



ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР ПРИКЛАДНОЙ МЕТРОЛОГИИ – РОСТЕСТ»
(ФБУ «НИЦ ПМ – РОСТЕСТ»)**

СОГЛАСОВАНО

Заместитель генерального директора

А.Д. Меньшиков



» 01 2026 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

РЕЗЕРВУАР ВЕРТИКАЛЬНЫЙ СТАЛЬНОЙ ЦИЛИНДРИЧЕСКИЙ РВС-5000

Методика поверки

РТ-МП-1311-01-2025

г. Москва

2025 г.

1. Общие положения

1.1. Настоящая методика поверки распространяется на резервуар вертикальный стальной цилиндрический РВС-5000 (далее – резервуар) и устанавливает порядок проведения его первичной и периодической поверки методом сканирования внутренней или внешней поверхности с применением лазерной координатно-сканирующей системы (далее - сканера).

1.2. При определении метрологических характеристик в рамках проводимой поверки обеспечивается передача единицы объема жидкости в соответствии с частью 3 государственной поверочной схемы, утвержденной приказом Росстандарта от 26 сентября 2022 г. № 2356, подтверждающей прослеживаемость к Государственному первичному эталону ГЭТ 199-2018 и к Государственному первичному эталону единицы длины-метра ГЭТ 2-2021.

1.3. При определении метрологических характеристик поверяемого резервуара используется метод косвенных измерений.

2. Перечень операций поверки средства измерений

При проведении первичной и периодической поверки выполняют операции, указанные в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень операций поверки

Наименование операции	Обязательность выполнения операций поверки при		Номер пункта МП
	первичной поверке	периодической поверке	
1. Внешний осмотр средства измерений	Да	Да	7
2. Контроль условий поверки (при подготовке к поверке и опробовании средства измерений)	Да	Да	8.5
3. Опробование (при подготовке к поверке и опробовании средства измерений)	Да	Да	8.6
4. Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	Да	Да	9

3. Требования к условиям проведения поверки

3.1 При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия влияющих факторов:

- температура окружающего воздуха от плюс 5 °С до плюс 35 °С;
- относительная влажность не более 90 %;
- атмосферное давление от 84,0 до 106,7 кПа;
- состояние погоды - без осадков;
- скорость ветра не более 10 м/с;
- освещенность внутренней полости резервуара не менее 200 лк;
- резервуар должен быть освобожден от хранящегося в нем нефтепродукта;
- внутренняя поверхность резервуара должна быть очищена до состояния, позволяющего проводить измерения.

4. Требования к специалистам, осуществляющим поверку

4.1. Измерения проводит группа лиц не менее двух человек.

4.2. К проведению поверки допускаются лица имеющие опыт работы в области измерений параметров потока, расхода, уровня и объема веществ, изучившие настоящую методику поверки, эксплуатационную документацию на резервуар и средства поверки, прошедшие инструктаж по охране труда и противопожарной безопасности.

5. Метрологические и технические требования к средствам поверки

5.1. При проведении поверки используют средства поверки, указанные в таблицах 2 и 3.

Таблица 2 – Основные средства поверки

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
п. 8.5 Контроль условий поверки (при подготовке к поверке и опробовании средства измерений)	Средство измерений температуры окружающего воздуха в диапазоне измерений от минус 10 °С до 40 °С, с абсолютной погрешностью измерений $\pm 1,0$ °С	Приборы комбинированные Testo 608-N1, Testo 608-N2, Testo 610, Testo 622, Testo 623, модификации Testo 622, пер. № 53505-13
	Средство измерений относительной влажности окружающего воздуха, с диапазоном измерений до 95 %, с абсолютной погрешностью измерений ± 3 %	Приборы комбинированные Testo 608-N1, Testo 608-N2, Testo 610, Testo 622, Testo 623, модификации Testo 622, пер. № 53505-13
	Средство измерений атмосферного давления с диапазоном измерений от 80 до 110 кПа, с абсолютной погрешностью измерений $\pm 0,5$ кПа	Приборы комбинированные Testo 608-N1, Testo 608-N2, Testo 610, Testo 622, Testo 623, модификации Testo 622, пер. № 53505-13
	Средство измерений скорости ветра с диапазоне измерений до 20 м/с, с абсолютной погрешностью измерений $\pm(0,1 + 0,05 \cdot V)$ м/с, где (V – измеряемая скорость ветра)	Измерители комбинированные Testo 405, Testo 416, Testo 417, Testo 425, модификации Testo-425, пер.№ 17273-11
	Средство измерений освещенности с диапазоном измерений свыше 190 лк, с допускаемой суммарной относительной погрешностью ± 8 %	Люксметры Testo 540 и Testo 545, модификации Testo 545, пер.№. 47989-11.
	Средство измерений массовой концентрации углеводородов нефти в диапазоне измерений от 50 мг/м ³ до 2000 мг/м ³ , с пределами допускаемой относительной погрешности ± 25 %	Анализатор-течеискатель АНТ-3М, пер. № 39982-14

п. 9 Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	Рабочий эталон или рабочее средство измерений в соответствии с Государственной поверочной схемой для координатно-временных средств измерений, утвержденной приказом Росстандарта от 07.06.2024 № 1374, применяемое в качестве заимствованного эталона 3-й части Государственной поверочной схемы для средств измерений массы и объема жидкости в потоке, объема жидкости и вместимости при статических измерениях, массового и объемного расходов жидкости, утвержденной приказом Росстандарта от 26 сентября 2022 г. №2356	Сканер лазерный серии Imager 5010, рег. № 67609-17
	Рабочий эталон или средство измерений длины в соответствии с Государственной поверочной схемой для средств измерений длины, утвержденной приказом Росстандарта от 29.12.2018 № 2840, применяемое в качестве заимствованного эталона 3-й части Государственной поверочной схемы для средств измерений массы и объема жидкости в потоке, объема жидкости и вместимости при статических измерениях, массового и объемного расходов жидкости, утвержденной приказом Росстандарта от 26 сентября 2022 г. №2356	Рулетка измерительная металлическая РНГ, рег. №60606-15
	Средство измерений температуры неконтактным методом (термометр инфракрасный или пирометр) с диапазоном измерений температуры от минус 10 °С до плюс 65 °С, с пределами допускаемой абсолютной погрешности ± 2 °С	Термометры инфракрасные Testo 805, Testo 826-T1, Testo 826-T2, Testo 826-T3, Testo 826-T4, Testo 830-T1, Testo 830-T2, модификации Testo 830-T1, рег. № 48507-11
	Толщиномер ультразвуковой с диапазоном измерений от 0,6 до 30 мм и пределами допускаемой абсолютной погрешности $\pm 0,1$ мм	Толщиномеры ультразвуковые УТ-111, рег. 66712-17
	Средство измерений плотности (ареометры) по ГОСТ 18481-81, с диапазоном измерений от 740 до 830 кг/м ³ и ценой деления шкалы 0,5 кг/м ³	Ареометры для нефти АН, рег. № 9292-07
Примечание – Допускается использовать при поверке другие утвержденные и аттестованные эталоны единиц величин, поверенные средства измерений утвержденного типа, удовлетворяющие метрологическим требованиям, указанным в таблице.		

Таблица 3 – Вспомогательные средства поверки

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Наименование
п. 9 Определение метрологических характеристик	Сферические марки (не менее 3 шт.), входящие в комплект сканера. Сервисное программное обеспечение (ПО) сканера. Программный комплекс Расходомер ИСО с модулем «Градуировочные таблицы резервуаров и танков». Переносной компьютер. Чертилка, маркер, мел. Переносные светильники (прожекторы) во взрывозащищенном исполнении

6. Требования по обеспечению безопасности проведения поверки

6.1. Допуск к производству работ осуществляется по наряду-допуску организации - владельца резервуара.

6.2. При проведении поверки необходимо соблюдать:

- общие правила техники безопасности в соответствии с требованиями ГОСТ 12.2.003-91 «ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности»;
- требования действующих инструкций по охране труда и пожарной безопасности;
- указания по технике безопасности, приведённые в эксплуатационной документации на средства поверки.

6.3. Лица, выполняющие измерения при поверке резервуара, должны использовать спецобувь по ГОСТ 12.4.137-2001 «Обувь специальная с верхом из кожи для защиты от нефти, нефтепродуктов, кислот, щелочей, нетоксичной и взрывоопасной пыли. Технические условия», строительную каску по ГОСТ 12.4.087-84 «ССБТ. Строительство. Каски строительные. Технические условия» и спецодежду: женщины - комбинезон по ГОСТ 12.4.099-80 «Комбинезоны женские для защиты от нетоксичной пыли, механических воздействий и общих производственных загрязнений. Технические условия», мужчины - комбинезон по ГОСТ 12.4.100-80 «Комбинезоны мужские для защиты от нетоксичной пыли, механических воздействий и общих производственных загрязнений. Технические условия».

6.4. Перед началом поверки резервуара проверяют:

- исправность лестницы и перил;
- исправность заземления резервуара.

6.5. Избыточное давление внутри резервуара должно быть равно нулю.

6.6. Содержание вредных паров и газов в воздухе рабочей зоны внутри (или вблизи резервуара) на высоте 2000 мм не должно превышать санитарных норм, установленных ГОСТ 12.1.005-88 «ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны»:

- 300 мг/м³ - если резервуар использовался для хранения дизельного топлива, керосина или масла моторного;
- 100 мг/м³ - если резервуар использовался для хранения бензина.

6.7. Для освещения в темное время суток применяют светильники во взрывозащищенном исполнении.

6.8. Проведение измерений параметров резервуара во время грозы категорически запрещается.

6.9. При применении метода внутренних измерений в процессе измерений параметров резервуара обеспечивают двух- или трехкратный обмен воздуха внутри резервуара. При этом через каждый час работы проводят анализ воздуха на содержание вредных паров и газов.

6.10. Продолжительность работы внутри резервуара не более четырех часов, после чего перед продолжением работы делают перерыв на один час.

7. Внешний осмотр средства измерений

7.1. При проверке резервуара методом внутренних измерений при внешнем осмотре проверить:

7.1.1. Соответствие конструкции резервуара, а также его внешних и внутренних деталей техническому паспорту.

7.1.2. Наличие необходимой арматуры и оборудования.

7.1.3. Чистоту внутренней поверхности резервуара на отсутствие коррозионных повреждений, трещин, деформаций стенок и днища и прочих загрязнений поверхности, препятствующих проведению поверки.

7.1.4. Отсутствие остатков нефтепродукта во внутреннем объеме резервуара.

7.2. При проверке резервуара методом внешних измерений при внешнем осмотре проверить:

7.2.1. Соответствие конструкции резервуара, а также его внешних деталей техническому паспорту.

7.2.2. Наличие необходимой арматуры и оборудования.

7.2.3. Чистоту внешней поверхности резервуара, отсутствие подтеков нефтепродукта.

7.3. Резервуар, не соответствующий перечисленным выше требованиям, к дальнейшей поверке не допускается до устранения причин несоответствия.

8. Подготовка к поверке и опробование средства измерений

8.1. Изучить технический паспорт на резервуар.

8.2. Выбрать метод сканирования поверхности резервуара:

8.2.1. При проведении первичной поверки применяют метод внутренних измерений.

8.2.2. При проведении периодической поверки допускается применение, как метода внутренних измерений, так и метода наружных измерений.

8.2.3. При применении метода наружных измерений резервуар может быть наполнен жидкостью до произвольного уровня.

8.2.4. При наличии жидкости в резервуаре допускается использовать результаты измерений вместимости «мертвой» полости, полученные ранее, если изменение базовой высоты резервуара по сравнению с результатами ее измерений в предыдущей калибровке составляет не более 0,1 %. В этом случае действительная вместимость резервуара должна быть определена начиная с исходного уровня до уровня, соответствующего полной вместимости резервуара.

8.2.5. При первичной и периодической поверке допускается определять вместимость «мертвой» полости объемным методом в соответствии с п. 9.2.2 ГОСТ 8.570-2000 «ГСИ. Резервуары стальные вертикальные цилиндрические. Методика поверки» в пределах высоты «мертвой» полости или высоты неровностей днища резервуара.

8.3. Получить следующие документы, выданные соответствующими службами владельца резервуара:

- наряд-допуск на проведение работ с повышенной опасностью;
- акт на зачистку резервуара (при применении метода внутренних измерений);
- заключение лаборатории о состоянии воздуха внутри резервуара, о соответствии концентрации вредных веществ требованиям ГОСТ 12.1.005-88 «ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны» (при применении метода внутренних измерений).

8.4. Подготовить основные и вспомогательные средства поверки согласно эксплуатационной документации на них.

8.5. Провести контроль условий поверки: измерить температуру окружающего воздуха, относительную влажность, атмосферное давление, скорость ветра, содержание вредных паров и газов в воздухе рабочей зоны и освещенность во внутренней полости резервуара (при применении метода внутренних измерений) средствами измерений, указанными в таблице 2. Результаты зафиксировать в протоколе поверки. Условия проведения поверки должны соответствовать требованиям раздела 3 настоящей методики. При несоответствии условий поверки требованиям раздела 3 методики поверку прекращают до установления требуемых условий.

8.6. Опробование резервуара проводят одновременно с определением метрологических характеристик резервуара.

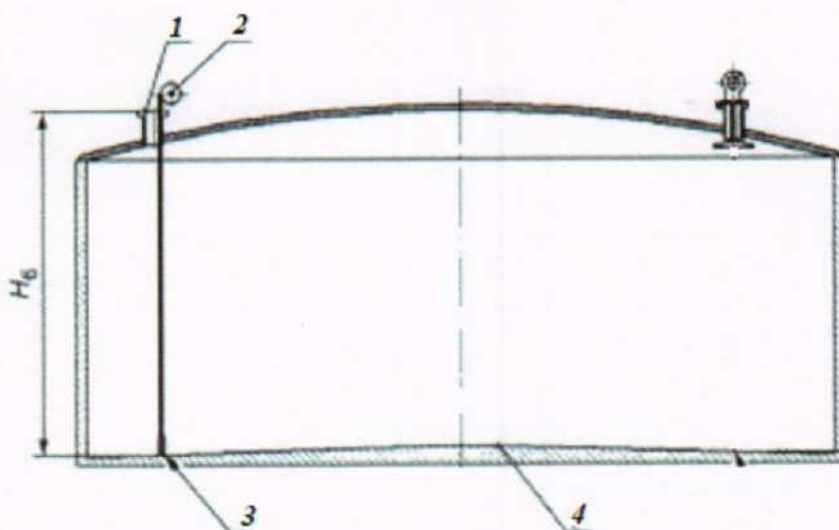
9. Определение метрологических характеристик средства измерений и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

9.1. Измерить базовую высоту резервуара.

9.1.1. Базовую высоту резервуара *H_б* измерить рулеткой с грузом через измерительный люк в точке, расположенной на плоскости, проходящей через верхнюю образующую и продольную ось резервуара. Отсчет проводить от риски направляющей планки на измерительном люке или от верхнего среза измерительного люка.

9.1.2. Измерение базовой высоты проводить не менее двух раз. Расхождение между результатами двух измерений не должно быть более 2 мм. Если расхождение между результатами двух измерений превышает 2 мм, проводят дополнительные измерения. Результаты двух измерений, расхождение между которыми не превышает 2 мм, внести в протокол поверки.

9.1.3. При применении метода внутренних измерений отметить мелом точку касания дна груза рулетки и установить в ней сферическую марку (рисунок 1).



1. Измерительный люк; 2 - измерительная рулетка с грузом;
3 - место установки сферической марки; 4 - днище резервуара

Рисунок 1 - Место установки сферической марки

9.1.4. При применении метода внутренних измерений уточнить (по технической документации, информации собственника резервуара и т.п.) расположение приемораздаточного устройства, предназначенного для слива жидкости. При отсутствии данной информации измерения высоты «мертвой» полости проводят по устройству, наиболее близко расположенному к днищу резервуара. Высоту «мертвой» полости определить по результатам сканирования в соответствии с п.9.6.1.

9.2. Измерить температуру стенки резервуара с применением инфракрасного термометра. Измерение температуры стенки резервуара проводить на четырех равноудаленных образующих стенки резервуара в 1-м, среднем, последнем поясах. За действительное значение температуры стенки принять среднее арифметическое значение измеренных значений. Внести полученные значения в протокол поверки.

9.3. Подготовить сканер к работе в соответствии с требованиями эксплуатационной документации.

9.4. В сервисном ПО сканера сформировать файл проекта записи данных.

9.5. В зависимости от применяемого метода выполнить сканирование внутренней или внешней поверхности резервуара.

9.6. Провести сканирование внутренней или внешней поверхности резервуара в соответствии с выбранным методом.

9.6.1. Сканирование внутренней поверхности резервуара (метод внутренних измерений)

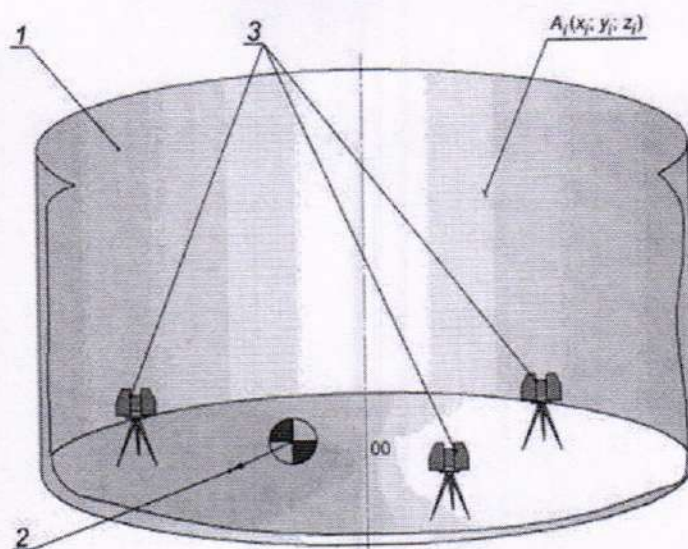
9.6.1.1. Сканер горизонтировать с применением трегера, с дальнейшим контролем электронным встроенным уровнем (при наличии).

9.6.1.2. Определить необходимое число станций сканирования и места их расположения, обеспечивающие исключение непросканированного пространства (теней).

9.6.1.3. Закрепить в произвольном месте на поверхности стенки резервуара сферические марки в количестве 2 шт. таким образом, чтобы с каждой станции сканирования были видны все марки, в том числе и марка, установленная в точке касания днища резервуара грузом рулетки в соответствии с п. 9.1.3.

9.6.1.4. Сканирование проводить последовательно с каждой станции (рисунок 2) в режиме кругового обзора (360°). Дискретность сканирования установить в пределах

от 3 до 5 мм.



1 - внутренняя поверхность резервуара; 2 - точка установки сферической марки в точке касания дна грузом рулетки; 3 - точки установки станций съемки; $A_i(x_i, y_i, z_i)$ - координаты i -й точки на внутренней поверхности резервуара; \odot - сферическая марка

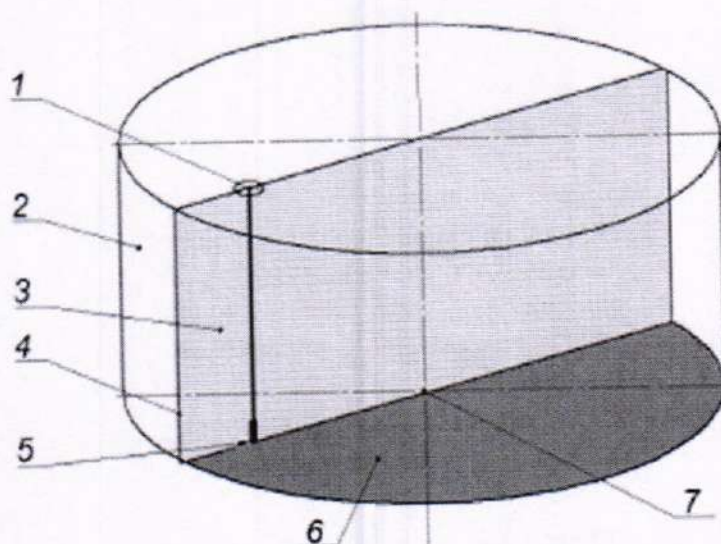
Рисунок 2 - Схема сканирования внутренней поверхности резервуара

9.6.1.5. Операции сканирования и взаимной привязки станций проводить в соответствии с требованиями эксплуатационной документации на сканер.

9.6.1.6. Результаты измерений автоматически фиксируются и записываются в памяти процессора сканера в заранее сформированном файле (директории) проекта.

9.6.2. Сканирование внешней поверхности резервуара (метод наружных измерений)

9.6.2.1. Сформировать плоскость A , проходящую через вертикальную ось резервуара и центр измерительного люка. Для этого опустить рулетку с грузом по цилиндрической стенке до утора резервуара, нанести мелом вертикальную отметку на цилиндрической стенке резервуара (образующая № 0), отметить мелом точку касания рулетки на уторе резервуара и установить в ней или в ближайшей к утору точке на образующей № 0 сферическую марку.



1 - точка измерения базовой высоты резервуара; 2 - стенка резервуара; 3 - плоскость A ;
4 - образующая № 0; 5 - точка касания дна грузом рулетки; 6 - днище резервуара;
7 - центр резервуара

Рисунок 3 - Схема формирования плоскости А

9.6.2.2. Принять индекс нахлеста поясов резервуара «0» в соответствии со схемой монтажа поясов встык.

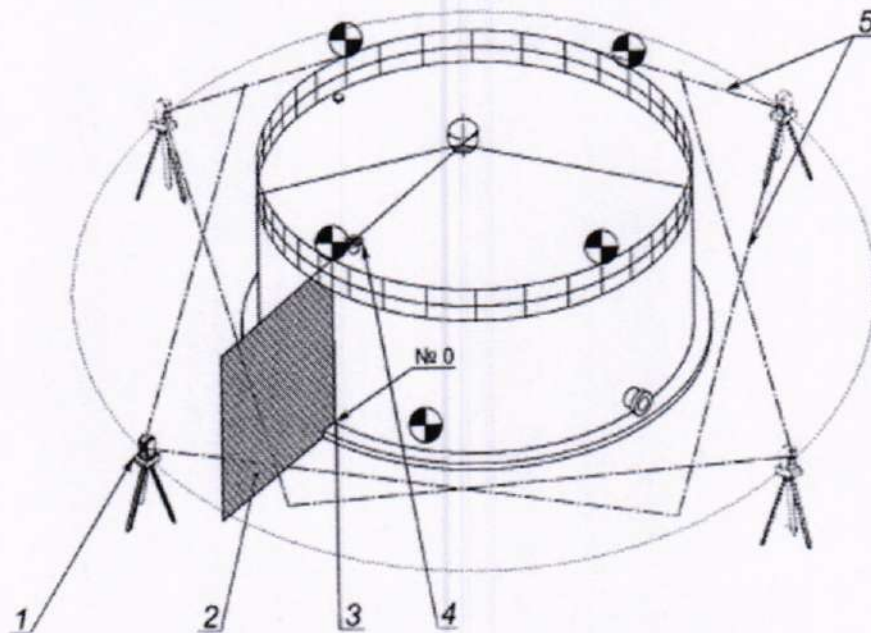
9.6.2.3. На перилах кольцевого ограждения кровли резервуара установить равномерно по периметру не менее четырех сферических марок (рисунок 4).

9.6.2.4. Определить необходимое число станций сканирования и места их расположения, обеспечивающие видимость с каждой станции не менее двух марок, и не менее трех - в зоне видимости марки установленной на образующей № 0.

Примечание - Рекомендуется установка станций сканирования на расстоянии равному от одной до двух высот резервуара (принимают по паспорту резервуара) до наружной поверхности стенки резервуара.

9.6.2.5. Сканирование проводить последовательно с каждой станции аналогично п. 9.6.1.4.

9.6.2.6. Измерить высоту поясов h_i резервуара. Измерения проводить с наружной лестницы подъема на кровлю резервуара. Высоту поясов измерять вдоль образующей № 0 резервуара при помощи измерительной рулетки с грузом (рисунок 5). Измерения проводить не менее двух раз, расхождение между результатами измерений должно быть не более 2 мм. За действительное значение высоты пояса принимают среднее арифметическое значение измеренных значений.



1 - станция сканирования; 2 - плоскость А; 3 - сферическая марка, установленная на ограждении кровли; 4 - точка измерения базовой высоты; 5 - сектор сканирования;


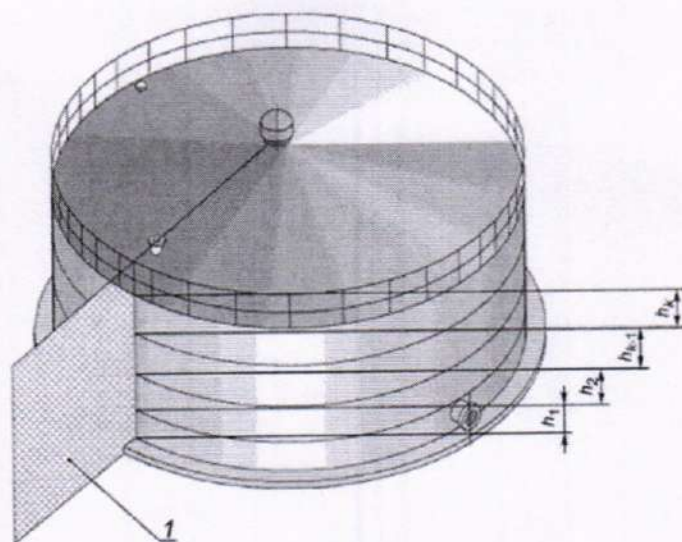
 - сферическая марка

Рисунок 4 - Схема сканирования наружной поверхности резервуара



1 - Плоскость А

Рисунок 5 - Схема измерений высот поясов

9.6.2.7. Измерить толщину стенок поясов резервуара δ_i , толщину слоя краски $\delta_{с.к.i}$ и толщину антикоррозионного покрытия $\delta_{с.п.i}$. Измерения проводить с помощью ультразвукового толщиномера с погрешностью в пределах $\pm 0,1$ мм, не менее двух раз, расхождение между результатами измерений должно находиться в пределах $\pm 0,2$ мм. За действительное значение толщин стенок, слоев краски и антиктемпературы стенки принимают среднее арифметическое значение измеренных значений. При невозможности проведения измерений (большое расстояние между лестницей и стенкой резервуара) значение толщин стенок принять по технической документации на резервуар. Внести полученные значения в протокол поверки.

9.6.3. При проведении поверки методом наружных измерений провести измерения плотности и уровня жидкости, находящейся в резервуаре во время поверки. Измерения плотности проводить с помощью плотномера или ареометра для нефти в соответствии с ГОСТ 3900-2022 «Нефть и нефтепродукты. Методы определения плотности» в объединенной пробе жидкости, составленной из точечных проб, отобранных из резервуара в соответствии с ГОСТ 2517-2012 «Нефть и нефтепродукты. Методы отбора проб». Измерения уровня жидкости, находящейся в резервуаре проводить с помощью рулетки с грузом. Внести полученные значения в протокол поверки.

9.6.4. При проведении поверки методом внутренних измерений внести в протокол поверки плотность хранимой жидкости.

9.6.5. Определить перечень внутренних и внешних деталей и оборудования, влияющих (не влияющих) на вместимость резервуара, например: заполненные продуктом трубопроводы; стационарные пробоотборные системы и т.д. и зафиксировать их в копии технического проекта (протокола поверки) для дальнейшего включения или исключения их из расчета. Объемы деталей, влияющих на вместимость находящихся в резервуаре, определяют по данным технической документации или по данным измерений геометрических параметров деталей с указанием их расположения по высоте.

Примечание – В виду того, что оборудование, заполненное продуктом, представляет собой тонкостенную конструкцию, его объемом пренебрегают.

9.7. Обработка результатов измерений

9.7.1. Произвести экспортирование проекта сканирования из памяти сканера в персональный компьютер.

9.7.2. Провести предварительную обработку проекта результатов измерений,

ориентирование и объединение сканов с разных станций сканирования, задание точки начала отсчета и экспортирование файла облака точек с помощью специализированного программного обеспечения сканера.

9.7.3. При применении метода внутренних измерений определить на объединенном скане координату по оси Z (высоту) нижнего срезов приемно-раздаточного устройства относительно точки начала отсчета и принять данное значение за высоту «мертвой» полости резервуара. Внести полученное значение в протокол поверки.

9.7.4. Обработку результатов измерений провести в соответствии с алгоритмом, приведенным в приложении А к настоящей методике поверки.

9.8. Составление градуировочной таблицы резервуара

9.8.1. Градуировочную таблицу составить с шагом $\Delta H = 1$ см, начиная с исходного уровня (уровня, соответствующего точке касания днища резервуара грузом рулетки) до предельного уровня $H_{пр}$ (уровня, соответствующего нижнему краю горловины резервуара).

9.8.2. Вместимость резервуара, соответствующую уровню жидкости H , V_H , вычислить при приведении к стандартной температуре $20\text{ }^\circ\text{C}$

На каждом уровне, начиная с высоты "мертвой" полости резервуара $H_{мп}$, вычислить стандартную неопределенность вместимости резервуара в соответствии с приложением Б к настоящей методике поверки.

9.8.3. В пределах каждого сантиметрового интервала уровня налива вычислить коэффициент вместимости, равный вместимости, приходящейся на 1 мм высоты наполнения.

9.8.4. При составлении градуировочной таблицы значения вместимости округляют до 1 дм^3 .

9.9. Обработка результатов измерений, расчёт и составление градуировочной таблицы резервуара на основе полученного файла облака точек выполняется с применением специализированного программного обеспечения Программный комплекс Расходомер ИСО с модулем «Градуировочные таблицы резервуаров и танков», реализующего требования приложений А и Б.

9.10. Предъявленный в поверку резервуар признают соответствующим метрологическим требованиям, а результаты поверки – положительными, если относительная погрешность определения вместимости резервуара или соответствующая ей относительная расширенная неопределенность вместимости, при коэффициента отхвата $k=2$, начиная с уровня наполнения, соответствующего высоте «мертвой» полости резервуара до уровня наполнения, соответствующего предельной высоте наполнения, полученные при расчёте градуировочной таблицы не превышает $\pm 0,1\%$.

9.11. В случае несоответствия резервуара критериям, изложенным в п. 9.8, резервуар признается не соответствующим метрологическим требованиям, а результаты поверки считают отрицательными.

10. Оформление результатов поверки

10.1. Результаты поверки резервуара оформляют протоколом в произвольной форме с указанием следующих сведений:

- номер и дата протокола;
- наименование, тип и заводской номер поверяемого резервуара;
- обозначение документа, по которому выполнена поверка;
- наименование, тип и заводские (серийные) номера применяемых при поверке средства

измерений;

- условия проведения поверки;
- фамилия лица, проводившего поверку;
- результаты определения метрологических характеристик.

10.2. Сведения о результатах поверки передаются в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений.

10.3. Свидетельство о поверке или извещение о непригодности к применению средства измерений выдаётся по заявлению владельца средства измерений или лица, представившего его в поверку. Свидетельство о поверке или извещение о непригодности к применению средства измерений должны быть оформлены в соответствии с требованиями действующих правовых нормативных документов.

10.4. При положительных результатах поверки на резервуар оформляют градуировочную таблицу с протоколом поверки (оригинал протокола прикладывают к первому экземпляру градуировочной таблицы). Градуировочную таблицу утверждает руководитель организации, проводившей поверку резервуара. Знак поверки наносят на свидетельство о поверке и градуировочную таблицу.

10.5. В целях защиты от непреднамеренного искажения результатов измерений, ежегодно в течение межповерочного интервала, производят измерение базовой высоты резервуара в соответствии с приложением В к настоящей методике поверки.

Инженер по метрологии I категории



А.В. Андреев

Приложение А
(обязательное)

Алгоритм обработки результатов измерений при применении сканера и функциональные требования к программному обеспечению

А.1 Функциональные требования к ПО при применении сканера приведены на рисунке А.1.

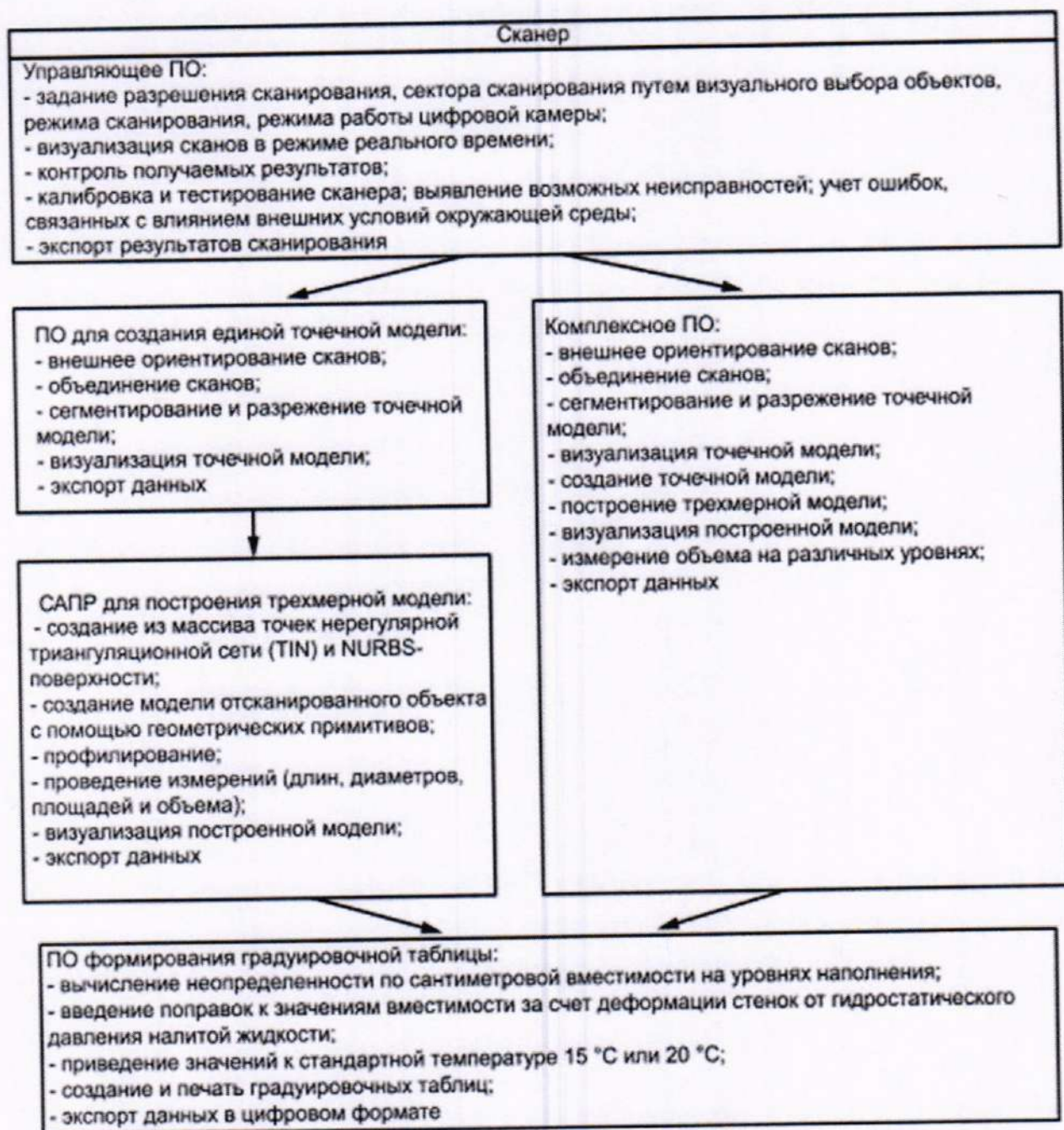


Рисунок А.1 - Алгоритм обработки результатов измерений

Примечание 1: САПР - Система автоматизированного проектирования.

А.2 Основные операции обработки результатов при построении трехмерной модели САПР с применением сканера приведены в таблице А.1.

Таблица А.1

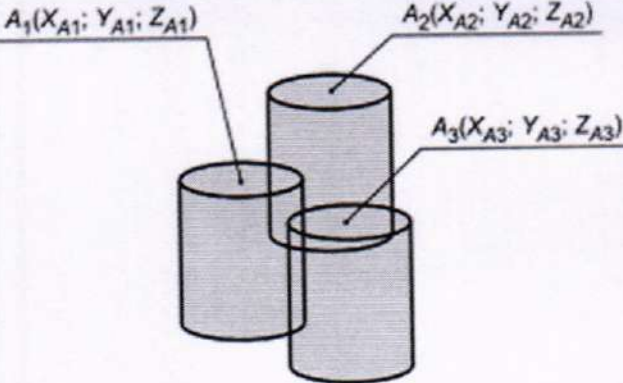
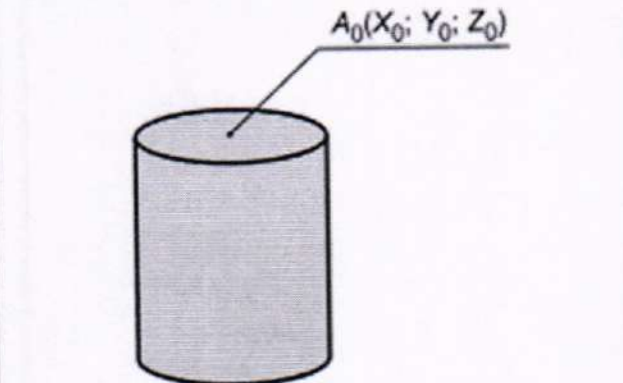


Наименование этапа	Объект реализации/режим/параметры	Результат
<p>Этап 1: Внешнее ориентирование и объединение сканов</p>	<p>ПО для создания единой точечной модели</p>	
<p>Этап 2: Сегментирование, разрезание и визуализация точечной модели</p>	<p>ПО для создания единой точечной модели</p>	
<p>Этап 3 Создание из массива точек нерегулярной триангуляционной сети (TIN) и NURBS-поверхности</p>	<p>ПО формирования градуировочной таблицы</p>	
<p>Этап 4 Формирование поверхности дна</p>	<p>ПО формирования градуировочной таблицы</p>	

Таблица А.1 (продолжение)

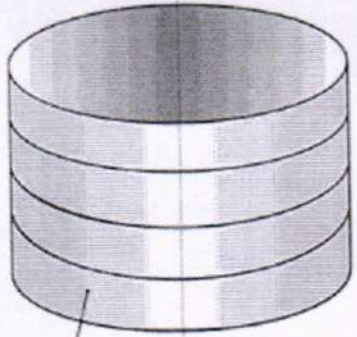
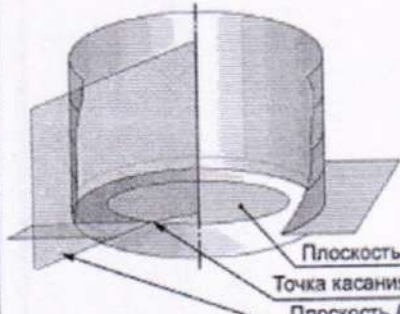
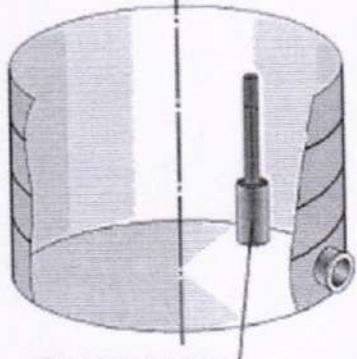
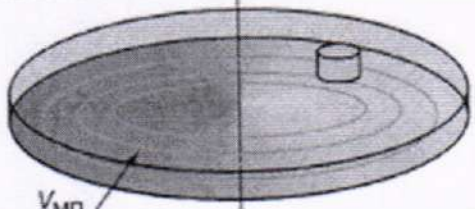
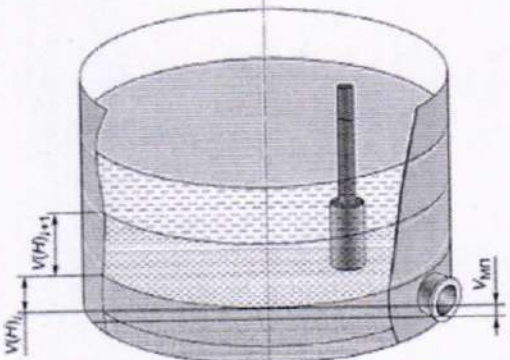
Наименование этапа	Объект реализации/режим/параметры	Результат
<p>Этап 5 Формирование поверхности стенки резервуара по поясам.</p>	<p>ПО формирования градуировочной таблицы</p>	 <p>Поверхность стенки резервуара</p>
<p>Этап 6 Формирование плоскости А и плоскости начала отсчета</p>	<p>ПО формирования градуировочной таблицы</p>	 <p>Плоскость начала отсчета Точка касания дна груза рулетки Плоскость А</p>
<p>Этап 7 Моделирование внутренних деталей</p>	<p>ПО формирования градуировочной таблицы</p>	 <p>Внутренняя деталь</p>
<p>Этап 8. Измерение объема «мертвой» полости</p>	<p>ПО формирования градуировочной таблицы</p>	 <p>$V_{мп}$</p>
<p>Этап 9. Измерения посантиметровой вместимости резервуара</p>	<p>ПО формирования градуировочной таблицы</p>	 <p>$V(H)_i$ $V(H)_{i+1}$ $V_{мп}$</p>

Таблица А.1 (окончание)

Наименование этапа	Объект реализации/режим/параметры	Результат
Этап 10. Вычисление неопределенности и вместимости на уровнях наполнения	ПО формирования градуировочной таблицы	Значения неопределенности посантиметровой вместимости резервуара
Этап 11. Внесение поправки от деформации стенок к вместимости	ПО формирования градуировочной таблицы	Значение поправки от деформации стенок к вместимости
Этап 12. Приведение посантиметровой вместимости к стандартной температуре 15°C или 20°C	ПО формирования градуировочной таблицы	Приведенное значение посантиметровой вместимости к стандартной температуре 15°C или 20°C
Этап 13. Формирование градуировочной таблицы и протокола измерений	ПО формирования градуировочной таблицы	Оформленная градуировочная таблица с протоколом измерений

Приложение Б (обязательное)

Обработка результатов измерений при применении сканера и оценка неопределенности
вместимости резервуара

Б.1 Вычисление вместимости резервуара

Вместимость резервуара при температуре калибровки V_t , m^3 , соответствующую уровню
налитой жидкости H , вычисляют по формуле

$$V_t = V_{ц1} + \sum_{i=2}^n V_{ци} + \Delta V_{rk} + V_{ВД} \quad (Б.1),$$

где n - число наполненных поясов резервуара;

$V_{ц1}$ - вместимость 1-го пояса резервуара, недеформированного гидростатическим давлением
налитой жидкости с учетом объема неровностей днища и внутренних деталей, m^3 ;

$V_{ци}$ - вместимость i -го вышестоящего пояса резервуара, недеформированного гидростатическим
давлением налитой жидкости, m^3 ;

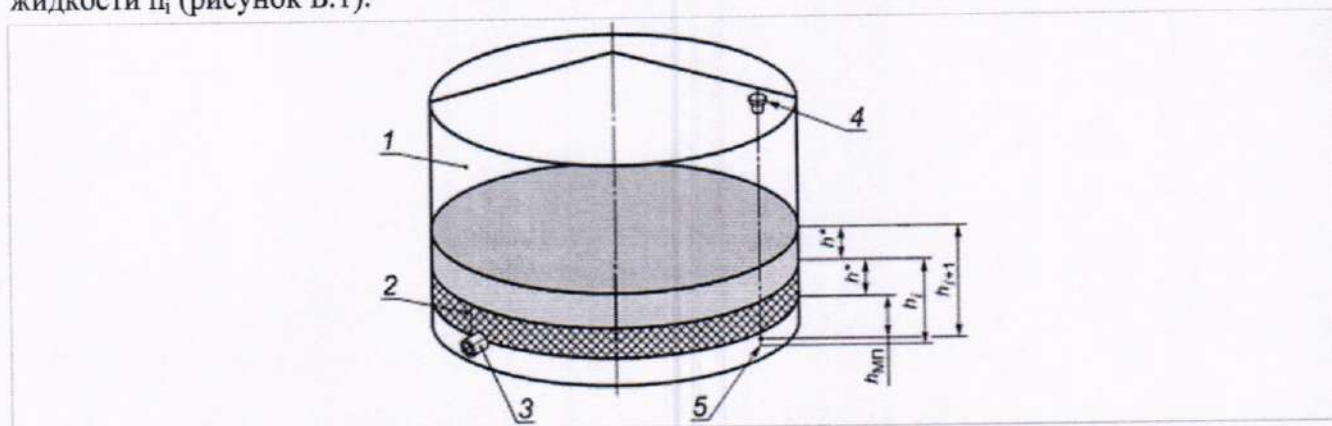
ΔV_{rk} - поправки к вместимости резервуара за счет гидростатического давления жидкости при
наполнении, m^3 ;

$V_{ВД}$ - объем внутренних деталей, находящихся в резервуаре от уровня $h_{МП}$ до H , m^3 .

Примечание - Вместимость последнего частично наполненного пояса вычисляют по
фактической высоте его наполнения.

Б.1.1 Вычисление вместимости 1-го пояса $V_{ц1}$ и вышестоящего i -го пояса $V_{ци}$ проводят в
следующей последовательности.

Б.1.1.1 Вместимости 1-го пояса $V_{ц1}$ и вышестоящего i -го пояса $V_{ци}$ определяют по результатам
вычисления объемов V_j , ограниченных нижним и верхним сечениями на высоте уровня налитой
жидкости h_i (рисунок Б.1).



1 - внутренняя полость резервуара; 2 - j -й объем V_j на высоте h_i ; 3 - прямо-раздаточный
патрубкок; 4 - измерительный люк (точка измерений базовой высоты); 5 - точка касания днища
грузом рулетки (начало отсчета); $h_{МП}$ - высота «мертвой» полости; h^* - высота j -го объема

Рисунок Б.1 - Схема измерений j -го объема

Б.1.1.2 Площадь сечения S_{ji} -го объема (рисунок Б.2) вычисляют по формуле

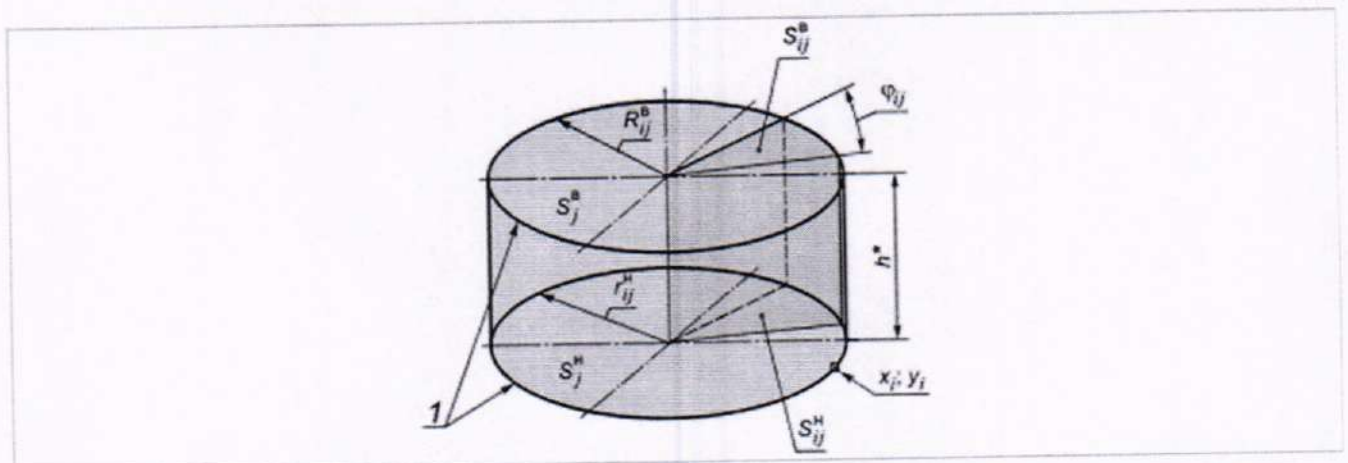
$$S_{ji} = \iint_D r dr d\varphi = \int_0^{2\pi} d\varphi \int_0^{2\pi} r dr \quad (\text{Б.2}),$$

где r – радиус-вектор сектора;

φ – угол сектора, °;

$dr, d\varphi$ – приращения соответствующих величин, мм.

Б.1.1.3 Поверхность j -го сечения резервуара формирует сплайн-кривая, проходящая через узловые точки (рисунок Б.2), представляющие собой координаты точек поверхности стенки ($x_{ij}; y_{ij}$) на заданной высоте (z_j). Значения координат точек поверхности стенки резервуара ($x_{ij}; y_{ij}; z_{ij}$) в виде трехмерного массива данных представлены в файле объединенного («сшитого») облака точек. Файл облака точек, в свою очередь, является исходными данными для построения 3D-модели резервуара.



1 - сплайн-кривая; S_{ij}^H, S_{ij}^B - площади i -го сектора j -го объема в нижнем и верхнем сечении соответственно, h^* - высота j -го объема (10 мм); r_{ij}^H, R_{ij}^B - радиус-векторы i -го сектора j -го объема в нижнем и верхнем сечении соответственно

Рисунок Б.2 - Схема параметров j -го объема

Б.1.1.4 Вместимость объема V_j высотой (толщиной) h^* , равной 10 мм, определяют по результатам вычисления площадей нижнего и верхнего сечений j -го объема, расположенного на высоте h_i .

Площади сечений вычисляют как сумму площадей секторов, образованных радиус-векторами (далее - радиус) r_i, r_{i+1} и углом $\Delta\varphi_i = \varphi_{i+1} - \varphi_i$.

Ввиду того, что сплайн-кривая строится по узловым точкам, она является аппроксимированной линией по заданному методу интерполяции (рисунок Б.3) и вносит вклад в неопределенность (метода) построения сечения.

Б.1.1.5 На высоте h_i j -го объема V_j на координате z_i формируют систему координат с началом в точке $O(x_i^0, y_i^0)$, вычисляемой по формулам

$$x_i^0 = \frac{x_i^{max} - x_i^{min}}{2}; y_i^0 = \frac{y_i^{max} - y_i^{min}}{2} \quad (\text{Б.3}),$$

где x_i^{max} , x_i^{min} , y_i^{max} , y_i^{min} - максимальные и минимальные значения по осям X и Y соответственно, на координате z_i , мм.

Б.1.1.6 Вычисляют координаты радиусов по оси X , число которых, в зависимости от номинальной вместимости резервуара, приведены в таблице Б.1.

Таблица Б.1

Наименование показателя	Значение показателя для вместимости резервуара, м ³						
	от 100 до 3000 включ.	св. 3000 до 10000 включ.	св. 10000 до 20000 включ.	св. 20000 до 30000 включ.	св. 30000 до 50000 включ.	св. 50000 до 100000 включ.	св. 100000
Число секторов S (радиусов)	10	12	16	20	24	30	36
угол ϕ	36°	30°	22°30'	18°	15°	12°	10°

Координаты x_i , y_i по осям X и Y i -го радиуса r_i вычисляют в следующей последовательности (рисунок Б.3).

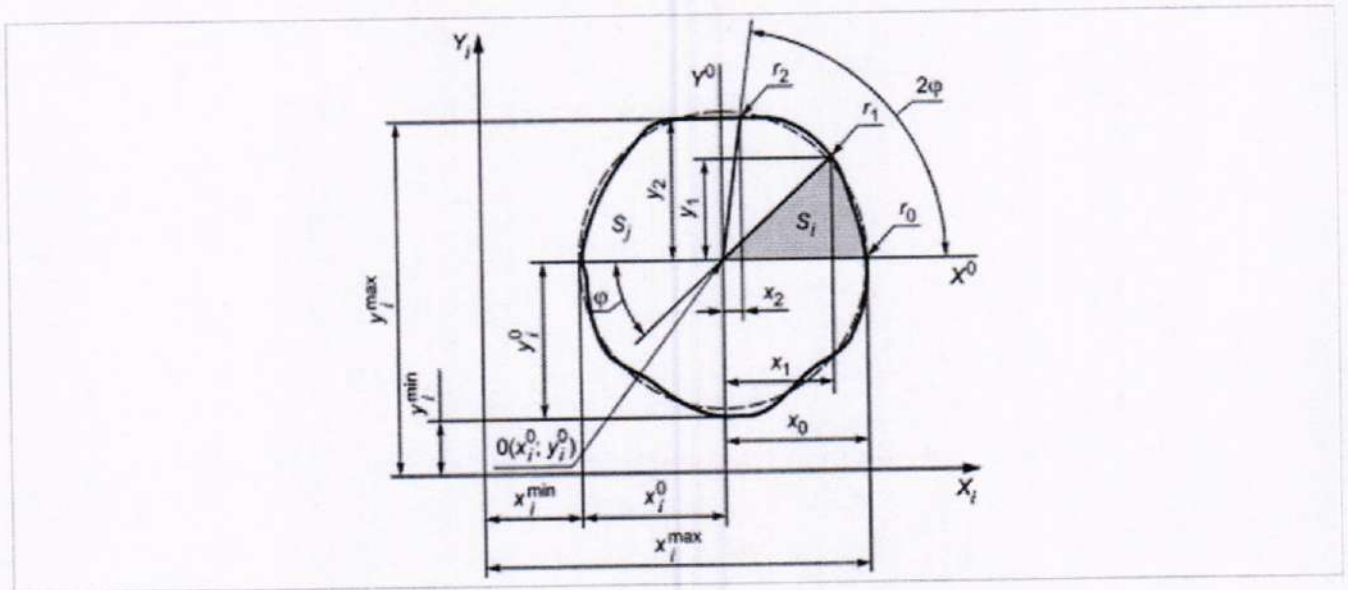


Рисунок Б.3 - Схема параметров i -го сечения

Б.1.1.7 Координату 0-го радиуса r_0 по оси X вычисляют по формуле

$$r_0 = x_0 = x_{max} - x^0 \quad (\text{Б.4}),$$

где x_{max} - максимальное значение по оси X , на координате z_i , мм;

x^0 - координата начала системы координат по оси X , вычисляемая по формуле (Б.3), мм.

Б.1.1.8 Координату x_1 по оси X (далее - координата) 1-го радиуса r_1 вычисляют по формуле

$$x_1 = r_0 \cdot \cos \varphi \quad (\text{Б.5}),$$

где r_0 – координата по оси X 0-го радиуса r_0 , мм;
 φ – угол, значение которого принимают по таблице Б.1, °.

Б.1.1.9 Координату 2-го радиуса r_2 вычисляют по формуле

$$x_2 = r_0 \cdot \cos 2\varphi \quad (\text{Б.6}).$$

Б.1.1.10 Координату i -го радиуса r_i вычисляют по формуле

$$x_i = r_0 \cdot \cos(i\varphi) \quad (\text{Б.7}),$$

где i – номер радиуса, выбирают из ряда: 0, 1, 2, ..., s .

Б.1.1.11 В массиве данных файла объединенного «сшитого» облака точек по полученным значениям координат радиусов (r_0, r_1, \dots, r_s) на оси X (x_0, x_1, \dots, x_s) выбирают значения координат по оси Y (y_0, y_1, \dots, y_s).

Значения координат i -го радиуса r_i , мм, на оси Y , приведенные к началу системы координат, вычисляют по формуле

$$y_i = y'_i - y^0 \quad (\text{Б.8}),$$

где y^0 – значение координаты начала системы координат $0(x_i^0, y_i^0)$, на оси Y , вычисляемое по формуле (Б.3), мм, соответственно.

Б.1.1.12 Значение длины i -го радиуса r_i , мм, в сечении вычисляют по формуле

$$r_i = \sqrt{(x_i)^2 - (y_i)^2} \quad (\text{Б.9}).$$

Б.1.1.13 Площади в нижнем сечении S_j^H , м^2 и верхнем сечении S_j^B , м^2 j -го объема (рисунок Б.2) вычисляют по формулам

$$S_j^H = 10^{-6} \cdot \sum_{i=1}^s \left[\frac{\pi \cdot (\varphi_{i+1} - \varphi_i)}{4 \cdot 360} \cdot (r_{i+1} + r_i)^2 \right] \quad (\text{Б.10}),$$

$$S_j^B = 10^{-6} \cdot \sum_{i=1}^s \left[\frac{\pi \cdot (\varphi_{i+1} - \varphi_i)}{4 \cdot 360} \cdot (R_{i+1} + R_i)^2 \right] \quad (\text{Б.11}),$$

где r_i, r_{i+1} – длины радиусов i -го сектора нижнего сечения j -го объема, вычисляемые по формуле (Б.9), мм;

R_i, R_{i+1} – длины радиусов i -го сектора верхнего сечения j -го объема, вычисляемые по формуле (Б.9) с использованием значения координат x_i, y_i в верхнем сечении, мм;
 φ_i, φ_{i+1} – значения углов, отсчитываемые от оси X до радиусов r_i, r_{i+1} , °;
 s – число радиусов, принимаемое по таблице Б.1.

Значение угла φ_i вычисляют по формуле

$$\varphi_i = \arctg \frac{y_i}{x_i} \quad (\text{Б.12}).$$

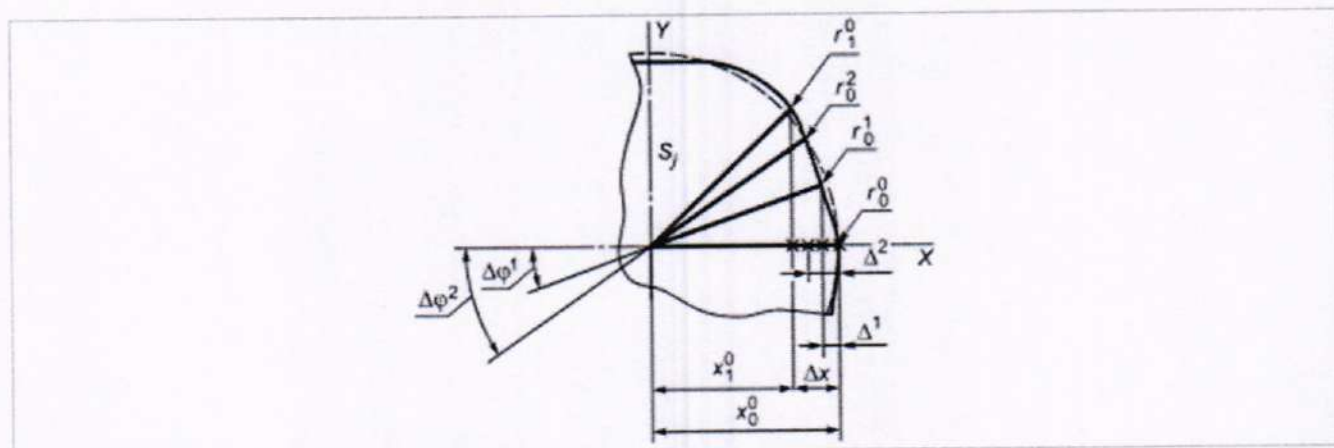
Б.1.1.14 Следующий этап заключается в вычислении площадей верхнего и нижнего сечения j -го объема со смещением координаты 0-го радиуса.

Операции выполняют в следующей последовательности.

Б.1.1.15 Вычисляют величину первого смещения координаты 0-го радиуса Δ^1 , мм, по формуле

$$\Delta^1 = \frac{\Delta x}{3} \quad (\text{Б.13}),$$

где Δx – разность значений координат по оси X 0-го r_0^0 и 1-го r_1^0 радиусов при нулевом смещении, вычисленных по формулам (Б.4), (Б.5), и равная $\Delta x = x_0^0 - x_1^0$, мм (рисунок Б.4)



r_0^0, r_0^1, r_0^2 – координаты 0-го радиуса при нулевом, первом, втором смещениях, соответственно;
 Δ^1, Δ^2 – значение первого и второго смещения координат 0-го радиуса соответственно

Рисунок Б.4 - Схема смещений координат радиусов

Б.1.1.16 Координату 0-го радиуса при первом смещении r_0^1 на оси X вычисляют по формуле

$$\Delta_0^1 = x_0^0 - \Delta^1 \quad (\text{Б.14}),$$

где x_0^0 – значение координаты 0-го радиуса по оси X при нулевом смещении, вычисляемое по формуле (Б.4), мм;

Δ^1 – величина смещения координаты 0-го радиуса при первом смещении, вычисляемая по формуле (Б.13), мм.

Значения координаты y_0^1 на оси Y , приведенные к началу системы координат, вычисляют по формуле

$$y_0^1 = (y_0^1)' - y^0 \quad (\text{Б.14}),$$

где $(y_0^1)'$ – значение координаты, соответствующее x_0^1 , мм;
 y^0 – значение координаты начала системы координат 0 (x_i^0, y_i^0) на оси Y , вычисляемое по формуле (Б.3), мм.

Угол $\Delta\varphi^1$ между осью X и 0-м радиусом при первом смещении r_0^1 (рисунок Б.4) вычисляют по формуле

$$\Delta\varphi^1 = \text{arctg} \frac{y_0^1}{x_0^1} \quad (\text{Б.15}).$$

Б.1.1.17 Координату по оси X 1-го радиуса r_1^1 при первом смещении вычисляют по формуле

$$x_1^1 = r_0^1 \cdot \cos(\Delta\varphi^1 + \varphi) \quad (\text{Б.16}),$$

где r_0^1 – длина 0-го радиуса, вычисляемая по формуле (Б.9), подставляя значения x_0^1, y_0^1 , мм;
 φ – угол, значение которого принимают по таблице Б.1, °.

Б.1.1.18 Координату i -го радиуса r_i^1 при первом смещении вычисляют по формуле

$$x_i^1 = r_0^1 \cdot \cos(\Delta\varphi^1 + i \cdot \varphi) \quad (\text{Б.17}),$$

где i – номер радиуса, выбирают из ряда: 0, 1, 2, ..., s .

Значения координат i -го радиуса r_i^1 , мм, на оси Y , приведенные к началу системы координат, вычисляют по формуле

$$y_i^1 = (y_i^1)' - y^0 \quad (\text{Б.18}).$$

Б.1.1.19 Значения второго смещения координаты 0-го радиуса Δ^2 , мм, вычисляют по формуле

$$\Delta^2 = \frac{2}{3} \Delta x \quad (\text{Б.19}),$$

где Δx – разность значений координат по оси X 0-го r_0^0 и 1-го r_1^0 радиусов при нулевом смещении, вычисленных по формулам (Б.4), (Б.5), и равная $\Delta x = x_0^0 - x_1^0$, мм (рисунок Б.4).

Б.1.1.20 Проводят аналогичные операции по Б.1.1.16 - Б.1.1.18, заменяя в формулах (Б.14) - (Б.19) величины в верхнем индексом "1" на величины с верхним индексом "2", указывающий на номер смещения координаты 0-го радиуса.

Б.1.1.21 Площади в нижнем сечении S_j^H , m^2 и верхнем сечении S_j^B , m^2 j -го объема, вычисляются по формулам

$$S_j^H = 10^{-6} \cdot \sum_{m=0}^2 \sum_{i=0}^s \left[\frac{\pi \cdot (\varphi_{i+1,j}^m - \varphi_{i,j}^m)}{4 \cdot 360} \cdot (r_{i+1,j}^m + r_{i,j}^m)^2 \right] \quad (\text{Б.20}),$$

$$S_j^B = 10^{-6} \cdot \sum_{m=0}^2 \sum_{i=0}^s \left[\frac{\pi \cdot (\varphi_{i+1,j}^m - \varphi_{i,j}^m)}{4 \cdot 360} \cdot (R_{i+1,j}^m + R_{i,j}^m)^2 \right] \quad (\text{Б.21}),$$

где m – число смещений координат отсчета, выбирают из ряда: 0, 1, 2 (рисунок Б.5);

s – число секторов;

$\varphi_{i,j}^m, \varphi_{i+1,j}^m$ – угол между i -м ($i+1$) радиусом и осью X при m -м смещении: перечисление а) рисунка Б.2 – при нулевом смещении ($m=0$), перечисление б) – при первом смещении ($m=1$).



S_{ij} – площадь i -го сектора, ограниченного радиусами r_{i+1}^0, r_i^0 при нулевом смещении j -го сечения или площадь i -го сектора, ограниченного радиусами r_{i+1}^1, r_i^1 при первом смещении j -го сечения; $r_{i+1}^0, r_i^0, r_{i+1}^1, r_i^1$ – радиусы i -го сектора в точках измерений; Δ^1 – смещение начала координат, с указанием номера; Δx – разность координат по оси X радиусов $r_{i+1}^0, r_i^0, r_{i+1}^1, r_i^1$ при нулевом и первом смещениях начала отсчета

Рисунок Б.5 – Схема параметров в j -м сечении

Б.1.1.22 Значение j -го объема V_j, m^3 , ограниченного нижним и верхним сечениями, вычисляются по формуле

$$V_j = 10^{-3} \cdot \frac{1}{2} (S_j^H + S_j^B) \cdot h_j \quad (\text{Б.22}),$$

где S_j^H, S_j^B – площади нижнего и верхнего сечений, вычисляемые по формулам (Б.20), (Б.21) соответственно, m^2 ;

h_j – высота j -го объема, мм, принимаемая равной 10 мм.

Б.1.1.23 Вместимость $V_{ц1}$ недеформированного 1-го пояса от гидростатического давления налитой жидкости с учетом объема неровностей днища и объемов внутренних деталей вычисляют по формуле

$$V_{ц1} = \left(\sum_{j=0}^{h_1} V_j \right) - \left(\sum_{j=0}^{h_{нд}} V_{ндj} \right) - \left(\sum_{j=0}^{h_{вд}} V_{вдj} \right) \quad (\text{Б.23}),$$

где V_j – значение j -го объема в пределах высоты от 0 до высоты 1-го пояса h_1 , м³;
 $V_{ндj}$ – объем неровностей днища j -го объема в пределах от 0 до высоты неровностей днища $h_{нд}$, м³;
 $V_{вдj}$ – объем внутренних деталей днища j -го объема в пределах от 0 до высоты неровностей днища $h_{вд}$, м³.

Примечание - Значение объема внутренней детали, увеличивающую вместимость пояса (например, люк-лаз) вносят со знаком "+".

Объемы неровностей днища $V_{ндj}$ и внутренних деталей $V_{вдj}$ на соответствующих высотах h_j определяют построением 3D-модели соответствующих j -х объемов триангуляционным методом Делоне.

Б.1.1.24 Вместимость $V_{цk}$ недеформированного вышестоящего k -го пояса от гидростатического давления налитой жидкости с объемов внутренних деталей вычисляют по формуле

$$V_{цk} = \left(\sum_{j=h_{k-1}}^{h_k} V_j \right) - \left(\sum_{j=h_{k-1}}^{h_{вд}} V_{вдj} \right) \quad (\text{Б.24}),$$

где V_j – значение j -го объема в пределах от h_{k-1} высоты нижележащего пояса до высоты k -го пояса h_k , м³;
 $V_{вдj}$ – объем внутренних деталей днища j -го объема в пределах от от h_{k-1} высоты нижележащего пояса до высоты k -го пояса h_k , м³.

Б.1.2 Поправку к вместимости резервуара за счет гидростатического давления столба налитой жидкости ΔV_{rk} при наполнении k -го пояса вычисляют по формуле

$$\Delta V_{rk} = A_2 \cdot \left\{ \frac{0,8h_1}{\delta_1} \cdot \left(\sum_{j=1}^k h_j - \frac{h_1}{2} \right) + \sum_{n=2}^{k-2} \left[\frac{h_n}{\delta_n} \left(\sum_{j=1}^{k-1} h_j - \frac{h_n}{2} \right) \right] \right\} \quad (\text{Б.25}),$$

где h_1 , δ_1 – высота и толщина стенки 1-го пояса, мм;
 h_j – высота уровня k -го наполненного пояса, мм;
 h_n , δ_n – высота уровня и толщина n -го вышестоящего пояса, мм;
 n – номер вышестоящего пояса;
 A_2 – постоянный коэффициент для поверяемого резервуара, вычисляемый по формуле

$$A_2 = \frac{\rho_{жж} \cdot g \cdot \pi D_1^3 \cdot \sqrt{1 + \eta^2}}{4 \cdot 10^{12} \cdot E} \quad (\text{Б.25}),$$

где g – ускорение свободного падения, м/с^2 , принимают равным $9,8066 \text{ м/с}^2$;

$\rho_{жж}$ – плотность хранимой жидкости, кг/м^3 ;

E – модуль упругости материала стенки резервуара, Па, для стали принимают равным $2,1 \cdot 10^{11}$ Па;

D_1 – внутренний диаметр 1-го пояса, мм, вычисляемый по формуле

$$D_k = R_k^H + R_k^B \quad (\text{Б.26}),$$

где R_k^H, R_k^B – внутренние радиусы в нижнем и верхнем сечениях k -го пояса, мм.

Б.1.3 Вместимость резервуара $V(H)$, м^3 , приведенную к стандартной температуре 15°C или 20°C , следующим образом.

Поправку на температурное расширение стенок резервуара к значению вместимости резервуара V_t , вычисленному по формулам (Б.1) вычисляют по формуле

$$V_t = V \cdot K_t \quad (\text{Б.27}),$$

где K_t – поправочный коэффициент, учитывающий влияние температуры стенки пояса на вместимость, $1/^\circ\text{C}$, вычисляемый по формулам:

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

$$K_t' = \left[1 + 3\alpha_p (T_p - 20) \right]^{-1} \quad (\text{Б.28}),$$

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

$$K_t'' = \left[1 + 3\alpha_p (T_p - 15) \right]^{-1} \quad (\text{Б.29}),$$

где α_p – коэффициент линейного расширения (сжатия) металла, из которого изготовлен резервуар, $1/^\circ\text{C}$, для стали принимают равным $12,5 \cdot 10^{-6} 1/^\circ\text{C}$;

T_p – температура стенки резервуара, $^\circ\text{C}$;

20 (15) – стандартная температура, при которой определена вместимость пояса и вместимость резервуара в целом, $^\circ\text{C}$.

Б.2 Оценка неопределенности вместимости резервуара

Б.2.1 Неопределенность вместимости резервуара вычисляют по результатам оценки неопределенностей посантиметровых вместимостей объемов V_j , ограниченных нижним и верхним сечениями на высоте уровня налитой жидкости h_j (рисунок Б.1).

Б.2.2 Стандартные неопределенности $u(S_j^H)_M$, $u(S_j^B)_M$ площадей нижнего и верхнего сечений j -го объема, обусловленные методом построения сечения, вычисляют по формулам

$$u(S_j^H)_M = \sqrt{\frac{\sum_{m=0}^2 (S_{m,j}^H - \bar{S}_j^H)^2}{6}} \quad (\text{Б.30}),$$

$$u(S_j^B)_M = \sqrt{\frac{\sum_{k=0}^2 (S_{m,j}^B - \bar{S}_j^B)^2}{6}} \quad (\text{Б.31}),$$

где \bar{S}_j^H , \bar{S}_j^B – среднее арифметическое значение в нижнем и верхнем сечении j -го объема, соответственно, мм^2 ;

m – номер смещения координаты i -го сектора, выбирают из ряда: 0, 1, 2;

$S_{m,j}^H$, $S_{m,j}^B$ – площади в нижнем/верхнем сечении при 0-м, 1-м, 2-м смещениях координаты i -го сектора, мм^2 , вычисляемые по формулам (Б.20), (Б.21), соответственно.

Б.2.3 Координаты i -го радиуса-вектора r в j -м сечении вычисляют по формуле

$$r = \sqrt{x^2 + y^2} \quad (\text{Б.32}),$$

где x , y – координаты по осям X и Y на j -й высоте на координате z , принимаемые из файла объединенного ("сшитого") облака точек, соответственно, мм .

Координаты x , y вычисляют по формулам

$$x = r \cdot \cos \varphi \quad (\text{Б.33}),$$

$$y = r \cdot \sin \varphi \quad (\text{Б.34}),$$

где угол φ вычисляется по формуле

$$\varphi = \arctg \frac{y}{x} \quad (\text{Б.35}).$$

Неопределенность координаты i -го радиуса j -го объема $r_{i,j}$ вычисляют по формулам

$$u(x_r) = \frac{u(l) \cdot x}{r}; \quad u(x_\varphi) = u(\varphi) \cdot r \cdot (-\sin \varphi) \quad (\text{Б.36}),$$

$$u(x) = \sqrt{[u(x_r)]^2 + [u(x_\varphi)]^2} \quad (\text{Б.37}),$$

$$u(y_r) = \frac{u(l) \cdot y}{r}; \quad u(y_\varphi) = \frac{u(r) \cdot y}{\tan \varphi} \quad (\text{Б.38}),$$

$$u(y) = \sqrt{[u(y_r)]^2 + [u(y_\varphi)]^2} \quad (\text{Б.39}),$$

где $u(l)$ – стандартная неопределенность линейного расстояния, принимаемая по описанию типа сканера, мм;

$u(\varphi)$ – стандартная неопределенность угловых измерений, принимаемая по описанию типа сканера, мм;

r – значение радиус-вектора, вычисляемое по формуле (Б.32), мм;

φ – значение угла от оси X , вычисляемое по формуле (Б.35), °.

Б.2.4 Неопределенность i -го радиуса j -го объема вычисляют по формулам

$$u(r_x) = \frac{x \cdot u(x)}{\sqrt{x^2 + y^2}}; \quad u(r_y) = \frac{y \cdot u(y)}{\sqrt{x^2 + y^2}} \quad (\text{Б.40}),$$

$$u(r) = \sqrt{[u(r_x)]^2 + [u(r_y)]^2} \quad (\text{Б.41}).$$

Б.2.5 Стандартную неопределенность $uV_j(H)$, %, j -го объема, расположенного на высоте уровня налитой жидкости H , мм, вычисляют по формулам:

$$u(S_j^H)_\varphi = \frac{1}{3} \sum_{m=0}^2 \frac{u(\varphi) \cdot (S_j^H)_m}{(\varphi_{i+1,j}^m - \varphi_{i,j}^m)}; \quad u(S_j^H)_r = \frac{1}{3} \sum_{m=0}^2 2 \frac{u(l) \cdot (S_j^H)_m}{(r_{i+1,j}^m + r_{i,j}^m)} \quad (\text{Б.42}),$$

$$u(S_j^H) = \sqrt{[u(S_j^H)_\varphi]^2 + [u(S_j^H)_r]^2} \quad (\text{Б.43}),$$

$$u(S_j^B)_\varphi = \frac{1}{3} \sum_{m=0}^2 \frac{u(\varphi) \cdot (S_j^B)_m}{(\varphi_{i+1,j}^m - \varphi_{i,j}^m)}; \quad u(S_j^B)_r = \frac{1}{3} \sum_{m=0}^2 2 \frac{u(l) \cdot (S_j^B)_m}{(R_{i+1,j}^m + R_{i,j}^m)} \quad (\text{Б.44}),$$

$$u(S_j^B) = \sqrt{[u(S_j^B)_\varphi]^2 + [u(S_j^B)_r]^2} \quad (\text{Б.45}),$$

$$u(S_j)_R = \sqrt{[u(S_j^H)]^2 + [u(S_j^B)]^2} \quad (\text{Б.46}),$$

$$uV_j(H) = \frac{u(S_j)_R + u(S_j)_M + S_j}{S_i} \cdot 100 \quad (\text{Б.47}).$$

Приложение В (обязательное)

Порядок проведения ежегодного измерения базовой высоты резервуара

В.1. Ежегодные измерения базовой высоты резервуара проводит комиссия, назначенная приказом руководителя предприятия – владельца резервуара, в состав которой должен быть включен специалист, прошедший курсы повышения квалификации по поверке и калибровке резервуаров. Измерения базовой высоты проводят не менее двух раз в соответствии с п.9.1 настоящей методики. Расхождение между результатами двух измерений не должно быть более 2 мм. Если расхождение между результатами двух измерений превышает 2 мм, проводят дополнительные измерения.

В.2. При ежегодном измерении базовой высоты резервуар может быть наполнен до произвольного уровня. Среднее арифметическое значение результатов двух измерений базовой высоты резервуара, расхождение между которыми не превышает 2 мм, не должно отличаться от значения базовой высоты, установленного при предыдущей поверке и указанного в протоколе поверки, более чем на 0,1 %.

В.3. Если это условие не выполняется, резервуар освобождают от жидкости и проводят повторное измерение базовой высоты резервуара.

В.4. Результаты измерения базовой высоты оформляют актом, форма которого приведена в приложении Г.

В.5. При изменении базовой высоты более чем на 0,1 % по сравнению с её значением, установленным при поверке резервуара, устанавливают причину данного изменения и устраняют её. В случае невозможности устранения причины проводят первичную поверку резервуара.

Приложение Г
(рекомендуемое)

Форма акта измерений базовой высоты резервуара

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель предприятия - владельца резервуара
(директор, главный инженер)

АКТ

измерений базовой высоты резервуара
от "___" _____ года

Составлена в том, что комиссия, назначенная приказом по _____
наименование предприятия - владельца резервуара
_____ в составе председателя _____
инициалы, фамилия
и членов _____
инициалы, фамилии
провела контрольные измерения базовой высоты резервуара _____ № _____
тип резервуара
при температуре окружающего воздуха _____ °С.

Базовая высота резервуара, мм		Уровень жидкости в резервуаре, мм
Среднее арифметическое значение результатов двух измерений $(H_б)_к$	Значение базовой высоты, установленное при поверке резервуара $(H_б)_п$	
1	2	3

Относительное изменение базовой высоты резервуара $\delta_б$, %, вычисляются 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 графах 1 и 2 таблицы.

Вывод - требуется (не требуется) внеочередная поверка резервуара.

Председатель комиссии _____

Подпись

инициалы, фамилия

Члены комиссии _____

Подпись

инициалы, фамилия

Подпись

инициалы, фамилия