

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»



А. С. Тайбинский

«18» апреля 2022 г.

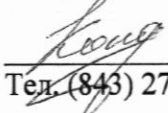
Государственная система обеспечения единства измерений

ТАНКИ НАЛИВНЫХ СУДОВ ПЗС-50

Методика поверки

МП 1421-7-2022

Начальник научно-
исследовательского отдела

 Кондаков А.В.
Тел. (843) 272-62-75; 272-54-55

г. Казань
2022 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	6
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 Подтверждение соответствия танка метрологическим требованиям	10
12 Оформление результатов поверки	10
Приложение А.....	11
Приложение Б.....	11
Приложение В.....	12
Приложение Г	12
Приложение Д.....	15
БИБЛИОГРАФИЯ.....	22

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Настоящая методика поверки применяется для поверки танков наливных судов ПЗС-50 с регистрационными номерами 236059, 236035, 236019, 236108, 236109 (далее - танк), предназначенные для измерений объема, а также приема, хранения и отпуска нефтепродуктов.

В данной методике реализован геометрический метод поверки танка, заключающийся в определении пространственного положения точек окружающих объектов и в дальнейшем построении трёхмерной модели сканируемых окружающих объектов в виде облака точек.

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 В часть 3), утвержденной Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 7 февраля 2018 года № 256.

2 НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

В настоящей методике поверки использованы ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 12.0.004-2015	Система стандартов безопасности труда. Организация обучения безопасности труда. Общие положения
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 12.4.310-2016	Система стандартов безопасности труда. Одежда специальная для защиты работающих от воздействия нефти, нефтепродуктов. Технические требования
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 1.

Т а б л и ц а 1

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
Измерение базовой высоты танка	Да	Да	10.1
Сканирование внутренней полости танка	Да	Да	10.2
Подтверждение соответствия танка метрологическим требованиям	Да	Да	11

4 ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

При проведении поверки соблюдают следующие условия.

4.1 Температура окружающего воздуха:.....от +0 °С до +40 °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.

4.5 Предельно допустимая концентрация (ПДК) вредных паров и газов в воздухе, измеренная газоанализатором вблизи или внутри танка на высоте 1200 мм, не должна превышать ПДК, определенной по ГОСТ 12.1.005 и соответствовать санитарным правилам СанПиН 1.2.3685-21.

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.

5.2 К проведению работ допускаются лица, изучившие настоящую методику, техническую документацию на танк и его конструкцию и прошедших инструктаж по безопасности труда в соответствии с ГОСТ 12.0.004.

6 МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СРЕДСТВАМ ПОВЕРКИ

Применяемые при поверке средства измерений должны быть поверены и обеспечивать пределы допускаемой погрешности измерений параметров танка, приведенные в таблице 2.

Таблица 2

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

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

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

Таблица 3

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам 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, рег. № 53505-13; Канал измерений абсолютного давления, прибора комбинированного Testo 622, рег. № 53505-13; Термометр инфракрасный Testo 830-T2, рег. № 48507-11.
Раздел 10 Определение метрологических характеристик 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	Сканер лазерный Leica RTC360, рег. № 74358-19; Рулетка измерительная металлическая 2 класса точности Р30Н2Г, рег. № 55464-13.

	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.
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 в соответствии с ГОСТ 12.0.004.

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, измеренная газоанализатором 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, спецобувь 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 трапов, леерных ограждений.

8 ВНЕШНИЙ ОСМОТР

8.1 При внешнем осмотре танка проверяют:

- соответствие конструкции и внутренних деталей танка технической документации;
- чистоту внутренней поверхности танков.

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 Б.2 (приложение Б).

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 (приложение А, рисунок А.1).

10.1.2 Результаты измерений базовой высоты H_6 вносят в протокол, форма которого приведена в приложении Б (таблица Б.2).

10.1.3 Базовую высоту измеряют ежегодно. Ежегодные измерения базовой высоты танка проводит комиссия, назначенная приказом руководителя предприятия - владельца танка, в состав которой должен быть включен специалист, прошедший курсы повышения квалификации по поверке и калибровке танка.

При ежегодных измерениях базовой высоты танка, танк может быть наполнен до произвольного уровня.

Результат измерений базовой высоты танка не должен отличаться от ее значения, указанного в протоколе поверки танка, более чем на 0,1 %.

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

10.1.4 При изменении базовой высоты по сравнению с ее значением, установленным при поверке танка, более чем на 0,1 % устанавливают причину и устраняют ее. При отсутствии возможности устранения причины проводят внеочередную поверку танка.

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 Д.

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 (уровня, соответствующего высоте «мертвой» полости $H_{\text{мп}}$) и до предельного уровня $H_{\text{пр}}$, равного суммарной высоте поясов танка.

10.3.3 К значениям посантиметровой вместимости вносят поправку на температурное расширение стенки танка в зависимости от температуры приведения (20 °С или 15 °С) с учетом формул (Д.1) или (Д.2), 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 $Z_{p/2} = 2$;

$S(V)$ — суммарное среднее квадратичное отклонение (далее – СКО) измерений объёма (вместимости), м³, 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 Leica CloudWorx 3DReshaper;

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

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

H_i — шаг градуировки

10.3.4.2 Доверительная граница неисключённой 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 i -том уровне, м^2 ;

α — коэффициента теплового расширения материала стенок танка, $^{\circ}\text{C}^{-1}$;

Δt — пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений температуры, значение берется из свидетельства о поверке средства измерений температуры (термометра, пирометра), $^{\circ}\text{C}$;

V_i — значение объема жидкости на вычисляемом уровне, м^3 .

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), м^3 , которые определяют по формуле (4):

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

где

$\varepsilon(P)$ — доверительные границы случайной погрешности результата измерений объема (вместимости), м^3 , 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), м^3 , которые определяют по формуле (5):

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

где

$\theta(P)$ — доверительные границы НСП результата измерений объема (вместимости), м^3 , 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, м^3 , 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), м^3 ;

$\theta(P)$ — доверительная граница НСП результата измерений объема (вместимости), м^3 .

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, м^3 , вычисленной по формуле (4), либо (5), либо (6).

V_i — значение объёма жидкости на вычисляемом уровне, м³.

11 ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ ТАНКА МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ

Обработку результатов измерений проводят с помощью программного обеспечения Leica CloudWorx 3DReshaper или аналогичного программного обеспечения.

Танк соответствует метрологическим требованиям, если значения относительной погрешности вместимости танка, определенные по п. 10 настоящей Методики, не превышают значения предела допускаемой относительной погрешности вместимости танка, указанного в описании типа.

12 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

12.1 Сведения о результатах поверки средств измерений в целях подтверждения поверки передаются в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений. По заявлению владельца танков или лица, представившего их на поверку, аккредитованное на поверку лицо, проводившее поверку, в случае положительных результатов поверки выдает свидетельства о поверке.

При отрицательных результатах поверки оформляют извещение о непригодности

12.2 К свидетельству о поверке прикладывают:

- а) градуировочную таблицу;
- б) протокол измерений.

Форма протокола измерений приведена в приложении А.

12.3 Форма титульного листа градуировочной таблицы и форма градуировочной таблицы приведены в приложении Г.

12.4 Протокол измерений подписывает поверитель.

12.5 Титульный лист и последнюю страницу градуировочной таблицы подписывает поверитель.

12.6 Знак поверки наносится в свидетельство о поверке.

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

Приложение А
(рекомендуемое)

ПРОТОКОЛ
измерений параметров танка ПЗС-50

Т а б л и ц а 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	Номер

Т а б л и ц а А.2 – Измерения перед сканированием

Температура воздуха t , °С	Температура стенки $t_{ст}$, °С	Плотность хранимой жидкости $\rho_{ж.х}$, кг/м ³	Базовая высота $H_б$, мм

Т а б л и ц а А.3 – Измерения при сканировании

Количество сканов снаружи, шт	Количество сканов изнутри, шт	Высота мертвой полости $h_{м.п}$, мм	Вместимость мертвой полости $V_{м.п}$, м ³

Должность Личная подпись Инициалы, фамилия

Приложение Б
(рекомендуемое)

Форма титульного листа градуировочной таблицы и форма градуировочной таблицы

Б.1 Форма титульного листа градуировочной таблицы

УТВЕРЖДАЮ

« ____ » _____ 20_ г.

Градуировочная таблица

танк наливного судна ПЗС-50

Определение вместимости электронно-оптическим методом
ПЗС-50 регистровый № ____ танк № _____

Организация _____

Данные приведены к температуре +20 °C

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

Срок очередной поверки _____

Поверитель

подпись

должность, инициалы, фамилия

Б.2 Форма градуировочной таблицы танка

Организация _____

Регистровый № _____ Танк № _____

Б.2.1 Форма градуировочной таблицы танка

Т а б л и ц а Б.1 – Посантиметровая вместимость танка

Уровень наполнения, см	Дифферент на нос 0,1				
	Крен на левый борт		0	Крен на правый борт	
	0,1	0,05		0,05	0,1
$H_{мп}$					
$H_{мп} + 1$					
$H_{мп} + 2$					
...					
$H_{i.}$					

Уровень наполнения, см	Дифферент 0				
	Крен на левый борт		0	Крен на правый борт	
	0,1	0,05		0,05	0,1
$H_{мп}$					
$H_{мп} + 1$					
$H_{мп} + 2$					
...					
$H_{i.}$					
$H_{мп}$					

Уровень наполнения, см	Дифферент на корму 0,1				
	Крен на левый борт		0	Крен на правый борт	
	0,1	0,05		0,05	0,1
$H_{мп}$					
$H_{мп} + 1$					
$H_{мп} + 2$					
...					
$H_{i.}$					

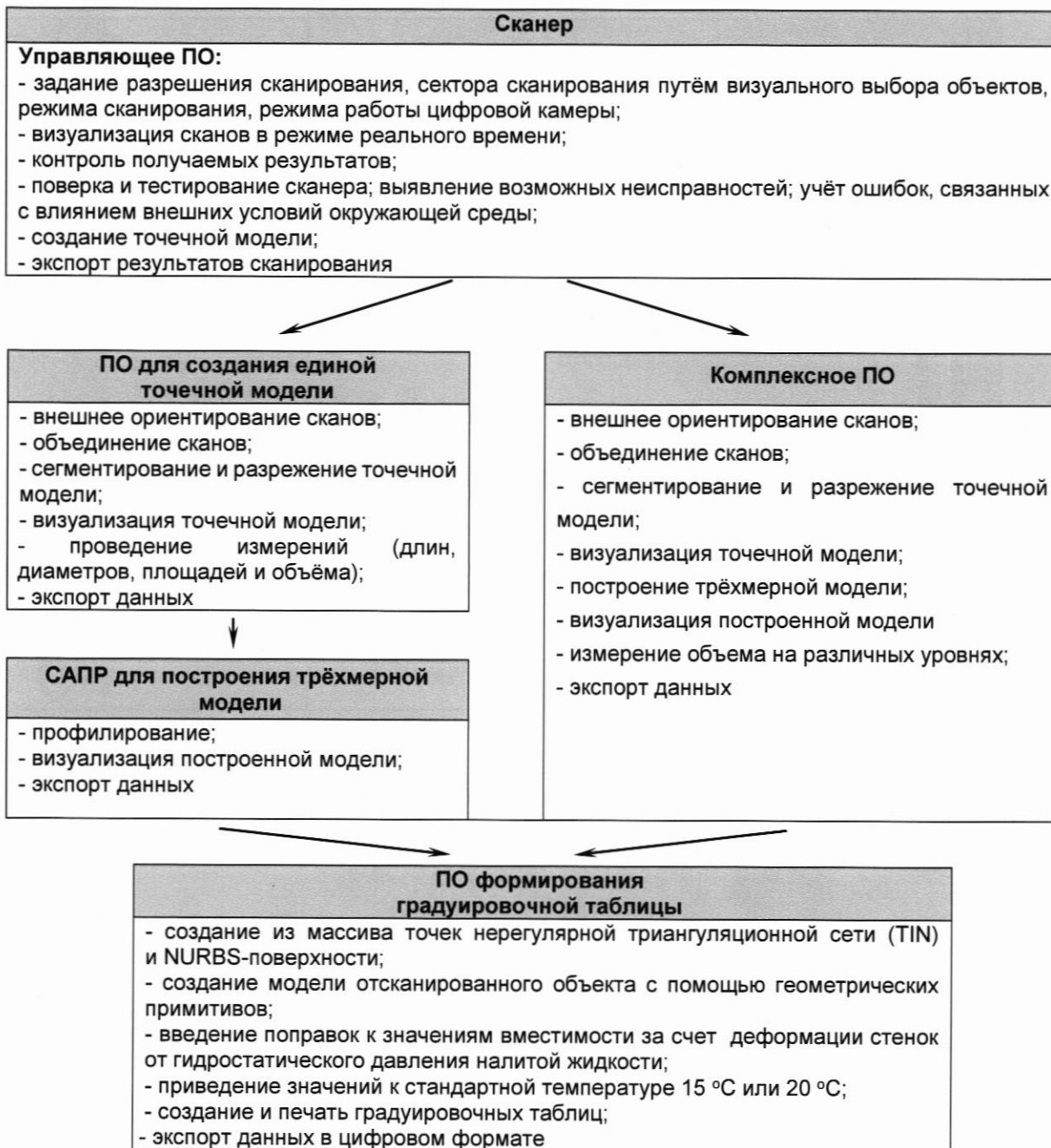
Уровень наполнения, см	Дифферент на корму 0,2				
	Крен на левый борт		0	Крен на правый борт	
	0,1	0,05		0,05	0,1
$H_{мп}$					
$H_{мп} + 1$					
$H_{мп} + 2$					
...					
$H_{i.}$					

Уровень наполнения, см	Дифферент на корму 0,3				
	Крен на левый борт		0	Крен на правый борт	
	0,1	0,05		0,05	0,1
$H_{мп}$					
$H_{мп} + 1$					
$H_{мп} + 2$					
...					
$H_{i.}$					

Поверитель _____ должность, инициалы, фамилия

Приложение В
(обязательное)

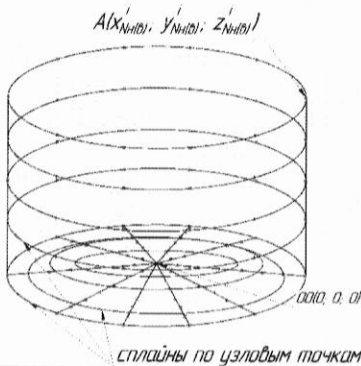
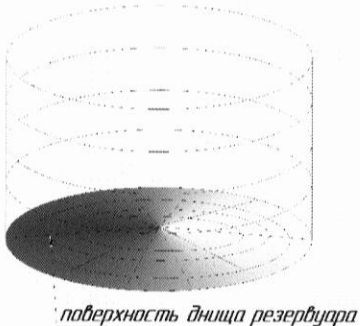
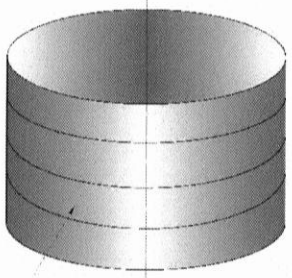
**Алгоритм обработки результатов измерений при применении сканера
и функциональные требования к программному обеспечению (ПО)**



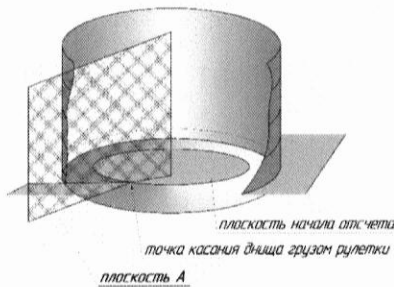
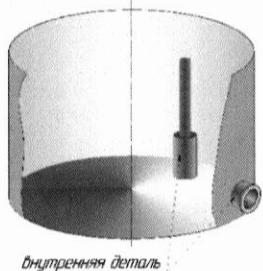
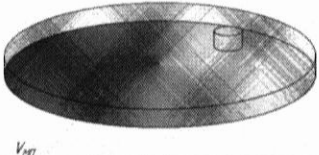
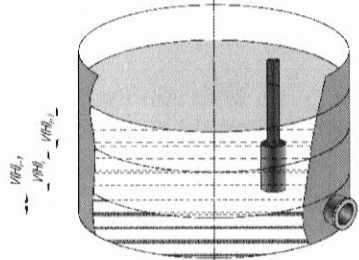
Т а б л и ц а В.1

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 (TIN) и NURBS-поверхности	САПР/3D эскиз/узловые точки или ПО формирования градуировочной таблицы	

продолжение таблицы В.1

Этап 4 Построение сплайнов по узловым точкам	САПР/3D эскиз/узловые точки или ПО формирования градуировочной таблицы	 сплайны по узловым точкам
Этап 5 Формирование поверхности днища	САПР/3D эскиз/сплайны на днище или ПО формирования градуировочной таблицы	 поверхность днища резервуара
Этап 6 Формирование поверхности стенки танка по поясам	САПР/3D эскиз/сплайны на поясах танка или ПО формирования градуировочной таблицы	 поверхность стенки резервуара

продолжение таблицы В.1

Этап 7 Формирование плоскости А и плоскости начала отсчета	САПР/3D модель или ПО формирования градуировочной таблицы	
Этап 8 Моделирование внутренних деталей	САПР/3D модель/параметры внутренних деталей или ПО формирования градуировочной таблицы	
Этап 9 Измерение объема «мертвой» полости	САПР/3D модель/сечение плоскостью на уровне высоты «мертвой» полости параллельной плоскости начала отсчета	
Этап 10 Измерения посантиметровой вместимости танка	ПО формирования градуировочной таблицы	

окончание таблицы В.1

Этап 11 Внесение поправки от деформации стенок к вместимости при стандартной температуре	Формула (Д. 1) или ПО формирования градуировочной таблицы	Значение поправки от деформации стенок к вместимости при стандартной температуре
Этап 12 Приведение посантиметровой вместимости к стандартной температуре 15 °С или 20 °С	Формулы (Д. 8) или (Д. 9) соответственно, или ПО формирования градуировочной таблицы	Приведенное значение посантиметровой вместимости к стандартной температуре 15 °С или 20 °С
Этап 13 Формирование градуировочной таблицы и протокола измерений	ПО формирования градуировочной таблицы	Оформленная градуировочная таблица с протоколом измерений

В.1 Вычисление поправки к вместимости за счет гидростатического давления

Поправку к посантиметровой вместимости танка, приходящуюся на 1 см, при наполнении вычисляют по формуле:

$$\Delta W_1 = A_1 \cdot 0,8 \cdot \frac{(h_1)^2}{2 \cdot \delta_1}, \quad (\text{В. 1})$$

Где

h_1 - высота танка, в мм.

δ_1 - толщина стенки танка, в мм

$$A_1 = \frac{\pi \cdot g \cdot \rho_{\text{х.ж.}} \cdot D^3}{4 \cdot 10^{12} \cdot E}, \quad (\text{В. 2})$$

Где

π - число, принимаемое равным 3,14159;

g - ускорение свободного падения, м/с², принимаемое равным 9,8066 м/с²;

$\rho_{\text{х.ж.}}$ - плотность хранимой жидкости, кг/м³;

D - диаметр первого пояса танка на высоте 1000 мм, мм;

E - модуль упругости материала стенок танка, принимаемый равным для стали $E = 2,1 \cdot 10^{11} \text{ Па}$

Таким образом, гидростатическая поправка к значениям уровня вместимости для первого пояса вычисляют по формуле:

$$V_{\Gamma 1 \text{ пояса}} = V_{\text{изм}} + (\Delta W_1 \cdot \frac{H_i}{h_1}), \quad (\text{В. 3})$$

V_{Γ} - Значение объема с учетом гидростатической поправки;

$V_{\text{изм}}$ - Значение объема посчитанного стандартной командой Liquid (фактическое значение объема Mesh-модели)

H_i - Текущее значение уровня наполнения в пределах 1 пояса при соответствующем значении $V_{\text{изм}}$, см.

h_1 - высота первого пояса, см.

Поправка к посантиметровой вместимости танка, приходящуюся на 1 см, при наполнении второго пояса, вычисляется по формуле:

$$\Delta W_2 = A_1 \cdot \left(0,8 \cdot \frac{h_1}{\delta_1} + \frac{h_2}{2 \cdot \delta_2} \right) \cdot h_2, \quad (\text{В. 4})$$

Где

h_1, h_2 - высоты первого и второго пояса соответственно, в мм.

δ_1, δ_2 - толщины первого и второго пояса соответственно, в мм

Таким образом, гидростатическая поправка к значениям уровня вместимости для второго пояса вычисляется по формуле:

$$V_{\Gamma 2 \text{ пояса}} = V_{\text{изм}} + \Delta W_1 + \Delta W_2 \cdot \frac{H_i}{h_2}, \quad (\text{В. 5})$$

V_{Γ} - Значение объема с учетом гидростатической поправки;

$V_{\text{изм}}$ - Значение объема посчитанного стандартной командой Liquid (фактическое значение объема Mesh-модели)

H_i - Текущее значение уровня наполнения в пределах 2 пояса при соответствующем значении $V_{\text{изм}}$, см. (Значение $H_i = 0$ соответствует началу отсчета высоты второго пояса)

h_2 - высота второго пояса, см.

Поправку к посантиметровой вместимости танка, приходящуюся на 1 см, при наполнении i -го пояса, вычисляют по формуле:

$$\Delta W_i = A_1 \cdot \left(0,8 \cdot \frac{h_1}{\delta_1} + \frac{h_2}{\delta_2} + \dots + \frac{h_i}{2 \cdot \delta_i} \right) \cdot h_i, \quad (\text{В. 6})$$

Где

$h_1, h_2 \dots h_i$ - высоты первого, второго и i -го пояса соответственно, в мм.

$\delta_1, \delta_2 \dots \delta_i$ - толшины первого, второго и i -го пояса соответственно, в мм

Таким образом, гидростатическая поправка к значениям уровня вместимости для i -го пояса вычисляется по формуле:

$$V_{\text{Гипояса}} = V_{\text{изм}} + (\Delta W_1 + \Delta W_2 + \dots + \Delta W_{i-1}) + \Delta W_i \cdot \frac{H_i}{h_i}, \quad (\text{В. 7})$$

$V_{\text{Г}}$ - Значение объема с учетом гидростатической поправки;

$V_{\text{изм}}$ - Значение объема посчитанного стандартной командой Liquid (фактическое значение объема Mesh-модели)

H_i - Текущее значение уровня наполнения в пределах i -го пояса при соответствующем значении $V_{\text{изм}}$, см. (Значение $H_i = 0$ соответствует началу отсчета высоты i -го пояса)

h_i - высота i -го пояса, см.

В.2 Вычисление вместимости танка

В.3.1 Вместимость танка $V(H)$, приведенную:

- к стандартной температуре 15 °С вычисляют по формуле

$$V(H)' = V_t [1 + 2\alpha_{\text{ст}} (15 - t_{\text{ст}})]; \quad (\text{В. 8})$$

- к стандартной температуре 20 °С вычисляют по формуле

$$V(H)'' = V_t [1 + 2\alpha_{\text{ст}} (20 - t_{\text{ст}})], \quad (\text{В. 9})$$

где $t_{\text{ст}}$ – температура стенки танка, принимаемая по таблице А.2 (графа 2);

$\alpha_{\text{ст}}$ – коэффициент линейного расширения материала стенки танка, для стали принимают значение: $12,5 \cdot 10^{-6} \text{ 1/}^\circ\text{C}$.

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