калибровки.

10.10.2 Экспортируют 3D-$0_{вн.}$ в формат сервисной КП и её инструментами строят секущую плоскость на уровне 0,5 $h_{м.л.}$.

Определяют площадь фигуры, образуемой сечением стенки резервуара на уровне 0,5 $h_{м.л}$, $S_{м.л.}$. Значение $S_{м.л.}$ отсчитывают в метрах квадратных с округлением до единицы 4-го знака после запятой и вносят в протокол калибровки.

10.10.3 Рассчитывают объем пространства в пределах высоты «мертвой полости» без учета профиля днища, $v''_{м.л.}$, по формуле

$$v''_{м.л} = 10^{-3} S_{м.л.} h_{м.л.}. \qquad (9)$$

Значение $v''_{м.л.}$ отсчитывают в метрах кубических с округлением до единицы четвертого знака после запятой и вносят в протокол калибровки.

10.10.4 Рассчитывают объем пространства в пределах профиля днища с учетом температурной поправки, $v_{п.д.}$, по формуле

$$v_{н.д.} = k_t(v''_{м.н.} - v'_{м.н.}), \qquad (10)$$

k_t - коэффициент, учитывающий отклонение температуры стенки резервуара от стандартного значения (20^0C), рассчитываемый по формуле

$$k_t = \left|1 - 2\alpha_{ст.}(t_{ст\ ср.} - 20)\right|; \qquad (11)$$

значение k_t вносят в протокол калибровки;

$\alpha_{ст}$ - температурный коэффициент линейного расширения материала стенки резервуара, значение которого принимают равным $12{,}5 \cdot 10^{-6}$, $(^0\text{C})^{-1}$.

Значение $v_{н.д.}$ отсчитывают в метрах кубических с округлением до единицы третьего знака после запятой и вносят в протокол калибровки.

10.11 Определение объема внутреннего пространства резервуара на 3D-моделях внешней стороны стенки резервуара

10.11.1 Последовательно экспортируют модели 3D-0, 3D-1и 3D-2 в формат сервисной КП и в пределах каждого пояса параллельно уторному строят секущие плоскости на уровнях $0{,}05\Delta h_i$, $0{,}15\Delta h_i$, $0{,}25\Delta h_i$, $0{,}35\Delta h_i$, $0{,}45\Delta h_i$, $0{,}55\Delta h_i$, $0{,}65\Delta h_i$, $0{,}75\Delta h_i$, $0{,}85\Delta h_i$ и $0{,}95\Delta h_i$. Секущие плоскости строят:

- для 3D-0 – в пределах уровня наполнения H_1;
- для 3D-1 и 3D-2 – в пределах уровня наполнения H_2.

На уровне каждой секущей плоскости инструментами сервисной КП определяют площадь фигуры, образуемой сечением плоскости стенки резервуара, S^M_{im}.

Значение S^M_{im} корректируют с учетом толщины листов i-го пояса и толщины покрытий, значения которых определяют по данным исполнительной документации на резервуар. Корректированное значение, $S^M_{im.кор.}$, определяют по формуле

$$S^M_{im.кор.} = S^M_{im} - 2d_{i\Sigma}\sqrt{\pi S^M_{im}}, \qquad (12)$$

где $d_{i\Sigma}$ - сумма толщины листов i-го пояса и толщины покрытий.

Значения S^M_{im} и $S^M_{im.кор.}$ отсчитывают в метрах квадратных с округлением до единицы четвертого знака после запятой.

10.11.2 Для каждой модели рассчитывают объем внутреннего пространства в пределах кольца Δh_{im}, v^M_{im}, по формуле

$$v^M_{im} = 0{,}001\Delta h_{im} S^M_{im}, \qquad (13)$$

где Δh_{im} - высота m-го кольца в пределах i-го пояса, определяемая соотношением

$\Delta h_{im} = \Delta h_i / 10$.

Значения v_{im}^M отсчитывают в метрах кубических с округлением до единицы четвертого знака после запятой.

Каждому из объемов v_{im}^M присваивают порядковый номер j, отсчитываемый от днища резервуара ($j = 1; 2; ...; J; ...$) и обозначают его как v_j^M.

10.11.3 Для каждой модели рассчитывают объем внутреннего пространства резервуара, ограниченный плоскостью на высоте h_J, v_J^M, по формуле

$$v_J^M = k_t \sum_{j=1}^{J} v_j^M . \qquad (14)$$

10.12 Определение объема внутренних конструктивных элементов резервуара

10.12.1 Объем конкретного внутреннего конструктивного элемента, $v_{вн.эл.k}$ (k – порядковый номер, присвоенный данному элементу), определяют по данным исполнительной документации на резервуар или рассчитывают по данным измерений геометрических характеристик элементов.

Примечания

Под объемом конструктивного элемента в настоящем документе понимается объем жидкости, вытесняемой конструктивным элементом при его полном погружении в жидкость.

По терминологии ГОСТ 8.570 объем внутренних конструктивных элементов именуется как объем внутренних деталей.

Значения $v_{вн.эл.k}$ отсчитывают в метрах кубических с округлением до единицы 4-го знака после запятой и вносят в протокол калибровки.

10.12.2 Для каждого конструктивного элемента в протоколе указывают нижнюю и верхнюю границу расположения элемента по высоте (соответственно, $h_{вн.э.k}^н$ и $h_{вн.э.k}^в$), значения которых определяют на модели 3D-$0_{вн}$ или по исполнительной документации

Значения $h_{вн.э.k}^н$ и $h_{вн.э.k}^в$ отсчитывают в миллиметрах с округлением до целого числа и вносят в протокол калибровки.

Для плавающей крыши верхнюю границу, $h_{п.к.}^в$, определяют расчетным методом по формуле

$$h_{п.к.}^в = h_{п.к.}^н + 10^3 \frac{m_{п.к.}}{\rho_{пр.ср.}(S_{п.к.} - \sum_{\mu} s_{отв\,\mu})}, \qquad (15)$$

где $m_{п.к.}$ - масса плавающей крыши, кг, значение которой берут из исполнительной документации на резервуар;

$S_{п.к.}$ - площадь сечения плавающей крыши, м^2;

$s_{отв.\mu}$ - площадь сечения μ-го отверстия в плавающей крыше, м^2.

10.12.3 Объем части конструктивного элемента в пределах от $h^{н}_{вн.э.k}$ до h_j ($h_j < h^{в}_{вн.э.k}$), $v^{hj}_{вн.эл.k}$, определяют методом линейной интерполяции с шагом 10 мм. Расчетное соотношение для определения посантиметрового объема конструктивного элемента вносят в протокол калибровки. Для целей расчета посантиметрового объема конструктивные элементы сложной формы условно расчленяют на составные части элементарной формы.

10.12.4 Суммарный объем внутренних конструктивных элементов в пределах высоты h_j, $v^{h_j}_{вн.э.\Sigma}$, рассчитывают по формуле

$$v^{h_j}_{вн.э.\Sigma} = \sum_{k=1}^{K} v^{h_j}_{вн.э.k}. \qquad (16)$$

Значения $v^{h_j}_{вн.э.\Sigma}$ отсчитывают в метрах кубических с округлением до единицы 3-го знака после запятой и вносят в протокол калибровки.

10.13 Определение вместимости резервуара

10.13.1 Вместимость резервуара на уровне h_j, соответствующем условию $h_{м.п.} \le h_j \le h_1'$, ($h_1' = h_1 \pm 5$), V_j^{h01}, рассчитывают по формуле

$$V_j^{h01} = F_j^0 v_j^0 + F_j^1 v_j^1 + v_{н.д.} - v^{hj}_{вн.э.\Sigma}, \qquad (17)$$

где F_j^0 и F_j^1 - весовые функции, рассчитанные, соответственно, по формулам

$$F_j^0 = \frac{h_1 - h_j}{h_1 - h_0}, \qquad (18)$$

$$F_j^1 = \frac{h_j - h_0}{h_1 - h_0}. \qquad (19)$$

10.13.2 Вместимость резервуара на уровне h_j, соответствующем условию $h_1' < h_j \le h_2$, V_j^{h12}, рассчитывают по формуле

$$V_j^{h12} = F_j^{1'} v_j^1 + F_j^2 v_j^2 + v_{н.д.} - v^{hj}_{вн.э.\Sigma}, \qquad (20)$$

где $F_j^{1'}$ и F_j^2 - весовые функции, рассчитанные, соответственно, по формулам

$$F_J^1 = \frac{h_2 - h_J}{h_2 - h_1}, \qquad (21)$$

$$F_J^2 = \frac{h_J - h_1}{h_2 - h_1}. \qquad (22)$$

10.13.3 Вместимость резервуара при уровне наполнения h_J в пределах от h_2 до $h_{авар.в}$, $V_J^{h_{2авар.в}}$, определяют методом линейной экстраполяции результатов расчета $V_J^{h_{12}}$ в интервале $\{h_2 - \Delta h; h_2\}$, где $\Delta h = 2(h_{авар.в.} - h_2)$.

10.13.4 Значения V_J, полученные для уровней наполнения от $h_{м.н.}$ до $h_{авар.в.}$, отсчитывают в метрах кубических с округлением до единицы 3-го знака после запятой и вносят в градуировочную таблицу резервуара.

10.13.5 При указании уровня наполнения резервуара в градуировочной таблице учитывают, что произвольные значения уровней наполнения резервуара H_J и соответствующие им значения высот h_J связаны между собою следующими соотношениями:

- для резервуаров, не имеющих наклона – равенством

$$H_J = h_J - h_{т.о}^{БВ}; \qquad (23)$$

- для резервуаров, имеющих наклон – равенством

$$H_J = \frac{h_J - h_{т.о.}^{БВ}}{\sqrt{1+\eta_P^2}} + \frac{\eta_P R_{т.о.}^{БВ} \cos\vartheta}{\sqrt{1+\eta_P^2}} + \frac{\eta_P^2 H^{БВ}}{1+\eta_P^2}. \qquad (24)$$

При проведении расчетов H_J задают с шагом 10 мм.

Форма градуировочной таблицы приведена в приложении В.

11 Оформление результатов калибровки

Результаты калибровки оформляют сертификатом калибровки, к которому прилагают протокол калибровки и градуировочную таблицу на резервуар.

Приложение А. Форма протокола калибровки резервуара

(обязательное)

Таблица А.1 - Общие данные

Код документа	Регистрационный номер	Дата			Основание для проведения калибровки
		число	месяц	год	

Продолжение таблицы А.1

Место приведения калибровки:	

Продолжение таблицы А.1

Резервуар			
Тип	Номер	Назначение	Погрешность определения вместимости резервуара, %

Окончание таблицы А.1

Применяемые средства калибровки:	Наименование, тип, заводской номер, дата и номер свидетельства о поверке

Таблица А.2 - Параметры поясов резервуара

Номер пояса	Высота пояса, мм	Толщина материала пояса d ст., мм	Толщина слоя покрытия d покр., мм
1			
2			
3			
...			

Таблица А.3 – Уровни наполнения резервуара и соответствующие им плотности продукта

H_1, мм:	
$\rho_{пр.1}$, кг/м^3:	
H_2, мм:	
$\rho_{пр.2}$, кг/м^3:	
$\rho_{пр.ср.}$, кг/м^3:	

Таблица А.4 - Базовая высота резервуара

1-е измерение, мм:	
2-е измерение, мм:	
$H^{БВ}$, мм:	

Таблица А.5 - Периметр первого пояса, мм

Номер измерения	Результат измерения $L^{НР}_{изм}$	Поправка на обход накладок
1-е измерение:		
2-е измерение:		
Среднее значение:		
Среднее значение с учетом поправки обход накладок:		

Номер измерения	Результат измерения $L^{ИР}_{изм.}$	Поправка на обход накладок
l		
p		
ΔL, мм		

Таблица А.6 – Температура стенки резервуара, градусы Цельсия

Стандартное значение температуры стенки:	
Исходные данные для определения температуры стенки:	
температура окружающего воздуха: - $t_{в.1}$: - $t_{в.2}$: - $t_{в.3}$: - $t_{в.4}$: $t_{в.}$:	
Средняя температура продукта, $t_{пр.ср.}$:	
Средняя температура стенки, $t_{ст.ср.}$:	

Таблица А.7 - Периметр первого пояса, измеренный на 3D-моделях и результаты сравнения с $L^{ИР}_{изм.}$, мм

Обозначение 3D-модели	Результат измерения $L^{М}_{изм.}$	$\lvert L^{М}_{изм.(пр.)} - L^{ИР}_{изм} \rvert$,	$p\Delta L$,
3D-0вн. при $d_{1Σ}$=___			
3D-0:			
3D-1:			
3D-2:			

Таблица А.8 - Высота точки отсчета базовой высоты резервуара, мм

$h^{БВ}_{т.о.}$:	

Таблица А.9 - Координаты точки отсчета базовой высоты резервуара

$R^{БВ}_{т.о.}$, мм:	
$\varphi^{БВ}_{т.о.}$, угловые градусы	

Таблица А.10 – Определение степени и направления наклона резервуара

Данные нивелировки окрайки днища резервуара, мм:	Результаты расчета Δfn , мм
f_1 = _____	Δf_1 = _____;
f_2 = _____	$\Delta f_{2\,min}$ = _____;
…	
f_N = :_____	$\Delta f_{N\,min}$ = _____;
$\eta_{у.м.}$:	
Данные измерений отклонений образующих от вертикали, мм:	
ΔR_1 = _____	
ΔR_2 = _____	

...	
ΔR_N = ____	
η_P:	
ϑ, угловые градусы:	

Таблица А.11 – Высота «мертвой» полости, мм

$h_{м.п.}$:	

Таблица А.12 - Высота плавающей крыши, мм

$h^{u}_{п.к.}$, мм:	

Таблица А.13 - Объем пространства резервуара в пределах профиля (неровностей) днища

$v^{'}_{м.п.}$, м^3:	
$S_{м.п.}$, м^2:	
$v^{''}_{м.п.}$, м^3:	
k_t :	
$v_{н.д.}$, м^3:	

Таблица А.14 – Данные по внутренним конструктивным элементам резервуара (составным частям элементов)

№№ п.п. (k)	Наименование конструктивного элемента	Геометрическая форма. Геометрические характеристики.	Значения геометрических характеристик, мм	$h^{u}_{вн.э.k}$, мм	$h^{e}_{вн\ э.k}$, мм	Объем, м^3	Расчетное соотношение для определения посантиметрового объема
1							
2							
...							
...							

Калибровщики: /подпись, оттиск калибровочного клейма/ _____ (инициалы, фамилия)

/подпись, оттиск калибровочного клейма/ _____ (инициалы, фамилия)

Приложение Б. Форма градуировочной таблицы резервуара

(обязательное)

Организация-владелец резервуара: _____
(наименование филиала дочернего общества МН)

Структурное подразделение: _____
(наименование структурного подразделения)

Резервуар №_____

Погрешность определения вместимости: _____ %.

Ниже уровня _____ мм определение объема продукта для целей учетных операций не допускается.

Посантиметровая вместимость первого пояса резервуара

Лист __

Уровень наполнения, см	Вместимость, $м^3$	Уровень наполнения, см	Вместимость, $м^3$
/$h_{м.п.}$ / /$h = h_{м.п.} + 1$/ /$h = h_{м.п.} + 2$/ … …			

Средняя вместимость на 1 см высоты наполнения в пределах первого пояса

Уровень, мм	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Вместимость, $м^3$										

Посантиметровая вместимость второго пояса резервуара

Лист __

Уровень наполнения, см	Вместимость, $м^3$	Уровень наполнения, см	Вместимость, $м^3$
… … … …			

Средняя вместимость на 1 см высоты наполнения в пределах второго пояса

Уровень, мм	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Вместимость, $м^3$										

…..

Следующий срок калибровки: _____ .

Калибровщик: /подпись, оттиск калибровочного клейма/ _____
(инициалы, фамилия)

Приложение В
(справочное)

Библиография

[1] ПБ 08-624-03 Правила безопасности в нефтяной и газовой промышленности

[2] Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей

[3] Правила устройства электроустановок потребителей (6-е издание)

gost.e-ecolog.ru