

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ УНИТАРНОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ «ВСЕРОССИЙСКИЙ  
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ МЕТРОЛОГИИ  
им.Д.И. МЕНДЕЛЕЕВА»

ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ РАСХОДОМЕТРИИ -  
ФИЛИАЛ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИТАРНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ  
«ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ МЕТРОЛОГИИ  
им. Д.И. МЕНДЕЛЕЕВА»

ВНИИР – филиал ФГУП «ВНИИМ им.Д.И. Менделеева»



Заместитель директора филиала

А. С. Тайбинский

«13» октября 2023 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

ТАНКИ ВЕРТИКАЛЬНЫЕ СТАЛЬНЫЕ ЦИЛИНДРИЧЕСКИЕ  
НЕФТЕНАЛИВНОГО СУДНА  
ТР-68

Методика поверки

МП 1579-7-2023

Начальник научно-  
исследовательского отдела  
Кондаков А.Г.  
Тел. (843) 272-62-75; 272-54-55

г. Казань  
2023 Г.

## Содержание

	Стр.
1 Общие положения.....	3
2 Нормативные ссылки.....	3
3 Перечень Операций поверки.....	4
4 Требования к условиям проведения поверки.....	4
5 Требования к специалистам, осуществляющим поверку.....	4
6 Метрологические и технические требования к средствам поверки.....	4
7 Требования по обеспечению безопасности проведения поверки.....	6
8 Внешний осмотр.....	6
9 Подготовка к поверке.....	7
10 Определение метрологических характеристик танка.....	7
10.1 Измерения базовой высоты танка.....	7
10.2 Сканирование внутренней полости танка.....	7
10.3 Обработка результатов измерений и составление градуировочной таблицы.....	8
11 Измерения геометрических параметров танка.....	10
12 Обработка результатов измерений и составление градуировочной таблицы.....	12
13 Подтверждение соответствия танка метрологическим требованиям.....	12
14 Оформление результатов поверки.....	12
Приложение А.....	14
Приложение Б.....	15
Приложение В.....	17
Приложение Г.....	20
Приложение Д.....	27
Приложение Е.....	29
Приложение Ж.....	32
БИБЛИОГРАФИЯ.....	33

## 1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Настоящая методика поверки применяется для поверки танков вертикальных стальных цилиндрических нефтеналивного судна ТР-68 с регистрационным номером 129241 (далее - танк) и предназначенные для измерений объема нефти и нефтепродуктов, а также для их приема, хранения и отпуска.

В результате поверки должны быть подтверждены следующие метрологические требования, приведенные в таблице 1

Таблица 1 - Метрологические требования

Номер танка	Номинальная вместимость, м <sup>3</sup>	Пределы допускаемой относительной погрешности как транспортной меры полной вместимости, %
1	150	±0,25
2	150	
3	150	
4	150	
5	150	

Настоящий документ устанавливает методику первичной и периодической поверки.

Прослеживаемость танков к Государственному первичному специальному эталону единицы длины ГЭТ 199-2018 и к Государственному первичному эталону единицы длины – метра ГЭТ 2-2021 обеспечивается в соответствии с Государственной поверочной схемой для средств измерений массы и объема жидкости в потоке, объема жидкости и вместимости при статических измерениях, массового и объемного расходов жидкости (Приложение А часть 3), утвержденной Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 26 сентября 2022 года № 2356.

В методике поверки реализован электронно-оптический и геометрический метод.

## 2 НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

В настоящей методике поверки использованы ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 12.1.005-88	Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны
ГОСТ 12.4.087-84	Система стандартов безопасности труда. Строительство. Каски строительные. Технические условия
ГОСТ 12.4.137-2001	Обувь специальная с верхом из кожи для защиты от нефти, нефтепродуктов, кислот, щелочей, нетоксичной и взрывоопасной пыли Технические условия
ГОСТ 12.4.310-2020	Система стандартов безопасности труда. Одежда специальная для защиты работающих от воздействия нефти, нефтепродуктов Общие технические условия
ГОСТ 7502-98	Рулетки измерительные металлические. Технические условия

### 3 ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРКИ

3.1 При выполнении измерений геометрических параметров внутренней полости танка выполняют операции, указанные в таблице 2.

Т а б л и ц а 2 – Операции поверки

Наименование операции поверки	Обязательность выполнения операций поверки при		Номер раздела (пункта) методики поверки, в соответствии с которым выполняется операция поверки
	Первичной поверке	Периодической поверке	
Внешний осмотр	Да	Да	8
Подготовка к поверке	Да	Да	9
Измерение базовой высоты танка	Да	Да	10.1
Сканирование внутренней полости танка	Да	Да	10.2
Обработка результатов измерений и составление градуировочной таблицы	Да	Да	10.3
Измерения геометрических параметров танка	Да	Да	11
Обработка результатов измерений и составление градуировочной таблицы	Да	Да	12
Подтверждение соответствия танка метрологическим требованиям	Да	Да	13

### 4 ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

При проведении поверки соблюдают следующие условия.

4.1 Температура окружающего воздуха:.....от -5 °С до +35 °С.

4.2 Атмосферное давление.....от 84,0 до 106,7 кПа.

4.3 Танк при поверке должен быть порожним.

4.4 Внутренняя поверхность танка должна быть очищена до состояния, позволяющего проводить измерения.

### 5 ТРЕБОВАНИЯ К СПЕЦИАЛИСТАМ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИМ ПОВЕРКУ

5.1 Измерения параметров при поверке танка проводит группа лиц (не менее двух человек), включая не менее одного специалиста, прошедшего курсы повышения квалификации по виду измерений.

5.2 К проведению работ допускаются лица, изучившие настоящую методику, техническую документацию на танк и его конструкцию и прошедших инструктаж по безопасности труда.

### 6 МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СРЕДСТВАМ ПОВЕРКИ

При проведении поверки танка должны применяться следующие основные и вспомогательные средства поверки, приведенные в таблице 3.

Таблица 3 – Метрологические и технические требования к средствам поверки

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
Раздел 9 Контроль условий поверки (при подготовке к поверке)	<p>Средства измерений температуры окружающей среды в диапазоне измерений от минус 5 °С до плюс 35 °С с пределами допускаемой погрешности измерения температуры <math>\pm 0,4</math> °С;</p> <p>Средства измерений атмосферного давления в диапазоне от 84,0 до 106,7 кПа, с пределами допускаемой погрешности измерения абсолютного давления <math>\pm 5</math> гПа;</p> <p>Средства измерений температуры стенки танка в диапазоне измерений от минус 5 °С до плюс 35 °С с пределами допускаемой абсолютной погрешности по инфракрасному каналу <math>\pm 1,5</math> °С.</p>	<p>Канал измерений температуры, прибора комбинированного Testo 622, рег. № 53505-13;</p> <p>Канал измерений абсолютного давления, прибора комбинированного Testo 622, рег. № 53505-13;</p> <p>Термометр инфракрасный Testo 830-T2, рег. № 48507-11.</p>
<p>Раздел 10 Определение метрологических характеристик танка (Сканирование внутренней полости танка)</p> <p>Раздел 11 Определение метрологических характеристик танка (Измерения геометрических параметров танка)</p>	<p>Лазерная координатно-измерительная система в диапазоне измерений горизонтальных углов от 0 до 360° с границей допускаемой абсолютной погрешности измерений углов <math>\pm 36</math>°;</p> <p>в диапазоне измерений вертикальных углов <math>\pm 150</math>° с границей допускаемой абсолютной погрешности измерений углов <math>\pm 36</math>°;</p> <p>в диапазоне измерений расстояний от 0,5 до 130 м с допускаемой средней квадратической погрешностью измерений расстояний, <math>\pm 2 \cdot (1 + 10 \cdot 10^{-6} \cdot D)</math> мм;</p> <p>Средство измерения длины (рулетки измерительные) в диапазоне измерений от 0 до 30 м с допускаемым отклонением действительной длины интервалов шкал рулеток от нанесенной на шкале при температуре окружающей среды 20 °С не более <math>\pm (0,30 + 0,15(L-1))</math> мм, где L – число полных и неполных метров в отрезке</p> <p>Нивелир электронный с пределом измерений от 0,6 до 100 м, Допустимая СКП измерения превышения на 1км двойного хода при электронном считывании и длине визирного луча до 50м, мм: <math>\pm 0,6</math> мм, диапазон измерения горизонтальных углов, от 0 до 360°;</p>	<p>Сканер лазерный Lejca RTC360, рег. № 74358-19;</p> <p>Рулетка измерительная металлическая 2 класса точности P30H2Г, рег. № 55464-13.</p> <p>Нивелир электронный SDL30, рег. № 19368-06</p>

	<p>Средство измерения длины (рулетки измерительные) в диапазоне измерений от 0 до 30 м с допускаемым отклонением действительной длины интервалов шкал рулеток от нанесенной на шкале при температуре окружающей среды 20 °С не более <math>\pm (0,30 + 0,15(L-1))</math> мм, где L – число полных и неполных метров в отрезке</p> <p>Штангенциркуль, предел измерений до 500 мм, с границей допускаемой абсолютной погрешности измерений <math>\pm 0,05</math> мм</p> <p>Термометр инфракрасный с диапазоном измерений от минус 30 до плюс 400 °С, с границей допускаемой абсолютной погрешности <math>\pm 2,0</math> °С (от минус 30 до 0 °С) <math>\pm 1,5</math> °С (от 0,1 до 100,0 °С), относительная <math>\pm 1,5</math> % (свыше 100 °С)</p>	<p>Рулетка измерительная металлическая 2 класса точности P30H2Г, рег. № 55464-13</p> <p>Рулетка измерительная металлическая 2 класса точности P20Y2K, рег. № 51171-12</p> <p>Штангенциркуль ШЦЦ II-500-0,01, рег. № 72189-18</p> <p>Термометр инфракрасный Testo 830-T2, рег. № 53505-13</p>
--	--	--

Примечание – Допускается использовать при поверке другие утвержденные и аттестованные эталоны единиц величин, средства измерений утвержденного типа и поверенные, удовлетворяющие метрологическим требованиям, указанным в таблице.

## 7 ТРЕБОВАНИЯ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

7.1 К работе по проведению поверки танка допускаются лица, прошедшие обучение и аттестованные по безопасности труда.

7.2 Поверитель перед началом проведения работ должен изучить порядок работы с применяемым при поверке оборудованием.

7.3 При проведении поверки с целью сохранения жизни и здоровья поверителей, предельно допустимая концентрация (ПДК) вредных паров и газов в воздухе вблизи или внутри танка на высоте 2000 мм, не должна превышать ПДК, определенной по ГОСТ 12.1.005-88 и соответствовать санитарным правилам СанПиН 1.2.3685-21 [2].

7.4 Лица, проводящие работы, используют спецодежду по ГОСТ 12.4.310, спец обувь по ГОСТ 12.4.137, строительную каску по ГОСТ 12.4.087.

7.5 При необходимости для дополнительного освещения при проведении измерений параметров танка применяют переносные светильники.

7.6 Перед началом работ проверяют исправность лестниц, перил и помостов с ограждениями.

## 8 ВНЕШНИЙ ОСМОТР

8.1 При внешнем осмотре танка проверяют:

- соответствие конструкции и внутренних деталей танка технической документации;
- исправность лестниц и перил;
- чистоту внутренней поверхности танка.

8.2 Определяют перечень внутренних деталей, оборудования, влияющих на вместимость танка.

8.3 Фиксируют мелом точку касания днища грузом рулетки и устанавливают в ней марку.

8.4 В результате внешнего осмотра поверитель принимает решение по проведению дальнейшей поверки или устранению выявленных дефектов до проведения поверки. В случае невозможности устранения дефектов проведение поверки прекращается.

## **9 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ**

9.1 При подготовке к поверке проводят следующие работы:

- подготавливают поверяемые средства измерений и средства поверки в соответствии с эксплуатационной документацией;

- измеряют температуру внутренней поверхности танка с помощью термометра инфракрасного;

- проверяют соблюдение условий раздела 4.

9.2 Результаты измерений вносят в протокол, форма которого приведена в таблице А.3 приложение А.

9.3 При проведении поверки получают следующие документы, выданные соответствующими службами владельца танка:

- акт на зачистку танка;

- наряд-допуск на проведение работ.

## **10 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТАНКА**

### **10.1 Измерения базовой высоты танка**

10.1.1 Базовую высоту танка  $H_6$  измеряют измерительной рулеткой с грузом не менее двух раз. Расхождение между результатами двух измерений не должно превышать более 2 мм.

10.1.2 Результаты измерений базовой высоты  $H_6$  вносят в протокол, форма которого приведена в приложении А (таблица А.5).

### **10.2 Сканирование внутренней полости танка**

При проведении сканирования внутренней поверхности танка проводят следующие операции.

10.2.1 Подготавливают сканер к работе в соответствии с требованиями его технической документации.

10.2.2 Определяют необходимое количество станций сканирования и место их расположения, обеспечивающих исключение не просканированного пространства (теней).

Количество станций должно быть не менее трех.

10.2.3 Сканирование проводят последовательно с каждой станции в режиме кругового обзора ( $360^\circ$ ). Дискретность сканирования устанавливают в пределах: от 3 до 5 мм.

10.2.4 Операции сканирования и взаимной привязки станций проводят в соответствии с требованиями технической документации на прибор.

Результаты измерений автоматически фиксируются и записываются в памяти процессора сканера в заранее сформированном файле.

### **10.3 Обработка результатов измерений и составление градуировочной таблицы**

10.3.1 Обработку результатов измерений при поверке проводят в соответствии с приложением В.

10.3.2 Градуировочную таблицу составляют, с шагом  $\Delta H_{и} = 1$  см или шагом  $\Delta H_{и} = 1$  мм (при необходимости по согласованию с Заказчиком), начиная с исходного уровня и до предельного уровня  $H_{пр}$ , равного высоте танка.

10.3.3 К значениям посантиметровой вместимости вносят поправку на температурное расширение танка в зависимости от температуры приведения (20 °С или 15 °С) с учетом формул (В.2, Приложение В) или (В.3, Приложение В), соответственно.

Значение стандартной температуры, которому соответствует градуировочная таблица, указывается на её титульном листе.

10.3.4 Расчёт доверительных границ погрешности результатов определения объёма (вместимости).

10.3.4.1 Доверительная граница случайной погрешности

Доверительную границу случайной погрешности результата измерений объёма (вместимости) на заданном уровне, м<sup>3</sup>, определяют по формуле (1):

$$\varepsilon(P) = Z_{p/2} \cdot S(\bar{V}), \quad (1)$$

где

$Z_{p/2}$  — P/2 точка нормированной функции Лапласа, отвечающая вероятности P. При выбранной доверительной вероятности  $P = 0,95$  принимают  $Z_{p/2} = 2$ ;

$S(\bar{v})$  — суммарное среднее квадратичное отклонение (далее – СКО) измерений объёма (вместимости), м<sup>3</sup>, вычисляют по формуле (2):

$$S(\bar{V}) = \sqrt{\sum_{i=1}^n (S_{Y_i})^2 \cdot (H_i \cdot (1 + 3 \cdot \alpha \cdot |t - 20|))^2} \quad (2)$$

где

$S_{Y_i}$  — СКО измерений площади сечения «кольца» облака точек высотой 1 см. Это значение определяется автоматически средствами ПО Lejca Cloud Worx 3DReshaper;

$\alpha$  — коэффициента теплового расширения материала стенок танка, °С<sup>-1</sup>;

$t$  — пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений температуры, значение берется из свидетельства о поверке средства измерений температуры, °С;

$H_i$  — шаг градуировки

10.3.4.2 Доверительная граница не исключенной систематической погрешности

Доверительную границу НСП результата измерения объёма (вместимости) на заданном уровне, м<sup>3</sup>, определяют по формуле (3):

$$\theta(P) = k \cdot \sqrt{[S_i \cdot (1 + 3 \cdot \alpha \cdot |t - 20|)]^2 \cdot (0,001)^2 + (\Delta t)^2 \cdot (3 \cdot \alpha \cdot V_i)^2} \quad (3)$$

где

$k$  — поправочный коэффициент. При выбранной доверительной вероятности  $P = 0,95$  принимают  $k = 1,1$ ;

$S_i$  — площадь сечения танка на j-том уровне, м<sup>2</sup>;

$\alpha$  — коэффициента теплового расширения материала стенок танка, °С<sup>-1</sup>;

$\Delta t$  — пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений температуры, значение берется из свидетельства о поверке средства измерений температуры (термометра, пирометра), °С;

$V_i$  — значение объёма жидкости на вычисляемом уровне, м<sup>3</sup>.



Коррекция доверительной границы случайной погрешности

Если  $\frac{\theta(P)}{s(V)} < 0,8$ , то НСП пренебрегают и в качестве доверительной границы погрешности результата измерений объёма (вместимости) принимают доверительные границы случайных погрешностей измерений объёма (вместимости), м<sup>3</sup>, которые определяют по формуле (4):

$$\Delta(P) = \varepsilon(P) \quad (4)$$

где

$\varepsilon(P)$  — доверительные границы случайной погрешности результата измерений объёма (вместимости), м<sup>3</sup>, вычисленные по формуле (1).

Если  $\frac{\theta(P)}{s(V)} > 8$ , то пренебрегают случайными погрешностями и в качестве доверительной границы погрешности результата измерений объёма (вместимости) принимают доверительные границы НСП измерений объёма (вместимости), м<sup>3</sup>, которые определяют по формуле (5):

$$\Delta(P) = \theta(P) \quad (5)$$

где

$\theta(P)$  — доверительные границы НСП результата измерений объёма (вместимости), м<sup>3</sup>, вычисленные по формуле (3).

Если  $0,8 \leq \frac{\theta(P)}{s(V)} \leq 8$ , то доверительную границу погрешности результата измерений объёма (вместимости) на заданном уровне, м<sup>3</sup>, вычисляют по формуле (6):

$$\Delta(P) = K[\varepsilon(P) + \theta(P)] \quad (6)$$

где

$K$  — коэффициент, значение которого для доверительной составляющей  $P = 0,95$  принимают равным 0,76;

$\varepsilon(P)$  — доверительная граница случайной погрешности результата измерений объёма (вместимости), м<sup>3</sup>;

$\theta(P)$  — доверительная граница НСП результата измерений объёма (вместимости), м<sup>3</sup>.

Доверительную границу относительной погрешности результата измерений объёма (вместимости) на заданном уровне, %, вычисляют по формуле (7):

$$\delta(P) = \frac{\Delta(P)}{V_{hi}} \cdot 100 \% , \quad (7)$$

где

$\Delta(P)$  — значение доверительной границы погрешности результата измерений объёма (вместимости) на заданном уровне, м<sup>3</sup>, вычисленной по формуле (4), либо (5), либо (6).

$V_i$  — значение объёма жидкости на вычисляемом уровне, м<sup>3</sup>.

## 11 ИЗМЕРЕНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ТАНКА

### 11.1 Измерения высоты поясов и толщины стенок танка.

11.1.1 Высоту пояса  $h$  измеряют изнутри танка измерительной рулеткой с грузом с применением лестницы.

11.1.2 На стенке четвертого пояса (рисунок Е.2) на расстоянии  $h_0$ , равном 500 мм, от места стыка пояса и крыши танка чертилкой наносят горизонтальную отметку 6 длиной 50 мм.

11.1.3 Расстояние  $h_0$  измеряют измерительной линейкой с погрешностью:  $\pm 1$  мм.

11.1.4 Измерения высоты пояса проводят, опуская рулетку с грузом от отметки 6 (рисунок Е.2) до верхнего края сварочного шва пояса, считывая разницу в показаниях рулетки относительно отметки 6. Считывают показания рулетки с погрешностью:  $\pm 1$  мм.

11.1.5 Высоту четвертого пояса определяют с учетом значения величины  $h_0$ .

11.1.6 Толщину стенок поясов  $\delta$  измеряют два раза с погрешностью:  $\pm 1$  мм. Расхождение между результатами двух измерений: не более 0,2 мм.

11.1.7 Значения толщины стенок поясов могут быть приняты по технической документации на танк

11.1.8 Толщину слоя краски  $\delta_{с.к.}$  определяют измерениями толщины скола краски штангенциркулем с погрешностью:  $\pm 0,1$  мм.

11.1.9 Результаты измерений величин  $h$ ,  $\delta$ ,  $\delta_{с.к.}$  мм, вносят в протокол, форма которого приведена в приложении Г (таблица Г.1).

### 11.2 Измерения внутренних диаметров первого и второго поясов

11.2.1 Измерения внутренних диаметров поясов проводят методом хорд:

- на уровне средней высоты первого пояса;

- на двух уровнях по высоте второго пояса:  $500 \pm 50$  мм;  $1000 \pm 50$  мм.

11.2.2 На уровнях, указанных в 11.2.1, при помощи рулетки с грузом через каждые 1000 мм наносят горизонтальные отметки длиной 10-20 мм по стенкам поясов.

11.2.3 Отметки, нанесенные в соответствии с 11.2.2, соединяют между собой графитовым стержнем, применяя гибкую стальную ленту (рулетку). При этом линии горизонтальных окружностей проводят толщиной не более 3 мм.

11.2.4 Вычисляют длину хорды  $S$ , мм, по формуле:

$$S = D \cdot \sin \frac{\alpha}{2} \quad (8)$$

где  $D$  – диаметр танка, мм;

$\alpha$  – центральный угол, соответствующий длине хорды  $S$ , вычисляемый по формуле:

$$\alpha = \frac{360}{m}, \quad (9)$$

где  $m$  – число отложений хорды  $S$  по линиям горизонтальных окружностей, принимаемое равным 28.

Хорду  $S$  длиной, вычисленной по формуле 8, откладывают по линиям горизонтальных окружностей при помощи штангенциркуля с диапазоном измерений от 250 до 800 мм с погрешностью:  $\pm 0,2$  мм при каждом отложении хорды.

11.2.5 После отложений хорды по линиям горизонтальных окружностей поясов измеряют длины остаточных хорд  $S_0$  при помощи штангенциркуля с диапазоном измерений от 0 до 150 мм. Показания штангенциркуля отсчитывают с погрешностью:  $\pm 0,2$  мм.

Длину остаточной хорды измеряют не менее двух раз. Если расхождение между результатами двух измерений составляет не более 0,2 мм, то результатом измерений остаточной хорды принимают их среднее значение. Если полученное расхождение составляет более 0,2 мм, то измерения повторяют ещё дважды и за результат измерений остаточной хорды принимают среднее арифметическое по трем наиболее близким значениям результатов измерений.

11.2.6 Значение длины хорды  $S$ , вычисленной по формуле 8, и результаты измерений длин остаточных хорд первого и второго поясов  $S_0$ , мм, вносят в протокол, форма которого приведена в приложении Г (таблица Г.2).

11.2.7 Измерения длины наружных окружностей третьего и четвертого поясов

11.2.8 Измерения длины наружных окружностей поясов  $L_H$  проводят:

- а) третьего пояса в сечении, расположенном на расстоянии 300-350 мм от верхнего сварного шва третьего пояса;
- б) четвертого пояса в сечении, находящемся в середине четвертого пояса.

11.2.9 Измерения длины наружных окружностей поясов проводят по методике, изложенной в разделе 9 ГОСТ 8.570.

11.2.10 При проведении измерений длин окружностей поясов ленту измерительной рулетки в соответствии с ГОСТ 7502 натягивают усилием:

- (100 $\pm$ 10) Н для рулеток длиной 10 м и более;
- для рулеток с желобчатой лентой – без натяжения.

11.2.11 Относительное расхождение между результатами двух измерений длины окружности  $\delta L_H$ , %, рассчитываемое по формуле:

$$\delta L_H = 2 \cdot \frac{L_{H1} - L_{H2}}{L_{H1} + L_{H2}} \cdot 100: \quad (10)$$

не более 0,01%.

Результаты двух измерений величины  $L_H$ , удовлетворяющих условию 11.2.11, и значения поправок на обход  $\Delta L$ , мм, вносят в протокол, форма которого приведена в приложении Г (таблица Г.3).

11.3 Определение объема внутренней детали

11.3.1 Внутренней деталью танка является вертикальная лестница (трап).

11.3.2 Значение объема лестницы по данным технической документации на танк составляет 0,004 м<sup>3</sup>, что в соответствии с ГОСТ 8.009 по отношению к погрешности определения вместимости танка является несущественным. Поэтому здесь и далее объем лестницы, как объем внутренней детали, не учитывают.

11.4 Измерения параметров днища (нижнего конуса)

11.4.1 Диаметр  $d_{\Pi}$  и высоту  $h_{\Pi}$  (рисунок Е.3) прямка измеряют линейкой во взаимно перпендикулярных направлениях. Показания линейки отсчитывают с погрешностью:  $\pm 1$  мм. Измерения проводят два раза в каждом направлении. Расхождение между результатами двух измерений: не более 2 мм.

Результаты измерений величин  $d_{\Pi}$ ,  $h_{\Pi}$ , мм, вносят в протокол, форма которого приведена в приложении Г (таблица Г.4).

11.4.2 Высоту  $h_c$  шарового сегмента 5 (рисунок Е.3) измеряют в последовательности:

- а) устанавливают линейку или стержень прямоугольного сечения в горизонтальном положении на шаровой сегмент;

б) измеряют штангенциркулем расстояние от дна прямка до нижней кромки линейки, установленной по перечислению а), в двух противоположных точках и во взаимно перпендикулярных направлениях.

Показания штангенциркуля отсчитывают с погрешностью:  $\pm 0,2$  мм.

Результаты измерений величины  $h_c$ , мм, вносят в протокол, форма которого приведена в приложении Г (таблица Г.4).

11.4.3 Диаметр основания шарового сегмента  $d_c$  (рисунок Е.3) принимают по технической документации на танк.

При отсутствии данных значение диаметра основания сегмента  $d_c$  принимают равным значению диаметра прямка.

Значение величины  $d_c$ , мм, вносят в протокол, форма которого приведена в приложении Г (таблица Г.4).

11.4.4 Высоту днища  $h_d$  определяют по результатам его нивелирования с применением нивелира с рейкой в следующей последовательности (рисунок Е.4):

- проводят на днище танка мелом восемь радиусов, начиная от кромки прямка до стенки танка, и нумеруют их;

- устанавливают нивелир 12 на дне прямка 14;

- снимают отсчеты по рейке  $b'_j, b''_j$ , мм, устанавливаемой последовательно в измерительных точках радиусов.

Результаты отсчетов  $b'_j, b''_j$ , мм, вносят в протокол, форма которого приведена в приложении Г (таблица Г.5).

## 12 ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ

Обработку результатов измерений при поверке проводят в соответствии с приложением В (при применении сканера) и приложением Г (при геометрических измерениях танка).

Результаты вычислений вносят в журнал, форма которого приведена в приложении Д (при геометрических измерениях танка).

## 13 ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ ТАНКОВ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ

Обработку результатов измерений проводят с помощью программного обеспечения Lejca CloudWork 3DReshaper или аналогичного программного обеспечения.

Танк соответствует метрологическим требованиям, если значения относительной погрешности вместимости танка, определенные по п. 10 и п. 11 настоящей Методики, не превышают значения предела допускаемой относительной погрешности вместимости Танка, указанного в разделе 1 данной методики.

Результат считается положительным, если пределы допускаемой относительной погрешности определения вместимости танка при доверительной вероятности 0,95 измерений вместимости танка на всех уровнях не более  $\pm 0,25$  %.

Результат поверки считают отрицательный, если пределы допускаемой относительной погрешности определения вместимости танка при доверительной вероятности 0,95 измерений вместимости танка на всех уровнях более  $\pm 0,25$  %.

## 14 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

Сведения о результатах поверки средств измерений в целях подтверждения поверки передаются в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений. По заявлению владельца средств измерений или лица, представившего их на поверку, с учетом ВНИИР – филиал ФГУП «ВНИИМ им.Д.И.Менделеева»

требований методик поверки аккредитованное на поверку лицо, проводившее поверку, в случае положительных результатов поверки выдает свидетельства о поверке.

При отрицательных результатах поверки оформляют извещение о непригодности.

К свидетельству о поверке прикладывают:

а) градуировочную таблицу;

б) протокол измерений.

Форма протокола измерений приведена в приложении А.

Форма титульного листа градуировочной таблицы и форма градуировочной таблицы приведены в приложении Б.

Протокол измерений подписывает поверитель.

Титульный лист и последнюю страницу градуировочной таблицы подписывает поверитель.

Знак поверки наносится в свидетельство о поверке.

Градуировочную таблицу утверждает руководитель или уполномоченное лицо организации, аккредитованной на право проведения поверки

**Приложение А**  
(рекомендуемое)  
**ПРОТОКОЛ**  
**измерений параметров танков**

Таблица А.1 – Общие данные

Дата			Основание для проведения поверки
число	месяц	год	
			Первичная, периодическая

Продолжение таблицы А.1

Место проведения поверки	Средства измерений

Окончание таблицы А.1

Наименование	
Сокращение	Регистровый номер судна

Таблица А.2 – Погрешность определения вместимости танков

Номера танков	Назначение	Погрешность определения вместимости, %
1, 2, 3, 4, 5		±0,25

Таблица А.3 – Условия при проведении поверки

Температура стенки, $t_{ст}$ °С	Температура воздуха, °С	Атмосферное давление, кПа
1	2	3

Таблица А.4 – Измерения при сканировании

Количество сканов изнутри, шт		
Примечание – заполняется при 3D сканировании		

Таблица А.5- Общие данные грузовых танков

Наименование параметра	Номер танка				
	1	2	3	4	5
Высота наполнения нефтепродукта предельная, см					
Вместимость номинальная, м <sup>3</sup>					
Вместимость танка, соответствующая уровню, равному нулю, м <sup>3</sup>					
Объем внутренних деталей, м <sup>3</sup>					
Расстояние по вертикали от днища танка до дна измерительной трубы $fl$ ( $\Delta h$ ), мм					
Базовая высота, мм –замеры произведены по кромке резьбовой втулки					

Поверитель \_\_\_\_\_ Ф.И.О.

**Приложение Б**  
(рекомендуемое)

Форма титульного листа градуировочной таблицы и форма градуировочной таблицы

**Б.1 ФОРМА ТИТУЛЬНОГО ЛИСТА ГРАДУИРОВОЧНОЙ ТАБЛИЦЫ**

УТВЕРЖДАЮ

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_Г.

**Градуировочные таблицы**

Танки вертикальные стальные цилиндрические  
нефтеналивного судна \_\_\_\_\_,  
регистрационный номер № \_\_\_\_\_

Организация \_\_\_\_\_

Данные приведены к температуре +20 °C

Пределы допускаемой относительной погрешности вместимости:  $\pm 0,25 \%$

Срок очередной поверки \_\_\_\_\_

**Измерение уровня налива нефтепродукта производится при постановке  
судна на ровный киль**

Поверитель

\_\_\_\_\_  
подпись

\_\_\_\_\_  
должность, инициалы, фамилия

## Б.1 ФОРМА ГРАДУИРОВОЧНОЙ ТАБЛИЦЫ ТАНКА

Танк № \_\_\_\_\_ Посантиметровая вместимость танка

Таблица Б.1

Уровень наполнения, см	Вместимость, м <sup>3</sup>	Коэффициент вместимости, м <sup>3</sup> /мм	Уровень наполнения, см	Вместимость, м <sup>3</sup>	Коэффициент вместимости, м <sup>3</sup> /мм
0			...		
1			...		
2			...		
...					
...			$H_i$		

Таблица Б.2 – Посантиметровая вместимость днища танка

Уровень наполнения, см	Вместимость , м <sup>3</sup>	Коэффициен т вместимости , м <sup>3</sup> /мм	Уровень наполнения, см	Вместимость , м <sup>3</sup>	Коэффициен т вместимости , м <sup>3</sup> /мм
0			...		
1			...		
2			...		
...			...		
...			$H_d$		

Примечание – заполняется при использовании метода геометрических измерений танка

Таблица Б.3 – Посантиметровая вместимость... пояса танка

Уровень наполнения, см	Вместимость, м <sup>3</sup>	Уровень наполнения, см	Вместимость, м <sup>3</sup>
$H_d$		...	
$H_d+1$		...	
$H_d+2$		...	
...		...	
...		...	

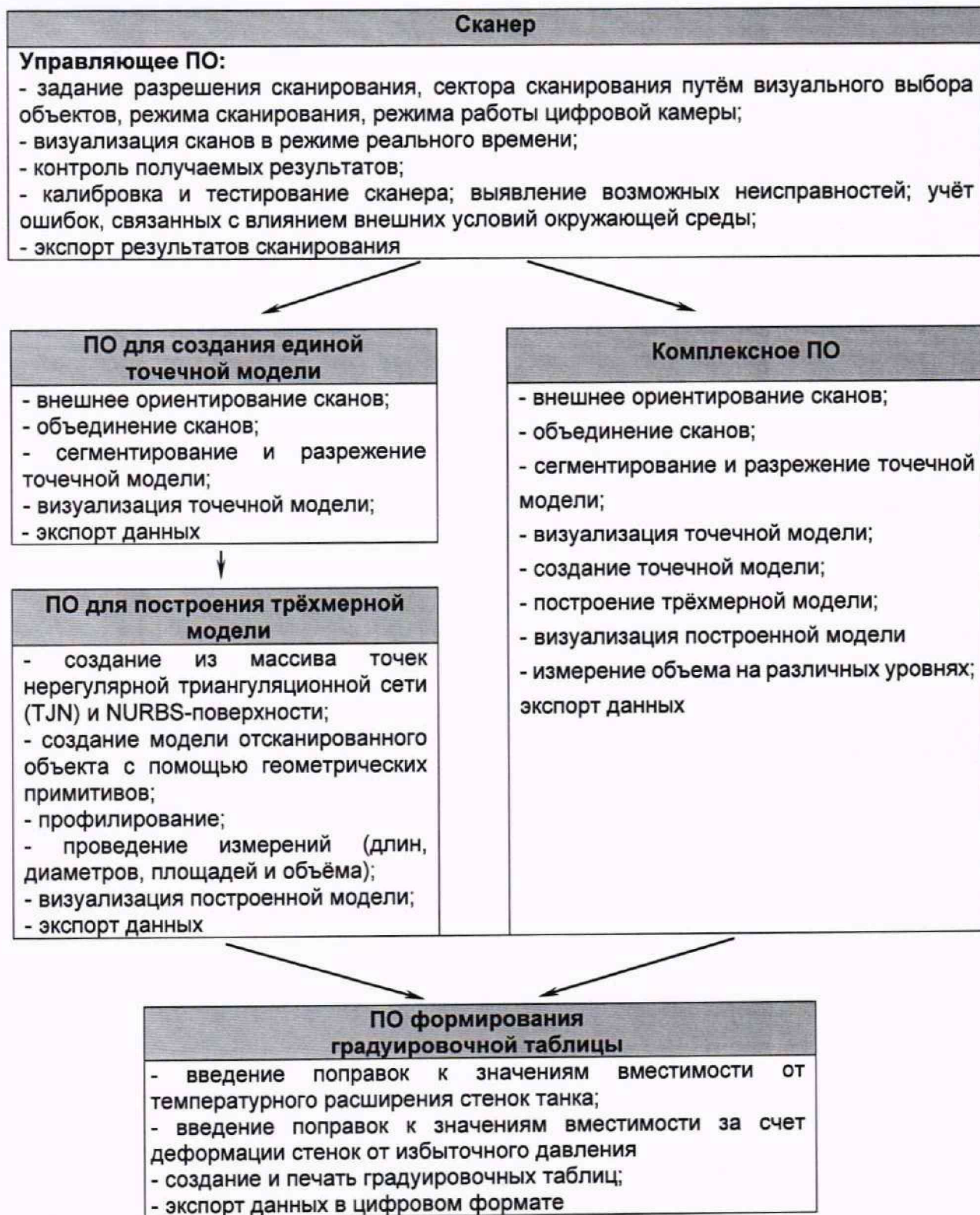
Примечание – заполняется при использовании метода геометрических измерений танка

Поверитель \_\_\_\_\_ Ф.И.О.



**Приложение В**  
(обязательное)

**Алгоритм обработки результатов измерений при применении сканера  
и функциональные требования к программному обеспечению (ПО)**



В.1 Операции, выполняемые при обработке результатов сканирования

Т а б л и ц а В.1

Наименование этапа	Объект реализации/режим/параметры	Результат
Этап 1 - внешнее ориентирование сканов; - объединение сканов;	ПО для создания единой точечной модели	
Этап 2 - сегментирование и разрежение точечной модели; - визуализация точечной модели	ПО для создания единой точечной модели	
Этап 3 Создание из массива точек нерегулярной триангуляционной сети (TJN) и NURBS-поверхности	ПО построения трёхмерной модели/3D моделирование	
Этап 4 1) Построение плоскости А, проходящей через точку касания обечайки танка грузом рулетки по нормали к продольной оси танка. 2) Определение координаты точки касания стенки грузом рулетки $A_U(X_U; Y_U; Z_U)$	ПО построения трёхмерной модели/3D моделирование	
Этап 5 Построение горизонтальной плоскости начала отсчета, проходящей через точку касания обечайки танка грузом рулетки	ПО построения трёхмерной модели/3D моделирование	
Этап 6 1) Построение горизонтальных секущих плоскостей с шагом 10 мм (1 см) начиная от плоскости начала отсчета; 2) Вычисления объемов, ограниченных нижней образующей танка и секущими плоскостями	ПО построения трёхмерной модели/3D моделирование/секущая плоскость/вычисление объема	
Этап 7 Приведение посантиметровой вместимости к стандартной температуре 20 °С или 15 °С	Формулы (В.2) или (В.3) соответственно	Значение поправки от теплового расширения стенок к вместимости при стандартной температуре
Этап 8 Формирование градуировочной таблицы и протокола измерений	ПО формирования градуировочной таблицы	Оформленная градуировочная таблица с протоколом измерений

**В.2 Вычисление вместимости танка, приведенных к стандартным температурам 15 °С или 20 °С**

В.2.1 Поправку на температурное расширение стенок танка к значению вместимости танка, вычисленные по Д.1 вычисляют по формуле

$$V_t = V \cdot K_t, \quad (В.1)$$

где  $K_t$  – поправочный коэффициент, учитывающий влияние температуры стенки на вместимость, 1/°С.

Величину  $K_t$ :

а) при приведении значений вместимости к стандартной температуре 20 °С величину  $K_t'$  вычисляют по формуле

$$K_t' = [1 + 3\alpha_p(20 - T_p)]; \quad (B.2)$$

б) при приведении значений вместимости к стандартной температуре 15 °С величину  $K_t''$  вычисляют по формуле

$$K_t'' = [1 + 3\alpha_p(15 - T_p)]; \quad (B.3)$$

где  $\alpha_p$  – коэффициент линейного расширения (сжатия) металла, из которого изготовлен танк. Значение его для стали может быть принято равным:  $12,5 \cdot 10^{-6} 1/^\circ\text{C}$ ;

$T_p$  – температура стенки, °С;

20 (15) – значение стандартной температуры, при которой определена вместимость танка в целом, °С.

### В.3 Погрешность определения вместимости танка

Пределы допускаемой погрешности измерений параметров танка, приведены в таблице В.2.

Т а б л и ц а В.2 - Пределы допускаемой погрешности измерений параметров танка

Наименование параметра	Пределы допускаемой погрешности измерений параметров танка
Внутреннее сечение, %	$\pm 0,13$
Длина танка, %	$\pm 0,15$
Координата точки измерения базовой высоты, мм	$\pm 3$

При соблюдении, указанных в таблице В.2, пределов допускаемой погрешности измерений, погрешность вместимости танка находится в пределах:  $\pm 0,25$  %.

## Приложение Г

(обязательное)

### Обработка результатов измерений

#### Г.1 Вычисление внутренних диаметров первого и второго поясов

Г.1.1 Внутренние диаметры первого и второго поясов вычисляют методом последовательных приближений, используя результаты измерений хорд (основной и остаточной) горизонтальных окружностей, проведенных в соответствии с 11.2.1:

- на уровне средней высоты первого пояса;

- на двух уровнях по высоте второго пояса:  $500 \pm 50$  мм,  $1000 \pm 50$  мм.

Г.1.2 В качестве первого приближения внутренних диаметров первого и второго поясов  $D'$  принимают значение, указанное в технической документации на танк, равное 6400 мм.

Г.1.3 Вычисляют<sup>1)</sup> центральный угол  $\Delta\alpha_1$ , соответствующий остаточной хорде  $S_0$ , для каждого уровня отложений хорды по формуле

$$\Delta\alpha_1 = 2 \cdot \arcsin \frac{S_0}{D'}$$

где  $S_0$  - остаточная хорда, измеренная по 11.2.5.

Г.1.4 Вычисляют разность углов  $\beta_1$  по формуле

$$\beta_1 = \alpha_1 \cdot m + \Delta\alpha_1 - 360^\circ,$$

где  $\alpha_1$  - центральный угол, вычисленный по формуле (3) при числе отложений хорды  $m$ , равном 28, и принимаемый за первое приближение центрального угла.

Г.1.5 Вычисляют второе приближение центрального угла  $\alpha_2$  по формуле

$$\alpha_2 = \alpha_1 \pm \frac{\beta_1}{m}$$

Принимают знак «+» если  $\beta_1 < 0$ ; знак «-», если  $\beta_1 > 0$ .

Г.1.6 Вычисляют второе приближение внутренних диаметров первого и второго поясов  $D''$  по формуле

$$D'' = \frac{S}{\sin \frac{\alpha_2}{2}}$$

где  $S$  – хорда, длину которой вычисляют по формуле (2).

Г.1.7 Проверяют выполнение условия

$$|D'' - D'| \leq 1 \text{ мм.}$$

<sup>1)</sup> Все расчеты проводят до 8-й значащей цифры, затем округляют для длин до целого числа миллиметров, для объемов – до целого числа тысячных долей метра кубического. Во всех формулах значения линейных размеров указывают в миллиметрах, объемы – в метрах кубических,

массу - в килограммах, температуру – в градусах Цельсия, плотность - в килограммах на метр кубический.

Г.1.8 Если условие Г.1.7 не выполнено, то делают следующее приближение в последовательности:

Г.1.8.1 Вычисляют величины  $\Delta\alpha_2, \beta_2, \alpha_3, D'''$  по формулам:

$$\Delta\alpha_2 = 2 \cdot \arcsin \frac{S_0}{D''};$$

$$\beta_2 = \alpha_2 \cdot m + \Delta\alpha_2 - 360^\circ;$$

$$\alpha_3 = \alpha_2 \pm \frac{\beta_2}{m};$$

$$D''' = \frac{S}{\sin \frac{\alpha_3}{2}}.$$

Г.1.8.2 Проверяют выполнение условия

$$|D''' - D''| \leq 1 \text{ мм.}$$

Г.1.9 Если условие Г.1.8.2 не выполнено, то делают следующие приближения до выполнения условия

$$|D^{(k)} - D^{(k-1)}| \leq 1 \text{ мм.}$$

Г.1.10 Внутренний диаметр первого пояса  $D_1$ , мм, определяют в соответствии с Г.1.2 - Г.1.9 по результатам измерений остаточной хорды  $S_0$  на уровне средней высоты первого пояса.

Г.1.11 Внутренний диаметр второго пояса  $D_2$ , мм, вычисляют по формуле

$$D_2 = \frac{D_{0.5} + D_{1.0}}{2},$$

где  $D_{0.5}, D_{1.0}$  - диаметры второго пояса, определенные в соответствии с Г.1.2 – Г.1.9 по результатам измерений остаточной хорды  $S_0$  на двух уровнях:  $500 \pm 50$  мм;  $1000 \pm 50$  мм.

Г.2 Вычисление внутренних длин окружностей первого и второго поясов

Г.2.1 Внутренние длины окружностей первого  $L_{ц1}$  и второго  $L_{ц2}$ , мм, вычисляют по формулам:

$$L_{ц1} = \pi \cdot D_1, \quad (\text{Г.1})$$

$$L_{ц2} = \pi \cdot D_2, \quad (\text{Г.2})$$

где  $D_1, D_2$  - внутренние диаметры первого и второго поясов, определенные по Г.1.10 и Г.1.11, мм;

$\pi = 3,1415926$  (здесь и далее везде).

Г.2.2 Результаты вычислений величин  $L_{ц1}, L_{ц2}$  вносят в журнал, форма которого приведена в приложении Д.

### Г.3 Вычисление внутренних длин окружностей третьего и четвертого поясов

Г.3.1 Наружные длины окружностей третьего  $L_{Н3}$  и четвертого  $L_{Н4}$ , мм, поясов вычисляют по формулам:

$$L_{Н3} = \frac{(L_{Н1})_3 + (L_{Н2})_3}{2} - \sum_{j=1}^{n_1} \Delta l_{обхj}; \quad (\text{Г.3})$$

$$L_{Н4} = \frac{(L_{Н1})_4 + (L_{Н2})_4}{2} - \sum_{j=1}^{n_2} \Delta l_{обхj}, \quad (\text{Г.4})$$

где  $(L_{Н1})_{3,4}, (L_{Н2})_{3,4}$  - результаты двух измерений длин окружностей третьего и четвертого поясов, мм;

$\Delta l_{обхj}$  - поправка на обход j-й выступающей детали (шва), мм;

$n_1, n_2$  - числа выступающих деталей.

Г.3.2 Внутренние длины окружностей третьего  $L_{Ц3}$  и четвертого  $L_{Ц4}$ , мм, поясов вычисляют по формулам

$$L_{Ц3} = L_{Н3} - 2\pi \cdot (\delta_3 + \delta_{с.к}); \quad (\text{Г.5})$$

$$L_{Ц4} = L_{Н4} - 2\pi \cdot (\delta_4 + \delta_{с.к}), \quad (\text{Г.6})$$

где  $\delta_3, \delta_4$  - толщины стенок третьего и четвертого пояса, мм;

$\delta_{с.к}$  - толщина слоя краски, мм.

Г.3.3 Результаты вычислений величин  $L_{Ц3}, L_{Ц4}$  вносят в журнал, форма которого приведена в приложении Д.

### Г.4 Вычисление высоты днища (нижнего конуса)

Г.4.1 Высоту днища  $h_d$ , мм, вычисляют по формуле

$$h_d = \frac{1}{8} \sum_{j=1}^8 (b'_j - b''_j), \quad (\text{Г.7})$$

где  $b'_j, b''_j$  - отсчеты по рейке, соответствующие j-му радиусу, при установке рейки по кромке прямка и по стенке танка, мм.

Г.4.2 Результаты вычисления величин  $h_d$  вносят в журнал, форма которого приведена в приложении Д.

### Г.5 Вычисление посантиметровой вместимости прямка

Г.5.1 Диаметр прямка  $d_{п}$ , мм, вычисляют по формуле

$$d_{п} = \frac{\sum_{j=1}^4 d_{пj}}{4}, \quad (\text{Г.8})$$

где  $d_{пj}$  - результат измерений диаметра прямка в  $j$ -м направлении в соответствии с 10.6.1, мм.

Г.5.2 Высоту прямка  $h_{п}$ , мм, вычисляют по формуле

$$h_{п} = \frac{\sum_{j=1}^4 h_{пj}}{4}, \quad (\text{Г.9})$$

где  $h_{пj}$  - результат измерений высоты прямка в  $j$ -м направлении в соответствии с 10.6.1, мм.

Г.5.3 Объем шарового сегмента  $V_c$ , м<sup>3</sup>, вычисляют по формуле

$$V_c = \frac{1}{6 \cdot 10^9} \cdot \pi \cdot h_c \cdot (h_c^2 + 3 \cdot r_c^2), \quad (\text{Г.10})$$

где  $h_c$  - высота шарового сегмента, измеренная по 10.6.2, мм;

$r_c$  - радиус основания шарового сегмента, мм.

Г.5.4 Результаты вычислений величин  $d_{п}$ ,  $h_{п}$ ,  $V_c$  вносят в журнал, форма которого приведена в приложении Д.

Г.5.5 Посантиметровую вместимость прямка  $V(H)_{п}$ , м<sup>3</sup>, вычисляют по формуле

$$V(H)_{п} = V_o + \frac{\pi \cdot d_{п}^2}{4 \cdot 10^8} \cdot (H - h_c), \quad (\text{Г.11})$$

где  $V_o$  - вместимость прямка при уровне, равном нулю, м<sup>3</sup>;

$H$  - уровень, отсчитываемый от точки касания днища грузом рулетки до уровня  $H_{п}$ , вычисляемого по формуле

$$H_{п} = h_{п} - h_c. \quad (\text{Г.12})$$

Величины  $H$ ,  $h_{п}$ ,  $h_c$  в формулах (Г.11), (Г.12) выражены в сантиметрах.

Величину  $V_o$ , м<sup>3</sup>, вычисляют по формуле

$$V_o = \frac{\pi \cdot d_{п}^2}{4 \cdot 10^9} \cdot h_c - V_c,$$

где  $V_c$  - объем шарового сегмента, вычисленный по формуле (Г.10).

Г.6 Вычисление посантиметровой вместимости днища (нижнего конуса)

Г.6.1 Посантиметровую вместимость днища  $V(H)_{д}$ , м<sup>3</sup>, вычисляют по формуле

$$V(H)_{д} = \frac{L_{ц1}^2}{4\pi \cdot 10^8} (H - H_{п}) \cdot \left[ v^2 + \frac{(H - H_{п})}{h_{д}} \cdot v(1 - v) + \frac{1}{3} \cdot \left( \frac{H - H_{п}}{h_{д}} \right)^2 \cdot (1 - v)^2 \right], \quad (\text{Г.13})$$

где  $L_{ц1}$  - длина внутренней окружности первого пояса, вычисляемая по формуле (Г.1), мм;

$H_{\Pi}$  - уровень жидкости в пределах приямка, вычисляемый по формуле (Г.12), см;

$h_{\text{д}}$  - высота днища, измеренная по 10.6.4, см;

$\nu$  - коэффициент, вычисляемый по формуле

$$\nu = \frac{\pi \cdot d_{\Pi}}{L_{\text{ц1}}},$$

где  $d_{\Pi}$  - диаметр приямка;  $L_{\text{ц1}}$  - длина внутренней окружности первого пояса;

$H$  - уровень жидкости, отсчитываемый от точки касания днища грузом рулетки до уровня  $H_{\text{д}}$ , см, вычисляемого по формуле

$$H_{\text{д}} = H_{\Pi} + h_{\text{д}}. \quad (\text{Г.14})$$

Г.6.2 Результаты вычислений величины  $V(H)_{\text{д}}$  вносят в журнал, форма которого приведена в приложении Д.

Г.7 Вычисление посантиметровой вместимости цилиндрической части танка

Г.7.1 Посантиметровую вместимость цилиндрической части при наполнении  $i$ -го пояса  $V(H)_i$ , м<sup>3</sup>, вычисляют по формуле

$$V(H)_i = V(H)_{i-1} + \frac{L_{\text{цi}}^2}{4\pi \cdot 10^8} \cdot (H - H_{i-1}) + \Delta V_{\text{ги}} \quad (\text{Г.15})$$

где  $H$  - текущее значение уровня жидкости, см;

$V(H)_{i-1}$  - вместимость танка при наполнении  $(i-1)$ -го пояса, м<sup>3</sup>;

$\Delta V_{\text{ги}}$  - поправка к вместимости танка за счет гидростатического давления жидкости при наполнении  $i$ -го пояса, м<sup>3</sup>.

Величину  $\Delta V_{\text{ги}}$ , м<sup>3</sup>, при наполнении  $i$ -го пояса вычисляют по формуле

$$\Delta V_{\text{ги}} = A \cdot \left\{ \frac{h_1}{\delta_1} \left( H - h_{\text{д}} - \frac{h_1}{2} \right) \cdot 0,8 + \sum_{\lambda=2}^{i-1} \left[ \frac{h_{\lambda}}{\delta_{\lambda}} \left( H - h_{\text{д}} - \sum_{j=1}^{\lambda-1} h_j - \frac{h_{\lambda}}{2} \right) \right] \right\}, \quad (\text{Г.16})$$

где  $h_1, \delta_1$  - высота и толщина стенки первого пояса;

$h_{\lambda}, \delta_{\lambda}$  - высота и толщина  $\lambda$ -го вышестоящего пояса;

$i$  - номер наполняемого пояса;

$A$  - постоянный коэффициент, вычисляемый по формуле

$$A = \frac{\rho_{\text{ж}} \cdot g \cdot L_{\text{ц1}}^2}{4 \cdot \pi^2 \cdot 10^{12} \cdot E},$$

где  $\rho_{\text{ж}}$  - плотность хранимой жидкости, кг/м<sup>3</sup>;

$g$  - ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup> ( $g=9,8066$  м/с<sup>2</sup>);

$L_{\text{ц1}}$  - длина внутренней окружности первого пояса, вычисляемая по формуле (Г.1);

$E$  - модуль упругости материала, Па, (для стали  $E=2,1 \cdot 10^{11}$  Па).

Г.7.2 Результаты вычислений величин  $V(H)_i$ ,  $\Delta V_{\text{ги}}$  вносят в журнал, форма которого приведена в приложении Д.



Г.8 Вычисление базовой высоты

Г.8.1 Базовую высоту  $H_6$ , мм, вычисляют по формуле

$$H_6 = \frac{H_{61} + H_{62}}{2} \quad (\text{Г.17})$$

Г.8.2 Результат вычисления  $H_6$  вносят в журнал, форма которого приведена в приложении

А.

Таблица Г.1 – Параметры поясов танка

В миллиметрах

Номер пояса	Высота пояса h	Толщина стенки пояса $\delta$	Толщина слоя краски $\delta_{с.к}$
I			
II			
III			
IV			

Таблица Г.2 - Длина хорд

В миллиметрах

Номер пояса	Уровень отложе- ний хорды	Хорда		
		основная S	остаточная $S_0$	
			1-е измерение	2-е измерение
I				
II				

Таблица Г.3 – Длины окружностей поясов

В миллиметрах

Номер пояса	Номер измерения	Длина окружности $L_H$	Поправка на обход накладок $\Delta l$
1	2	3	4
III	1		
	2		
IV	1		
	2		

Примечание- При наличии накладок более одной (графа 4) вносят значение, равное сумме поправок на обход накладок

Таблица Г.4 – Параметры прямка

В миллиметрах

Наименование параметра	Номер измерения	Отсчет по линейке	
		1-е направление	2-е направление
Диаметр прямка $d_{II}$	1-е измерение		
	2-е измерение		
Высота прямка $h_{II}$	1-е измерение		
	2-е измерение		

Окончание таблицы Г.4

Наименование параметра	Отсчет по штангенциркулю		
	1-е направление		2-е направление
Высота шарового сегмента $h_c$			

Таблица Г.5 – Высота днища (нижнего конуса)

В миллиметрах

Место установки рейки на днище танка	Отсчет по рейке $b_j$ в измерительных точках радиуса							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Вертикально по стенке танка								
Вертикально по верхней кромке прямка								

Таблица Г.6 – Высота крыши (верхнего конуса)

Высота крыши (верхнего конуса) $h_k$ , мм
Примечание- Значение высоты $h_k$ принимают по технической документации на танк

ПРИЛОЖЕНИЕ Д  
Форма журнала обработки результатов измерений

Ж У Р Н А Л  
обработки результатов измерений

Д.1 Вычисление длин внутренних окружностей поясов

$$L_{ц1} = \dots \text{ мм}; \quad L_{ц2} = \dots \text{ мм}; \quad L_{ц3} = \dots \text{ мм}; \quad L_{ц4} = \dots \text{ мм}.$$

Д.2 Вычисление высоты днища

$$h_{д} = \dots \text{ мм}.$$

Д.3 Вычисление параметров прямка

Таблица Д.1

Наименование параметра	Значение параметра
Диаметр прямка $d_{п}$ , мм	
Высота прямка $h_{п}$ , мм	
Объем шарового сегмента $V_{с}$ , м <sup>3</sup>	

Д.4 Вычисление базовой высоты

$$H_{б} = \dots \text{ мм}.$$

Д.5 Вычисление поправки к вместимости

Таблица Д.2

Номер пояса	Высота пояса, мм	Уровень наполнения, мм	$\Delta V_{п}$ , м <sup>3</sup>
1	2	3	4
1	450	580	-
2	1390	1970	-
3	1390	3360	0,012
4	1020	4380	0,020

Примечание – Данные в графах 2,3,4 носят приближенный характер и приведены в качестве иллюстрации

Д.6 Составление градуировочной таблицы

Таблица Д.3

Уровень наполнения, см	Вместимость $V(H)_i$ , м <sup>3</sup>	Коэффициент вместимости, м <sup>3</sup> /мм <sup>3</sup>
0	0,024	0,000
1	0,028	0,000
2	0,032	
...	...	...
...	...	...
$H_{п}$	0,074 <sup>1)</sup>	0,000
$H_{п} + 1$	0,078	0,001
$H_{п} + 2$	0,089	
...	...	...
...	...	...
$H_{д} - 1$	5,590	0,050
$H_{д}$	6,086 <sup>2)</sup>	0,079

$H_{д+1}$	6,871	0,079
$H_{д+2}$	7,657	0,079
...	...	...
...	...	...
$H_{гр}$	142,808	

1) Вместимость приямка

2) Суммарная вместимость днища и приямка

3) Коэффициент вместимости, равный

$$\frac{0,089 - 0,078}{10} = 0,001 \text{ м}^3/\text{мм.}$$

ПРИЛОЖЕНИЕ Е  
Схемы оборудования и измерений параметров танка при поверке

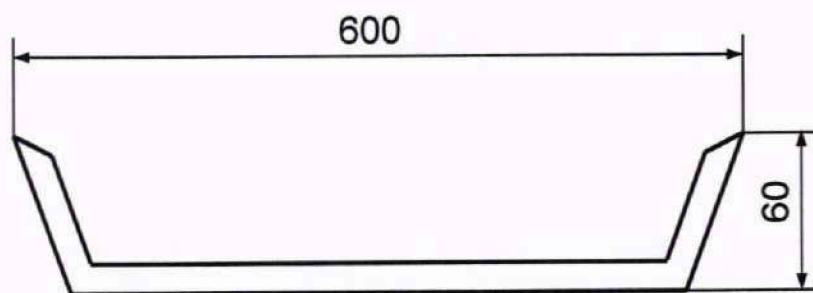
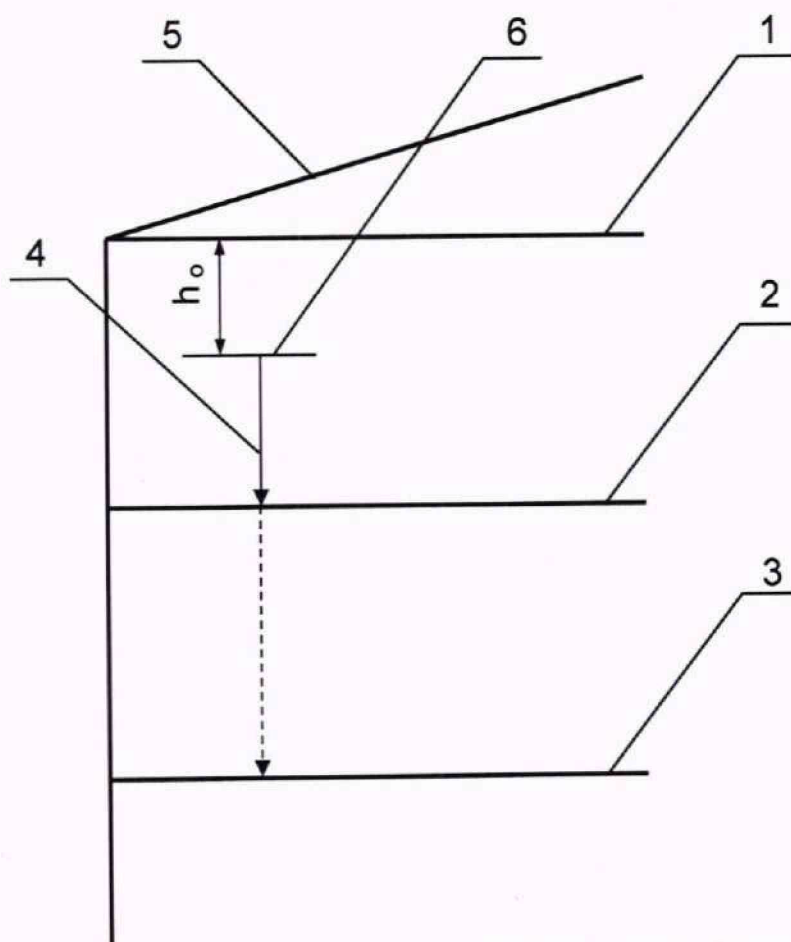
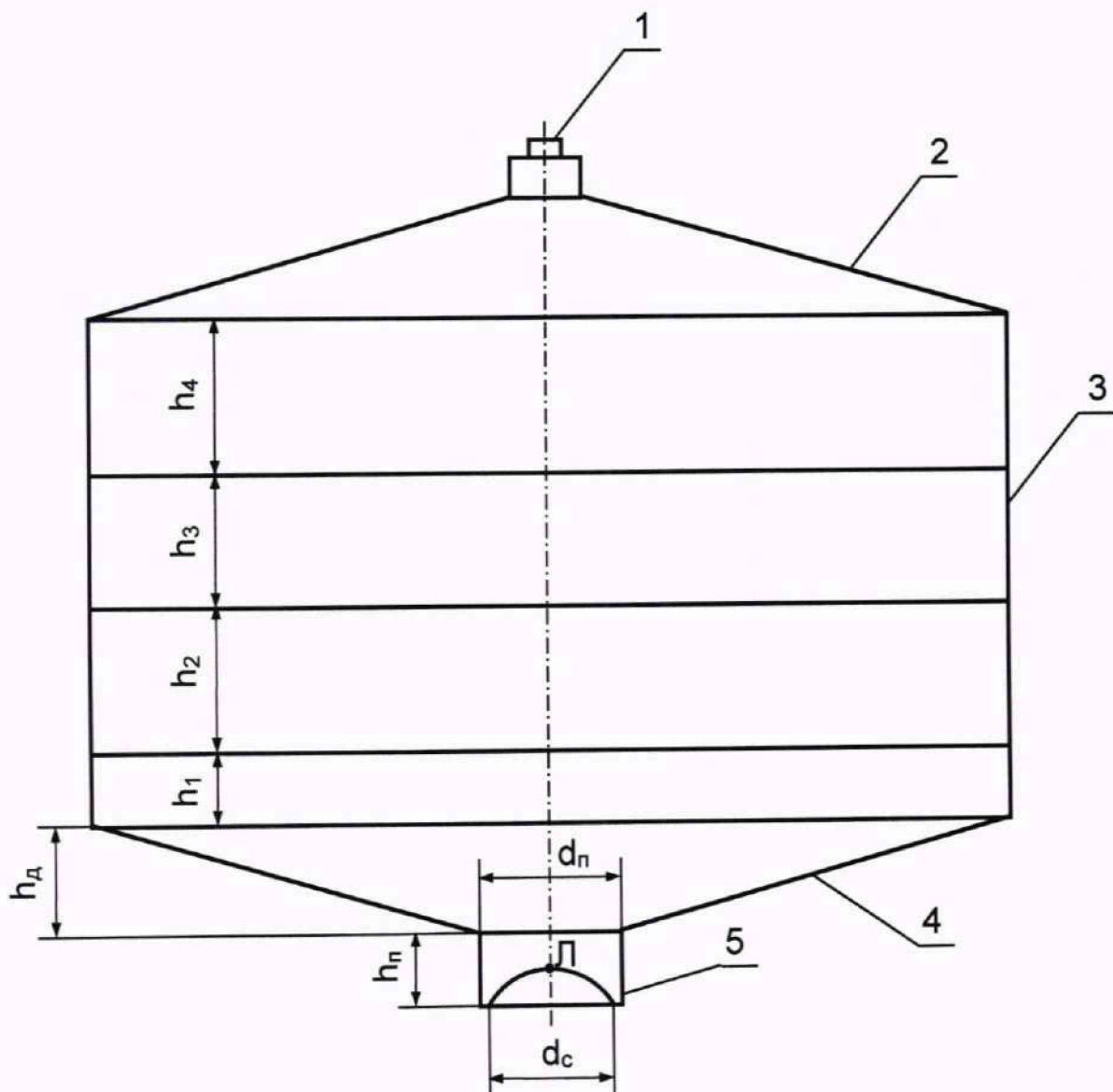


Рисунок Е.1 – Скоба для измерений поправок на обход рулеткой накладок и других выступающих частей



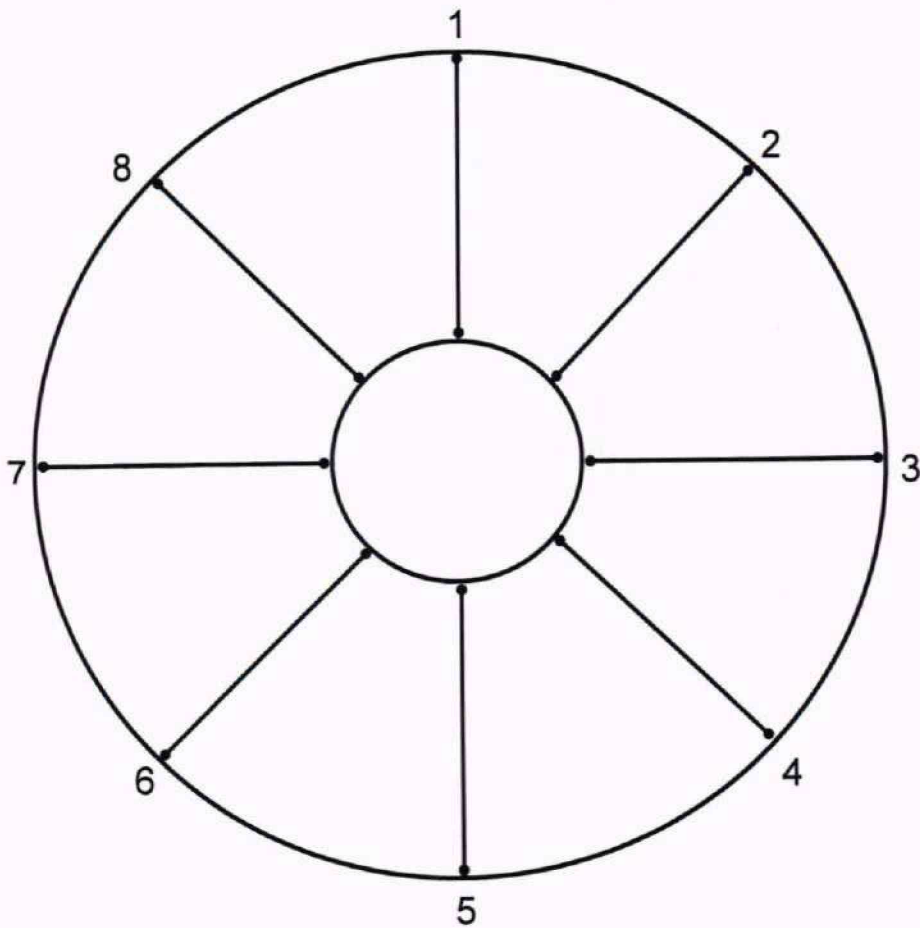
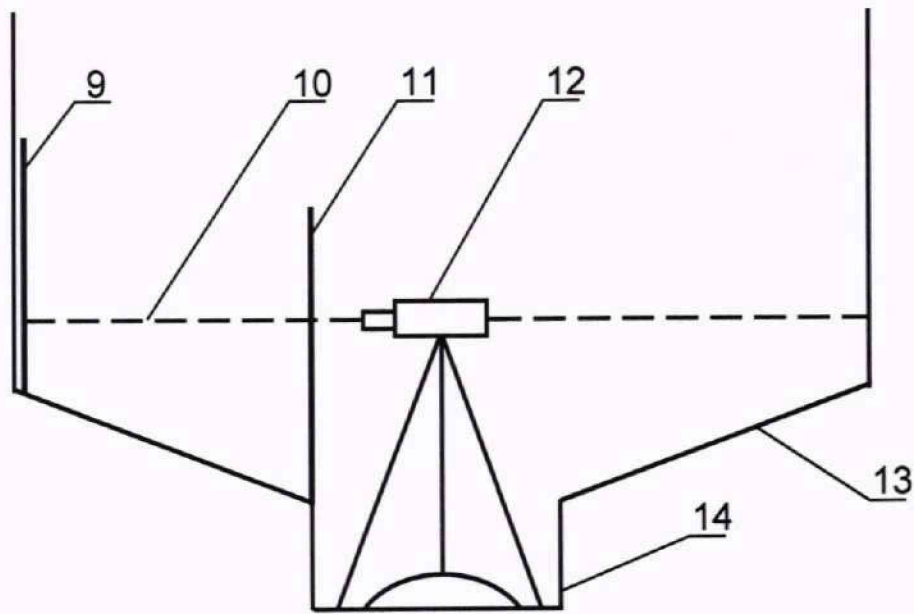
1,2,3 – сварные швы танка; 4-измерительная рулетка с грузом; 5- крыша танка; 6 – горизонтальная отметка;  $h_0$ - расстояние между отметкой 6 и местом стыка пояса с крышей танка.

Рисунок Е.2 – Схема измерений высоты пояса



1- измерительная втулка; 2- крыша (верхний конус) танка; 3- цилиндрическая часть танка; 4- днище (нижний конус) танка; 5- шаровой сегмент; Л – точка касания днища грузом рулетки;  $d_{\Pi}$  - диаметр приямка;  $h_{\Pi}$  - высота приямка;  $d_c$  - диаметр основания шарового сегмента;  $h_{д}$  - высота днища (нижнего конуса);  $h_1, h_2, h_3, h_4$  - высоты поясов.

Рисунок Е.3 – Схема измерений параметров танка



1-8 – радиусы; 9- рейка у стенки танка; 10- горизонт нивелира; 11-рейка, установленная на верхней кромке прямка; 12 – нивелир; 13- днище танка; 14- прямок.

Рисунок Е.4 - Нивелирование днища

ПРИЛОЖЕНИЕ Ж  
(обязательное)

Форма акта ежегодных измерений базовой высоты танка

УТВЕРЖДАЮ  
Руководитель предприятия  
владельца танкера  
(директор, гл. инженер)

**АКТ**  
**измерений базовой высоты танка**  
от « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 200 \_Г.

Составлен в том, что комиссия, назначенная приказом по \_\_\_\_\_  
наименование предприятия-

\_\_\_\_\_, и членов: \_\_\_\_\_  
-владельца танкера \_\_\_\_\_ инициалы, фамилии

провела по \_\_\_\_\_ контрольные измерения базовой высоты танка танкера  
типа \_\_\_\_\_  
номинальной вместимостью \_\_\_\_\_ м<sup>3</sup> при температуре окружающего воздуха °С \_\_\_\_\_.

Результаты измерения представлены в таблице К.1.

Таблица Ж.1

Базовая высота танка	
Среднее арифметическое значение результатов двух измерений $(H_б)_к$ , мм	Значение базовой высоты, установленное при поверке танка $(H_б)_п$ , мм
1	2

Относительное изменение базовой высоты танка  $\delta_б$ , %, вычисляют по формуле  
$$\delta_б = \frac{(H_б)_к - (H_б)_п}{(H_б)_п} \cdot 100$$
, где значения величин  $(H_б)_к$ ,  $(H_б)_п$  приведены в 1-й, 2-й графах.

Вывод: требуется (не требуется) внеочередная поверка танка.

Председатель комиссии

\_\_\_\_\_  
подпись инициалы, фамилия  
Члены:

\_\_\_\_\_  
подпись инициалы, фамилия

\* Указывают при заполнении



Ключевые слова: танк, танкер, судно, вместимость, переборка, уровень, поверка, градуировка, груз, высота, труба, длина, ширина, бимс, карлингс, стойка, профиль, пояс, дифферент, измерение, погрешность.

---

#### БИБЛИОГРАФИЯ

- [1] Сканер лазерный Lejca RTC360, реестр утвержденных средств измерений ФИФОЕИ № 74358-19
- [2] СанПин 1.2.3685-21 Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания