

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»

СОГЛАСОВАНО

Заместитель директора филиала

А. С. Тайбинский

«13» октября 2023 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

ТАНКИ ГОРИЗОНТАЛЬНЫЕ СТАЛЬНЫЕ ЦИЛИНДРИЧЕСКИЕ НЕФТЕНАЛИВНОГО
СУДНА (БАРЖА) НТ-8

Методика поверки

МП 1577-7-2023

Начальник научно-
исследовательского отдела
Кондаков А.В.
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.....	14
13 Подтверждение соответствия танка метрологическим требованиям.....	14
14 Оформление результатов поверки.....	14
Приложение А.....	15
Приложение Б.....	17
Приложение В.....	22
Приложение Г.....	26
Приложение Д.....	34
Приложение Е.....	40
Приложение Ж.....	41
БИБЛИОГРАФИЯ.....	42

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Настоящая методика поверки применяется для поверки танков горизонтальных стальных цилиндрических нефтеналивного судна (Баржа) НТ-8 с регистрационным номером 172636 (далее - танк) и предназначенные для измерений объема нефти и нефтепродуктов, а также для их приема, хранения и отпуса.

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

Таблица 1 - Метрологические требования

Номер танка	Номинальная вместимость, м ³	Пределы допускаемой относительной погрешности как транспортной меры полной вместимости, %
11	320	±0,25
12	320	
21	420	
22	420	
31	410	
32	410	

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)	Средства измерений температуры окружающей среды в диапазоне измерений от минус 5 °С до плюс 35 °С с пределами допускаемой погрешности измерения температуры $\pm 0,4$ °С; Средства измерений атмосферного давления в диапазоне от 84,0 до 106,7 кПа, с пределами допускаемой погрешности измерения абсолютного давления ± 5 гПа; Средства измерений температуры стенки танка в диапазоне измерений от минус 5 °С до плюс 35 °С с пределами допускаемой абсолютной погрешности по инфракрасному каналу $\pm 1,5$ °С.	Канал измерений температуры, прибора комбинированного Testo 622, пер. № 53505-13; Канал измерений абсолютного давления, прибора комбинированного Testo 622, пер. № 53505-13; Термометр инфракрасный Testo 830-T2, пер. № 48507-11.
Раздел 10 Определение метрологических характеристик танка (Сканирование внутренней полости танка)	Лазерная координатно-измерительная система в диапазоне измерений горизонтальных углов от 0 до 360° с границей допускаемой абсолютной погрешности измерений углов $\pm 36''$; в диапазоне измерений вертикальных углов $\pm 150''$ с границей допускаемой абсолютной погрешности измерений углов $\pm 36''$; в диапазоне измерений расстояний от 0,5 до 130 м с допускаемой средней квадратической погрешностью измерений расстояний, $\pm 2 \cdot (1 + 10 \cdot 10^{-6} \cdot D)$ мм; 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 $\pm (0,30 + 0,15(L-1))$ мм, где L – число полных и неполных метров в отрезке	Сканер лазерный Lejca RTC360, пер. № 74358-19; Рулетка измерительная металлическая 2 класса точности P30H2Г, пер. № 55464-13.
Раздел 11 Определение метрологических характеристик танка (Измерения геометрических параметров танка)	Тахеометр электронный в диапазоне измерений расстояние от 1,5 до 3500 м; с границей допускаемой абсолютной погрешности измерений расстояний $\pm 4,8$ мм, в диапазоне измерений углов от 0 до 360° с границей допускаемой	Тахеометр электронный Lejca FlexLjne TS02 plus 3" R500, пер. № 48547-11

абсолютной погрешности измерений горизонтальных углов $\pm 2,7''$, вертикальных углов $\pm 4,1''$ 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 $\pm (0,30 + 0,15(L-1))$ мм, где L – число полных и неполных метров в отрезке Штангенциркуль, предел измерений до 500 мм, с границей допускаемой абсолютной погрешности измерений $\pm 0,05$ мм Уровень брусковый, пределы допускаемой погрешности, $\pm 0,015$ мм/м	Рулетка измерительная металлическая 2 класса точности Р30Н2Г, рег. № 55464-13 Рулетка измерительная металлическая 2 класса точности Р20У2К, рег. № 51171-12 Штангенциркуль ШЦЦ II-500-0,01, рег. № 72189-18 Уровень брусковый 200 мм, рег. № 36894-08
--	--

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 приложения 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°). 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 Е.

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

10.3.3 К значениям посантиметровой вместимости вносят поправку на температурное расширение танка в зависимости от температуры приведения (20 °C или 15 °C) 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, м³, определяют по формуле (1):

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

где

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

$S(\tilde{V})$ — суммарное среднее квадратичное отклонение (далее – СКО) измерений объёма (вместимости), м³, вычисляют по формуле (2):

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

где

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

α — коэффициента теплового расширения материала стенок танка, °C⁻¹;

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

H_i — шаг градуировки

10.3.4.2 Доверительная граница не исключенной систематической погрешности

Доверительную границу НСП результата измерения объёма (вместимости) на заданном уровне, м³, 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, м²;

α — коэффициента теплового расширения материала стенок танка, °C⁻¹;

Δt — пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений температуры, значение берется из свидетельства о поверке средства измерений температуры (термометра, пирометра), °C;

V_i — значение объема жидкости на вычисляемом уровне, м³.

Коррекция доверительной границы случайной погрешности

Если $\frac{\theta(P)}{s(V)} < 0,8$, то НСП пренебрегают и в качестве доверительной границы погрешности результата измерений объема (вместимости) принимают доверительные границы случайных погрешностей измерений объема (вместимости), м³, которые определяют по формуле (4):

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

где

$\varepsilon(P)$ — доверительные границы случайной погрешности результата измерений объема (вместимости), м³, вычисленные по формуле (1).

Если $\frac{\theta(P)}{s(V)} > 8$, то пренебрегают случайными погрешностями и в качестве доверительной границы погрешности результата измерений объема (вместимости) принимают доверительные границы НСП измерений объема (вместимости), м³, которые определяют по формуле (5):

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

где

$\theta(P)$ — доверительные границы НСП результата измерений объема (вместимости), м³, вычисленные по формуле (3).

Если $0,8 \leq \frac{\theta(P)}{s(V)} \leq 8$, то доверительную границу погрешности результата измерений объема (вместимости) на заданном уровне, м³, 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 объема (вместимости), м³;

$\theta(P)$ — доверительная граница НСП результата измерений объема (вместимости), м³.

Доверительную границу относительной погрешности результата измерений объема (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 объема (вместимости) на заданном уровне, м³, вычисленной по формуле (4), либо (5), либо (6).

V_{hi} — значение объема жидкости на вычисляемом уровне, м³.

11 ИЗМЕРЕНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ТАНКА

11.1 Поверку танков проводят геометрическим методом.

11.2 Измерения внутреннего диаметра пояса танк.

11.2.1 Внутренний диаметр пояса измеряют в трёх его сечениях: среднем, находящемся в середине пояса, правом и левом, расположенных на расстоянии от 100 до 150 мм от сварных швов, причём в каждом сечении - во взаимно перпендикулярных направлениях.

11.2.2 Внутренний диаметр D , мм, в каждом сечении пояса измеряют тахеометром в двух взаимно перпендикулярных направлениях и не менее двух раз в каждом направлении в следующей последовательности (рисунок Г.3):

а) тахеометр 3 с задней её пяткой устанавливают на отрезке, например, BB' в сечениях пояса, указанных в 11.2.1; - направляют луч лазера в точку C и точку лазерного излучения перемещают относительно точки C вверх и вниз, вращая тахеометр вокруг отрезка BB' ;

б) в качестве внутреннего диаметра пояса в данном сечении и при данном измерении принимают максимальное показание тахеометра;

в) измерения проводят не менее двух раз. Расхождение между результатами не должно быть более 1 мм.

Выполняя аналогичные операции, указанные в пунктах а) - в), измеряют внутренний диаметр пояса во взаимно перпендикулярном направлении, устанавливая тахеометр на отрезке AA' .

11.2.3 Результаты измерений D вносят в протокол, форма которого приведена в приложении А.

11.3 Измерения длины танка

11.3.1 Длину танка (расстояние между переборками) L , мм, измеряют тахеометром изнутри танка по двум образующим цилиндрической части танка в следующей последовательности (рисунок Г.4):

а) на одной из переборок через её центр O мелом или графитовым стержнем проводят хорду EF , которая является диаметром танка;

б) на линии диаметра ближе, например, к образующей E устанавливают тахеометр и визирную его линию (луч лазера) направляют к противоположной переборке;

в) на противоположной переборке луч лазера перемещают по вертикали вверх и вниз, вращая тахеометр вокруг отрезка EF ;

г) в качестве длины танка в данном положении тахеометра и при данном измерении принимают минимальные показания тахеометра;

д) измерения проводят не менее двух раз. Расхождение между результатами двух измерений не должно быть более 2 мм.

Выполняя аналогичные операции, указанные в 11.3.1, измеряют длину танка, устанавливая тахеометр ближе к образующей F .

11.3.2 Результаты измерений L вносят в протокол, форма которого приведена в приложении А.

11.4 Измерения высоты «мёртвой» полости танка

11.4.1 Высоту «мёртвой» полости $h_{м.п.}$ мм (рисунок Г.5), измеряют измерительной рулеткой или измерительной линейкой не менее двух раз. Показания рулетки или линейки отсчитывают с погрешностью до 1 мм.

Расхождение между результатами двух измерений не должно быть более 2 мм.

11.4.2 Результаты измерений $h_{м.п.}$ вносят в протокол, форма которого приведена в приложении А.

11.5 Измерения высоты исходной точки

11.5.1 Высоту исходной точки (рисунок Г.5), h_0 мм, измеряют измерительной рулеткой или измерительной линейкой не менее двух раз. Показания рулетки или линейки отсчитывают с погрешностью до 1 мм.

Расхождение между результатами двух измерений не должно быть более 2 мм.

11.5.2 Результаты измерений h_0 вносят в таблицу Г.2, форма которой приведена в приложении Г.

11.6 Измерения высоты и уровня расположения скоса

11.6.1 Высоту скоса (рисунок Г.1) h_c , мм, измеряют изнутри или с наружной стороны танка тахеометром не менее двух раз. Расхождение между результатами двух измерений не должно быть более 2 мм.

11.6.2 Уровень расположения скоса (рисунок Г.1), H_0 , мм, отсчитываемый от нижней образующей танка, измеряют тахеометром не менее двух раз.

Расхождение между результатами двух измерений не должно быть более 2 мм.

11.6.3 Результаты измерений h_c , H_0 вносят в таблицу Г.2, форма которой приведена в приложении Г.

11.7 Измерения базовой высоты танка

11.7.1 Базовую высоту танка H_b , мм, измеряют измерительной рулеткой с грузом не менее двух раз. Показания рулетки отсчитывают с погрешностью до 1 мм.

Расхождение между результатами двух измерений не должно быть более 2 мм.

11.7.2 Результаты измерений H_b вносят в таблицу А.5, форма которой приведена в приложении А.

11.7.3 Базовую высоту танка измеряют ежегодно. Ежегодные измерения базовой высоты танка проводит комиссия, назначенная приказом руководителя наливного судна, в состав которой должен быть включён специалист, прошедший курсы повышения квалификации по поверке танков.

Результаты измерений базовой высоты оформляют актом, форма которого приведена в приложении Ж.

При изменении базовой высоты по сравнению с её значением, установленным при предыдущей поверке танка, более чем на 0,1 %, проводят внеочередную поверку танка.

11.8 Определение объёма внутренних деталей

11.8.1 К внутренним деталям относят:

- элементы силового набора: таврового, уголкового и полособульбового профилей, расположенных на носовой и кормовой переборках;
- втулка измерительная цилиндрической формы;
- грузовые трубопроводы, размещённые в танке;
- прямом прямоугольной (цилиндрической) формы.

11.8.2 Линейными размерами элемента силового набора, подлежащими измерениям, являются размеры:

а) таврового профиля (рисунок Г.6):

- длина b_n и толщина δ_n полки;

- высота h_t и толщина t_c стенки.

Толщину стенки профиля t_c определяют по результатам измерений расстояний от торцов полки до стенки профиля b'_Π, b''_Π ;

б) уголкового профиля (рисунок Г.7):

- длина L_Π и толщина δ_Π полки;

- высота L_c и толщина δ_c профиля.

Толщину стенки профиля δ_c определяют по результатам измерений длины полки L_Π и расстояния от торца полки до стенки профиля L''_Π (на рисунке Г.7 не показано);

в) полособульбового профиля (рисунок Г.8): высота h_6 и толщина t_6 профиля.

По результатам измерений высоты h_6 и толщины t_6 профиля устанавливают номер профиля. Если номер профиля соответствует номеру 16₆, то за значение площади сечения профиля S_9^6 принимают значение, равное 2116 мм²;

г) длина элемента силового набора L_3 ;

д) нижнее h_3^H и верхнее h_3^B положения элемента силового набора, определяемые от нижней образующей танка.

11.8.3 Линейными размерами других внутренних деталей являются:

а) втулки измерительной:

- диаметр d_v и толщина стенки δ_v ;

- нижняя h_3^H и верхняя h_3^B границы, определяемые от исходной точки;

б) грузового трубопровода:

- диаметр d_r ;

- нижняя h_r^H и верхняя h_r^B границы, определяемые от исходной точки.

Если нижний торец трубы находится ниже исходной точки, то объем её, соответствующий высоте h_0 , считают за объем внутренней детали, находящейся ниже исходной точки;

в) прямик (рисунок Г.9):

- площадь поперечного сечения S_π ;

- высота прямка h_π .

11.8.4 Измерения линейных размеров элементов силового набора

11.8.4.1 Линейные размеры сечений профилей, указанные в 11.8.2, измеряют только одного из них по каждому виду профиля (таврового, уголкового, полособульбового).

11.8.4.2 Высоту таврового профиля h_t , мм, (рисунок Г.6), измеряют измерительной линейкой. Показания шкалы линейки отсчитывают с погрешностью до 1 мм.

11.8.4.3 Величины $b_\Pi, \delta_\Pi, t_c, b'_\Pi, b''_\Pi, L_\Pi, L_c, \delta_c, h_6, t_6$ мм, указанные в 11.8.2, измеряют штангенциркулем. Показания шкалы штангенциркуля отсчитывают с погрешностью до 0,1 мм.

11.8.4.4 Длину элемента силового набора (рисунок Г.10, рисунок Г.11, рисунок Г.12, рисунок Г.13) L_3 , мм, нижнее h_3^H и верхнее h_3^B , мм, положения его измеряют тахеометром с погрешностью до 2 мм.

11.8.4.5 Результаты измерений величин h_T , b_n , δ_n , t_c , b_{II}' , b_{II}'' , L_n , L_c , δ_c , h_b , t_b , L_3 , h_3^H , h_3^B , мм, вносят в таблицу Г.3, форма которой приведена в приложении Г.

11.8.5 Измерения линейных размеров втулки измерительной

11.8.5.1 Наружный диаметр втулки измерительной (рисунок Г.5) d_b , мм, измеряют штангенциркулем с погрешностью до 0,2 мм.

11.8.5.2 Толщину δ_b , мм, втулки измерительной, мм, принимают по технической документации на наливное судно.

11.8.5.3 Нижнюю и верхнюю границы втулки h_b^H , h_b^B мм, измеряют измерительной линейкой и тахеометром с погрешностью до 1 мм.

11.8.5.4 Результаты измерений d_b , δ_b , h_b^H , h_b^B вносят в таблицу Г.5, Г.6, форма которой приведена в приложении Г.

11.8.6 Измерения линейных размеров грузового трубопровода

11.8.6.1 Диаметр d_r , мм, грузового трубопровода измеряют с применением штангенциркуля или измерительной рулетки с погрешностью до 1 мм.

11.8.6.2 Нижнюю и верхнюю границы трубы h_r^H , h_r^B мм, измеряют измерительной линейкой и тахеометром с погрешностью до 1 мм.

11.8.6.3 Результаты измерений d_r , h_r^H , h_r^B вносят в таблицу Г.6, форма которой приведена в приложении Г.

11.8.7 Измерения параметров прямка

11.8.7.1. Площадь поперечного сечения прямка (рисунок Г.9) S_{π} , мм², определяют по результатам измерений ширины и длины прямка при прямоугольном его сечении или диаметра при круглом его сечении.

11.8.7.2 Высоту прямка h_{π} , мм, измеряют измерительной линейкой с погрешностью до 1 мм.

11.8.7.3 Результаты измерений S_{π} , h_{π} , вносят в таблицу Г.6, форма которой приведена в приложении Г.

11.9 Измерения координаты точки измерений базовой высоты и уровня жидкости

11.9.1 Координату точки измерений базовой высоты и уровня жидкости (расстояние от торца танка, находящегося ближе к носу судна до центра измерительной втулки) L_3 , мм, (рисунок Г.4) измеряют по палубе судна измерительной рулеткой не менее двух раз. Показания шкалы рулетки отсчитывают с погрешностью: 1 мм. Расхождение между результатами двух измерений должно быть: не более 5 мм.

11.9.2 Результаты измерений L_3 вносят в протокол, форма которого приведена в приложении А, таблица А.5.

12 ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ

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

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

13 ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ ТАНКОВ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ

Обработку результатов измерений проводят с помощью программного обеспечения Lejca CloudWorx 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 таблица 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

14.1 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 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.

14.2 К свидетельству о поверке прикладывают:

а) градуировочную таблицу;

б) протокол измерений.

Форма протокола измерений приведена в приложении Ж.

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

14.4 Протокол измерений подписывает поверитель.

14.5 Титульный лист и последнюю страницу градуировочной таблицы подписывает поверитель.

14.6 Знак поверки наносится в свидетельство о поверке.

14.7 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, %
11, 12, 21, 22, 31, 32		±0,25

Таблица А.3 – Условия при проведении поверки

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

Таблица А.4 – Измерения при сканировании

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

Таблица А.5 – Параметры базовых высот танков

Измеряемый параметр	Показания рулетки, штангенциркуля, мм					
	Номер танка					
	11	12	21	22	31	32
Расстояние по вертикали от днища танка до измерительной трубы, мм						
Координату точки измерений базовой высоты и уровня жидкости, L_3 , мм						
Базовая высота, мм						

Таблица А.6 - Данные геометрических измерений грузовых танков

Наименование	Номера танков					
	11	12	21	22	31	32
Длина танка, мм						
Внутренний диаметр, мм						
Длина скоса, мм						
Высота скоса, мм						
Высота наполнения нефтепродукта предельная, см						

Вместимость номинальная, м ³						
Вместимость танка, соответствующая уровню равному нулю, м ³						
Объем внутренних деталей, м ³						

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

танков нефтеналивного судна НТ-8,
регистрационный номер № 172636

Организация _____

Данные приведены к температуре +20 °C

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

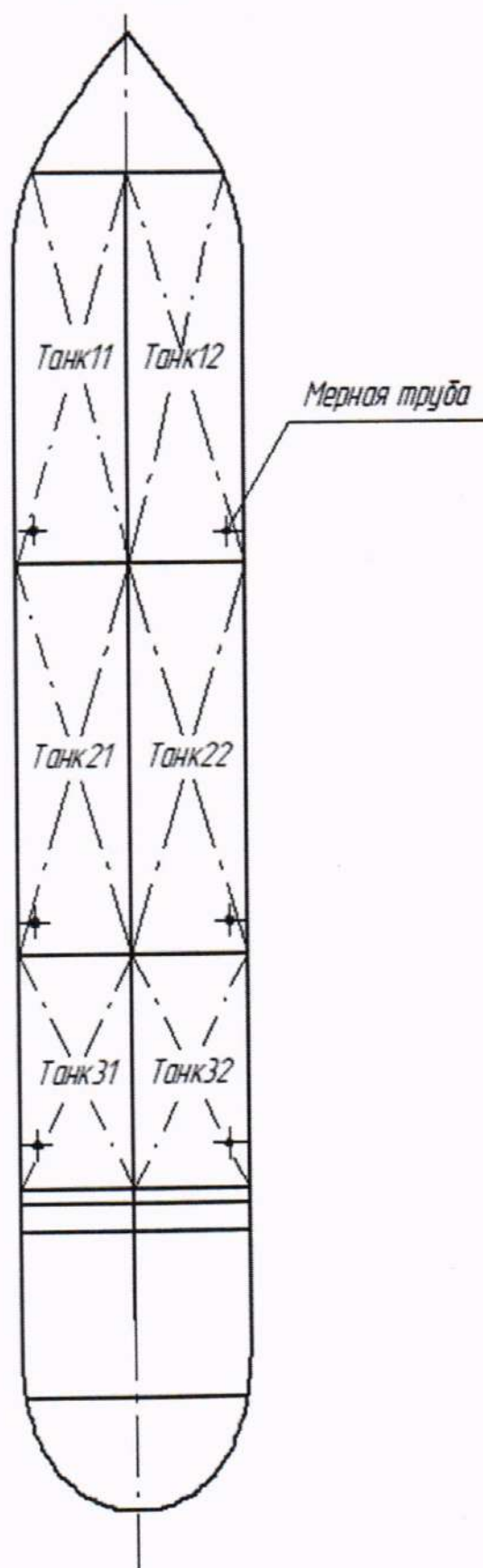
Срок очередной поверки _____

Поверитель

подпись

должность, инициалы, фамилия

СХЕМА РАСПОЛОЖЕНИЯ ТАНКОВ



ГРАДУИРОВОЧНАЯ ТАБЛИЦА

Танк №

Организация:

Нефтеналивное судно:

НТ-8

Погрешность:

$\pm 0,25$ %

Вместимость:

_____ м³.

Предельная высота наполнения: _____ см

Измерение уровня налива нефтепродукта производится при постановке судна на ровный киль

Таблица Б.1 - Длина танка, мм

Наименование	Показания рулетки			
Длина танка				

Таблица Б.2 - Размеры скоса, мм

Номер замера	Длина скоса	Высота скоса, мм	Уровень расположения, мм	Длина (радиус) наклонной части, мм
1				

Таблица Б.3 - Внутренние диаметры танка

замеры	1	2	3	4	5	6
диаметр, мм						

Таблица Б.4 - Тавровый профиль

Наименование	Размеры, мм		количество	Длина, мм	Положение по высоте танка, мм	
	стенка hхδ	полка bхδ			нижнее	верхнее
Шельф						

Таблица Б.5 - Полособульбовый профиль (холостой набор)

Наименование	Количество	Место расположения	Площадь, см ²	положение по высоте	
				нижнее	верхнее
полособульб №165					

Организация _____

Танк № _____

Таблица Б.6 - Посантиметровая вместимость танка

Уровень наполнения, см	Вместимость, м ³	Коэффициент вместимости, м ³ /мм	Уровень наполнения, см	Вместимость, м ³	Коэффициент вместимости, м ³ /мм
0			...		
1			...		
2			...		
...					
...			H_i		
Примечание – при использовании сканера					

Составление градуировочной таблицы танка без скоса

Таблица Б.7

Уровень наполнения, см	Вместимость, м ³	Коэффициент вместимости ²⁾ , м ³ /мм
0	0,032	0,002
1	0,053	0,005
2	0,106	
...	...	
...	...	
$h_{мп}^{1)}$	1,508 ¹⁾	
$h_{мп}+1$		
$h_{мп}+2$		
...		
...		
...		
$H_{пр}$		
1) Вместимость при уровне, соответствующем высоте «мертвой» полости танка. 2) Коэффициент вместимости, равный $\frac{0,836-0,325}{10} = 0,051 \text{ м}^3/\text{мм}.$		
Примечание – при измерении геометрических параметров танка		

Составление градуировочной таблицы танка со скосом

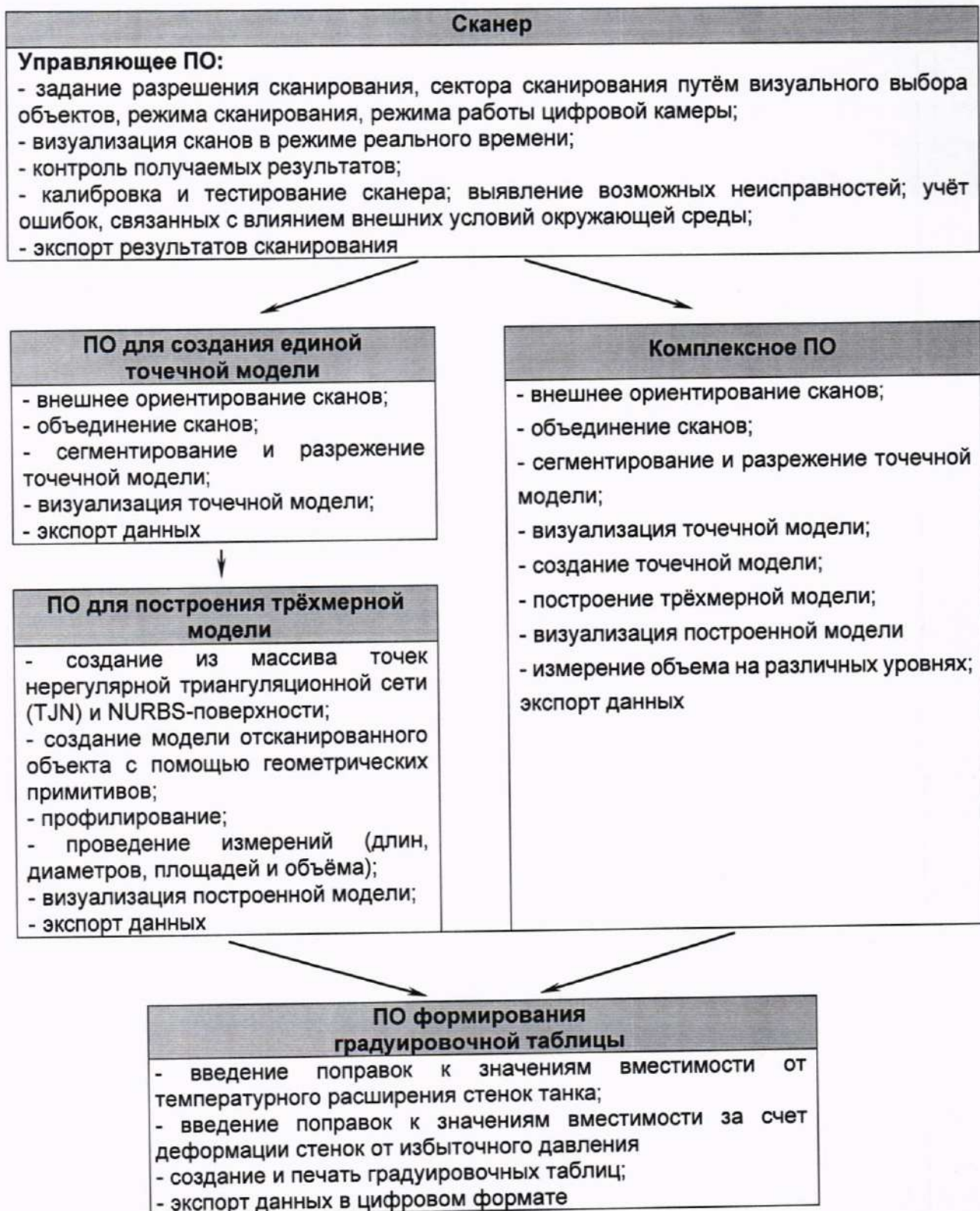
Таблица Б.8

Уровень наполнения, см	Вместимость, м ³	Коэффициент вместимости ²⁾ , м ³ /мм
0	0,063	0,011
1	0,172	0,018
2	0,348	
...	...	
...	...	
H_0	283,210 ¹⁾	0,071
H_0+1	283,920	0,096
H_0+2		
...		
...		
...		
$H_{пр}$		
1) Вместимость при уровне, соответствующем высоте «мертвой» полости танка. 2) Коэффициент вместимости, равный $\frac{0,172-0,063}{10} = 0,011 \text{ м}^3/\text{мм}.$		
Примечание – при измерении геометрических параметров 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	

окончание таблицы В.1

Этап 7 Приведение посантиметровой вместимости к стандартной температуре 20 °С или 15 °С	Формулы (Е.2) или (Е.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

$$V_t = V \cdot K_t, \quad (\text{В.1})$$

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

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

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

$$K_t' = [1 + 3\alpha_p(15 - T_p)]; \quad (\text{В.3})$$

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

T_p – температура стенки, °С;

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

В.3 Погрешность определения вместимости танка

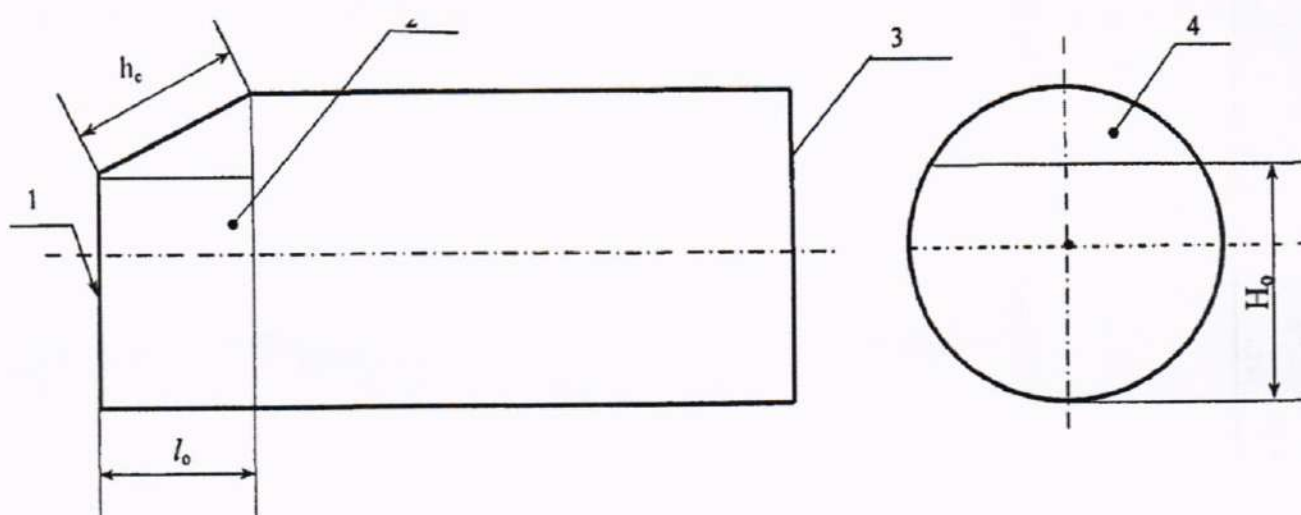
Пределы допускаемой погрешности измерений параметров танка, приведены в таблице В.2.

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	± 3

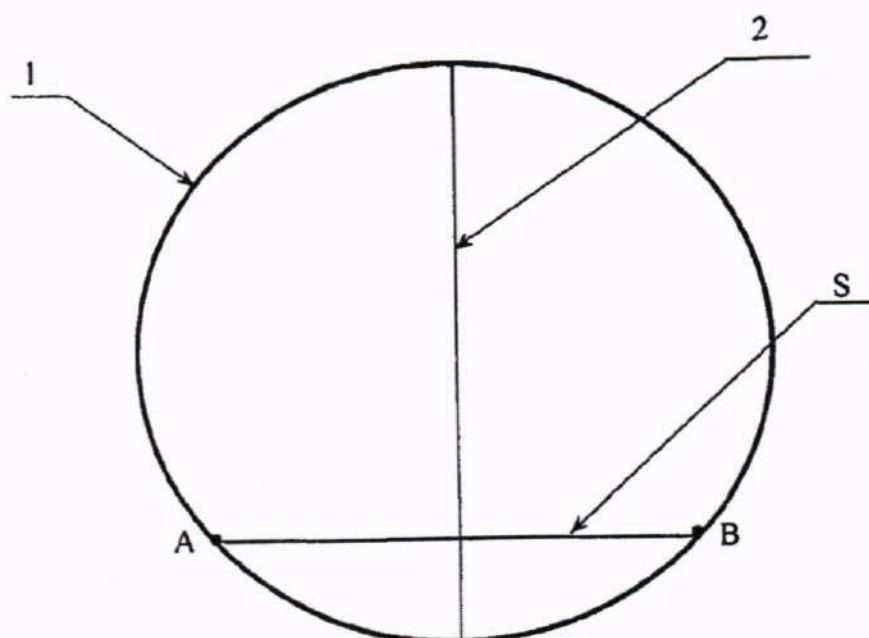
При соблюдении, указанных в таблице В.2, пределов допускаемой погрешности измерений, погрешность вместимости танка находится в пределах: $\pm 0,25$ %.

Приложение Г
(обязательное)
Схемы измерений параметров танка при поверке



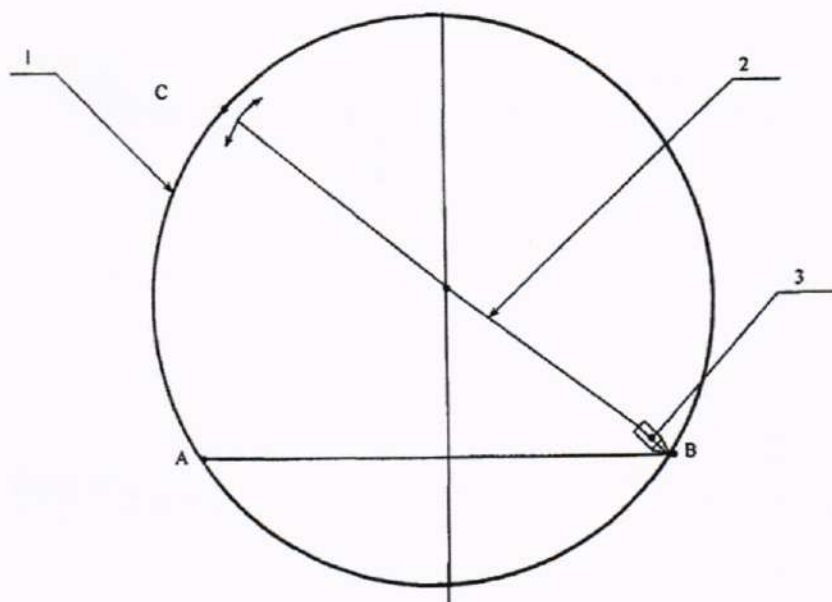
1 - переборка скошенной части танка; 2 - скошенная часть танка; 3 - переборка цилиндрической части танка; 4 - скос; h_c - высота скоса; H_0 - уровень расположения скоса; L_0 - длина скошенной части танка.

Рисунок Г. 1 - Схема танка со скошенной частью.



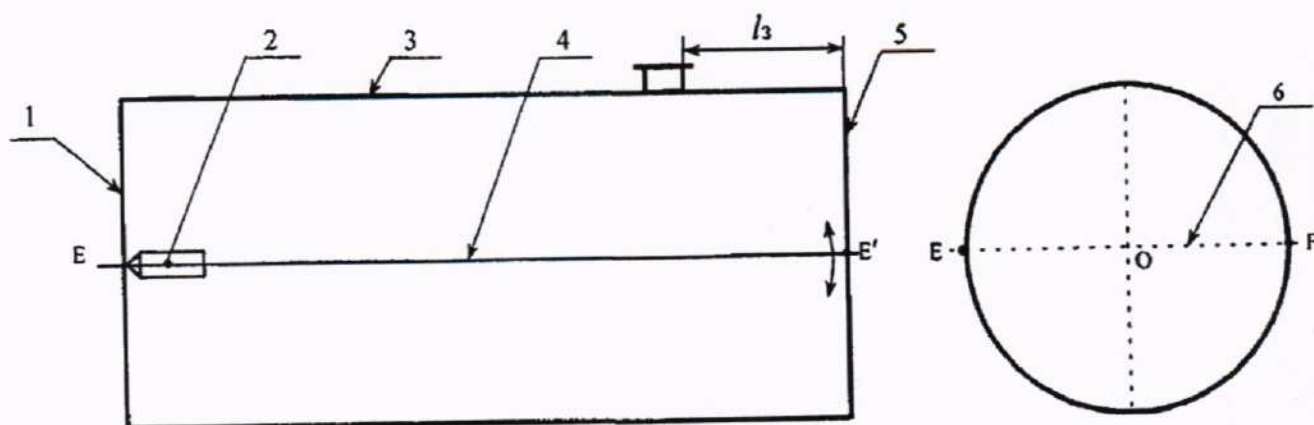
1 - цилиндрическая часть танка; 2 - плоскость симметрии танка; S - длина хорды АВ.

Рисунок Г.2 - Схема измерений внутренних диаметров пояса танка.



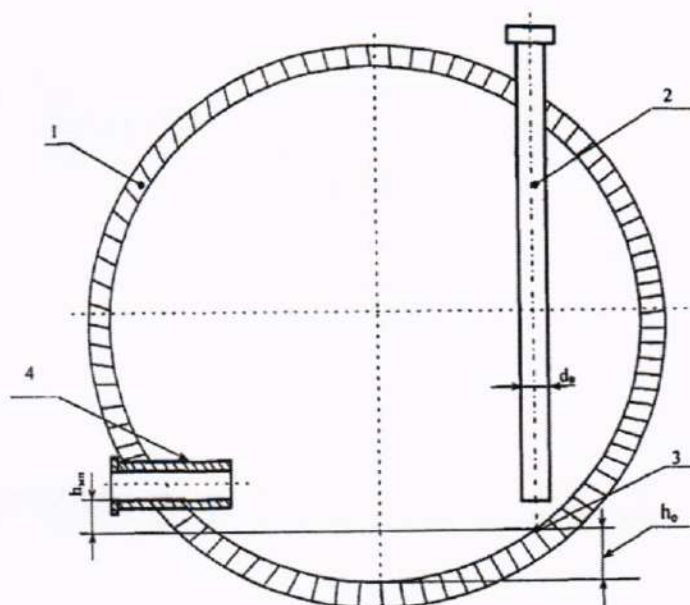
1 – стенка цилиндрической части танка; визирная линия электронной рулетки; 3 – тахеометра на отрезке BB' (точка B' на рисунке не показана); BC – предполагаемый диаметр пояса;

Рисунок Г.3 - Схема измерений внутреннего диаметра танка



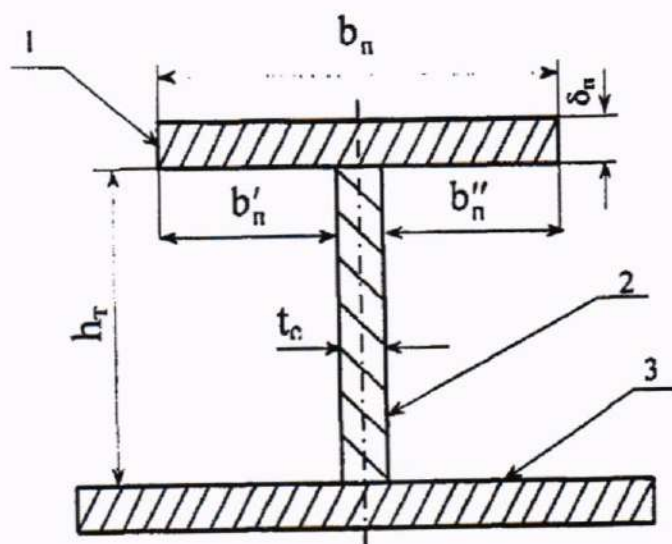
1,5 - переборки танка; 2 - тахеометра; 3 - цилиндрическая часть танка; 4 - длина танка L ; 6 - хорда (диаметр); O - центр переборки танка; E, F - образующие танка; L_3 - координата точки измерений базовой высоты и уровня жидкости.

Рисунок Г.4 - Схема измерений длины танка.



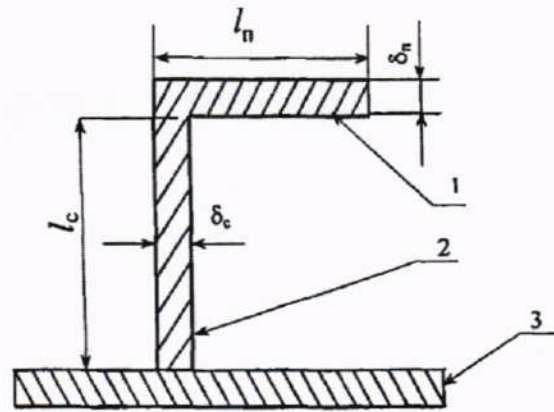
1 - цилиндрическая часть танка; 2 - втулка измерительная; 3 - точка касания образующей танка грузом рулетки (исходная точка); 4 - приемнораздаточный патрубок; $h_{мп}$ - высота «мертвой» полости; h_0 - высота исходной точки.

Рисунок Г.5 - Схема измерений высоты «мертвой» полости танка и высоты исходной точки.



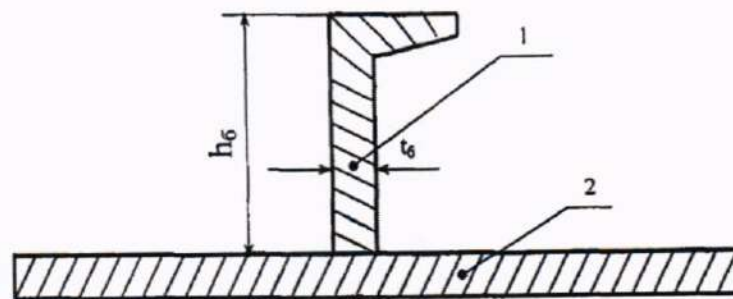
1- полка профиля; 2-стенка профиля; 3 - присоединенный поясok обшивки; b_n, δ_n - длина и толщина полки; h_r, t_n - высота и толщина стенки профиля; b'_n, b''_n - расстояние от торцов полки до стенки профиля.

Рисунок Г.6 - Сечение таврового профиля



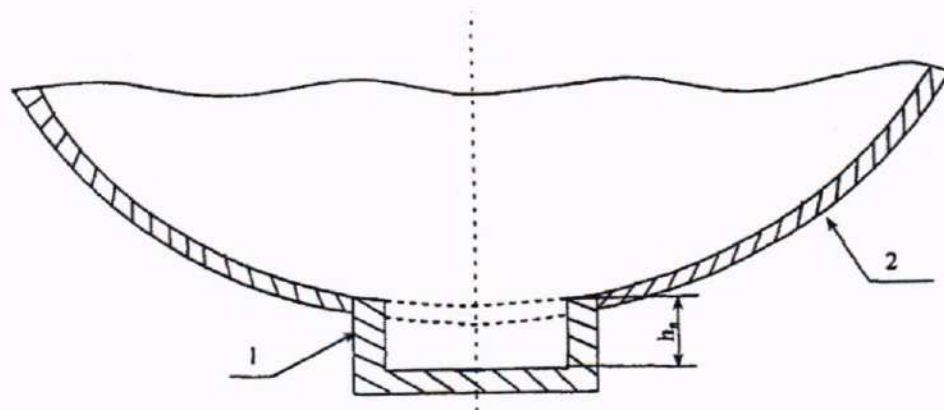
1 - полка профиля; 2 - стенка профиля; 3 - присоединенный пояс обшивки; L_n - длина полки; L_c - высота профиля; δ_c - толщина профиля; δ_n - толщина полки профиля.

Рисунок Г.7 - Сечение углового профиля



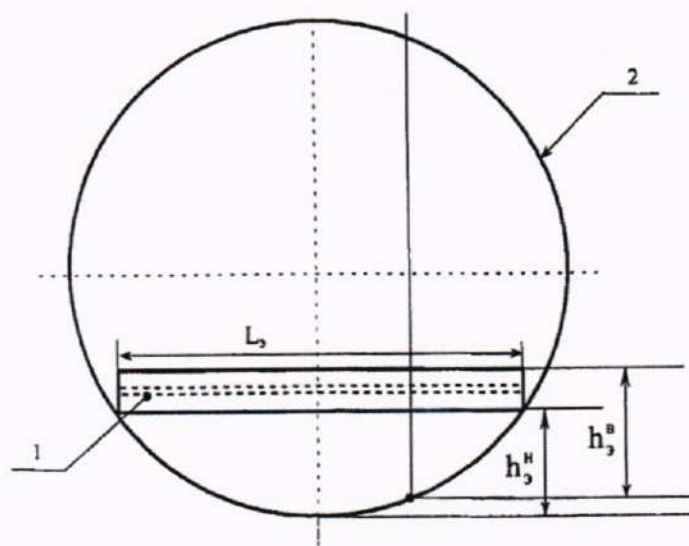
1 - стенка полособульбового профиля; 2 - присоединенный пояс обшивки; h_b - высота профиля; t_b - толщина профиля.

Рисунок Г.8 - Сечение полособульбового профиля.

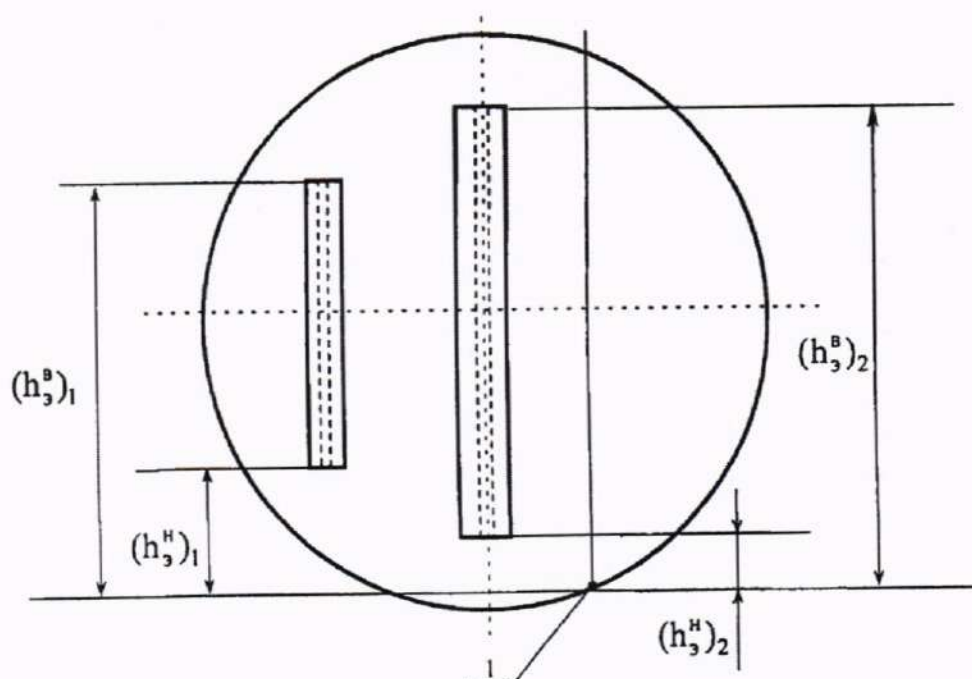


1 - прямок; 2 - цилиндрическая часть танка; h_n - высота прямка.

Рисунок Г.9 - Схема прямка танка.



1 - тавровый профиль; 2 - переборка танка; h_3^H - нижнее положение профиля; h_3^B - верхнее положение профиля; L_3 - длина профиля. ,
Рисунок Г.10 - Схема расположения горизонтального профиля.



$(h_3^B)_1, (h_3^H)_1$ - верхнее и нижнее положения первого профиля;
 $(h_3^B)_2, (h_3^H)_2$ - верхнее и нижнее положения второго профиля.

Рисунок Г.11 - Схема расположения вертикальных тавровых профилей.

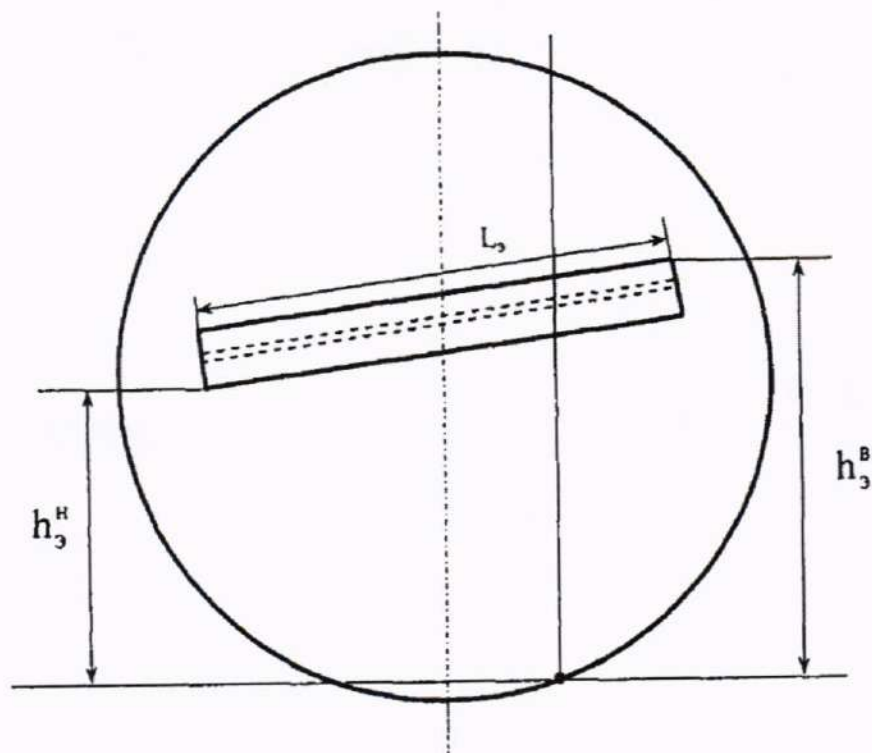
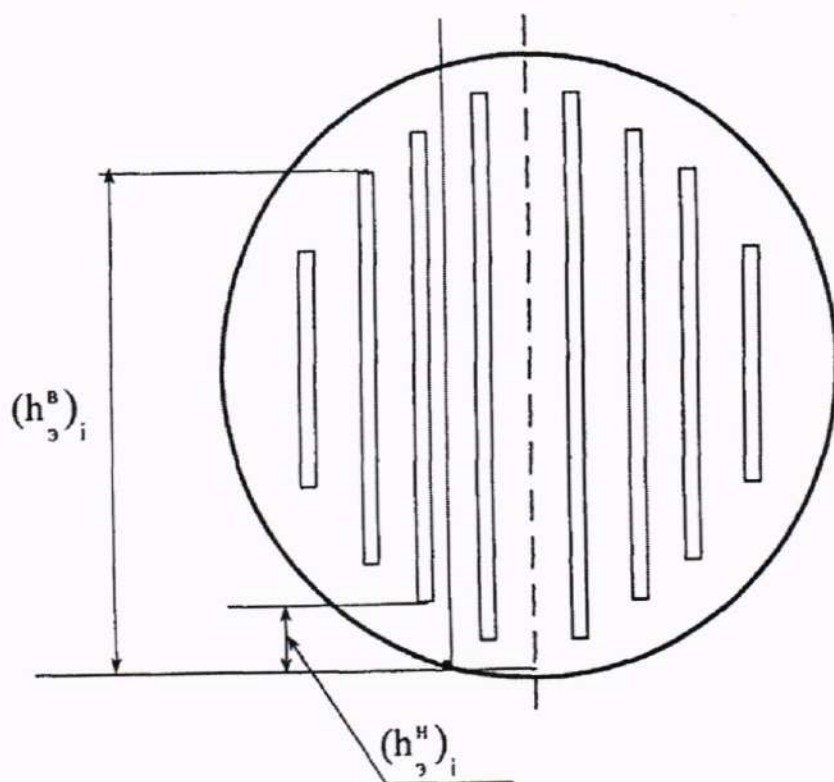


Рисунок Г.12- Схема расположения наклонного таврового профиля.



$(h_3^B)_i$ - нижнее положение j -го уголкового (полособульбового) профиля;
 $(h_3^H)_i$ - верхнее положение j -го уголкового (полособульбового) профиля.
 Рисунок Г.13 - Схема расположения уголкового (полособульбового) профиля.

Таблица Г.1 – Внутренние диаметры поясов D

В миллиметрах

Сечение пояса	Направление измерения	Номер измерения	Номер пояса													
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Левое	горизонтальное	1														
		2														
	вертикальное	1														
		2														
Среднее	горизонтальное	1														
		2														
	вертикальное	1														
		2														
Правое	горизонтальное	1														
		2														
	вертикальное	1														
		2														

Примечание – заполняется при измерении геометрических параметров танка

Таблица Г.2 – Другие параметры танка

В миллиметрах

Номер измерения	Длина танка L	Высота «мертвой» полости $h_{м.п}$	Координата L_3	Высота исходной точки h_0
1				
2				

Примечание – заполняется при измерении геометрических параметров танка

Окончание таблицы Г.2

Номер измерения	Скос	
	Высота h_c	Уровень расположения H_0
1		
2		

Примечание – заполняется при измерении геометрических параметров танка

Таблица Г.3 – Тавровый профиль

В миллиметрах

Порядковый номер профиля	Размеры профиля				Размеры полки профиля			
	длина L_3	высота h_T	положение		длина b_n	толщина δ_n	расстояние	
			нижнее h_a^H	верхнее h_a^B			$b_{п'}$	$b_{п''}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Примечание - Графу 2 заполняют только при горизонтальном и наклонном расположении таврового профиля.

ПРИЛОЖЕНИЕ Д
(обязательное)
Обработка результатов измерений

1 Вычисление внутреннего диаметра пояса

1.1 Внутренний диаметр j -го пояса танка в каждом из трёх сечений во взаимно перпендикулярных направлениях D_{1i}^k, D_{2i}^k вычисляют по формулам:

$$D_{1i}^k = \frac{(D_1')_i^k + (D_1'')_i^k}{2}; \quad (Д.1)$$

$$D_{2i}^k = \frac{(D_2')_i^k + (D_2'')_i^k}{2}; \quad (Д.2)$$

где k - соответствует обозначениям: л, с, п (л - левое, с - среднее, п - правое сечение пояса);
 D_{1i}^k, D_{2i}^k - внутренние диаметры (далее - диаметры) j -го пояса в k -том сечении в горизонтальном и вертикальном направлениях соответственно.

1.2 Диаметры j -го пояса во взаимно перпендикулярных направлениях D_{1j}, D_{2j} вычисляют по формулам:

$$D_{1i} = \frac{D_{1i}^л + D_{1i}^с + D_{1i}^п}{3}; \quad (Д.3)$$

$$D_{2i} = \frac{D_{2i}^л + D_{2i}^с + D_{2i}^п}{3}; \quad (Д.4)$$

где $D_{1i}^л, D_{1i}^с, D_{1i}^п$ - диаметры в трёх сечениях пояса во взаимно перпендикулярных направлениях, вычисляемые по формулам (Д.1) и (Д.2)

1.3 Диаметр j -го пояса вычисляют по формуле:

$$D_i = \frac{D_{1i} + D_{2i}}{2}; \quad (Д.5)$$

2 Вычисление диаметра танка

2.1 Диаметр танка D , мм, приведённый к температуре 20 °С, вычисляют по формуле:

$$D = \frac{\sum_{i=1}^n D_i}{n} \cdot [1 + \alpha_{ст}(20 - t)], \quad (Д.6)$$

где D_j - диаметр j -го пояса, вычисляемый по формуле (Д.5), мм;

n - число поясов;

$\alpha_{ст}$ - коэффициент линейного расширения материала танка, 1/°С.

Его значение принимают по технической документации на танк. При отсутствии данных значение $\alpha_{ст}$ принимают равным $11,3 \cdot 10^{-6}$ 1/°С;

t - температура окружающего воздуха, при которой были проведены измерения, °С.

2.2 Результаты вычисления D по формуле (Д.6) вносят в журнал, форма которого приведена в приложении Е.

3 Вычисление длины танка

3.1 Длину танка L , мм, приведённую к температуре 20 °С, вычисляют по формуле:

$$L = \frac{L_1 + L_2}{2} \cdot [1 + \alpha_{\text{ст}}(20 - t)], \quad (\text{Д.7})$$

где L_1, L_2 - длины танка при первом и втором измерениях по 11.3, мм.

3.2 Результаты вычисления L по формуле (Д.7) вносят в журнал, форма которого приведена в приложении Е.

4 Вычисление высоты «мёртвой» полости танка

4.1 Высоту «мёртвой» полости танка $h_{\text{м.п.}}$, мм, вычисляют по формуле

$$h_{\text{м.п.}} = \frac{h'_{\text{м.п.}} + h''_{\text{м.п.}}}{2}, \quad (\text{Д.8})$$

где $h'_{\text{м.п.}}, h''_{\text{м.п.}}$ - высоты исходной точки при первом и втором измерениях по 11.5, мм.

4.2 Результат вычисления $h_{\text{м.п.}}$ по формуле (Д.8) вносят в журнал, форма которого приводится в приложении Е.

5 Вычисление высоты исходной точки

5.1 Высоту исходной точки h_0 , мм, вычисляют по формуле:

$$h_0 = \frac{h'_0 + h''_0}{2}, \quad (\text{Д.9})$$

где h'_0, h''_0 - высоты исходной точки при первом и втором измерениях по 11.5, мм.

5.2 Результаты вычисления h_0 по формуле (Д.9) вносят в журнал, форма которого приведена в приложении Е.

6 Вычисление высоты и уровня расположения скоса

6.1 Высоту скоса h_c , мм, приведённую к температуре 20 °С, вычисляют по формуле:

$$h_c = \frac{h'_c + h''_c}{2} \cdot [1 + \alpha_{\text{ст}} \cdot (20 - t)], \quad (\text{Д.10})$$

где h'_c, h''_c - высоты скоса при первом и втором измерениях по 11.6.1, мм.

6.2 Уровень расположения скоса H_0 , мм, приведённый к температуре 20 °С, вычисляют по формуле:

$$H_c = \frac{H'_c + H''_c}{2} \cdot [1 + \alpha_{\text{ст}} \cdot (20 - t)], \quad (\text{Д.11})$$

где H'_c, H''_c - уровни расположения скоса при первом и втором измерениях по 11.6.2, мм.

6.3 Результаты вычислений h_c, H_0 по формулам (Д.10), (Д.11) вносят в журнал, форма которого приведена в приложении Е.

7 Вычисление базовой высоты танка

7.1 Базовую высоту танка H_6 , мм, вычисляют по формуле:

$$H_6 = \frac{H'_6 + H''_6}{2}, \quad (\text{Д.12})$$

где H'_6, H''_6 - базовые высоты танка при первом и втором измерениях по 11.7, мм.

7.2 Результат вычисления H_6 по формуле (Д.12) вносят в журнал, форма которого приведена в приложении Е.

8 Вычисление посантиметровой вместимости танка без скошенной части

8.1 Вычисление посантиметровой вместимости без скоса.

8.1.1 Посантиметровую вместимость танка, приведённую к температуре 20 °С, $V_i(H)$, м³, при изменении уровня от нуля до H вычисляют по формуле:

$$V_1(H) = \frac{\pi \cdot D^2}{4 \cdot 10^9} \cdot (L - l'_3) \cdot K_{\text{ц}} - \Delta V_{\text{вд}}, \quad (\text{Д.13})$$

где D - диаметр танка, вычисленный по формуле (Д.5), мм;

L - длина танка, вычисленная по формуле (Д.6), мм;

l'_3 - длина равновеликого цилиндра, объём которого равен суммарному объёму уголкового и полосоульбовых профилей в зависимости от их наличия, мм;

$K_{\text{ц}}$ - коэффициент наполнения танка при уровне H ;

$\Delta V_{\text{вд}}$ - объём внутренних деталей (таврового профиля, цилиндрической формы и прямка при его наличии), м^3 .

8.1.2 Длину равновеликого цилиндра l'_3 , мм, вычисляют по формуле:

$$l'_3 = \frac{4 \cdot S_3 \cdot \sum_{i=1}^m (h_3^{\text{в}} - h_3^{\text{н}})_i \cdot [1 + \alpha_{\text{ст}} \cdot (20 - t)]}{\pi \cdot D^2}, \quad (\text{Д.14})$$

где S_3 - площадь поперечного сечения профиля ($S_3^{\text{в}}$ или $S_3^{\text{н}}$), мм^2 ;

$(h_3^{\text{в}} - h_3^{\text{н}})_i$ - разность верхнего и нижнего положений j -го профиля, мм;

j - порядковый номер профиля;

m - число профилей, расположенных на переборках танка.

Площадь уголкового профиля (рисунок Г.7) $S_3^{\text{в}}$, мм^2 , вычисляют по формуле:

$$S_3^{\text{в}} = l_{\text{п}} \cdot \delta_{\text{п}} + (l_{\text{с}} - \delta_{\text{п}}) \cdot \delta_{\text{с}}, \quad (\text{Д.15})$$

Площадь полосоульбового профиля $S_3^{\text{н}}$ принимают по таблице А.9 приложения А

Результат вычисления $S_3^{\text{н}}$, вносят в журнал, форма которого приведена в приложении Е

8.1.3 Коэффициент наполнения танка $K_{\text{ц}}$, вычисляют по формуле:

$$K_{\text{ц}} = \frac{1}{\pi} \cdot (\Psi - \frac{1}{2} \cdot \sin 2\Psi), \quad (\text{Д.16})$$

где Ψ - параметр вычисленный по формуле:

$$\Psi = \arccos \left[1 - \frac{2 \cdot (H + h_0)}{D} \right], \quad (\text{Д.17})$$

H - уровень, отсчитываемый от исходной точки, мм;

D - диаметр танка, мм;

h_0 - высота исходной точки, мм.

8.1.4 При значениях уровня H в формуле (Д.17), равных:

- нулю определяют по формуле (Д.13) «неучтенного» объема жидкости V_0 , м^3 ;

- высоте «мёртвой» полости определяют по формуле (Д.13) вместимость «мёртвой» полости танка $V_{\text{м.п.}}$, м^3 .

8.2 Вычисление посантиметровой вместимости танка со скошенной частью

8.2.1 Посантиметровую вместимость танка $V_2(H)$, м^3 , приведённую к температуре 20°C , при изменении уровня от нуля до H вычисляют по формуле:

$$V_2(H) = \frac{\pi \cdot D^2}{4 \cdot 10^9} \left[(L - l''_3) \cdot K_{\text{ц}} - (K_{\text{ц}} - K_0) \cdot \frac{H - H_0}{D - H_0} \cdot \frac{l_0}{2} \right] - \Delta V_{\text{вд}}, \quad (\text{Д.18})$$

где l''_3 - длина равновеликого цилиндра, объём которого равен суммарному объёму уголкового и полосоульбовых профилей в зависимости от их наличия, мм;

$K_{\text{ц}}$, K_0 - коэффициенты наполнения танка при уровнях соответственно H и H_0 ;

H_0 - уровень расположения скоса (рисунок Г.1), вычисленный по формуле (Д.11), мм;

l_0 - длина скошенной части танка (рисунок Г.1)

8.2.2 Длину равновеликого цилиндра l_3'' , мм, вычисляют по формуле:

$$l_3'' = \frac{4 \cdot S_3 \cdot \sum_{j=1}^m (h_3^B - h_3^H)_j \cdot [1 + \alpha_{ст} \cdot (20 - t)]}{\pi \cdot D^2 \cdot K_0}, \quad (Д.19)$$

где S_3 - площадь поперечного сечения профиля (S_3^y или S_3^6), мм²;

$(h_3^B - h_3^H)_j$ - разность верхнего и нижнего положений j -го профиля, мм;

D - диаметр танка;

K_0 - коэффициент наполнения танка при уровне H_0 ;

j - порядковый номер профиля;

m - число профилей, расположенных на носовой и кормовой переборках.

Площади уголкового (S_3^y) и полособульбового профиля S_3 определяют по 8.1.2.

8.2.3 Коэффициенты наполнения танка $K_{ц}$, K_0 определяют по формуле (Д.16).

Коэффициент K_0 определяют по формуле (Д.16) при значении уровня H_0 .

8.2.4 Длину скошенной части танка l_0 , мм, вычисляют по формуле:

$$l_0 = \sqrt{h_c^2 - (D - H_0)^2}, \quad (Д.20)$$

где h_c - высота скоса, вычисляемая по формуле (Д.10), мм;

H_0 - уровень расположения скоса, вычисленный по формуле (Д.11), мм.

9 Вычисление объема внутренних деталей

9.1 К внутренним деталям относят:

а) элементы силового набора:

- таврового профиля (рисунок Г.6), расположенного на переборке горизонтально (рисунок Г.10) или вертикально (рисунок Г.11) и наклонно (рисунок Г.12);

- уголкового (рисунок Г.7) и полособульбового профилей, расположенных в вертикальном направлении (рисунок Г.13);

б) прямом (рисунок Г.9).

Посантиметровую вместимость танка по формулам (Д.13), (Д.18) вычисляют до предельного уровня $H_{пр}$, значения которого принимают равным, значению верхней границы измерительной втулки h_B^B .

9.2 Объемы уголкового и полособульбового профилей учтены в формулах (Д.13), (Д.18).

9.3 Объем внутренних деталей (таврового профиля) $\Delta V_{вд}^T$, м³, при изменении уровня от нижнего h_3^H до верхнего h_3^B положений j -го таврового профиля:

- при вертикальном расположении профиля $(\Delta V_{вд}^T)_j$, м³ (рисунок Г.11), вычисляют по формуле:

$$(\Delta V_{вд}^T)_j = S_3^T \cdot (H - h_{3j}^H) \cdot 10^{-9}, \quad (Д.21)$$

где S_3^T - площадь поперечного сечения таврового профиля, мм²;

H - уровень, отсчитываемый от исходной точки, мм;

h_{3j}^H - нижнее положение j -го профиля, мм;

- при горизонтальном и наклонном расположении профиля $(\Delta V_{вд}^T)_j$, м³ (рисунок Г.10 и рисунок Г.12) вычисляют по формуле:

$$(\Delta V_{вд}^T)_j = \frac{S_3^T \cdot L_{3j}}{10^9} \cdot \frac{(H - h_{3j}^H)}{(h_{3j}^B - h_{3j}^H)}, \quad (Д.22)$$

где L_{3j} - длина j -го профиля, мм;

h_{3j}^B, h_{3j}^H - нижнее и верхнее положения j -го профиля, мм.

Площадь S_3^T , мм², вычисляют по формуле:

$$S_3^T = [b_{\Pi} - (b'_{\Pi} + b''_{\Pi})] \cdot h_T + b_{\Pi} \delta_{\Pi}, \quad (\text{Д.23})$$

Результат вычисления S_3^T вносят в журнал, форма которого приведена в приложении Е.
 9.4 Объем внутренней детали (штулки измерительной) $\Delta V_{ВД}^T$, м³, вычисляют по формуле:

$$\Delta V_{ВД}^T = \pi \cdot d_B \cdot \delta_B \cdot (H - h_B^H) \cdot 10^{-9}, \quad (\text{Д.24})$$

где d_B , δ_B - диаметр и толщина стенки штулки измерительной, мм;
 h_B^H - нижнее положение штулки измерительной, мм.

9.5 Объем внутренней детали (грузового трубопровода) $\Delta V_{ВД}^Г$, м³, вычисляют по формуле

$$(\Delta V_{ВД}^Г)_j = \frac{\pi \cdot d_{Г}^2}{4} \cdot (H - h_{Г}^H) \cdot 10^{-9}, \quad (\text{Д.25})$$

где $d_{Г}$ - диаметр грузового трубопровода, мм;
 $h_{Г}^H$ - нижнее положение грузового трубопровода, мм.

Если нижний торец трубы находится ниже исходной точки, то объем грузового трубопровода вычисляют по формуле:

$$(\Delta V_{ВД}^Г)_2 = \frac{\pi \cdot d_{Г}^2}{4} \cdot (h_0 + H) \cdot 10^{-9}, \quad (\text{Д.26})$$

где h_0 - высота исходной точки, мм.

9.6 Объем внутренней детали (прямка) $\Delta V_{ВД}^H$, м³ (рисунок Г.9), вычисляют по формуле:

$$\Delta V_{ВД}^H = S_{Я} \cdot h_{Я} \cdot 10^{-9}, \quad (\text{Д.27})$$

где $S_{Я}$ - площадь поперечного сечения прямка, мм²;
 $h_{Я}$ - высота прямка, мм.

10 Вычисление погрешности определения вместимости танка

10.1 Относительную погрешность определения вместимости танка δ_v , %, при уровне H вычисляют по формуле:

$$\delta_v = \pm 1,1 \sqrt{\left\{ 2 + \frac{2\sqrt{x}}{(2\Psi - \sin 2\Psi)} \cdot \left[\frac{2x^2 - 4x + 1}{\sqrt{2-x}} - \frac{1}{\sqrt{1-x}} \right] \right\}^2 \cdot \delta_D^2 + \delta_L^2 + \delta_t^2}, \quad (\text{Д.28})$$

где x : - безразмерный параметр, зависящий от уровня наполнения танка, вычисляемый по формуле:

$$x = \frac{H}{D}, \quad (\text{Д.29})$$

где H - уровень наполнения, мм;

D - диаметр танка, вычисляемый по формуле (Д.6), мм;

δ_v - пределы относительной погрешности измерений диаметра танка, %, вычисляемые по формуле:

$$\delta_D = \pm \frac{\sqrt{\Delta D_1^2 + \Delta D_2^2 + \Delta D_3^2 + \dots + \Delta D_n^2}}{D} \cdot 100, \quad (\text{Д.30})$$

где $\Delta D_1^2 + \Delta D_2^2 + \Delta D_3^2 + \dots + \Delta D_n^2$ - абсолютные погрешности измерений диаметров поясов, предельные значения которых в зависимости от типа наливного судна приведены в таблице 1, мм;

δ_l - пределы относительной погрешности измерений длины танка, %, вычисляемые по формуле:

$$\delta_L = \pm \frac{\Delta L}{L} \cdot 100, \quad (\text{Д.31})$$

где ΔL - абсолютная погрешность измерений длины танка, предельные значения которой приведены в таблице 1, мм;

L - длина танка, вычисляемая по формуле (Д.7), мм;

δ_t - пределы относительной погрешности измерений температуры окружающего воздуха, %, вычисляемые по формуле:

$$\delta_t = \pm \alpha_{\text{ст}} \cdot \Delta t \cdot 100, \quad (\text{Д.32})$$

где $\alpha_{\text{ст}}$ - коэффициент линейного расширения материала стенки танка, $1/^\circ\text{C}$. При отсутствии точных данных значение его принимают равным $11,3 \cdot 10^{-6} \text{ } 1/^\circ\text{C}$;

Δt - абсолютная погрешность измерений температуры воздуха, $^\circ\text{C}$. В соответствии с таблицей 1 её предельное значение принято равным $1 \text{ } ^\circ\text{C}$;

Ψ - величина, вычисляемая по формуле (Д.17).

10.2 Относительную погрешность определения вместимости танка вычисляют по формуле (Д.27) значение указывают в градуировочной таблице.

ПРИЛОЖЕНИЕ Е
Форма журнала обработки результатов измерений
ЖУРНАЛ
обработки результатов измерений
(геометрический метод)

1 Вычисление диаметра танка:

$$D = \dots \text{ мм.}$$

2 Вычисление длины танка :

$$L = \dots \text{ мм.}$$

3 Вычисление высоты «мертвой» полости

$$h_{\text{мп}} = \dots \text{ мм.}$$

4 Вычисление высоты исходной точки

$$h_0 = \dots \text{ мм.}$$

5 Вычисление высоты скоса

$$h_c = \dots \text{ мм.}$$

6 Вычисление уровня расположения скоса

$$H_0 = \dots \text{ мм.}$$

7 Вычисление базовой высоты

$$H_6 = \dots \text{ мм.}$$

8 Вычисление площади сечения уголкового профиля

$$S_3^y = \dots \text{ мм}^2.$$

9 Вычисление площади сечения таврового профиля

$$S_3^T = \dots \text{ мм}^2.$$

10 Вычисление площади сечения полосульбового профиля

$$S_3^6 = \dots \text{ мм}^2.$$

Вычисление провел

подпись

инициалы, фамилия

« _____ » _____ г.

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 _____ м³ 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 δ_b , %, вычисляют по формуле
$$\delta_b = \frac{(H_b)_k - (H_b)_n}{(H_b)_n} \cdot 100$$
, 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 Leica 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