



НАЦІОНАЛЬНИЙ СТАНДАРТ УКРАЇНИ

---

Метрологія

# РЕЗЕРВУАРИ СТАЦІОНАРНІ ВИМІРЮВАЛЬНІ ВЕРТИКАЛЬНІ

Методика повірки (калібрування)  
геометричним методом із застосуванням  
геодезичних приладів

ДСТУ 7473:2016

*Видання офіційне*



Київ  
ДП «УкрНДНЦ»  
2016

## ПЕРЕДМОВА

1 РОЗРОБЛЕНО: Державне підприємство «Всеукраїнський державний науково-виробничий центр стандартизації, метрології, сертифікації й захисту прав споживачів» (ДП «Укрметртестстандарт»)

РОЗРОБНИКИ: **В. Заєць; О. Самойленко**, д-р техн. наук (науковий керівник)

2 ПРИЙНЯТО ТА НАДАНО ЧИННОСТІ: наказ ДП «УкрНДНЦ» України від 07 вересня 2016 р. № 267 з 2017–01–01

3 НА ЗАМІНУ ДСТУ 7473:2013

---

Право власності на цей національний стандарт належить державі.  
Заборонено повністю чи частково видавати, відтворювати  
здля розповсюдження і розповсюджувати як офіційне видання  
цей національний стандарт або його частини на будь-яких носіях інформації  
без дозволу ДП «УкрНДНЦ» чи уповноваженої ним особи

ДП «УкрНДНЦ», 2016

## ЗМІСТ

	С.
1 Сфера застосування .....	1
2 Нормативні посилання .....	2
3 Терміни та визначення понять .....	2
4 Метрологічні характеристики, які підлягають контролюванню під час повірки (калібрування) .....	4
5 Операції повірки (калібрування) .....	5
6 Засоби повірки (калібрування) .....	5
7 Вимоги до кваліфікації повірників .....	7
8 Умови повірки (калібрування) .....	7
9 Вимоги щодо безпеки .....	7
10 Підготування до повірки (калібрування) .....	7
11 Проведення повірки (калібрування) .....	8
11.1 Вимірювання відстаней, горизонтальних і вертикальних кутів (зенітних відстаней) тахеометром або сканером, умови вимірювання й температури резервуара .....	8
11.2 Вимірювання базової висоти резервуара та рівнеміра .....	8
11.3 Вимірювання під час визначення абсолютної висоти точок геодезичної мережі .....	9
11.4 Вимірювання під час визначення абсолютної висоти «мертвої» порожнини .....	9
11.5 Вимірювання під час визначення горизонтальних координат та абсолютної висоти точок геодезичної мережі зовні та зсередини резервуара .....	10
11.6 Вимірювання під час визначення горизонтальних координат та абсолютної висоти точок, розміщених на зовнішній або внутрішній поверхні стінки резервуара .....	11
11.7 Вимірювання під час визначення абсолютної висоти поясів, товщини стінок і шару фарби, висоти і знака нахльостування поясів резервуара .....	12
11.8 Вимірювання під час визначення геометричних параметрів та абсолютної висоти внутрішніх деталей і обладнання резервуара .....	13
11.9 Вимірювання під час визначення абсолютної висоти рівня та густини рідини, яка міститься в резервуарі під час повірки (калібрування) .....	13
11.10 Вимірювання під час визначення маси й абсолютної висоти низу покриву, що плаває, в момент його спливання та геометричних розмірів його елементів .....	14
12 Оброблення результатів вимірювання .....	14
12.1 Попереднє оброблення результатів кутових і лінійних вимірювань, виконаних тахеометром або сканером .....	14
12.2 Оброблення результатів вимірювання під час визначення базової висоти резервуара та рівнеміра .....	15
12.3 Оброблення результатів вимірювання під час визначення абсолютної висоти точок геодезичної мережі та низу приймально-роздавального патрубку .....	16
12.4 Оброблення результатів вимірювання під час визначення координат точок геодезичної мережі методом полігонометрії .....	17

12.5 Оброблення результатів вимірювання під час визначення абсолютної висоти точок геодезичної мережі .....	17
12.6 Оброблення результатів вимірювання під час визначення середнього внутрішнього радіуса циліндричної частини резервуара, радіальних відхилів внутрішньої поверхні циліндричної частини резервуара, ступеня нахилу й напрямку нахилу осі .....	17
12.7 Оброблення результатів вимірювання під час визначення абсолютної висоти поясів, товщини стінок і шару фарби, висоти нахльостування поясів резервуара, абсолютної висоти низу покриття, що плаває .....	18
12.8 Визначення інтервальних місткостей резервуара .....	19
12.9 Обчислювання границь допустимої відносної похибки місткості поясів резервуара .....	25
13 Оформлення результатів повірки (калібрування) .....	26
14 Порядок затвердження документів технічного звіту .....	27
Додаток А Рисунки .....	28
Додаток Б Форма протоколу повірки (калібрування) .....	36
Додаток В Оброблення результатів вимірювання в полігонометричному ході .....	41
Додаток Г Обчислювання геометричних параметрів резервуара .....	45
Додаток Д Обчислювання поправок в інтервальні місткості резервуара, обумовлених наявністю внутрішніх деталей і нерівностей днища .....	51
Додаток Е Оцінювання невизначеності вимірювання місткості резервуара .....	56
Додаток Ж Форма журналу оброблення результатів вимірювання .....	67
Додаток И Форма градуовальної таблиці .....	71
Додаток К Ескіз резервуара .....	73

НАЦІОНАЛЬНИЙ СТАНДАРТ УКРАЇНИ

---

МЕТРОЛОГІЯ

**РЕЗЕРВУАРИ СТАЦІОНАРНІ  
ВИМІРЮВАЛЬНІ ВЕРТИКАЛЬНІ**

Методика повірки (калібрування) геометричним методом  
із застосуванням геодезичних приладів

МЕТРОЛОГІЯ

**РЕЗЕРВУАРИ СТАЦИОНАРНЫЕ  
ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ВЕРТИКАЛЬНЫЕ**

Методика поверки (калибровки) геометрическим методом  
с применением геодезических приборов

METROLOGY

**THE VERTICAL MEASUREMENT  
FIXED TANKS**

Methods of the verification (calibration) by geometrical method with  
the use of the geodetic instruments

---

Чинний від 2017-01-01

**1 СФЕРА ЗАСТОСУВАННЯ**

1.1 Цей стандарт поширюється на сталеві та залізобетонні вертикальні циліндричні резервуари номінальною місткістю понад 50 м<sup>3</sup>, призначені для проведення державних облікових і торгових операцій з нафтою, нафтопродуктами й іншими рідкими речовинами, зокрема й харчовими рідинами, а також оперативного контролю й зберігання та встановлює методику первинної, періодичної та позачергової повірки (калібрування) із застосуванням електронних тахеометрів або сканерів.

1.2 Цей стандарт може бути використано під час повірки (калібрування) знову встановлених, після ремонту, переміщення і таких, що перебувають в експлуатації, резервуарів, після закінчення строку дії результатів попередньої повірки (калібрування).

1.3 Цей стандарт установлює методику повірки (калібрування) зовні або зсередини сталевих резервуарів або зсередини залізобетонних і сталевих теплоізольованих резервуарів, зокрема резервуарів із ребрами жорсткості, сильно нахилених, із плоскими, опуклими вверху або вниз днищами довільної форми.

1.4 Цей стандарт передбачає тільки комп'ютерне оброблення результатів вимірювання під час визначання інтервальних місткостей резервуара та складання градуовальної таблиці.

## 2 НОРМАТИВНІ ПОСИЛАННЯ

У цьому стандарті є посилання на такі нормативні документи:

ДСТУ 4147–2003 Метрологія. Резервуари сталеві вертикальні циліндричні. Методика повірки (ГОСТ 8.570–2000, MOD)

ДСТУ 4179–2003 Рулетки вимірювальні металеві. Технічні умови (ГОСТ 7502–98, MOD)

ДСТУ Б В.2.8-19:2009 Будівельна техніка, оснастка, інвентар та інструмент. Рівні будівельні. Технічні умови

ДСТУ ГОСТ 166:2009 (ИСО 3599–76) Штангенциркулі. Технические условия (ГОСТ 166–89 (ИСО 3599–76), IDT) (Штангенциркулі. Технічні умови)

ГОСТ 28498–90 Термометры жидкостные стеклянные. Общие технические требования. Методы испытаний (Термометри рідинні скляні. Загальні технічні вимоги. Методи випробування).

## 3 ТЕРМІНИ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ПОНЯТЬ

У цьому стандарті, крім термінів і визначень, наведених у ДСТУ 4147, застосовано такі терміни та визначення позначених ними понять:

### 3.1 геометричні параметри [резервуара] [деталей] [днищ]

Геометричні розміри [резервуара] [деталей] [днищ], які визначають методом прямих або непрямих вимірювань і які використовують для визначення загальної чи інтервальних місткостей резервуара

### 3.2 [геодезична] [просторова геодезична] мережа

Сукупність закріплених на поверхні землі та/чи об'єкта точок, пов'язаних між собою за допомогою просторових кутових і лінійних вимірювань для визначення просторових координат (горизонтальних координат та абсолютної висоти) цих точок в єдиній системі координат

### 3.3 горизонтальна геодезична мережа

Математична проекція (отримана математичними перетвореннями та/чи безпосередніми вимірюваннями) просторової геодезичної мережі на горизонтальну площину, створювана для визначення горизонтальних координат точок резервуара

### 3.4 горизонтальні координати

Координати в Декартовій плоскій прямокутній системі координат точок горизонтальної геодезичної мережі, точок на зовнішній або внутрішній стороні стінки резервуара, днища тощо

### 3.5 вертикальна геодезична мережа

Математична проекція (отримана математичними перетвореннями та/чи прямими вимірюваннями) просторової геодезичної мережі на вертикальну площину, створювана для визначення абсолютної висоти точок резервуара

### 3.6 горизонтальне прокладання

Проекція виміряної похилої відстані на горизонтальну площину

### 3.7 полігонометрія

Горизонтальна геодезична мережа у вигляді замкнутого багатокутника (полігона), у вершинах якого виміряно горизонтальні кути, а між вершинами – відстані (довжини сторін)

### 3.8 абсолютна висота

#### рівень наповнення

Відстань по вертикалі від горизонтальної площини, яка проходить через точку торкання днища вантажем рулетки і з якою збігається нуль градуовальної таблиці, до будь-якої точки резервуара чи до вільної поверхні рідини, яка міститься в резервуарі.

**Примітка.** Відносно цієї горизонтальної площини методами геометричного або тригонометричного нівелювання, а також прямими вимірюваннями рулеткою визначають базову висоту, абсолютну висоту точок геодезичної мережі, абсолютну висоту низу приймально-роздавального патрубку або верху всмоктувального патрубку, абсолютну висоту поясів, абсолютну висоту внутрішніх деталей

**3.9 перевищення**

Різниця абсолютної висоти двох будь-яких точок (зокрема й між горизонтальною віссю тахеометра чи сканера й будь-якою точкою), яку визначають прямими чи непрямыми вимірюваннями для обчислювання абсолютної висоти точок

**3.10 тригонометричне нівелювання**

Метод непрямого вимірювання перевищень між точками, обчислюваних по вимірних вертикальних кутах і по вимірних похилих відстанях або відомих горизонтальних прокладаннях для визначення абсолютної висоти точок

**3.11 полярний метод визначення координат**

Метод визначення горизонтальних координат і абсолютної висоти точок на зовнішній або внутрішній поверхні циліндричної частини резервуара, днища тощо відносно точок геодезичної мережі за вимірними горизонтальними й вертикальними кутами та відстанями від тахеометра або сканера до названих точок

**3.12 вісь резервуара**

Довільно орієнтована у просторі пряма, рівновіддалена від реальної зовнішньої або внутрішньої поверхні резервуара

**3.13 середній радіус циліндричної частини резервуара**

Відстань від осі резервуара до циліндричної поверхні, радіальні відхилення  $g_j^{\text{pez}}$  від якої реальної зовнішньої чи внутрішньої поверхні циліндричної частини резервуара відповідають умовам методу найменших квадратів (МНК):

$$\sum_{j=1}^n g_j^{\text{pez}} = 0; \quad \sum_{j=1}^n g_j^{\text{pez}^2} = \min. \quad (3.1)$$

**Примітка.** Якщо вимірювання виконують зовні, середній радіус обчислюють для реальної зовнішньої поверхні, а якщо зсередини — для внутрішньої

**3.14 ступінь нахилу осі резервуара**

Тангенс кута між віссю резервуара і вертикальною (прямовисною) лінією

**3.15 напрямок нахилу осі резервуара**

Горизонтальний кут за часовою стрілкою між лінією, яка з'єднує центр резервуара з точкою торкання днища вантажем рулетки, і проекцією похилої осі на горизонтальну площину

**3.16 базова висота резервуара [рівнеміра]**

Абсолютна висота замірної планки або зрізу горловини замірного люка [фланця для кріплення рівнеміра]

**3.17 гранична [максимальна] абсолютна висота наповнення**

Абсолютна висота найвищої точки верхнього пояса або нижнього зрізу горловини люка (якщо люк уварено всередину резервуара) чи будь-якої іншої, зазначеної в документації горизонтальної площини, вище якої наливання не допускають

**3.18 абсолютна висота «мертвої» порожнини**

Абсолютна висота горизонтальної площини, одержана за результатами вимірювань або наведена в документації, нижче за яку зливання рідини з резервуара не можливе

**3.19 абсолютна висота неконтрольованої порожнини**

Абсолютна висота найнижчої точки внутрішньої порожнини резервуара

**3.20 номінальна місткість**

Місткість резервуара, зазначена в технічній документації на резервуар і призначається під час його проектування

**3.21 загальна місткість**

Місткість резервуара, яка відповідає граничній абсолютній висоті наповнення

### 3.22 інтервальна місткість

Місткість резервуара, яка відповідає деякій абсолютній висоті  $\tilde{H}$  наповнення резервуара чи різниці абсолютних висот  $\Delta h$

### 3.23 місткість «мертвої» порожнини

Інтервальна місткість резервуара, яка відповідає абсолютній висоті «мертвої» порожнини

### 3.24 місткість неконтрольованої порожнини

Інтервальна місткість резервуара, яка відповідає абсолютній висоті точки торкання днища вантажем рулетки

### 3.25 електронний протокол повірки

Файл просторових координат на внутрішній або зовнішній поверхні резервуара, отриманий за допомогою сканера, призначений для візуалізації об'єкта сканування та виконання просторових кутових і лінійних вимірювань, за допомогою програмного забезпечення, комплектного до сканера, інших вимірювань і обчислювань.

## 4 МЕТРОЛОГІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ, ЯКІ ПІДЛЯГАЮТЬ КОНТРОЛЮВАННЮ ПІД ЧАС ПОВІРКИ (КАЛІБРУВАННЯ)

Метрологічні та інші технічні характеристики резервуара, що контролюються або визначаються під час повірки (калібрування), наведено в таблиці 1.

Таблиця 1

Метрологічні й інші технічні характеристики резервуара	Номер пункту
1 Базова висота резервуара та рівнеміра	12.2
2 Середній внутрішній радіус циліндричної частини, радіальні відхилення точок на внутрішній поверхні циліндричної частини, ступінь нахилу й напрямок нахилу осі	12.6
3 Абсолютна висота поясів, товщина стінок і шару фарби, висота нахльстування поясів, абсолютна висота низу плавального покриття	12.7
4 Загальна й інтервальні місткості нерівностей днища	12.8.4
5 Абсолютна висота «мертвої» порожнини, гранична абсолютна висота наповнення	12.3.3—12.3.6
6 Об'єм рідини, що витісняється плавальним покриттям, абсолютна висота рівня й об'єм рідини в момент спливання плавального покриття	12.8.8
7 Сумарна поправка до інтервальних місткостей, обумовлена наявністю внутрішніх деталей	12.8.8.8
8 Місткість неконтрольованої порожнини	12.8.10
9 Місткість «мертвої» порожнини	12.8.11
10 Загальна місткість	12.8.12
11 Інтервальні місткості резервуара, оформлені у вигляді градуовальної таблиці	12.8.12
12 Коефіцієнти місткості, які відповідають висоті наповнення 1 мм	12.8.13
13 Границі допустимої відносної похибки (невизначеність) місткості поясів і загальної місткості	12.9



## 5 ОПЕРАЦІЇ ПОВІРКИ (КАЛІБРУВАННЯ)

Під час проведення повірки (калібрування) має бути виконано операції, зазначені в таблиці 2.

Таблиця 2

Назва операції	Номер пункту	Проведення операції під час	
		первинної повірки	періодичної повірки
1 Вимірювання базової висоти резервуара та рівнеміра	11.2	Так	Так
2 Вимірювання під час визначення абсолютної висоти точок геодезичної мережі й абсолютної висоти «мертвої» порожнини	11.3, 11.4	Так	Так
3 Вимірювання під час визначення горизонтальних координат точок геодезичної мережі зовні чи зсередини резервуара	11.5	Так	Так
4 Вимірювання під час визначення горизонтальних координат і абсолютної висоти точок, розміщених на зовнішній або внутрішній поверхні стінки й днищі резервуара	11.6	Так	Так
5 Вимірювання під час визначення абсолютної висоти поясів, товщини стінок, висоти нахльостування поясів резервуара	11.7	Так	Ні
6 Вимірювання під час визначення товщини шару фарби	11.7.5	Так	Так <sup>1)</sup>
7 Вимірювання під час визначення геометричних параметрів та абсолютної висоти внутрішніх деталей	11.8	Так	Ні <sup>2)</sup>
8 Вимірювання під час визначення абсолютної висоти рівня та густини рідини, яка міститься в резервуарі під час повірки (калібрування)	11.9	Так	Так
9 Вимірювання під час визначення маси й абсолютної висоти низу плавального покриття в момент його спливання та геометричних розмірів її елементів	11.10	Так	Ні <sup>3)</sup>
10 Оброблення результатів вимірювання	12	Так	Так
11 Оформлення результатів повірки (калібрування)	13	Так	Так

<sup>1)</sup> Вимірювання товщини шару фарби проводять тільки в разі повірки (калібрування) резервуарів ззовні.  
<sup>2)</sup> Виконують вимірювання під час визначення геометричних параметрів і абсолютної висоти внутрішніх деталей резервуара, якщо вносили зміни в конструкцію резервуара.  
<sup>3)</sup> Виконують вимірювання під час визначення маси, розмірів, об'єму опор плавального покриття й абсолютної висоти низу плаваючого покриття, якщо вносили зміни в його конструкцію.

## 6 ЗАСОБИ ПОВІРКИ (КАЛІБРУВАННЯ)

6.1 Під час повірки (калібрування) використовують засоби вимірювальної техніки (ЗВТ), зазначені в таблиці 3.

Таблиця 3

Назва й тип ЗВ	Діапазон вимірювання	Метрологічні характеристики
Тахеометр електронний <sup>1)</sup>	Горизонтального кута — від 0° до 360°, вертикального кута — від мінус 50° до 50°, довжини: — із застосуванням призми — від 1,5 м до 1000 м; — у режимі «без відбивача» — від 0,6 м до 100 м	Середня квадратична похибка вимірювання одним напівприйомом <sup>2)</sup> : горизонтального кута — до 15"; вертикального кута — до 15", довжини: — із застосуванням призми — (2 + 2 · L · 10 <sup>-6</sup> ) мм; — у режимі «без відбивача» — (3 + 2 · L · 10 <sup>-6</sup> ) мм, де L — вимірювана довжина, мм

Кінець таблиці 3

Назва й тип ЗВ	Діапазон вимірювання	Метрологічні характеристики
Сканер <sup>1)</sup>	Горизонтального кута — від 0° до 360°; вертикального кута — від мінус 30° до 90°; відстані — від 0,6 м до 100 м	Середня квадратична похибка вимірювання <sup>3)</sup> : горизонтального кута — 15"; вертикального кута — 15"; відстані — 3 мм
Рулетка вимірювальна металева 3-го класу згідно з ДСТУ 4179	Від 0 м до 5 м	Границі допустимої похибки вимірювання — $\Delta = \pm (0,4 + 0,2 \cdot L)$ мм, де $L$ — вимірювана довжина, м
Рулетка вимірювальна металева с вантажем 2-го класу згідно з ДСТУ 4179	Від 0 м до 20 м	Границі допустимої похибки вимірювання — $\Delta = \pm (0,3 + 0,15 \cdot L)$ мм, де $L$ — вимірювана довжина, м
Товщиномір ультразвуковий	Від 2 мм до 100 мм	Границі допустимої похибки вимірювання — $\Delta = \pm (0,05 + 0,01 \cdot H)$ мм, де $H$ — вимірювана товщина, м
Рівень будівельний згідно з ДСТУ Б В.2.8-19 або електронний	Від 0° до 90°	Границі допустимої похибки вимірювання — $\Delta = \pm 1^\circ$
Штангенциркуль згідно з ДСТУ ГОСТ 166	Від 0 мм до 125 мм	Границі допустимої похибки — $\Delta = \pm 0,1$ мм
Пірометр	Від мінус 20 °С до 70 °С	Границі допустимої похибки вимірювання температури поверхні — $\Delta = \pm 2$ °С
Термометр рідинний згідно з ГОСТ 28498 або електронний	Від мінус 20 °С до 50 °С	Границі допустимої похибки вимірювання температури повітря — $\Delta = \pm 2$ °С
Барометр-анероїд	Від 80 кПа до 106,7 кПа	Границі допустимої похибки вимірювання атмосферного тиску — $\Delta = \pm 5$ кПа
<sup>1)</sup> Під час виконання вимірювань відповідно до цієї методики застосовують електронний тахеометр або сканер. <sup>2)</sup> Середня квадратична похибка (СКП) вимірювання горизонтального або вертикального кута одним напівприйомом не більше ніж 15" відповідає СКП вимірювання кута одним повним прийомом не більше ніж 6", яку нормують у технічній документації фірм—виробників тахеометрів. <sup>3)</sup> СКП вимірювання горизонтальних і вертикальних кутів і довжин може не нормуватися фірмами—виробниками сканерів. Може бути нормовано тільки СКП вимірювання координат, яка не повинна перевищувати 3 мм.		

**6.2** Границі допустимої абсолютної похибки визначення постійної поправки до вимірюваних тахеометром або сканером відстаней за номінальної місткості резервуара:

- до 200 м<sup>3</sup> включно —  $\pm 1$  мм;
- понад 200 м<sup>3</sup> до 400 м<sup>3</sup> включно —  $\pm 1,5$  мм;
- понад 400 м<sup>3</sup> до 5000 м<sup>3</sup> включно —  $\pm 2$  мм;
- понад 5000 м<sup>3</sup> —  $\pm 4$  мм.

**6.3** Відхил від перпендикулярності візирної осі тахеометра чи осі лазерного променя сканера до горизонтальної осі обертання (колімаційна похибка) і місце нуля (місце зеніту) — не більше ніж 15".

**6.4** Відхил від перпендикулярності горизонтальної осі обертання тахеометра чи сканера до вертикальної осі обертання — не більше ніж 15".

**6.5** Границі допустимої абсолютної похибки вимірювання кута нахилу осі обертання приладу компенсатором тахеометра чи сканера — не більше ніж  $\pm 60$ ".

**6.6** У разі дотримання зазначених у 6.1—6.5 границь допустимої похибки вимірювання похибка (розширена невизначеність) визначення місткості  $\Delta$  має бути в границях для резервуарів місткістю:

- до 3000 м<sup>3</sup> включно — мінус 0,15 %  $\leq \Delta \leq 0,15$  %;
- від 3000 м<sup>3</sup> до 5000 м<sup>3</sup> включно — мінус 0,1 %  $\leq \Delta \leq 0,1$  %;
- від 5000 м<sup>3</sup> і більше — мінус 0,05 %  $\leq \Delta \leq 0,05$  %.

6.7 Усі засоби вимірювання, використовувані під час повірки (калібрування), має бути повірено (відкалібровано).

6.8 Допустимо застосування інших засобів вимірювання, які за своїми характеристиками не гірше зазначених у 6.1.

## 7 ВИМОГИ ДО КВАЛІФІКАЦІЇ ПОВІРНИКІВ

7.1 Вимірювання під час проведення повірки (калібрування) резервуара виконує група фахівців, у якій є фахівець, що пройшов курси підвищення кваліфікації й атестований як повірник.

7.2 Фахівці повинні знати вимоги нормативних і методичних документів, установлені до резервуарів і геодезичних приладів, основні правила їх застосування, а також правила охорони праці, виробничої санітарії та протипожежної безпеки.

7.3 Фахівці повинні вміти використовувати спеціальне програмне забезпечення, атестоване на відповідність вимогам цього стандарту.

## 8 УМОВИ ПОВІРКИ (КАЛІБРУВАННЯ)

8.1 Під час проведення повірки (калібрування) має бути забезпечено такі умови:

- температура повітря — від мінус 20 °С до 40 °С;
- атмосферний тиск — від 80 кПа до 106,7 кПа.

8.2 Резервуари має бути виготовлено й установлено відповідно до чинних нормативних документів.

8.3 Підприємство (замовник) для проведення повірки (калібровки) має виконати таке:

а) резервуари має бути повністю змонтовано, встановлено на стійкий фундамент, випробувано на міцність і герметичність. Під час вимірювань зсередини резервуарів їх має бути повністю очищено й провітрено;

б) за наявності підготовлено плани розміщення резервуарів, їх технічні паспорти й кресленики загальних видів, результати попередньої повірки (калібрування).

## 9 ВИМОГИ ЩОДО БЕЗПЕКИ

9.1 Під час проведення повірки (калібрування) необхідно дотримуватися вимог щодо охорони праці відповідно до розділу 7 ДСТУ 4147.

9.2 Безпосередньо перед початком повірки (калібрування) на кожному підприємстві керівники виробництв (де виконують повірку (калібрування)) повинні провести інструктаж з охорони праці, пов'язаний з особливостями підприємства: робота на складах палива, робота на висоті, необхідність застосування спецодягу й індивідуальних засобів захисту, робота у вибухо- та пожежонебезпечних зонах, робота в закритих зонах зі шкідливими парами тощо.

9.3 На виконання робіт, за необхідності, треба отримати наряд-допуск від керівника чи головного інженера підприємства.

9.4 За наявності нафтопродукту в резервуарі вимірювання виконують за межами вибухонебезпечної зони. Під час вимірювань зсередини загазованість має бути нижче допустимої в разі вогневих робіт.

9.5 Основні вимоги та необхідні умови для убезпечення під час повірки (калібрування):

— умови під час проведення повірки (калібрування) мають відповідати вимогам, установленим у чинних стандартах з безпеки праці;

— на робочому місці має бути забезпечено освітленість (загальну й місцеву) відповідно до чинних нормативних документів.

## 10 ПІДГОТУВАННЯ ДО ПОВІРКИ (КАЛІБРУВАННЯ)

10.1 Під час вимірювань зовні резервуара, залежно від обстановки, яка оточує резервуар, вибирають схему геодезичної мережі у вигляді замкнутого три-, чотири-, шести- або восьмикутника (див. рисунки А.1, А.2, А.3 й А.4). Найкоротша відстань від точок геодезичної мережі до твердої резервуара має бути в межах від однієї до чотирьох висот резервуара. Рекомендовано, щоб сторони

геодезичної мережі були приблизно однакової довжини, а відстані від точок геодезичної мережі до стінки резервуара приблизно однакові.

Якщо повіряють (калібрують) групу резервуарів, то допустимо, щоб для суміжних резервуарів точки геодезичної мережі збігалися (див. рисунок А.5).

**10.2** Під час вимірювань зсередини резервуара геодезична мережа представляє собою чотири відбивальні плівки чи паперові марки (див. рисунок А.6), наклеєні на стінки резервуара на висоті 0,75 висоти першого пояса (див. рисунок А.7).

**10.3** Під час вимірювань зовні резервуара рекомендовано точки геодезичної мережі закріпити на землі геодезичними знаками: тимчасовими — металевий штир із керном, дерев'яний кілочок із цвяхом, металевий костиль із керном (див. рисунок А.8) або постійними геодезичними знаками (див. рисунок А.9). Якщо використовують не менше ніж три геодезичні штативи із трегерами, точки геодезичної мережі не закріплюють.

**10.4** Кількість горизонтальних і вертикальних перерізів на циліндричній частині резервуара вибирають згідно з ДСТУ 4147. За допомогою рулетки на висоті 0,75 висоти першого поясу розбивають вертикальні перерізи, позначають крейдою чи фарбою й підписують їх номери.

**10.5** У разі застосування автоматизованих тахеометрів або сканерів загальну кількість точок, рівномірно розміщених на стінці резервуара, не обмежують і не прив'язують до фіксованих горизонтальних і вертикальних площин, але їх має бути не менше, ніж наведено в 10.4.

## **11 ПРОВЕДЕННЯ ПОВІРКИ (КАЛІБРУВАННЯ)**

**11.1 Вимірювання відстаней, горизонтальних і вертикальних кутів (зенітних відстаней) тахеометром або сканером, умови вимірювання й температури резервуара**

**11.1.1** Вимірювання відстаней, горизонтальних і вертикальних кутів (зенітних відстаней) тахеометром виконують відповідно до настанови щодо його експлуатування. У разі визначення координат точок у геодезичній мережі й у разі визначення координат точок на поверхні стінки резервуара кутові вимірювання тахеометром виконують за напівприйм (тільки біля кола ліворуч).

У разі застосування сканера геодезичну мережу навкруги резервуара будують за методикою фірми — виробника сканера, наприклад за допомогою спеціальних сфер або марок із комплекту приладу. Точки мережі при цьому не закріплюють.

Результати лінійних і кутових вимірювань (горизонтальні та вертикальні кути або зенітні відстані) чи горизонтальні координати й абсолютні висоти точок, обчислені за результатами кутових і лінійних вимірювань, записують у пам'ять тахеометра або сканера.

**11.1.2** Температуру повітря й атмосферний тиск повітря записують в протокол повірки (калібрування) та заносять у пам'ять тахеометра для автоматичного уведення поправок у виміряні значення відстаней.

Результати вимірювання відповідно до 11.1.2 заносять до протоколу, форму якого наведено в додатку Б (Б.1.2).

**11.1.3** Перед початком повірки (калібрування) тахеометром або сканером вимірюють температуру стінок резервуара пірометром. Під час повірки (калібрування) залізобетонних резервуарів температуру його стінки не вимірюють.

Результати вимірювання відповідно до 11.1.3 заносять до протоколу, форму якого наведено в додатку Б (Б.2.5).

### **11.2 Вимірювання базової висоти резервуара та рівнеміра**

**11.2.1** Базову висоту резервуара вимірюють відповідно до 9.1.10 ДСТУ 4147.

Базова висота рівнеміра – абсолютна висота фланця, до якого кріплять рівнемір, її визначають на вимогу замовника робіт. При цьому тахеометром або на скані вимірюють або перевищення між верхом замірної планки чи зрізу горловини замірного люка та фланцем для кріплення рівнеміра, або перевищення між базовою точкою резервуара й базовою точкою рівнеміра і базову висоту рівнеміра аналогічно базовій висоті резервуара.

Результати вимірювання заносять до протоколу, форму якого наведено в додатку Б (Б.2.2).

### **11.3 Вимірювання під час визначення абсолютної висоти точок геодезичної мережі**

**11.3.1** Під час вимірювання зовні резервуара абсолютну висоту однієї з точок геодезичної мережі визначають методом тригонометричного нівелювання. При цьому тахеометр установлюють над точкою геодезичної мережі, якщо з нього є видимість на відбивач-марку, встановлений над точкою вимірювання базової висоти (над замірною планкою). Рулеткою вимірюють висоту тахеометра над точкою геодезичної мережі й висоту відбивача-марки над точкою вимірювання базової висоти. Тахеометром вимірюють вертикальний кут і похилу відстань на відбивач-марку (див. рисунок А.10). Рекомендовано відбивач-марку встановлювати на геодезичному штативі чи ніжці. Допустимо виконувати вимірювання через люк-лаз резервуара, якщо є пряма видимість через люк-лаз із точки мережі, чи із довільної точки на точку торкання днища вантажем рулетки, на яку встановлюють відбивач або сферу.

У разі застосування сканера з однієї з точок сканують сферу чи марку із комплексу сканера, встановлену замість відбивача-марки. Також вимірюють її висоту над точкою вимірювання базової висоти.

**11.3.2** Якщо немає прямої видимості з точки геодезичної мережі на відбивач-марку, встановлений над точкою вимірювання базової висоти, тахеометр установлюють у довільній точці так, щоб була пряма видимість на відбивач-марку, встановлений над точкою вимірювання базової висоти й на відбивач-марку, встановлений над точкою геодезичної мережі. Вимірюють висоти обох відбивачів-марок. Тахеометром вимірюють вертикальні кути та відстані на обидва відбивачі-марки (див. рисунок А.11).

**11.3.3** Визначення абсолютної висоти зсередини резервуара точок геодезичної мережі у вигляді марок, наклеєних на стінки резервуара, виконують методом тригонометричного нівелювання. При цьому вимірюють вертикальний кут і похилу відстань на відбивач-марку, встановлений на точку торкання днища вантажем рулетки. Рулеткою вимірюють висоту відбивача-марки над точкою торкання днища вантажем рулетки і вводять в тахеометр. Тахеометром вимірюють вертикальні кути й похилі відстані на марки, наклеєні на внутрішній стінці резервуара. Програмним забезпеченням тахеометра обчислюють абсолютну висоту марок.

**11.3.4** Рекомендовано вимірювання відповідно до 11.3.3 виконувати спільно з визначенням горизонтальних координат точок геодезичної мережі у вигляді марок на стінках відповідно до 11.5.8.

**11.3.5** Вимірювання під час визначення абсолютної висоти інших точок геодезичної мережі виконують одночасно з вимірюваннями під час визначення горизонтальних координат точок геодезичної мережі зовні й зсередини резервуара.

Результати вимірювання заносять у пам'ять тахеометра чи до протоколу, форму якого наведено в Б.2.3.

### **11.4 Вимірювання під час визначення абсолютної висоти «мертвої» порожнини**

**11.4.1** Абсолютну висоту «мертвої» порожнини (абсолютну висоту низу приймально-роздавального патрубку резервуара) визначають методом тригонометричного нівелювання. Вимірюють вертикальний кут і відстань на відбивач-марку, встановлений на рівні низу приймально-роздавального патрубка впритул до стінки резервуара.

**11.4.2** Якщо не вдається встановити відбивач-марку на рівень низу приймально-роздавального патрубка, то визначають перевищення між точкою геодезичної мережі і верхом приймально-роздавального патрубка (див. рисунки А.10 та А.11). Вимірюють зовнішній діаметр (довжину кола) труби приймально-роздавального патрубка штангенциркулем, мікрометром або довжину кола рулеткою, а також товщину стінки труби товщиноміром.

**11.4.3** Допускають вимірювання на низ або верх приймально-роздавального патрубка виконувати в безвідбивальному режимі тахеометра, наводячи безпосередньо на місце, де патрубок уварено в стінку резервуара. Вимірювання відповідно до 11.4.1—11.4.2 виконують не менше ніж два рази, змінивши висоту тахеометра чи місце його встановлення.

**11.4.4** Під час вимірювання зсередини резервуара абсолютну висоту «мертвої» порожнини визначають за вертикальними кутами й відстанями, виміряними тахеометром на відбивач-марку, послідовно встановлений на точку торкання днища вантажем рулетки та низ приймально-роздавального патрубка. Якщо немає прямої видимості на низ внутрішньої твірної приймально-роздавального патрубка, виконують вимірювання на відбивач-марку, встановлений на днищі безпосередньо під приймально-

роздавальним патрубком, а потім рулеткою вимірюють відстань по вертикалі від днища до низу приймально-роздавального патрубка (див. рисунок А.12).

**11.4.5** Допускають вимірювання відповідно до 11.4.1 або 11.4.2 виконувати через люк-лаз резервуара, якщо є пряма видимість через люк-лаз із точки мережі чи з довільної точки на приймально-роздавальний патрубок.

Результати вимірювання заносять у пам'ять тахеометра або до протоколу, форму якого наведено в додатку Б (Б.2.4).

### **11.5 Вимірювання під час визначення горизонтальних координат та абсолютної висоти точок геодезичної мережі зовні та зсередини резервуара**

**11.5.1** Вимірювання під час визначення горизонтальних координат та абсолютної висоти точок геодезичної мережі зовні резервуара виконують методом полігонометрії в такій послідовності. Тахеометр і два відбивачі-марки, закріплені на штативах, центрують на трьох суміжних точках геодезичної мережі (див. рисунок А.13). Рулеткою вимірюють висоту тахеометра та відбивачів-марок над точками геодезичної мережі й виміряні значення вводять в тахеометр. Якщо геодезичну мережу не закріплювали, то висоти тахеометра і відбивачів-марок вводять такими, що дорівнюють нулю.

Уводять у пам'ять тахеометра довільні вихідні горизонтальні координати першої точки й абсолютну висоту першої точки, визначену відповідно до 11.3.1 або 11.3.2.

Напрямок прокладання ходу та нумерація його точок — проти ходу часової стрілки (вимірюють ліві по ходу кути).

**11.5.2** Наводять тахеометр на центр відбивача-марки, центрованого над лівою від тахеометра точкою геодезичної мережі, й обнуляють покази горизонтального круга тахеометра. Вимірюють вертикальний кут і відстань на центр відбивача-марки біля кола ліворуч тахеометра. Одночасно обчислюють горизонтальні координати й абсолютну висоту цієї точки програмним забезпеченням тахеометра.

Наводять тахеометр на центр відбивача-марки, зцентрованого над правою від тахеометра точкою геодезичної мережі. Вимірюють горизонтальний, вертикальний кут і відстань на центр відбивача-марки біля кола ліворуч тахеометра. Одночасно обчислюють горизонтальні координати й абсолютну висоту цієї точки програмним забезпеченням тахеометра.

**11.5.3** Якщо кількість штативів із трегерами збігається з кількістю точок геодезичної мережі, то міняють місцями тахеометр і правий (якщо дивитись на резервуар) відбивач-марку. Виконують вимірювання відповідно до 11.5.2—11.5.3.

**11.5.4** Якщо для вимірювання в геодезичній мережі з чотирьох і більше точок застосовують три штативи з трегерами, то після вимірювання лівий штатив (якщо дивитися на резервуар) знімають. Не знімаючи та не зрушуючи центрального і правого штативів і трегерів на них, міняють місцями тахеометр і правий (якщо дивитися на резервуар) відбивач-марку. Знятий раніше штатив з відбивачем-маркою центрують над суміжною з тахеометром точкою (праворуч від тахеометра). Виконують вимірювання відповідно до 11.5.2—11.5.3.

**11.5.5** Вимірювання відповідно до 11.5.2—11.5.5 виконують на всіх точках геодезичної мережі. З останньої точки геодезичної мережі в обов'язковому порядку виконують вимірювання на першу точку (замикають полігонометричний хід) і обчислюють контрольні горизонтальні координати й абсолютну висоту першої точки програмним забезпеченням тахеометра.

**11.5.6** Якщо вимірювання зовні резервуара виконують відповідно до 11.5.5, необхідно на поверхні резервуара (в точці, яку видно з першої й останньої точки полігонометричного ходу) закріпити контрольну точку у вигляді відбивальної плівки (катафота), паперової візирної марки (див. рисунок А.6) чи намальованого на поверхні резервуара хреста, якщо резервуар пофарбовано в білий чи світло-сірий колір. Виконують вимірювання з першої точки полігонометричного ходу на контрольну точку й записують у протокол її вихідні горизонтальні координати й абсолютну висоту. З останньої точки полігонометричного ходу виконують вимірювання на контрольну точку й записують в протокол її контрольні горизонтальні координати й абсолютну висоту.

**11.5.7** Теоретично вихідні горизонтальні координати та абсолютна висота першої точки полігонометричного ходу (11.5.5) або контрольної точки (11.5.6) мають бути такими, що дорівнюють контрольним горизонтальним координатам і абсолютній висоті цих точок. Практично допустимі розбіжності цих горизонтальних координат і абсолютної висоти оцінюють відповідно до 12.4 та 12.5.

**11.5.8** Вимірювання під час визначення горизонтальних координат та абсолютної висоти точок геодезичної мережі зсередини резервуара виконують у такій послідовності. Установлюють тахеометр у центрі резервуара або на лінії, що з'єднує центр резервуара з точкою торкання днища вантажем рулетки. Наводять зорову трубу тахеометра на відбивач-марку, закріплений на осі, встановленій на точці торкання днища вантажем рулетки, й обнуляють покази горизонтального круга. Вимірюють вертикальний кут і відстань на відбивач-марку й обчислюють програмним забезпеченням тахеометра абсолютну висоту горизонту тахеометра.

Наклеюють на стінках резервуара чотири відбивальних плівки (катафоти) чи паперових візирних марки з хрестом (див. рисунок А.6) і вимірюють на них горизонтальні, вертикальні кути та відстані (див. рисунок А.7), одночасно обчислюють горизонтальні координати й абсолютну висоту цих точок і точки торкання днища вантажем рулетки програмним забезпеченням тахеометра та заносять у пам'ять тахеометра.

У разі застосування сканера й необхідності провести сканування з кількох точок замість марок на стінці має бути встановлено на днищі резервуара біля його стінки рівновіддалені (2—4) сфери або марки із комплекту сканера, які сканують з цих точок.

**11.5.9** Якщо з будь-якої причини не вдалося виконати всі заплановані вимірювання на точки на стінках резервуара відповідно до 11.6 та 11.7.1—11.7.3 з точок геодезичної мережі (наприклад, закрито видимість будь-якими конструкціями чи центральною трубою), вимірювання допустимо виконати з додаткових точок.

Вимірювання під час визначення горизонтальних координат і абсолютної висоти додаткових точок геодезичної мережі методом оберненої лінійно-кутової засічки виконують безпосередньо перед вимірюваннями на стінки резервуара в такій послідовності. Тахеометр установлюють на штативі в точці, де це необхідно для виконання вимірювань, на стінки резервуара. На точках геодезичної мережі установлюють не менше ніж два відбивачі-мароки і вимірюють їх висоти. Виконують на них вимірювання горизонтальних, вертикальних кутів і відстаней тахеометром. Обчислюють програмним забезпеченням тахеометра горизонтальні координати й абсолютну висоту точки, в якій міститься тахеометр. Після цього тахеометр вважають підготовленим для вимірювання на точки на стінках резервуара.

За необхідності мати додаткові точки зсередини резервуара вимірювання виконують аналогічно на відбивальні плівки, наклеєні на стінку, координати яких визначено відповідно до 11.5.9.

**11.5.10** Горизонтальні координати й умовна висота точок геодезичної мережі, обчислені програмним забезпеченням тахеометра відповідно до 11.5.1—11.5.10, заносять у пам'ять тахеометра й, за необхідності, в протокол, форму якого наведено в додатку Б (Б.2.6).

## **11.6 Вимірювання під час визначення горизонтальних координат та абсолютної висоти точок, розміщених на зовнішній або внутрішній поверхні стінки резервуара**

**11.6.1** Перед вимірюваннями зовні на точки, які містяться на стінці резервуара, тахеометр центрують над точкою геодезичної мережі й вимірюють його висоту (до горизонтальної осі). Ім'я точки стояння, висоту приладу над нею та ім'я точки, на яку було наведено тахеометр, вводять в пам'ять тахеометра (горизонтальні координати й абсолютна висота точок геодезичної мережі мають бути попередньо введені в пам'ять тахеометра). Зорову трубу тахеометра наводять на точку геодезичної мережі або відбивач-марку, центрований над нею, й виконують вимірювання, необхідні для орієнтування тахеометра.

**11.6.2** Зорову трубу тахеометра наводять на риску, що відмічає відповідний вертикальний переріз на поверхні резервуара на висоті 0,75 висоти першого поясу. В тахеометр вводять код «точки на поверхні резервуара, номер перерізу». Тахеометр перемикають в режим «вимірювання відстаней без відбивача». Прокручуючи зорову трубу тахеометра довкола горизонтальної осі, виконують наведення, починаючи з 0,75 висоти першого поясу, на нижню, середню та верхню точки кожного поясу резервуара з другого до передостаннього (див. рисунок А.14). Для верхнього поясу наведення здійснюють тільки на точки, розташовані внизу і в середині поясу. Після наведення на кожну точку вимірюють горизонтальний напрямок, вертикальний кут і відстань. Програмою, вбудованою в тахеометр, обчислюють горизонтальні координати й абсолютну висоту точки, на яку виконували вимірювання, та заносять в пам'ять тахеометра.

**11.6.3** Вимірювання відповідно до 11.6.2 виконують на точки в кожному з вертикальних перерізів, доступних для вимірювання з цієї точки геодезичної мережі.

**11.6.4** Вимірювання відповідно до 11.6.3 виконують на кожній точці геодезичної мережі та, якщо необхідно, з додаткових точок, створених відповідно до 11.5.10.

**11.6.5** Вимірювання під час визначення координат точок, розміщених на внутрішній поверхні стінки резервуара, рекомендовано виконувати відразу після створення геодезичної мережі відповідно до 11.5.9, виконуючи вимірювання відповідно до 11.6.2 та 11.6.3. Під час виконання вимірювань автоматизованими тахеометрами чи сканерами задають крок сканування в горизонтальній і вертикальній площині та виконують вимірювання в автоматичному режимі.

**11.6.6** Для резервуарів із покритвом, що плаває, вимірювання з середини тахеометром або сканером виконують у два етапи. На першому етапі разом з вимірюваннями на стінки та днище відповідно до 11.6.5 виконують вимірювання в режимі без відбивача на низ покриття, що плаває. На другому етапі тахеометр або сканер, яким можна керуватися дистанційно, встановлюють на покритві, що плаває, приводять у робочий стан і дистанційно запускають на вимірювання. За наявності люків у покритві, що плаває, рекомендовано сканер підняти через нього на високому штативі та виконати сканування верхньої частини резервуара.

**11.6.7** Якщо резервуар не має центральної труби, то допустимо всі вимірювання на точки, розташовані на стінках резервуара, виконувати з однієї точки встановлення тахеометра.

**11.6.8** Якщо резервуар має центральну трубу або повірку (калібрування) було з будь-якої причини перервано, то вимірювання виконують із двох і більше точок, координати яких визначають як додаткові відносно точок геодезичної мережі відповідно до 11.5.10. За результатами вимірювання обчислюють координати тахеометра його програмним забезпеченням зі зворотної засічки. СКП горизонтальних координат та абсолютної висоти тахеометра, обчислені його програмним забезпеченням, не мають бути більше ніж:

- для резервуарів місткістю до 200 м<sup>3</sup> включно — 1,5 мм;
- понад 200 м<sup>3</sup> до 400 м<sup>3</sup> включно — 2 мм;
- понад 400 м<sup>3</sup> до 5000 м<sup>3</sup> включно — 3 мм;
- понад 5000 м<sup>3</sup> — 5 мм,

інакше всі вимірювання повторюють.

**11.6.9** Визначають також горизонтальні координати базової точки (що також — точки торкання днища вантажем рулетки), встановивши відбивач-марку в цю точку. Вимірювання рекомендовано виконувати разом з вимірюваннями відповідно до 11.3.1.

Результати вимірювання заносять у пам'ять тахеометра або сканера та до протоколу, форму якого наведено в додатку Б (Б.2.2).

**11.6.10** Обчислювання горизонтальних координат і абсолютної висоти точок, розміщених на зовнішній або внутрішній поверхні стінки резервуара, виконують програмним забезпеченням тахеометра чи сканера безпосередньо у процесі виконання вимірювань відразу після координування чергової точки полігонометричного ходу відповідно до 11.5.3. Запис координат та абсолютної висоти точок заносять у пам'ять тахеометра чи сканера без запису в протокол повірки (калібрування).

## **11.7 Вимірювання під час визначення абсолютної висоти поясів, товщини стінок і шару фарби, висоти і знака нахльостування поясів резервуара**

**11.7.1** Вимірювання під час визначення абсолютної висоти поясів резервуара виконують методом тригонометричного нівелювання за допомогою тахеометра або по скану. Встановлюють тахеометр на точці геодезичної мережі навпроти першого вертикального перерізу (див. рисунок А.15). Тахеометр приводять у робоче положення згідно з інструкцією щодо експлуатування та вимірюють його висоту (до горизонтальної осі). Обчислюють абсолютну висоту горизонту тахеометра й уводять у пам'ять тахеометра.

**11.7.2** Зорову трубу тахеометра послідовно наводять на точки, розташовані на границях поясів резервуара по першому вертикальному перерізу, вимірюють вертикальний кут, похилу відстань та одночасно обчислюють абсолютну висоту поясів програмним забезпеченням тахеометра.

**11.7.3** Відповідно до 11.7.1 та 11.7.2 виконують визначення абсолютної висоти поясів резервуара у вертикальних перерізах, розташованих під кутами приблизно 90°, 180° і 270° до першого.

У разі застосування сканера висоти поясів знімають зі скана (графічного зображення резервуара програмним забезпеченням фірми-виробника) у тих самих точках.



**11.7.4** Товщину стінок поясів резервуара визначають безпосереднім вимірюванням за допомогою товщиноміра. Вимірювання виконують не менше ніж у чотирьох точках по кожному поясу резервуара й не менше ніж два рази в кожній точці. Виміряні значення не повинні відрізнятися більше ніж на 0,3 мм. Допустимо використовувати результати попередньої перевірки (калібрування) чи значення, записані в будівельній документації на резервуар.

**11.7.5** Товщину шару фарби поясів резервуара визначають безпосереднім вимірюванням товщини сколювання фарби штангенциркулем. Вимірювання виконують не менше ніж у чотирьох точках по кожному поясу резервуара й не менше ніж два рази в кожній точці. Виміряні значення не повинні відрізнятися більше ніж на 0,2 мм.

**11.7.6** Висоту нахльостування поясів резервуара визначають безпосереднім вимірюванням лінійкою. Вимірювання виконують не менше ніж у чотирьох точках по кожному поясу резервуара й не менше ніж два рази в кожній точці. Виміряні значення не повинні відрізнятися більше ніж на 2 мм.

Необхідно обчислити внутрішні висоти поясів, тому, якщо вимірювання виконують зовні, нахльосту присвоюють знак — додатній, якщо пояс, що розміщений вище, міститься із зовнішньої сторони пояса, розміщений нижче, від'ємний, якщо пояс, розміщений вище, міститься з внутрішньої сторони пояса, розміщеного нижче. У разі вимірювання із середини резервуара знак нахльостування фіксують у протоколі, але для обчислювань висот поясів відповідно до 12.8.3.1 і 12.8.3.2 цю інформацію не використовують.

**11.7.7** Результати вимірювання відповідно до 11.7.1—11.7.6 заносять до протоколу, форму якого наведено в додатку Б (Б.2.7).

**11.7.8** Під час перевірки (калібрування) залізобетонних резервуарів вимірювання відповідно до 11.7 не виконують.

## **11.8 Вимірювання під час визначення геометричних параметрів та абсолютної висоти внутрішніх деталей і обладнання резервуара**

**11.8.1** Вимірюють діаметр поперечного перерізу циліндричної деталі або ширину й висоту прямокутного поперечного перерізу як середнє значення із не менше ніж двох вимірів штангенциркулем, рулеткою чи металевою лінійкою. Вимірюють також нахил осі деталі до вертикалі накладним будівельним рівнем і довжину деталі рулеткою і результати вимірювання записують до протоколу, форму якого наведено в додатку Б (Б.2.9). Значення довжини записують зі знаком «-», якщо деталь зовнішня, що збільшує об'єм резервуара, та зі знаком «+», якщо внутрішня, що зменшує об'єм резервуара.

**11.8.2** Абсолютну висоту нижньої та верхньої границі деталі визначають тахеометром методом тригонометричного нівелювання, послідовно вимірюючи вертикальні кути (зенітні відстані) та відстані на низ і верх кожної деталі. Вимірювання відстаней виконують у режимі «вимірювання відстаней без відбивача» тахеометра або на відбивач-марку, встановлюваний у відповідних точках.

**Примітка.** У разі неможливості виконання вимірювань зсередини резервуара допустимо значення абсолютної висоти та параметрів внутрішніх деталей і обладнання визначати по будівельній документації на резервуар або за результатами попередньої перевірки (калібрування).

**11.8.3** Визначають середню довжину кола центральної труби резервуара як середнє значення із не менше ніж двох вимірів рулеткою методом оперізування, а також товщину стінки труби. Результати цих вимірювань використовують для обчислювання поправки в інтервальні місткості резервуара.

**11.8.4** Під час використання сканера розміри деталей і абсолютну висоту їх низу й верху знімаються зі скану за допомогою програмного забезпечення фірми-виробника сканера.

**11.8.5** Якщо необхідно обчислити масу покриву, що плаває, його геометричні розміри визначають відповідно до 11.8.1—11.8.4, при цьому нахил деталей не визначають.

Усі результати вимірювання заносять до протоколу, форму якого наведено в додатку Б (Б.2.9).

## **11.9 Вимірювання під час визначення абсолютної висоти рівня та густини рідини, яка міститься в резервуарі під час перевірки (калібрування)**

**11.9.1** Абсолютну висоту рівня й густину рідини, яка міститься в резервуарі під час вимірювань, визначають відповідно до 9.1.5 та 9.1.4 ДСТУ 4147.

Результати вимірювання заносять до протоколу, форму якого наведено в додатку Б (Б.2.5).

**11.9.2** Під час перевірки (калібрування) залізобетонних резервуарів цей пункт не виконують.

**11.10 Вимірювання під час визначення маси й абсолютної висоти низу покриву, що плаває, в момент його спливання і геометричних розмірів його елементів**

**11.10.1** Замість 11.6.6 абсолютну висоту низу покриву, що плаває, в момент його спливання визначають по скану або тахеометром методом тригонометричного нівелювання на відбивач. Тахеометр встановлюють на штатив на днищі резервуара й приводять у робоче положення відповідно до інструкції щодо експлуатування. Віху з відбивачем-маркою встановлюють спочатку на точку торкання днища вантажем рулетки, а потім на низ поплавка покриву, що плаває. Виконують вимірювання вертикальних кутів і відстаней на відбивач-марку, яку встановлюють не менше ніж у чотирьох точках, розміщених у взаємно перпендикулярних напрямках.

Обчислюють абсолютну висоту точок за допомогою програмного забезпечення тахеометра й записують до протоколу, форму якого наведено в додатку Б (Б.2.8).

**11.10.2** Рулеткою вимірюють геометричні розміри елемента (елементів), що плаває (-ють), покриву, що плаває. Якщо елемент, що плаває, має у вертикальному перерізі прямокутну форму, то вимірюють геометричні розміри, необхідні для визначення площі нижньої поверхні. Наприклад, визначають зовнішній і внутрішній діаметр, якщо елемент, що плаває, має форму кільця, а також діаметри отворів у ньому.

Якщо елемент (елементи), що плаває (плавають), мають у вертикальному перерізі форму круга, то вимірюють не менше ніж чотири рази його діаметр.

Інші геометричні розміри покриву, що плаває, визначають тоді, якщо по них необхідно визначити його масу.

**11.10.3** Масу покриву, що плаває, беруть із документації на резервуар або обчислюють результатами вимірювання геометричних розмірів його складників.

Результати вимірювання записують до протоколу, форму якого наведено в додатку Б (Б.2.8).

**12 ОБРОБЛЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ВИМІРЮВАННЯ**

**12.1 Попереднє оброблення результатів кутових і лінійних вимірювань, виконаних тахеометром або сканером**

**12.1.1** Обчислюють значення горизонтальних напрямків  $N$ , вертикальних кутів  $V$  (зенітних відстаней  $Z$ ) і похилих відстаней  $D$  програмним забезпеченням тахеометра або сканера.

**12.1.2** Обчислюють значення горизонтальних прокладень  $S$  за значеннями похилих відстаней  $D$  та вертикальних кутів  $V$  або зенітних відстаней  $Z$  програмним забезпеченням тахеометра або сканера за формулами:

$$S = D \cdot \cos V \text{ — у разі вимірювання вертикальних кутів;} \quad (12.1)$$

$$S = D \cdot \sin Z \text{ — у разі вимірювання зенітних відстаней.}$$

**12.1.3** Під час вимірювань, виконаних методом тригонометричного нівелювання, обчислюють перевищення  $h$  між точками, на які виконувалось візування за допомогою тахеометра, за формулами:

$$h = D \cdot \sin V + l' - l'' \text{ — у разі вимірювання вертикальних кутів;} \quad (12.2)$$

$$h = D \cdot \cos Z + l' - l'' \text{ — у разі вимірювання зенітних відстаней,}$$

де  $l'$  — виміряна рулеткою висота тахеометра (висота його горизонтальної осі) над точкою геодезичної мережі;

$l''$  — виміряна рулеткою висота відбивача-марки, установлюваної над точкою візування.

Якщо  $l' = 0$ , то обчислюють перевищення між горизонтальною віссю тахеометра й точкою, на яку виконували візування.

**12.1.4** Прирости горизонтальних координат  $\Delta x$  і  $\Delta y$  між точками геодезичної мережі й точками на внутрішній і зовнішній поверхні стінки резервуара обчислюють за формулами:

$$\Delta x = D \cdot \cos V \cdot \cos \alpha = S \cdot \cos \alpha,$$

$$\Delta y = D \cdot \cos V \cdot \sin \alpha = S \cdot \sin \alpha, \quad (12.3)$$

де  $\alpha$  — дирекційний кут (азимут) напрямку з точки геодезичної мережі на точку, координати якої визначають — плоский кут у горизонтальній площині за часовою стрілкою від напрямку осі абсцис до напрямку на цю точку.

Дирекційний кут (азимут)  $\alpha$  обчислюють за формулою:

$$\alpha = \alpha^{\Gamma M} + \beta, \quad (12.4)$$

де  $\alpha^{\Gamma M}$  — дирекційний кут (азимут) сторони геодезичної мережі;  
 $\beta$  — вимірний горизонтальний кут на точку, горизонтальні координати якої визначають.

**12.1.5** Горизонтальні координати  $X$ ,  $Y$  й абсолютна висота  $H$  точок на внутрішній і зовнішній поверхні стінки резервуара й інших точок резервуара відносно точок геодезичної мережі (горизонтальні координати точок геодезичної мережі обчислюють відповідно до 12.3, а абсолютну висоту — відповідно до 12.4) обчислюють за формулами:

$$\begin{aligned} X &= X^{\Gamma M} + \Delta x, \\ Y &= Y^{\Gamma M} + \Delta y, \\ H &= H^{\Gamma M} + h. \end{aligned} \quad (12.5)$$

**12.1.6** Обчислювання відповідно до 12.1.1—12.1.5 виконують програмним забезпеченням тахеометра або сканера безпосередньо у процесі вимірювань.

**12.2** Оброблення результатів вимірювання під час визначення базової висоти резервуара та рівнеміра

**12.2.1** Базову висоту резервуара  $H_6$  обчислюють як середнє арифметичне значення із всіх вимірів за формулою:

$$H_6 = \frac{\sum_{i=1}^n H_{6i}}{n}, \quad (12.6)$$

де  $H_{6i}$  —  $i$ -те вимірне значення базової висоти резервуара;  
 $n$  — загальна кількість вимірювань базової висоти.  
 Базову висоту рівнеміра визначають за формулами:

$$H_i = H_6 + \Delta h_i, \text{ або } H_i = \frac{\sum_{i=1}^{n_i} H_i}{n_i} + \Delta h_i, \quad (12.7)$$

де  $H_i$  —  $i$ -те вимірне значення базової висоти рівнеміра;  
 $n_i$  — загальна кількість вимірювань базової висоти рівнеміра;  
 $\Delta h_i$  — перевищення між базовою точкою резервуара і базовою точкою рівнеміра;  
 $\Delta h_i$  — перевищення між верхом замірної планки чи зрізу горловини замірного люка й фланцем для кріплення рівнеміра.

Обчислювання відповідно до 12.2.1 виконують у протоколі, форму якого наведено в додатку Б (Б.2.2).

**12.2.2** Якщо з метрологічних досліджень визначено постійну поправку до відстані, яку вимірюють геодезичним приладом (константа приладу), то цю поправку може бути введено в результати вимірювання з використанням таких формул:

$$D_i = \sqrt{X_i^2 + Y_i^2 + H_i^2}; \quad (12.8)$$

$$X_i^{\text{пез.}} = X_i + C \cdot \frac{X_i}{D_i}; \quad Y_i^{\text{пез.}} = Y_i + C \cdot \frac{Y_i}{D_i}; \quad H_i^{\text{пез.}} = H_i + C \cdot \frac{H_i}{D_i}, \quad (12.9)$$

де  $C$  — визначена з метрологічних досліджень постійна поправка до відстані, вимірюваної геодезичним приладом (константа приладу).

### 12.3 Оброблення результатів вимірювання під час визначення абсолютної висоти точок геодезичної мережі та низу приймально-роздавального патрубка

12.3.1 Абсолютну висоту точки геодезичної мережі  $H_{T_i}^{\Gamma M}$  під час виконання вимірювань зовні резервуара обчислюють за формулами:

$$\begin{aligned} H_{T_i}^{\Gamma M} &= H_6 - h_i^B - l_i' && \text{— якщо вимірювання виконували тахеометром, установленим} \\ &&& \text{над точкою геодезичної мережі, абсолютну висоту якої визначають;} \\ H_{T_i}^{\Gamma M} &= H_6 - h_i^B + h_i^{\Gamma M} && \text{— вимірювання виконували тахеометром, установленим} \\ &&& \text{у довільній точці,} \end{aligned} \quad (12.10)$$

де  $H_6$  — базова висота резервуара;

$h_i^B$  — перевищення між горизонтальною віссю тахеометра й точкою вимірювання базової висоти (замірною планкою), обчислено відповідно до 12.1.3;

$l_i'$  — виміряна рулеткою висота тахеометра (висота його горизонтальної осі) над точкою геодезичної мережі;

$h_i^{\Gamma M}$  — перевищення між горизонтальною віссю тахеометра і точкою геодезичної мережі, абсолютну висоту якої визначають, обчислено відповідно до 12.1.3.

12.3.2 Абсолютну висоту точок геодезичної мережі  $H_{T_i}^{\Gamma M}$  під час виконання вимірювань зсередини резервуара обчислюють за формулою:

$$H_{T_i}^{\Gamma M} = h_i^{\Gamma M} - h_n, \quad (12.11)$$

де  $h_n$  — перевищення між точкою торкання днища вантажем рулетки і горизонтальною віссю тахеометра.

12.3.3 Абсолютну висоту низу приймально-роздавального патрубка — абсолютну висоту «мертвої» порожнини  $H_{МП}$  під час виконання вимірювань зовні резервуара обчислюють за формулою (якщо вимірювання виконували на верх приймально-роздавального патрубка):

$$H_{МП} = H_B - h_i^B + h_n^B + \delta_n - d_n, \quad (12.12)$$

де  $h_n^B$  — перевищення між горизонтальною віссю тахеометра і верхом приймально-роздавального патрубка;

$\delta_n$  — товщина стінки приймально-роздавального патрубка;

$d_n$  — зовнішній діаметр приймально-роздавального патрубка.

**Примітка.** Якщо приймально-роздавальний патрубок загнута вниз ізсередини, то визначити висоту «мертвої» порожнини можна тільки зсередини, або використовувати результати визначення зсередини й зовні, виконані тоді, коли всередину резервуара був доступ.

12.3.4 Абсолютну висоту низу приймально-роздавального патрубка — абсолютну висоту «мертвої» порожнини  $H_{МП}$  під час виконання вимірювань зсередини резервуара тахеометром обчислюють за формулою:

$$H_{МП} = h_n + h_n^H, \quad (12.13)$$

де  $h_n^H$  — перевищення між горизонтальною віссю тахеометра й низом приймально-роздавального патрубка, виміряне зсередини резервуара.

12.3.5 Абсолютну висоту неконтрольованої порожнини прирівнюють до нуля.

Граничну (максимальну) абсолютну висоту наповнення прирівнюють до абсолютної висоти верху верхнього пояса резервуара й обчислюють за формулами (12.14) або (12.15), якщо в технічній документації не задано її іншого значення.

12.3.6 Обчислювання відповідно до 12.3.1—12.3.6 виконують у протоколі, форму якого наведено в додатку Б (Б.2.4). Обчислювання допустимо виконувати програмним забезпеченням тахеометра безпосередньо у процесі вимірювань.

12.3.7 Вимірювання для виконання обчислювань відповідно до 12.3.1—12.3.5 допустимо виконувати по скану за допомогою програмного забезпечення фірми-виробника сканера.

## 12.4 Оброблення результатів вимірювання під час визначення координат точок геодезичної мережі методом полігонометрії

**12.4.1** Якщо горизонтальні координати точок полігонометричного ходу визначали програмним забезпеченням тахеометра безпосередньо у процесі вимірювань відповідно до 11.5.1—11.5.8, обчислюють нев'язки полігонометричного ходу  $\psi_x$  та  $\psi_y$  як різницю контрольних і початкових горизонтальних координат, відповідно, першої чи контрольної точки полігонометричного ходу.

**12.4.2** Якщо горизонтальні координати точок полігонометричного ходу не визначали програмним забезпеченням тахеометра, а в пам'ять тахеометра чи до протоколу записували виміряні значення горизонтальних і вертикальних кутів і відстаней, то горизонтальні координати точок полігонометричного ходу обчислюють відповідно до додатка В.

**12.4.3** За значеннями нев'язок  $\psi_x$  і  $\psi_y$ , отриманими відповідно до 12.4.1 або 12.4.2, обчислюють абсолютну  $\psi_s$  та відносну  $\delta\psi_s$  лінійні нев'язки полігонометричного ходу за формулами:

$$\psi_s = \sqrt{\psi_x^2 + \psi_y^2}; \quad \delta\psi_s = \frac{\psi_s}{P} \cdot 100 \%, \quad (12.14)$$

де  $P = \sum S_{T_i-T_{i+1}}^{\text{ГМ}}$  — периметр полігонометричного ходу.

Значення відносної лінійної нев'язки має бути в допустимих межах  $\pm 0,02 \%$ . Якщо значення відносної лінійної нев'язки вийшло за межі допустимих граничних значень, то вимірювання кутів і довжин ліній полігонометричного ходу повторюють.

## 12.5 Оброблення результатів вимірювання під час визначення абсолютної висоти точок геодезичної мережі

**12.5.1** Якщо абсолютну висоту точок полігонометричного ходу визначили програмним забезпеченням тахеометра безпосередньо у процесі вимірювання відповідно до 11.5.1—11.5.7, обчислюють вертикальну нев'язку полігонометричного ходу  $\psi_h$  як різницю контрольної та початкової абсолютної висоти, відповідно, першої чи контрольної точки полігонометричного ходу.

**12.5.2** Якщо абсолютну висоту точок полігонометричного ходу не визначали програмним забезпеченням тахеометра, а в пам'ять тахеометра або до протоколу записували виміряні значення горизонтальних і вертикальних кутів та відстаней, то абсолютну висоту точок полігонометричного ходу обчислюють відповідно до додатка В.

**12.5.3** Значення вертикальної нев'язки полігонометричного ходу, в міліметрах, отримане відповідно до 12.5.1 або 12.5.2, не повинно перевищувати гранично допустимої нев'язки, обчислюваної за формулою:

$$\text{доп. } \psi_h = 5 \cdot \sqrt{n}. \quad (12.15)$$

де  $n$  — кількість виміряних перевищень.

Якщо виконується нерівність  $|\psi_h| \geq \text{доп. } \psi_h$ , то вимірювання перевищень повторюють.

## 12.6 Оброблення результатів вимірювання під час визначення середнього внутрішнього радіуса циліндричної частини резервуара, радіальних відхилів внутрішньої поверхні циліндричної частини резервуара, ступеня нахилу і напрямку нахилу осі

**12.6.1** Оброблення результатів вимірювання під час визначення середнього внутрішнього радіуса циліндричної частини резервуара, радіальних відхилів внутрішньої поверхні циліндричної частини резервуара, ступеня нахилу й напрямку нахилу осі резервуара виконують за формулами, наведеними в додатку Г.

**12.6.2** Поправку до середнього радіуса циліндричної частини резервуара внаслідок лінійної нев'язки замкнутого полігонометричного ходу, обчисленого відповідно до 12.4, вводять після закінчення обчислення середнього радіуса резервуара за формулами, наведеними в додатку Г.

Обчислення поправки виконують за формулами.

Обчислюють перший складник поправки до середнього радіуса резервуара за формулою:

$$\Delta R_{\text{сер1}}^K = 0,5 \cdot \left\{ \sqrt{\left[ (X_0 - X_k^{\text{II}})^2 + (Y_0 - Y_k^{\text{II}})^2 \right]} - \sqrt{\left[ (X_0 - X_k^{\text{I}})^2 + (Y_0 - Y_k^{\text{I}})^2 \right]} \right\}, \quad (12.16)$$

де  $X_0$  і  $Y_0$  — горизонтальні координати центра резервуара на абсолютній висоті, що дорівнює нулю, обчислені за формулами (Г.13);

$X_k^{\text{I}}$  і  $Y_k^{\text{I}}$  — вихідні горизонтальні координати першої точки полігонометричного ходу (11.5.5) чи контрольної точки (11.5.6) на початку вимірювання в полігонометричному ході;

$X_k^{\text{II}}$  і  $Y_k^{\text{II}}$  — горизонтальні координати першої точки полігонометричного ходу (11.5.5) або контрольної точки (11.5.6) після закінчення вимірювань в полігонометричному ході.

Обчислюють другий складник поправки до середнього радіуса резервуара за формулою:

$$\Delta R_{\text{сер2}}^K = \frac{0,25 \cdot R^{\text{рез.}(g+1)}}{\pi} \cdot \left[ \arctg \left( \frac{Y_0 - Y_k^{\text{I}}}{X_0 - X_k^{\text{I}}} \right) - \arctg \left( \frac{Y_0 - Y_k^{\text{II}}}{X_0 - X_k^{\text{II}}} \right) \right], \quad (12.17)$$

де  $R^{\text{рез.}(g+1)}$  — середній радіус циліндричної частини резервуара, обчислений за формулою (Г.14).

**12.6.3** У разі вимірювання сканером поправку до середнього радіуса циліндричної частини резервуара, яка враховує відхил метеорологічних параметрів атмосфери, виміряних під час повірки (калібрування) резервуара, від прийнятих за стандартні з достатньою точністю, обчислюють за наближеною формулою:

$$A = R^{\text{рез.}(g+1)} \cdot 79,4 \cdot \left( \frac{P_b}{273,15 + t_b} - \frac{P_c}{273,15 + t_c} \right) \cdot 10^{-6}, \quad (12.18)$$

де  $P_b$  і  $P_c$  — атмосферний тиск, до якого приводять вимірювання, наприклад 1013,25 гПа, і середній виміряний атмосферний тиск;

$t_b$  і  $t_c$  — температура, до якої приводять вимірювання, наприклад 20 °С, і середня виміряна температура повітря.

Обчислюють виправлене значення середнього радіуса циліндричної частини резервуара за формулою:

$$R^{\text{рез.}} = R^{\text{рез.}(g+1)} + \Delta R_{\text{сер1}}^K + \Delta R_{\text{сер2}}^K \pm A. \quad (12.19)$$

У формулі (12.19) поправка  $A$  має знак плюс, якщо вимірювання виконували зсередини й мінус, якщо зовні.

**12.7** **Оброблення результатів вимірювання під час визначення абсолютної висоти поясів, товщини стінок і шару фарби, висоти нахльостування поясів резервуара, абсолютної висоти низу покриву, що плаває**

**12.7.1** Обчислюють зовнішню абсолютну висоту поясів резервуара  $\bar{H}_s^{\text{зовн.}}$  (якщо вимірювання виконують зовні резервуара) як середнє арифметичне значення із чотирьох вимірів за формулою:

$$\bar{H}_s^{\text{зовн.}} = \frac{\sum_{i=1}^4 \bar{H}_{s_i}^{\text{зовн.}}}{4}, \quad (12.20)$$

де  $\bar{H}_{s_i}^{\text{зовн.}}$  —  $i$ -й вимір абсолютної висоти  $s$ -го поясу резервуара.

**12.7.2** Обчислюють внутрішню абсолютну висоту поясів резервуара  $\bar{H}_s^{\text{внутр.}}$  (якщо вимірювання виконують зсередини резервуара) як середнє арифметичне значення із чотирьох вимірів за формулою:

$$\bar{H}_s^{\text{внутр.}} = \frac{\sum_{i=1}^4 \bar{H}_{s_i}^{\text{внутр.}}}{4}, \quad (12.21)$$

де  $\bar{H}_{s_i}^{\text{внутр.}}$  —  $i$ -й вимір абсолютної висоти  $s$ -го поясу резервуара.

**12.7.3** Обчислюють товщину стінок поясів резервуара  $\delta_s^{ct.}$  як середнє арифметичне значення із чотирьох вимірів за формулою:

$$\delta_s^{ct.} = \frac{\sum_{i=1}^4 \delta_{s_i}^{ct.}}{4}, \quad (12.22)$$

де  $\delta_{s_i}^{ct.}$  —  $i$ -й вимір товщини стінки  $s$ -го поясу резервуара.

**12.7.4** Обчислюють товщину шару фарби поясів резервуара  $\delta_s^{фap.}$  як середнє арифметичне значення із чотирьох вимірів за формулою:

$$\delta_s^{фap.} = \frac{\sum_{i=1}^4 \delta_{s_i}^{фap.}}{4}, \quad (12.23)$$

де  $\delta_{s_i}^{фap.}$  —  $i$ -й вимір товщини шару фарби  $s$ -го поясу резервуара.

**12.7.5** Обчислюють висоту нахльостування поясів резервуара  $h_s^{max.}$  як середнє арифметичне значення із чотирьох вимірів за формулою:

$$h_s^{max.} = \frac{\sum_{i=1}^4 h_{s_i}^{max.}}{4}, \quad (12.24)$$

де  $h_{s_i}^{max.}$  —  $i$ -й вимір висоти нахльостування  $s$ -го поясу резервуара.

**12.7.6** Обчислюють середню абсолютну висоту покриву резервуара, що плаває  $H^{n.n}$  (якщо вимірювання виконували зовні резервуара) як середнє арифметичне значення із чотирьох або більше вимірів за формулою:

$$H^{n.n} = \frac{\sum_{i=1}^4 H_i^{n.n}}{n^{n.n}}, \quad (12.25)$$

де  $H_i^{n.n}$  —  $i$ -й вимір абсолютної висоти покриву резервуара, що плаває;  
 $n^{n.n}$  — кількість вимірів абсолютної висоти покриву резервуара, що плаває.

Обчислювання відповідно до 12.7.1—12.7.6 виконують у протоколі, форму якого наведено в додатку Б (Б.2.7).

## 12.8 Визначення інтервальних місткостей резервуара

### 12.8.1 Обчислювання абсолютної висоти наповнення резервуара під час складання градувальної таблиці

**12.8.1.1** Із кроком  $\Delta h = 1$  мм обчислюють абсолютну висоту  $H_i^+$  наповнення резервуара, для якої обчислюють інтервальну місткість.

Виражені у міліметрах додатні значення  $H_i^+$  абсолютної висоти, для яких обчислюють інтервальні місткості, дорівнюють:

$$H_i^+ = f, \quad (12.26)$$

де  $f$  — номер циклу обчислювань.

**12.8.1.2** Максимальне, додатне значення абсолютної висоти наповнення беруть таким, що дорівнює абсолютній висоті верху верхнього поясу (якщо не задано іншої максимальної абсолютної висоти наповнення):

$$H_i^+ = H_{max}^{поясу}. \quad (12.27)$$

**12.8.1.3** Виражені у міліметрах від'ємні значення  $H_f^-$  абсолютної висоти, для яких обчислюють інтервальні місткості, дорівнюють:

$$H_f^- = -f; \quad (12.28)$$

**12.8.1.4** Мінімальне, від'ємне значення абсолютної висоти рівня наповнення беруть таким, що дорівнює абсолютній висоті найнижчої точки нерівностей днища:

$$H_f^- = H_{\min}^{\text{дн}}. \quad (12.29)$$

**12.8.2** Обчислювання місткості шару резервуара  $\Delta V_R$  завтовшки  $\Delta h = 1$  мм виконують за формулою:

$$\Delta V_R = \pi \cdot R^{\text{рез.}^2} \cdot \Delta h, \quad (12.30)$$

де  $R^{\text{рез.}}$  — середній радіус циліндричної частини резервуара, обчислений за формулою (2.19).

**12.8.3 Обчислювання поправки  $\Delta V_f^s$  в  $f$ -ту інтервальну місткість резервуара за радіальних відхилів внутрішньої поверхні резервуара від циліндра радіусом, що дорівнює середньому радіусу резервуара  $R^{\text{рез.}}$ .**

**12.8.3.1** Формують допоміжну матрицю із двох стовпців з кількістю рядків, що дорівнюють кількості поясів мінус одиниця за таким принципом:

— якщо знак нахльостування від'ємний, то  $t_{1s} = -1$ ;  $t_{2s} = 0$ ;

— якщо знак нахльостування додатний, то  $t_{1s} = 0$ ;  $t_{2s} = 1$ ;

— якщо нахльостування немає (зварювання встик із суміщенням листів зсередини), то  $t_{1s} = 0$ ;  $t_{2s} = 0$ ;

— якщо нахльостування немає (зварювання встик із суміщенням листів зовні чи їх середини), то  $t_{1s} = 1$ ;  $t_{2s} = -1$ .

**12.8.3.2** Переглядають кожний вертикальний переріз і обчислюють абсолютну висоту верхньої й нижньої границі поясів  $H_{P_{sj}}^{\text{внутр.}}$  по кожному вертикальному перерізу для кожної з точок за формулами:

$$\begin{aligned} H_{P_{sj}}^{\text{внутр.}} &= \bar{H}_s^{\text{зовн.}} - R^{\text{рез.}} \cdot (\eta_x \cdot \cos \bar{\alpha}_j + \eta_y \cdot \sin \bar{\alpha}_j) - h_s^{\text{нах.}}, \\ H_{P_{sj}}^{\text{внутр.}} &= \bar{H}_s^{\text{зовн.}} - R^{\text{рез.}} \cdot (\eta_x \cdot \cos \bar{\alpha}_j + \eta_y \cdot \sin \bar{\alpha}_j), \end{aligned} \quad (12.31)$$

де  $\bar{H}_s^{\text{зовн.}}$  — абсолютна висота  $s$ -го пояса резервуара (якщо вимірювання виконували зовні резервуара), обчислена за формулою (12.20);

$\bar{H}_s^{\text{внутр.}}$  — абсолютна висота  $s$ -го пояса резервуара (якщо вимірювання виконували зсередини резервуара), обчислена за формулою (12.21);

$h_s^{\text{нах.}}$  — висота нахльостування  $s$ -го пояса резервуара, обчислена за формулою (12.24);

— центральний кут (азимут) між напрямком із центра резервуара на точку на поверхні стінки резервуара і напрямком із центра резервуара на точку торкання днища вантажем рулетки, обчислений за формулами (Г.16);

$\eta_x, \eta_y$  — проекції ступеня нахилу осі резервуара на вертикальні координатні площини, відповідно до  $XH$  і  $YH$ , обчислені за формулою (Г.12).

Під час виконання наведених вище обчислювань виконують також дві операції:

— якщо вимірювання проводили без кодування віднесення точок до поясів, то виконують віднесення точок до поясів, перевіряючи, чи лежить абсолютна висота точки на поверхні резервуара нижче обчисленої висоти пояса, якщо так, то точку відносять до поточного пояса, якщо ні, то умову перевіряють для пояса, що лежить вище;

— знаходять дві точки, які найближче розташовані до зовнішньої межі кожного поясу зверху і знизу в цьому вертикальному перерізі для обчислювання радіальних відхилів на межі поясів, відповідно до додатка Г.

**12.8.3.3** Обчислюють внутрішні радіальні відхили точок поясу, що пролягає нижче і вище, які знаходяться на їх внутрішній межі по двох радіальних відхилах точок найближчих до зовнішньої межі поясів (тобто до  $H_{P_{sj}}^{\text{зовн.}}$ ) зверху та знизу за інтерполяційними формулами (при цьому для обчислю-



вання радіальних відхилів виконують для внутрішньої абсолютної висоти поясу, яка відрізняється від зовнішньої, якщо пояси зварено у нахлюстування):

$$\begin{aligned} \Theta &= \check{g}_{i+1j}^{\text{рез.}} - \check{g}_{ij}^{\text{рез.}} + t_{1s} \cdot (\delta_s^{\text{ст.}} + \delta_s^{\text{фар.}}) + t_{2s} (\delta_{s+1}^{\text{ст.}} + \delta_{s+1}^{\text{фар.}}), \\ K_V &= \frac{H_{P_{Sj}}^{\text{внутр.}} - H_{ij}^{\text{рез.}}}{H_{i+1j}^{\text{рез.}} - H_{ij}^{\text{рез.}}}, \\ K_N &= \frac{H_{P_{Sj}}^{\text{внутр.}} - H_{i+1j}^{\text{рез.}}}{H_{i+1j}^{\text{рез.}} - H_{ij}^{\text{рез.}}}, \\ \check{g}_{P_{V_{Sj}}^{\text{рез.}}} &= \check{g}_{ij}^{\text{рез.}} + K_V \cdot \Theta, \\ \check{g}_{P_{N_{S+1j}}^{\text{рез.}}} &= \check{g}_{i+1j}^{\text{рез.}} + K_N \cdot \Theta, \end{aligned} \tag{12.32}$$

- де  $\delta_s^{\text{ст.}}$  — товщина стінки поясу, що пролягає нижче, з номером  $s$ ;  
 $\delta_s^{\text{фар.}}$  — товщина шару фарби поясу, що пролягає нижче, з номером  $s$ ;  
 $\delta_{s+1}^{\text{ст.}}$  — товщина стінки поясу, що пролягає вище, з номером  $s + 1$ ;  
 $\delta_{s+1}^{\text{фар.}}$  — товщина шару фарби поясу, що пролягає вище, з номером  $s + 1$ .

**12.8.3.4** Обчислювання інтерпольованих значень радіальних відхилів  $\check{g}_f^{\text{рез.}}$  по кожному вертикальному перерізу на абсолютну висоту наповнення резервуара  $H_f$  виконують у такому порядку.

Інтерпольовані значення радіальних відхилів обчислюють окремо по кожному вертикальному перерізу й окремо по кожному поясу, однак роблять це з використанням загальної таблиці горизонтальних координат і абсолютної висоти, в яку занесено після обчислювань радіальні відхилення всіх точок. Переглядаючи названу таблицю, знаходять пари точок, для яких виконується умова  $H_{ij}^{\text{рез.}} \leq H_f \leq H_{i+1j}^{\text{рез.}}$  і виконують обчислювання за формулою:

$$\check{g}_f^{\text{рез.}} = \check{g}_{ij}^{\text{рез.}} + (H_f - H_{ij}^{\text{рез.}}) \cdot \frac{\check{g}_{i+1j}^{\text{рез.}} - \check{g}_{ij}^{\text{рез.}}}{H_{i+1j}^{\text{рез.}} - H_{ij}^{\text{рез.}}}, \tag{12.33}$$

- де  $\check{g}_{ij}^{\text{рез.}}$  і  $\check{g}_{i+1j}^{\text{рез.}}$  — радіальні відхилення для вертикального перерізу з номером  $j$  і порядковими номерами в таблиці  $i$  та  $i + 1$ , обчислені за формулами додатка Г для найближчих точок нижче і вище абсолютної висоти наповнення резервуара;  
 $H_{ij}^{\text{рез.}}$  і  $H_{i+1j}^{\text{рез.}}$  — абсолютна висота найближчих точок нижче і вище абсолютної висоти наповнення резервуара;  
 $H_f$  — абсолютна висота наповнення резервуара, починаючи з  $H_f = 0$ .

Для кожного поясу по кожному перерізу обчислювання починають на абсолютній висоті нижньої межі поясу, а закінчують на абсолютній висоті верхньої межі.

**12.8.3.5** Обчислювання середніх радіальних відхилів внутрішньої поверхні резервуара по кожному  $f$ -му горизонтальному перерізу виконують за формулою:

$$\check{g}_{f\text{сеп}}^{\text{інт.}} = \frac{\sum_{j=1}^{n_{\text{верт.}}} \check{g}_j^{\text{рез.}}}{n_{\text{верт.}}}, \tag{12.34}$$

- де  $n_{\text{верт.}}$  — кількість вертикальних перерізів резервуара.

**12.8.3.6** Обчислюють поправки в  $f$ -ту інтервальну місткість резервуара, враховуючи відхилення реальної форми внутрішньої його поверхні від похилого циліндра:

$$\Delta V_f^{\check{g}} = \pi \cdot (\check{g}_{f\text{сеп}}^{\text{інт.}} - \check{g}_{f-1\text{сеп}}^{\text{інт.}}) \cdot R^{\text{рез.}} \cdot \Delta h. \tag{12.35}$$

**12.8.3.7** Якщо для вимірювань застосовано автоматизований (сканувальний) тахеометр або сканер, тобто кількість точок, які координували, в кілька разів перевищувала наведену в 10.4, то обчислювання поправки  $V_f^g$  на абсолютну висоту наповнення резервуара  $H_f$  виконують за формулою:

$$V_f^g = \frac{\sum_{j=1}^{n_f} \bar{g}_j^{\text{рез.}}}{n_f} \cdot 2 \cdot \pi \cdot R^{\text{рез.}} \cdot H_f, \quad (12.36)$$

де  $n_f$  — кількість точок нижче висоти  $H_f$ ;  
 $\bar{g}_j^{\text{рез.}}$  — усі внутрішні радіальні відхили нижче висоти  $H_f$ .

**12.8.4** Обчислювання поправки  $\Delta V_f^{\text{дн.}}$  в  $f$ -ту інтервальну місткість резервуара, враховуючи нерівність його днища, виконують відповідно до Д.2.

Загальну місткість нерівностей днища визначають як суму інтервальних місткостей днища від абсолютної висоти  $H_{\text{мін}}^{\text{дн.}}$  до абсолютної висоти  $H_{\text{макс.}}^{\text{дн.}}$ .

**12.8.5** Обчислюють поправку  $\Delta V_f^W$  в  $f$ -ту інтервальну місткість сталевого резервуара, яка враховує деформацію стінки резервуара під дією ваги нафтопродукту, за формулою:

$$\Delta V_f^W = \frac{2 \cdot \pi \cdot g \cdot \rho_{\text{збер.}} \cdot R^{\text{рез.}^3} \cdot \Delta h}{E \cdot 10^3} \cdot \left( 0,8 \cdot \frac{H_1^{\text{рез.}}}{\delta_1^{\text{ст.}}} + \sum_{l=2}^{s-1} \left[ \frac{(H_l^{\text{рез.}} - H_{l-1}^{\text{рез.}})}{\delta_l^{\text{ст.}}} \right] + \frac{(H_f - H_{s-1}^{\text{рез.}})}{\delta_s^{\text{ст.}}} \right), \quad (12.37)$$

де  $\rho_{\text{збер.}}$  — густина рідини, що зберігають у резервуарі під час експлуатування;  
 $s$  — номер поясу, де розміщено  $f$ -ту інтервальну місткість резервуара;  
 $H_f$  — абсолютна висота наповнення резервуара, починаючи з  $H_f = 0$ ;  
 $g$  — прискорення вільного падіння, яке беруть таким, що дорівнює 9,8066 м/с<sup>2</sup>;  
 $E$  — модуль пружності матеріалу (для сталі —  $2,1 \cdot 10^{11}$  Н/м<sup>2</sup>).

**Примітка.** За наявності ребер жорсткості в поясі резервуара його розбивають на кілька поясів, для яких беруть сумарну товщину стінки й ребра. Окремими поясимами можна вважати місця нахльстування, для яких беруть сумарну товщину двох поясів. Для залізобетонних резервуарів цю поправку беруть такою, що дорівнює нулю.

**12.8.6** Обчислюють поправку  $\Delta V_f^t$  в  $f$ -ту інтервальну місткість сталевого резервуара, яка враховує деформацію стінки резервуара під дією температури, за формулою:

$$\Delta V_f^t = 2 \cdot \pi \cdot R^{\text{рез.}^2} \cdot \Delta h \cdot \lambda \cdot (20^\circ\text{C} - t_{\text{сер.}}), \quad (12.38)$$

де  $\lambda$  — температурний лінійний коефіцієнт розширення матеріалу (для сталі —  $11,5 \cdot 10^{-6}$  1/°К);  
 $t_{\text{сер.}}$  — середня температура резервуара під час проведення вимірювань, у градусах Цельсія.  
**Примітка.** Для залізобетонних резервуарів цю поправку беруть такою, що дорівнює нулю.

**12.8.7** Обчислюють поправку  $\Delta V_f^{\text{нах}}$  в  $f$ -ту інтервальну місткість резервуара, яка враховує нахил  $\eta$  поясів резервуарів до горизонту і внахльстування, за формулою:

$$\Delta V_f^{\text{нах}} = k_m \cdot (2 \cdot (H_f - \bar{H}_m^{\text{внутр.}} + R^{\text{рез.}} \cdot \eta) - 1), \quad (12.39)$$

для кожного  $m$ -го поясу в границях  $\bar{H}_m^{\text{внутр.}} - R^{\text{рез.}} \cdot \eta < H_f \leq \bar{H}_m^{\text{внутр.}} + R^{\text{рез.}} \cdot \eta$ ,

де  $k_m = -\frac{\pi \cdot \Delta h \cdot \delta_m^{\text{ст.}}}{2 \cdot \eta}$  — якщо  $m$ -й пояс охоплює вищий;

$k_m = -\frac{\pi \cdot \Delta h \cdot \delta_{m+1}^{\text{ст.}}}{2 \cdot \eta}$  — якщо  $m$ -й пояс охоплений вищим;

$k_m = 0$  — якщо  $m$ -й і  $(m+1)$ -й пояси зварено в стик або коли  $\eta = 0$ ;

$\bar{H}_m^{\text{внутр.}}$  — середня абсолютна внутрішня висота  $m$ -го поясу;

$\delta_m^{\text{ст.}}$  — середня товщина стінки  $m$ -го поясу резервуара;

$H_f$  — абсолютна висота наповнення резервуара, починаючи з  $H_f = \bar{H}_1^{\text{внутр.}} - R^{\text{рез.}} \cdot \eta$ .

**Примітка.** Для залізобетонних резервуарів цю поправку беруть такою, що дорівнює нулю.

### 12.8.8 Обчислювання висоти спливання покритву, що плаває, та поправки до $f$ -ї інтервальної місткості резервуара яка враховує об'єм рідини, який вона витісняє

12.8.8.1 Обчислюють абсолютну висоту рівня рідини в резервуарі в момент спливання покритву, що плаває, якщо її елемент (елементи), що плавають, мають у вертикальному перерізі прямокутну форму, за формулою:

$$H^{\text{сп.}} = H^{\text{н.п}} + \frac{m^{\text{н.п}}}{\rho \cdot S^{\text{н.п}}} - \Delta I_{\text{доп.}}, \quad (12.40)$$

де  $H^{\text{н.п}}$  — абсолютна висота низу покритву, що плаває, в момент його спливання (середнє із щонайменше чотирьох вимірних значень);

$m^{\text{н.п}}$  — маса покритву, що плаває;

$\rho$  — густина рідини, яка зберігається в резервуарі під час експлуатування;

$\Delta I_{\text{доп.}}$  — глибина додаткового занурення покритву, що плаває, внаслідок додаткового навантаження під час виконання повірки (калібрування) (визначають лінійкою, закріпленою на покритві, що плаває, як різницю рівнів рідини до навантаження та після нього);

$S^{\text{н.п}}$  — площа нижньої поверхні елемента (елементів), що плаває, який має у вертикальному перерізі прямокутну форму, і її обчислюють за формулою:

$$S^{\text{н.п}} = \pi \cdot \left( (R_{\text{н.п}}^{\text{з}})^2 - (R_{\text{н.п}}^{\text{в}})^2 - \sum (R_{\text{отв.}i})^2 \right), \quad (12.41)$$

де  $R_{\text{н.п}}^{\text{з}}$  і  $R_{\text{н.п}}^{\text{в}}$  — зовнішній і внутрішній середні радіуси елемента покритву, що плаває;

$R_{\text{отв.}i}$  — радіуси отворів у елементі покритву, що плаває.

12.8.8.2 Обчислюють абсолютну висоту рівня рідини в резервуарі в момент спливання покритву, що плаває, якщо його елементи, що плавають, мають форму циліндра (у вертикальному перерізі форму круга), за наближеною формулою:

$$H^{\text{сп.}} = H^{\text{н.п}} + \frac{m^{\text{н.п}}}{\rho \cdot \sqrt{\pi} \cdot r \cdot L_{\text{п.}}} - \Delta I_{\text{доп.}}, \quad (12.42)$$

де  $r$  — середній радіус елементів, що плавають;

$L_{\text{п.}}$  — загальна довжина елементів, що плавають.

12.8.8.3 Обчислювання об'єму рідини, витісненої покритвом  $V^{\text{н.п}}$ , що плаває, виконують за формулою:

$$V^{\text{н.п}} = \frac{m^{\text{н.п}}}{\rho} \cdot 10^9. \quad (12.43)$$

12.8.8.4 Обчислюють об'єм рідини, витісненої покритвом, що плаває, унаслідок додаткового навантаження  $V_{\text{доп.}}^{\text{н.п}}$  за формулою:

$$V_{\text{доп.}}^{\text{н.п}} = \Delta I_{\text{доп.}} \cdot S^{\text{н.п}}. \quad (12.44)$$

12.8.8.5 Обчислюють загальний об'єм рідини, витісненої покритвом  $\bar{V}^{\text{н.п}}$ , що плаває, за формулою:

$$\bar{V}^{\text{н.п}} = V^{\text{н.п}} - V_{\text{доп.}}^{\text{н.п}}. \quad (12.45)$$

12.8.8.6 Обчислюють поправку  $\Delta V_f^{\text{опор}}$  до  $f$ -ї інтервальної місткості резервуара за об'єму рідини, витісненої опорами покритву, що плаває, за формулою:

$$\Delta V_f^{\text{опор}} = \frac{V^{\text{опор}} \cdot \Delta h}{H^{\text{н.п}}}. \quad (12.46)$$

Поправку вводять в інтервальну місткість, починаючи від  $H_f = 0$  до  $H_f = H^{\text{н.п}}$ .

12.8.8.7 Обчислюють поправку  $\Delta V_f^{\text{н.п}}$  до  $f$ -ї інтервальної місткості резервуара за об'єму рідини, витісненої покритвом, що плаває, за формулою:

$$\Delta V_f^{\text{н.п}} = \frac{V^{\text{н.п}} \cdot \Delta h}{(H^{\text{всп.}} - H^{\text{н.п}})}. \quad (12.47)$$

Поправку вводять в інтервальну місткість, починаючи від  $H_f = H^{\text{н.п}}$  до  $H_f = H^{\text{сп.}}$ .

12.8.8.8 Сумарну поправку  $\Delta V_{\Sigma f}^{\text{дет.}}$  в  $f$ -ту інтервальну місткість резервуара, обумовлену наявністю внутрішніх деталей, конструкцій та обладнання, обчислюють відповідно до Д.1.

12.8.9 Обчислюють  $f$ -ту інтервальну місткість  $\Delta V_f^{\text{рез.}}$  резервуара завтовшки  $\Delta h = 1$  мм, відповідну абсолютній висоті (рівню) наповнення резервуара  $H_f$  за формулою:

$$\Delta V_f^{\text{рез.}} = \Delta V_R + \Delta V_f^g + \Delta V_f^{\text{дн.}} + \Delta V_f^W + \Delta V_f^i + \Delta V_f^{\text{нах.}} + \Delta V_f^{\text{опор.}} + \Delta V_f^{\text{п.п.}} + \Delta V_{\Sigma f}^{\text{дет.}} \quad (12.48)$$

12.8.10 Обчислюють місткість неконтрольованої порожнини  $V_o$ , у метрах кубічних, для всіх від'ємних значень абсолютної висоти  $H_f$  до абсолютної висоти  $H_o = 0$  (місткість резервуара нижче абсолютної висоти точки торкання днища вантажем рулетки, що дорівнює нулю):

$$V_o = \sum_{f=0}^{f=H_{\text{дн.}}} \Delta V_f^{\text{рез.}} \cdot 10^{-9} \quad (12.49)$$

12.8.11 Обчислюють місткість «мертвої» порожнини резервуара  $V_{\text{М.п}}$  та об'єм рідини в момент спливання покриття, що плаває.

12.8.11.1 Обчислюють місткість «мертвої» порожнини резервуара  $V_{\text{М.п}}$ , у метрах кубічних, для всіх від'ємних і додатних значень абсолютної висоти  $H_f$  до абсолютної висоти «мертвої» порожнини  $H_f = V_{\text{М.п}}$  за формулою:

$$V_{\text{М.п}} = V_o + \sum_{f=1}^{f=H_{\text{М.п}}} \Delta V_f^{\text{рез.}} \cdot 10^{-9} \quad (12.50)$$

12.8.11.2 Обчислюють об'єм рідини в момент спливання покриття, що плаває,  $V_{\text{сп.}}$ , у метрах кубічних, для всіх від'ємних і додатних значень абсолютної висоти  $H_f$  до абсолютної висоти спливання  $H_f = V_{\text{сп.}}$  за формулою:

$$V_{\text{сп.}} = V_o + \sum_{f=1}^{f=H_{\text{сп.}}} \Delta V_f^{\text{рез.}} \cdot 10^{-9} \quad (12.51)$$

12.8.12 Інтервальні місткості  $V_g$  для градуювальної таблиці обчислюють для абсолютної висоти або рівня наповнення, кратної 1 см, додаванням інтервальних місткостей, що відповідають різниці абсолютної висоти 1 мм, у метрах кубічних, для всіх від'ємних і додатних значень абсолютної висоти  $H_f$  до граничної абсолютної висоти  $H_f = V_{\text{max}}$  (загальна місткість резервуара) за формулами:

$$V_1 = V_o + \sum_{f=1}^{10} \Delta V_f^{\text{рез.}} \cdot 10^{-9},$$

$$V_g = V_{g-1} + \sum_{f=(g-1) \cdot 10 + 1}^{f=g \cdot 10} \Delta V_f^{\text{рез.}} \cdot 10^{-9}, \quad (12.52)$$

де  $g$  — номер інтервальної місткості градуювальної таблиці, що відповідає абсолютній висоті наповнення  $H_g = g$ , вираженій у сантиметрах.

12.8.13 Обчислюють коефіцієнти місткості  $\theta_g$ , які відповідають висоті наповнення 1 мм, для значень градуювальної таблиці з номером  $g$  за формулами:

$$\theta_1 = \sum_{f=1}^{10} \Delta V_f^{\text{рез.}} \cdot 10^{-10},$$

$$\theta_g = \sum_{f=(g-1) \cdot 10 + 1}^{f=g \cdot 10} \Delta V_f^{\text{рез.}} \cdot 10^{-10} \quad (12.53)$$

**12.9 Обчислювання границь допустимої відносної похибки місткості поясів резервуара**

**12.9.1** Обчислювання відносного середнього квадратичного відхилу (СКВ)  $\frac{\sigma(V_{Ps})}{V_{Ps}}$  місткості першого і наступного поясів резервуара, складники якого обчислюють згідно з додатками Г і Е, виконують за формулами:

$$\frac{\sigma(V_{P1})}{V_{P1}} = \sqrt{\left(\frac{2 \cdot \sigma_A(R)}{R}\right)^2 + (\eta \cdot \sigma_\eta)^2 + \left(\frac{2 \cdot \bar{\sigma}_{P1}}{R}\right)^2 + \left(\frac{2 \cdot \bar{\sigma}_B(R)}{R}\right)^2 + \left(\frac{V^{дн.} \cdot \delta(V^{дн.})}{V_{P1} \cdot t_U \cdot 100}\right)^2 + (2 \cdot \lambda \cdot \sigma_{\Delta t})^2 + \left(\frac{\sigma(V_f^{п.п})}{V_{Hf}}\right)^2 + \left(\frac{\Delta V_{\Sigma f}^{дет.}}{V_{Hf}}\right)^2};$$

$$\frac{\sigma(V_{Ps})}{V_{Ps}} = \sqrt{\left(\frac{2 \cdot \sigma_A(R)}{R}\right)^2 + (\eta \cdot \sigma_\eta)^2 + \left(\frac{2 \cdot \bar{\sigma}_{Ps}}{R}\right)^2 + \left(\frac{2 \cdot \bar{\sigma}_B(R)}{R}\right)^2 + (2 \cdot \lambda \cdot \sigma_{\Delta t})^2 + \left(\frac{\Delta V_{\Sigma f}^{дет.}}{V_{Hf}}\right)^2}, \quad (12.54)$$

- де  $R = R^{дез.}$  — середній радіус резервуара, обчислений за формулою (Г.14);  
 $\sigma_A(R)$  — СКВ середнього радіуса резервуара, обчислений за третьою формулою з (Г.23);  
 $\eta$  — ступінь нахилу осі резервуара, обчислений за формулою (Г.15);  
 $\sigma_\eta$  — СКВ ступеня нахилу осі резервуара, обчислений за формулою (Г.25);  
 $\bar{\sigma}_{P1}$  і  $\bar{\sigma}_{Ps}$  — стандартні радіальні відхили реальної поверхні поясів резервуара, відповідно, з номером 1 і s від циліндра, обчислені за формулою (Г.22) для врахування похибки поправки, що враховує рельєф пояса відповідно до Г.4;  
 $\sigma_B(R)$  — СКВ середнього радіуса резервуара, обчислений за формулою з (Г.26) або (Г.27);  
 $\lambda$  — температурний лінійний коефіцієнт розширення матеріалу (для сталі —  $11,5 \cdot 10^{-6} 1/^\circ\text{K}$ );  
 $\sigma_{\Delta t}$  — СКВ відхилу середньої температури стінки резервуара від температури, до якої приводять градувальну таблицю (наприклад, 20 °С);  
 $V^{дн.}$  — об'єм нерівностей днища;  
 $\delta(V^{дн.})$  — границі допустимої відносної похибки місткості нерівностей днища;  
 $\frac{\Delta V_{\Sigma f}^{дет.}}{V_{Hf}}$  — відносний СКВ об'єму внутрішніх деталей поясу з номером;  
 $\frac{\sigma(V_f^{п.п})}{V_{Hf}}$  — відносний СКВ поправки, що враховує об'єм рідини, витісненої покривом, що плаває, який обчислюють відповідно до Е.10;  
 $t_U = 2,0$  — коефіцієнт розподілу Лапласа за довірчої ймовірності  $P = 0,9545$ .

**12.9.2** Границі допустимої відносної похибки  $\delta(V_{Ps})$  місткості поясів резервуара обчислюють за формулою:

$$\delta(V_{Ps}) = \pm t_U \frac{\sigma(V_{Ps})}{V_{Ps}}. \quad (12.55)$$

**12.9.3** Відносний СКВ  $\frac{\sigma(V_{Hps})}{V_{Hps}}$  інтервальної місткості циліндричної частини резервуара на абсолютну висоту  $H_{Ps}$  поясу з номером s для ведення тривалого внутрішнього обліку та інвентаризації кількості рідини у ньому обчислюють за формулою:

$$\frac{\sigma(V_{Hps})}{V_{Hps}} = \sqrt{\left(\frac{2 \cdot \sigma_A(R)}{R}\right)^2 + (\eta \cdot \sigma_\eta)^2 + \left(\frac{2 \cdot \bar{\sigma}_{\Sigma Ps}}{R}\right)^2 + \left(\frac{2 \cdot \bar{\sigma}_B(R)}{R}\right)^2 + \left(\frac{V^{дн.} \cdot \delta(V^{дн.})}{V_{Hps} \cdot t_U \cdot 100}\right)^2 + (2 \cdot \lambda \cdot \sigma_{\Delta t})^2 + \left(\frac{\sigma(V_f^{п.п})}{V_{Hf}}\right)^2 + \left(\frac{\Delta V_{\Sigma f}^{дет.}}{V_{Hf}}\right)^2}. \quad (12.56)$$

**12.9.4** Відносний СКВ  $\frac{\sigma(V_{H_{Ps}})}{V_{H_{Ps}}}$  інтервальної місткості циліндричної частини резервуара на абсолютну висоту  $H_{Ps}$  поясу з номером  $s$  для ведення оперативного обліку під час приймання або здавання рідини та проведення комерційних операцій обчислюють за формулою:

$$\frac{\sigma(V_{H_{Ps}})}{V_{H_{Ps}}} = \sqrt{\left(\frac{2 \cdot \sigma_A(R)}{R}\right)^2 + (\eta \cdot \sigma_\eta)^2 + \left(\frac{2 \cdot \bar{\sigma}_{\Sigma Ps}}{R}\right)^2 + \left(\frac{2 \cdot \bar{\sigma}_B(R)}{R}\right)^2 + (2 \cdot \lambda \cdot \sigma_{\Delta t})^2 + \left(\frac{\Delta V_{\Sigma t}^{\text{дет.}}}{V_{Ht}}\right)^2} \cdot (12.57)$$

**12.9.5** Границі допустимої відносної похибки  $\delta(V_{H_{Ps}})$  місткості поясів резервуара на абсолютну висоту  $H_{Ps}$  поясу з номером  $s$  обчислюють за формулою:

$$\delta(V_{H_{Ps}}) = \pm t_U \frac{\sigma(V_{H_{Ps}})}{V_{H_{Ps}}}. \quad (12.58)$$

Результати обчислень за формулою (12.58) записують у таблицю Ж.4 додатка Ж.

Границі допустимої відносної похибки  $\delta(V_{H_{Ps}})$  загальної місткості резервуара, обчислені за формулою (12.58), мають бути менші або дорівнювати границям допустимої відносної похибки, нормованим у 6.6.

### 13 ОФОРМЛЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ПОВІРКИ (КАЛІБРУВАННЯ)

**13.1** Записи до протоколів повірки (калібрування) виконують кульковою ручкою або іншими незмивними чорнилами. Робити витирання та виправлення не дозволено. Помилково записані результати вимірювання чи обчислювання викреслюють і записують поруч, у новому рядку або на новому бланку протоколу.

Результати вимірювання, виконані електронними тахеометрами або сканерами, записуються в їх пам'ять, а потім записують на магнітний носій комп'ютера безпосередньо з пам'яті тахеометра або сканера.

**13.2** Оброблення й оформлення результатів вимірювання під час визначення параметрів геодезичної мережі та резервуара виконують тільки на комп'ютері. Результати вимірювання, записані в пам'ять тахеометра, записують у файли на цифрових носіях комп'ютера, які використовують для оброблення вимірів на комп'ютері безпосередньо без роздруковування на папері. Складання градуювальних таблиць виконують тільки на комп'ютері за допомогою програмного забезпечення, атестованого в установленому порядку.

**13.3** За результатами повірки (калібрування) оформлюють технічний звіт щодо повірки (калібрування), який складає організація, що виконувала повірку (калібрування), і який містить (у разі позитивних результатів):

— титульний аркуш технічного звіту щодо повірки (калібрування), який містить затверджувальний (підтверджувальний) підпис керівника чи уповноваженої особи організації, що виконувала повірку (калібрування);

— польові протоколи повірки (калібрування) та, за необхідності, роздруківки протоколів, уведені в комп'ютер за формою, наведеною в додатках Б і В, підписані повірником і з відбитками повірочного клейма;

— журнал оброблення результатів вимірювання (результати оброблення та оцінювання точності) за формою, наведеною в додатку Ж;

— титульний лист градуювальної таблиці, який містить затверджувальний підпис керівника чи уповноваженої особи організації, що виконувала повірку (калібрування) (додаток И);

— градуювальну таблицю за формою, наведеною в додатку И;

— ескіз резервуара за формою, наведеною в додатку К;

— за необхідності, схему розміщення резервуара на об'єкті.

Допустимо затверджувати необхідну кількість примірників градуювальної таблиці як окремого документа, за наявності щонайменше двох примірників технічного звіту — по одному в замовника та виконавця.

Позитивні результати повірки (калібрування) резервуара можна посвідчувати також оформленням свідоцтва про повірку (калібрування).

За результатами калібрування може бути оформлено не технічний звіт, а сертифікат калібрування за формою, узгодженою між власником резервуарів та виконавцем робіт.

**13.4** У разі негативних результатів повірки (калібрування) оформлюють такі документи:

- польові протоколи повірки (калібрування) за формою, наведеною в додатках Б і В, із зазначенням причин непридатності, підписані повірником і з відбитками повірочного клейма;
- ескіз резервуара за формою, наведеною в додатку К (за необхідності);
- за необхідності, схему розміщення резервуара на об'єкті.

Схема розміщення резервуарів може бути складена одна на весь об'єкт чи на частини об'єкта.

Негативні результати повірки (калібрування) резервуара можна посвідчувати також оформленням довідки (висновку) про непридатність засобу вимірювання до експлуатування.

**13.5** Протоколи, складені під час повірки (калібрування) резервуара, та протоколи, введені в комп'ютер, мають бути ідентичними. Програмне забезпечення має забезпечувати неможливість внесення змін вручну за допомогою комп'ютерного редактора в журнал оброблення результатів вимірювання та градувальну таблицю, тобто ці документи формують тільки в автоматичному режимі. Помилки в журналі оброблення результатів вимірювання і градувальній таблиці виправляють, виправляючи помилки, допущені під час уведення польових протоколів у комп'ютер. Польові й введені в комп'ютер протоколи мають бути ідентичними.

Допустимо формування вручну на комп'ютері ескізу резервуара та схеми розміщення резервуара на об'єкті, а також внесення в них числових значень.

**13.6** Технічний звіт щодо повірки (калібрування) зберігають в організації, яка виконувала повірку (калібрування), не менше ніж 10 років.

**13.7** Протоколи повірки (калібрування), введені в комп'ютер, зберігають на цифрових носіях інформації не менше ніж 10 років.

**13.8** На ескізі резервуара зазначають його номер, тип, номінальну місткість, значення базової висоти, абсолютної висоти «мертвої» порожнини, абсолютної висоти неконтрольованої порожнини та граничної абсолютної висоти наповнення, а також загальної місткості, місткості «мертвої» порожнини та неконтрольованої порожнини (див. додаток К).

**13.9** Градувальну таблицю резервуара допустимо виводити в текстовий файл для подальшого автоматизованого введення в рівнемір.

**13.10** Значення границь похибки (невизначеності) вимірювання місткості резервуара наводять на титульному аркуші градувальної таблиці.

## **14 ПОРЯДОК ЗАТВЕРДЖЕННЯ ДОКУМЕНТІВ ТЕХНІЧНОГО ЗВІТУ**

**14.1** У протоколах повірки, їхніх роздрукованих комп'ютерних копіях та журналі оброблення результатів вимірювання ставить підпис повірник і ставлять відбитки повірочного клейма.

**14.2** Для резервуарів, призначених для облікових (зокрема податкових) і торгових (комерційних) операцій, технічний звіт щодо повірки та градувальну таблицю резервуара узгоджує керівник організації, що експлуатує резервуар, затверджує керівник організації, що виконувала повірку.

**14.3** Під час калібрування порядок затвердження документів технічного звіту або сертифіката калібрування узгоджують між власником резервуарів та виконавцем робіт.

ДОДАТОК А  
(довідковий)  
РИСУНКИ

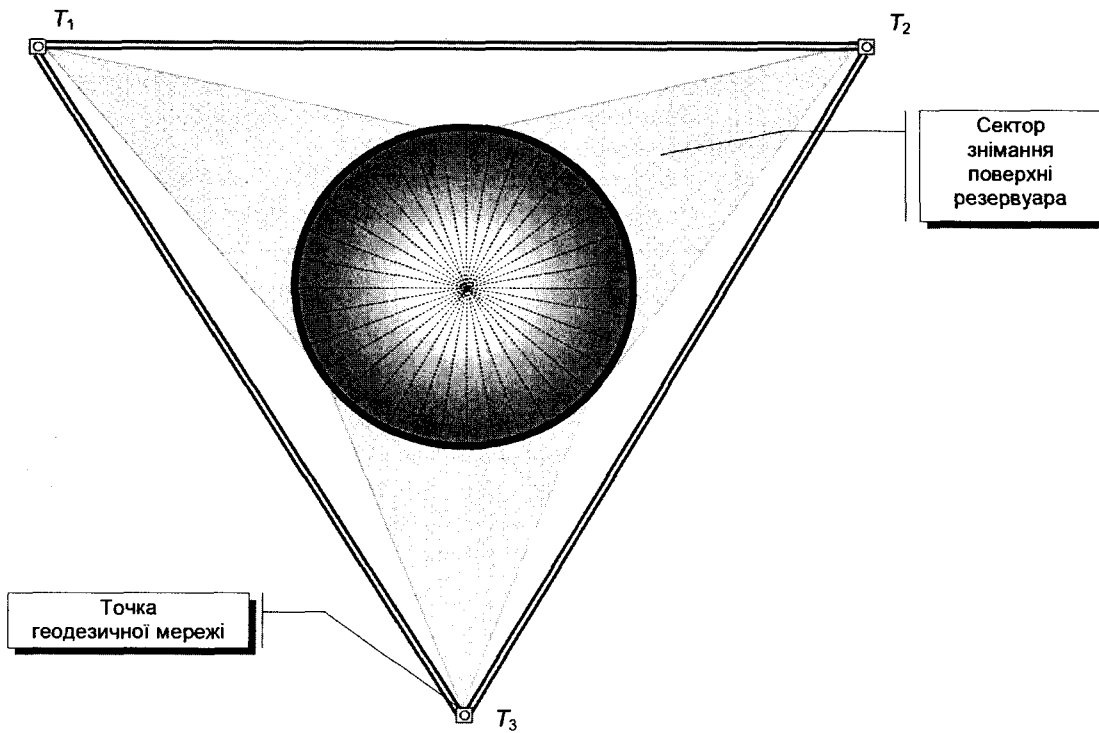


Рисунок А.1 — Схема геодезичної мережі у разі виконання вимірювань зовні резервуара (замкнений трикутник)

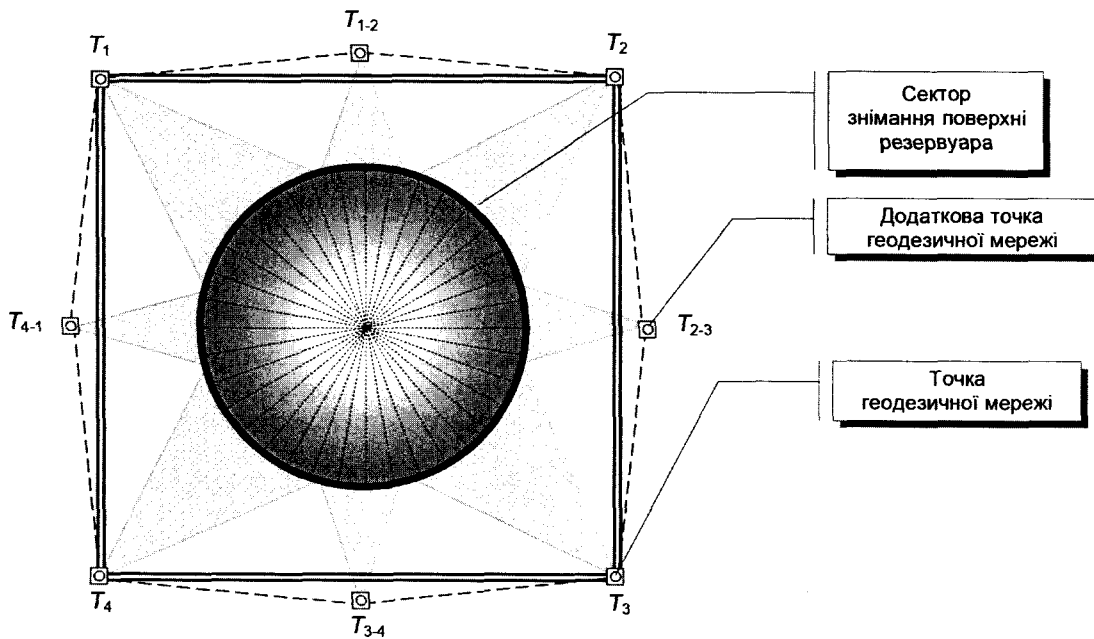


Рисунок А.2 — Схема геодезичної мережі у разі виконання вимірювань зовні резервуара (замкнений чотирикутник із додатковими точками)



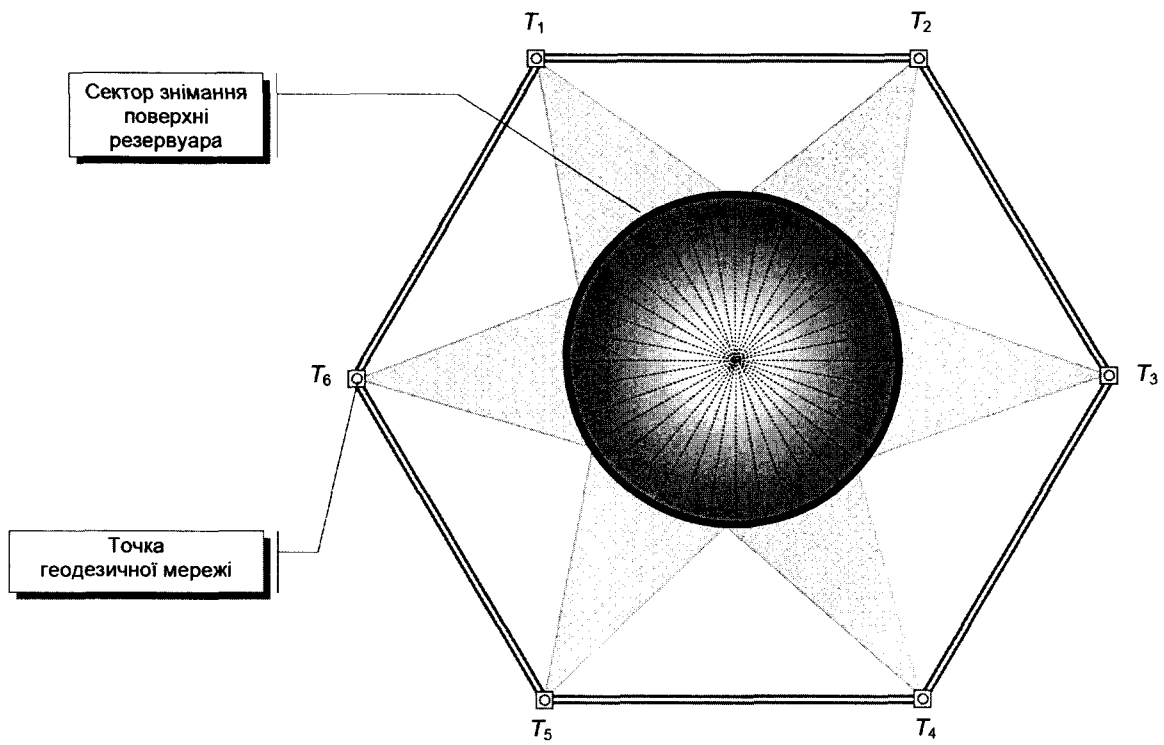


Рисунок А.3 — Схема геодезичної мережі у разі виконання вимірювань зовні резервуара (замкнений шестикутник)

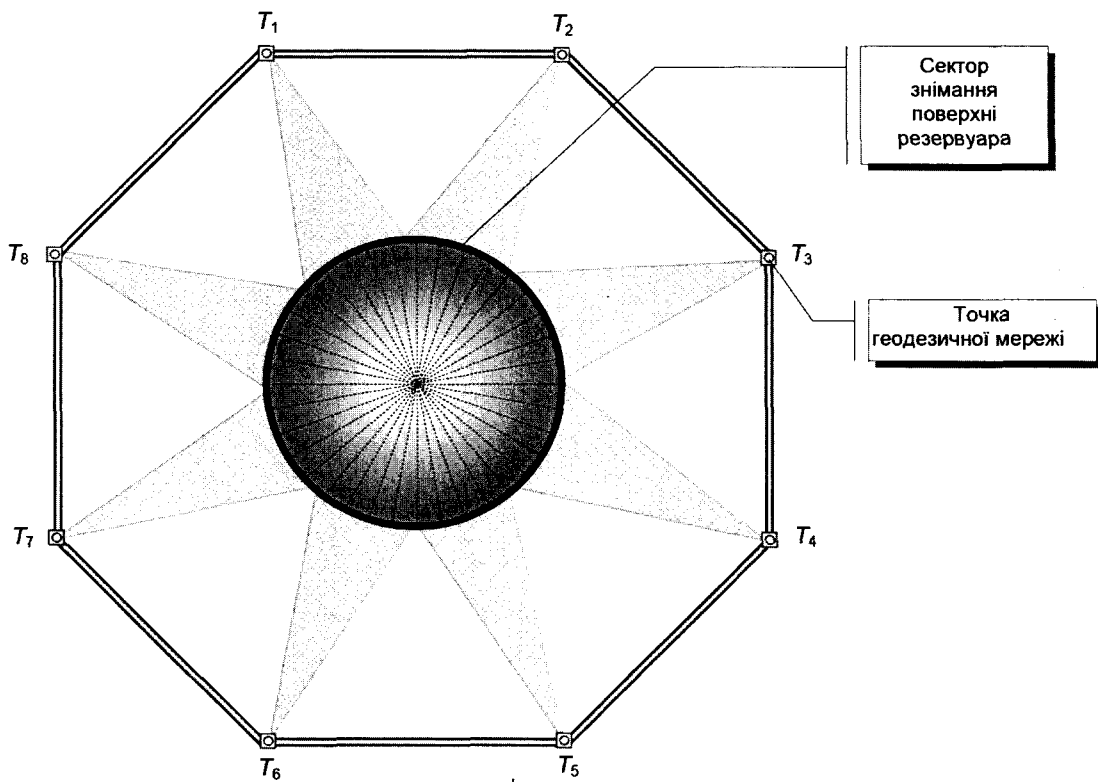


Рисунок А.4 — Схема геодезичної мережі у разі виконання вимірювань зовні резервуара (замкнений восьмикутник)

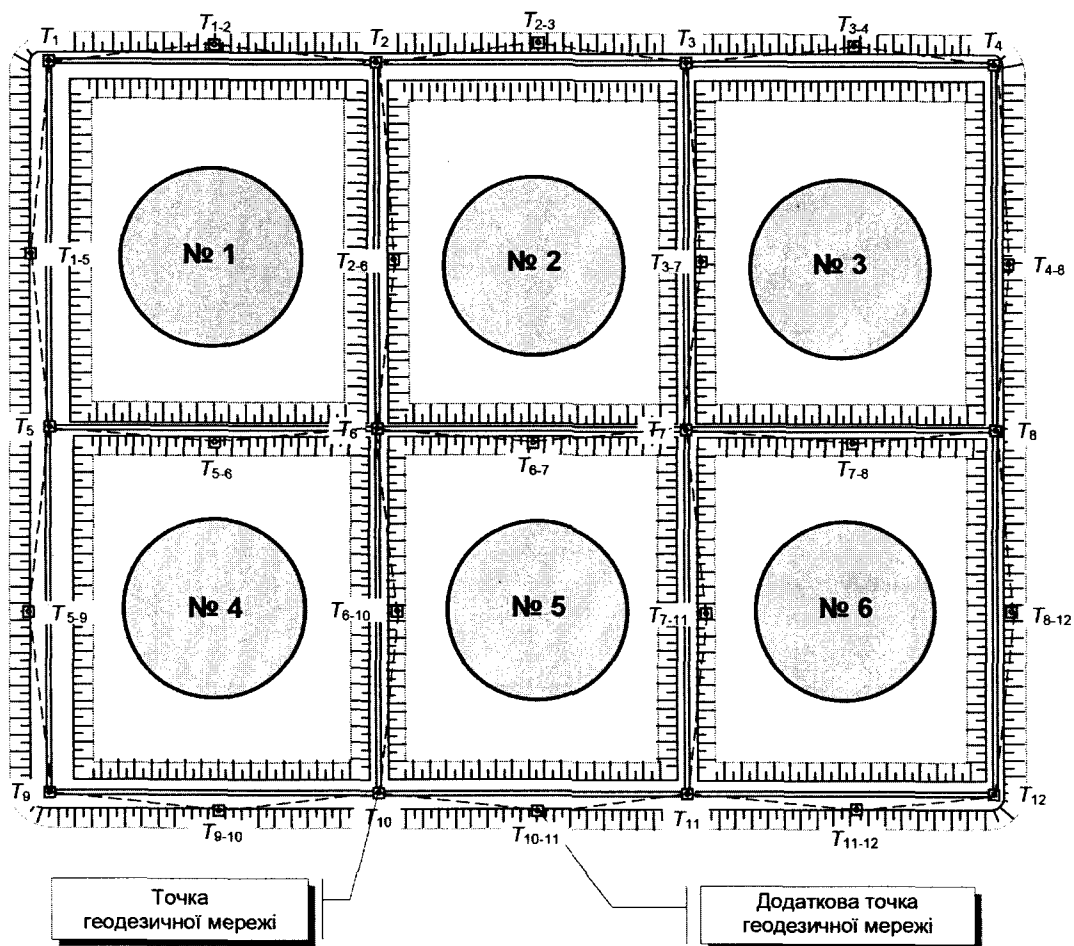


Рисунок А.5 — Схема геодезичної мережі у разі виконання вимірювань зовні резервуара для групи резервуарів

Розміри в міліметрах

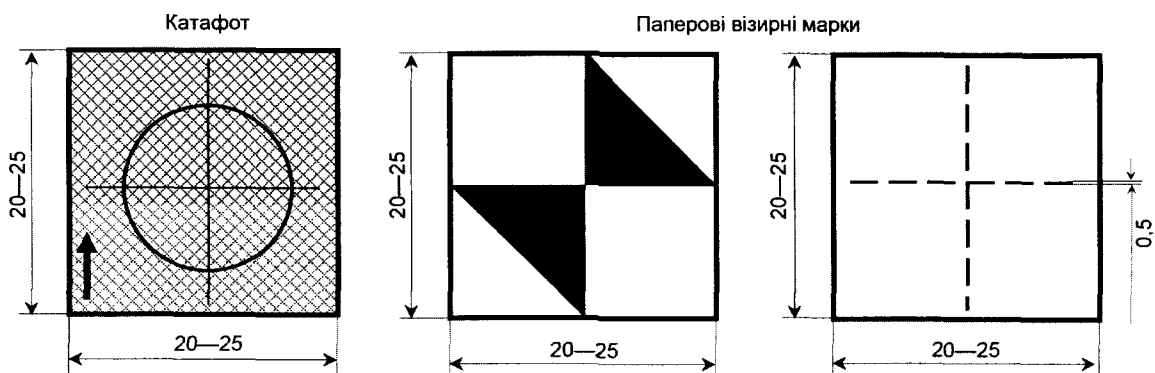


Рисунок А.6 — Відбивальна плівка (катафот) та паперові візирні марки

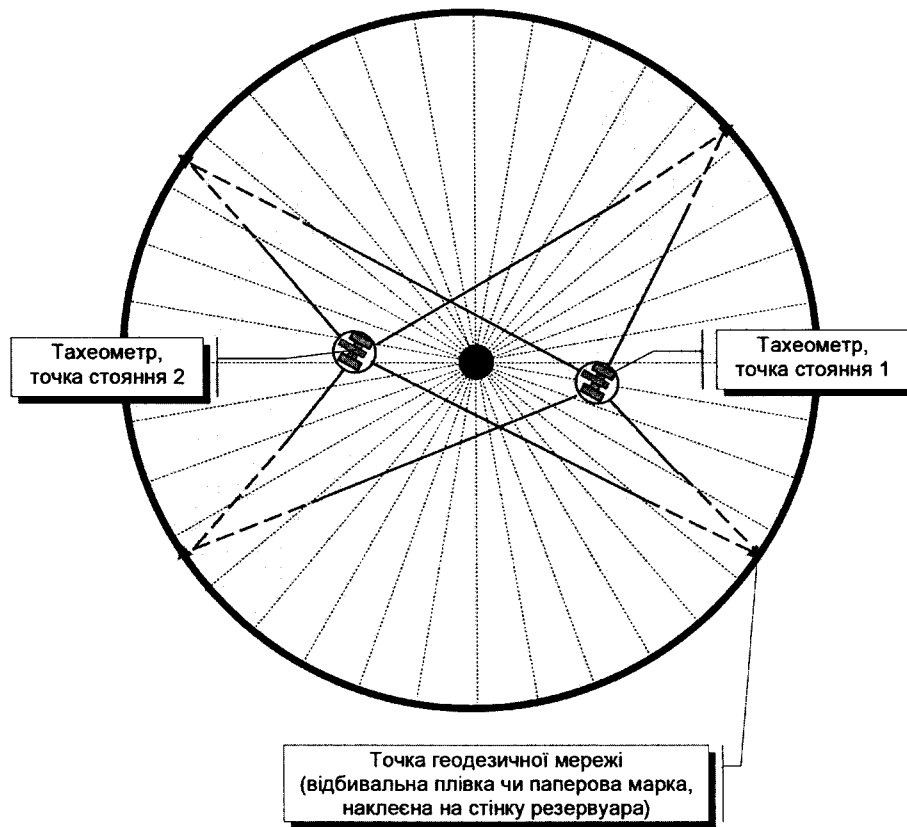


Рисунок А.7 — Схема геодезичної мережі у разі виконання вимірювань всередині резервуара

Розміри в міліметрах

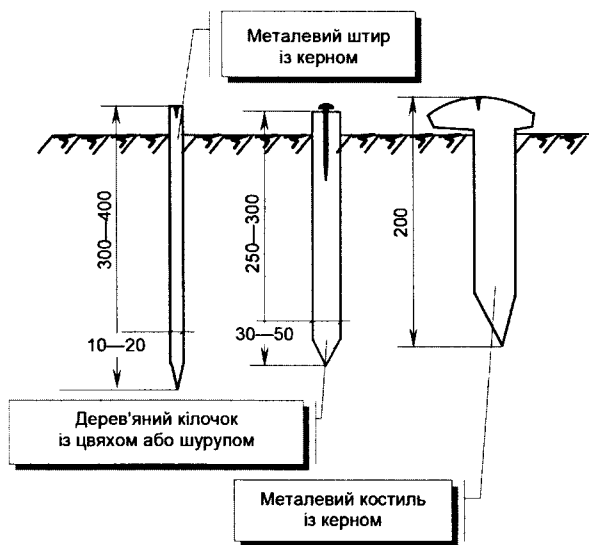


Рисунок А.8 — Тимчасові центри точок геодезичної мережі

Розміри в міліметрах

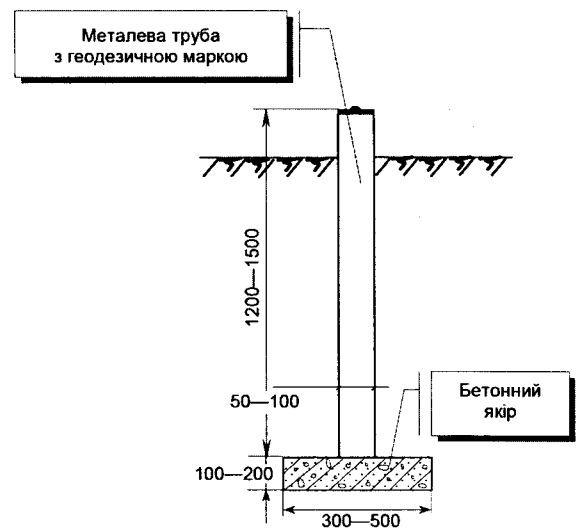


Рисунок А.9 — Постійний центр точок геодезичної мережі

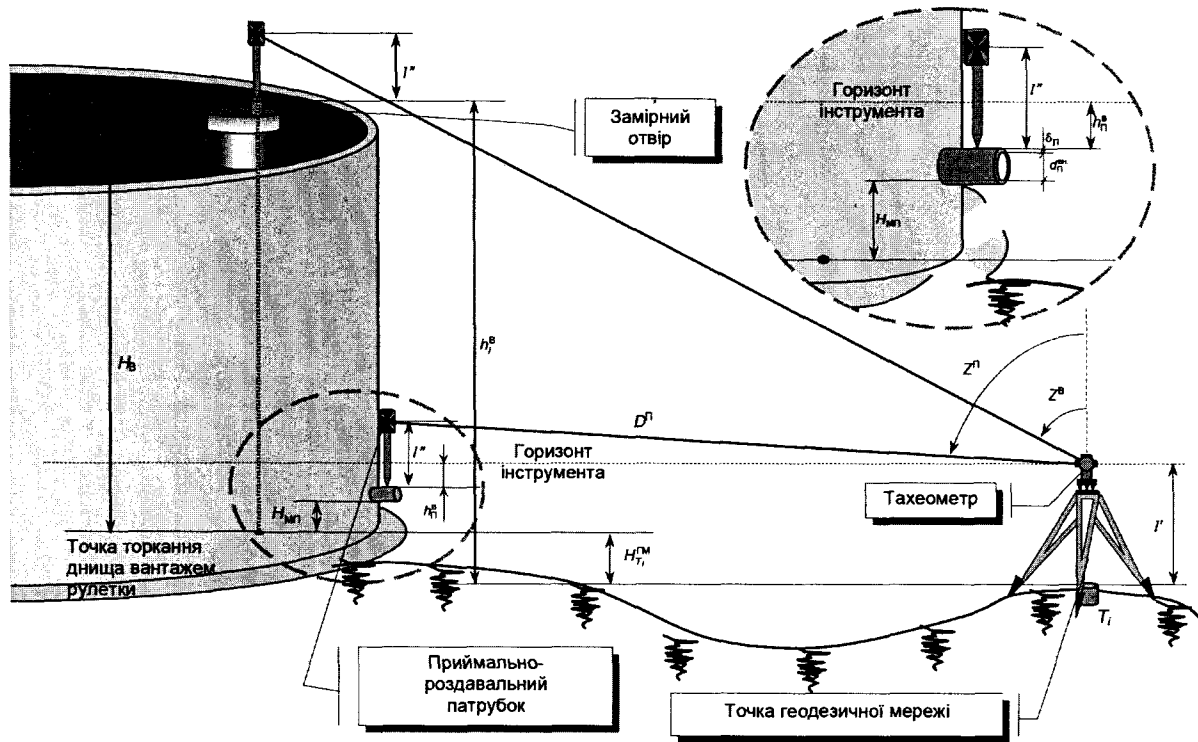


Рисунок А.10 — Визначення абсолютної висоти точки геодезичної мережі та «мертвої» порожнини відносно точки торкання днища вантажем рулетки у разі встановлення тахеометра над точкою геодезичної мережі

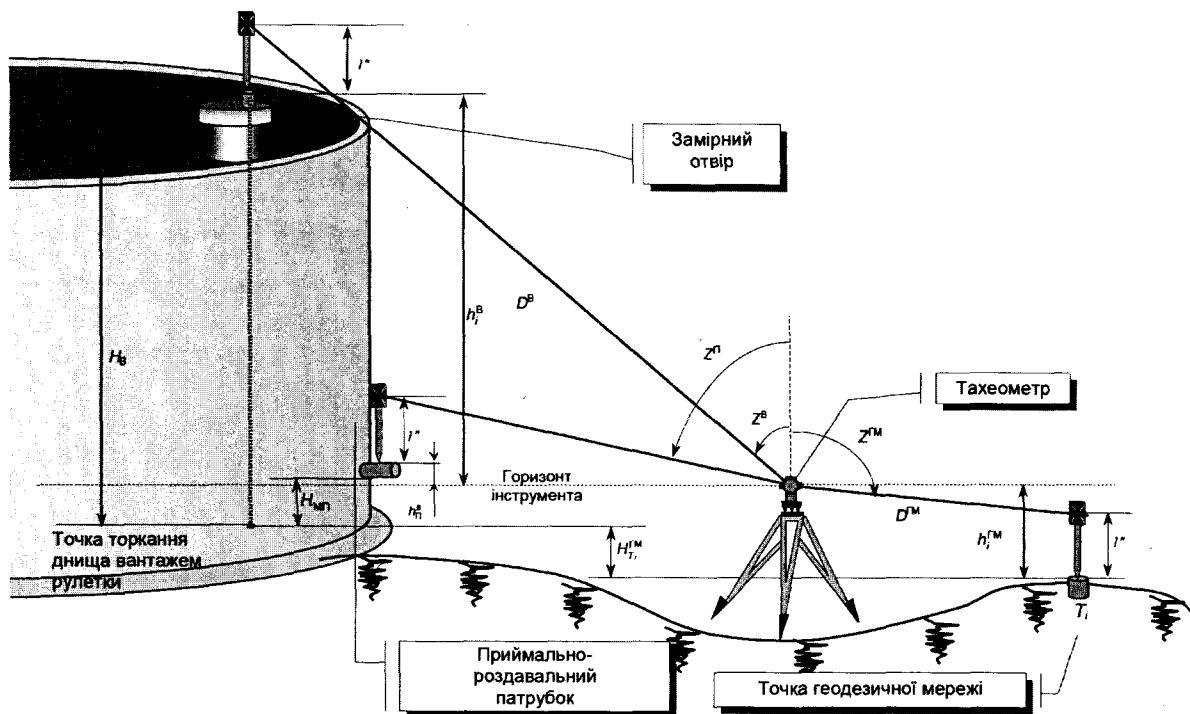


Рисунок А.11 — Визначення абсолютної висоти точки геодезичної мережі та «мертвої» порожнини відносно точки торкання днища вантажем рулетки у разі встановлення тахеометра поза точкою геодезичної мережі

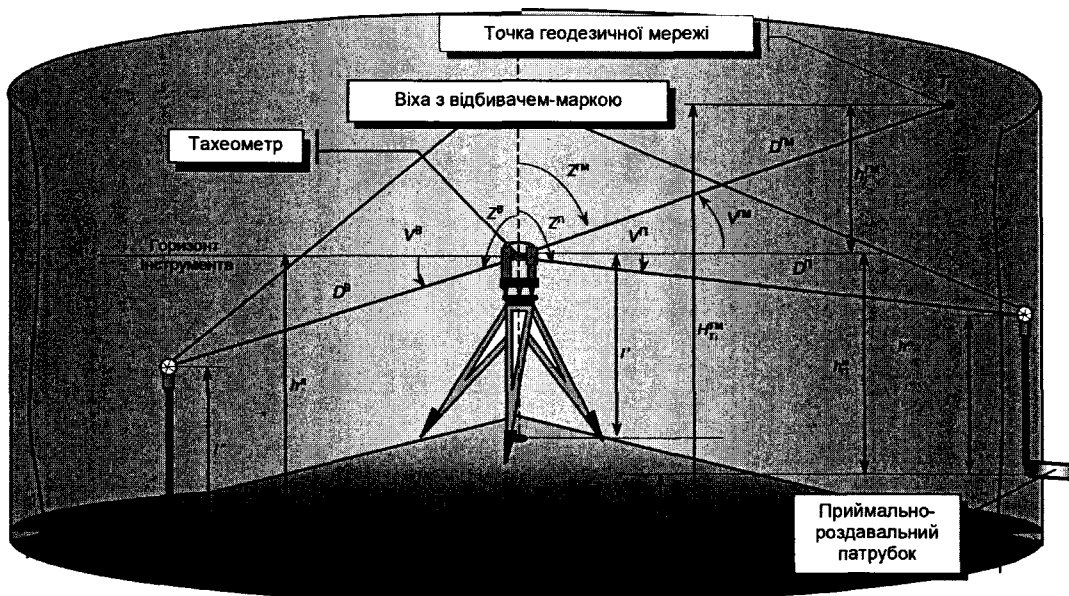


Рисунок А.12 — Визначення абсолютної висоти точки геодезичної мережі та «мертвої» порожнини відносно точки торкання днища вантажем рулетки у разі встановлення тахеометра всередині резервуара

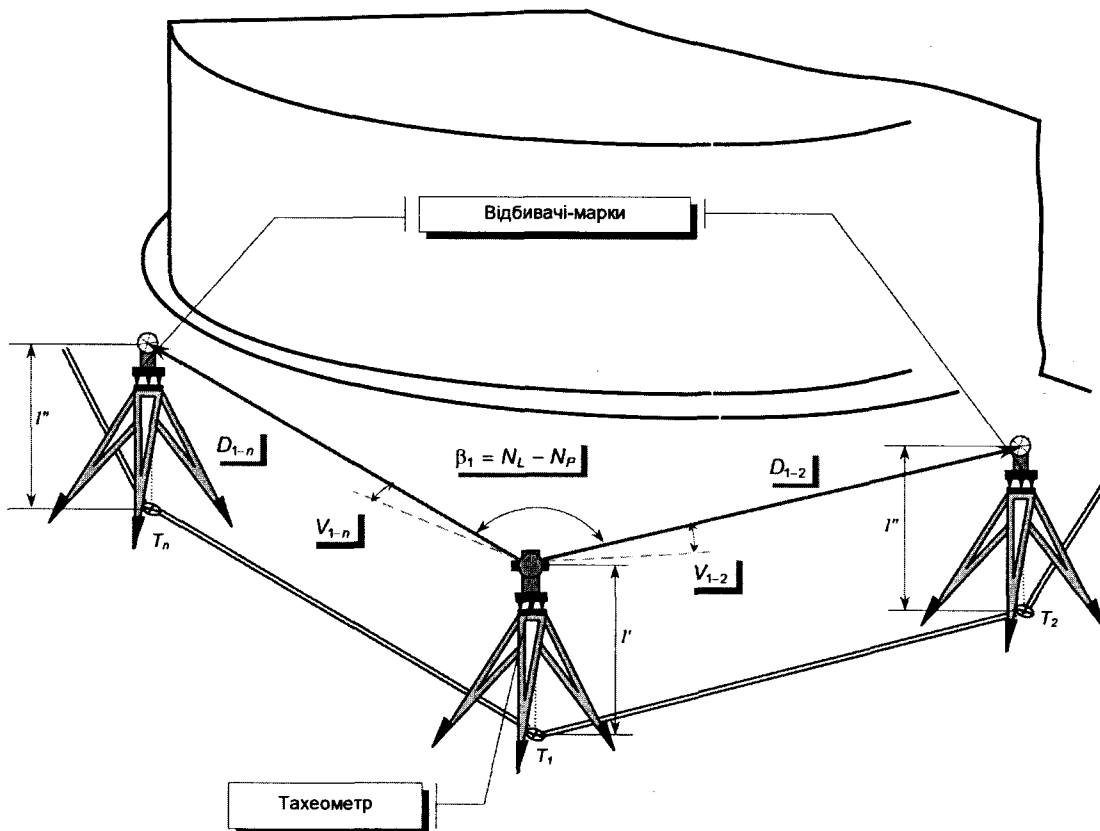


Рисунок А.13 — Схема виконання вимірювань під час визначення координат і абсолютної висоти точок геодезичної мережі методом полігонометрії

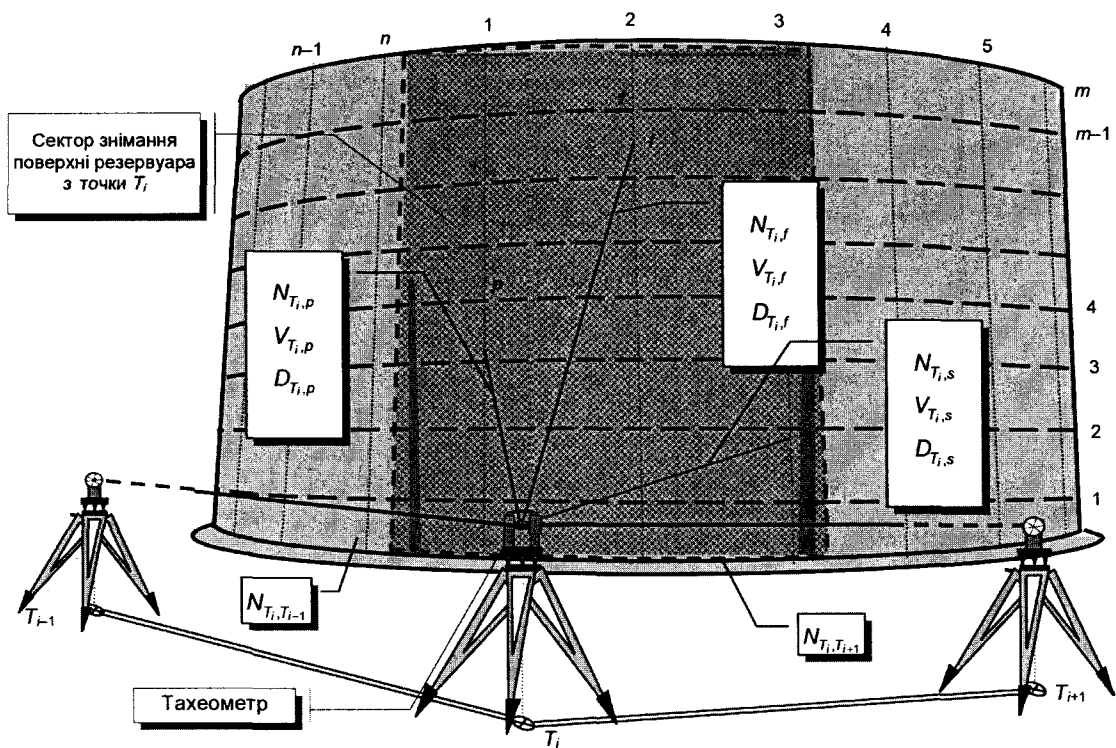


Рисунок А.14 — Вимірювання тахеометром у разі визначення горизонтальних координат та абсолютної висоти точок на поверхні резервуара

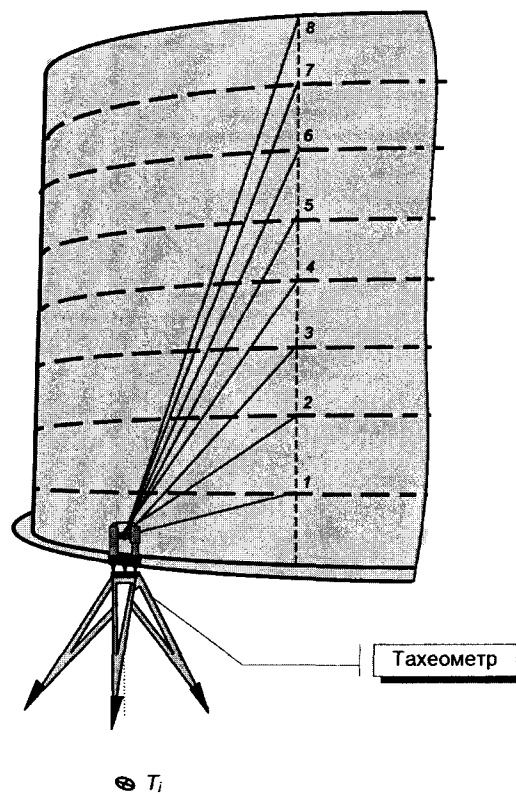


Рисунок А.15 — Вимірювання під час визначення абсолютної висоти поясів тригонометричним нівелюванням

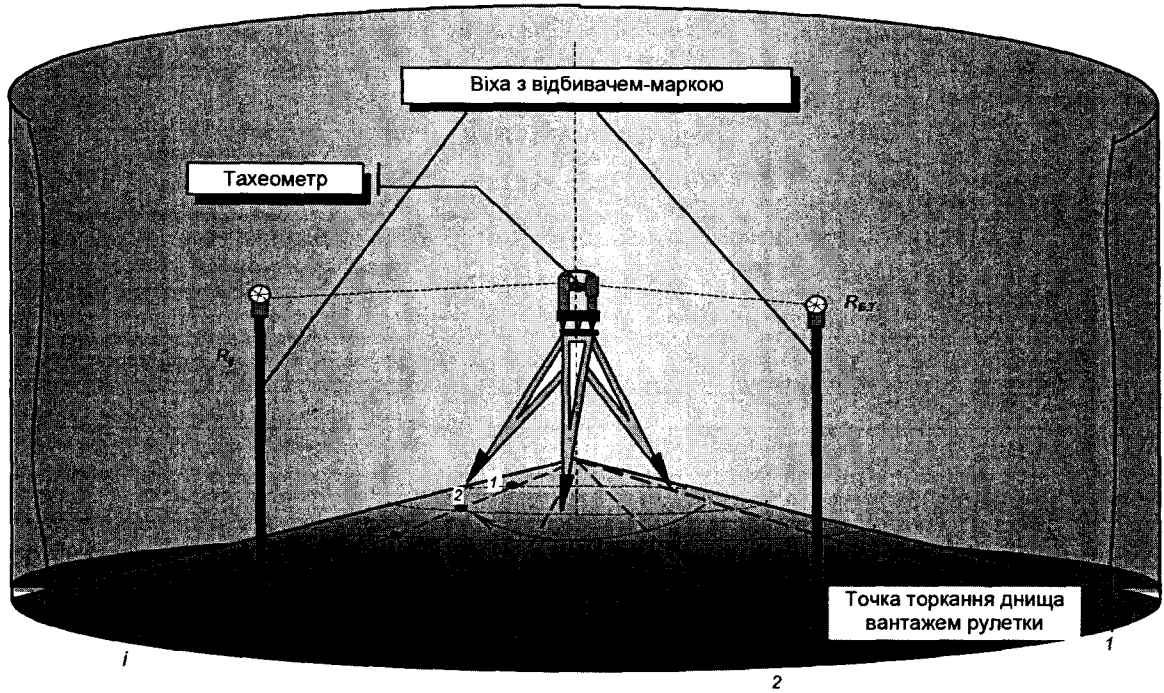


Рисунок А.16 — Вимірювання під час визначення параметрів днища резервуара

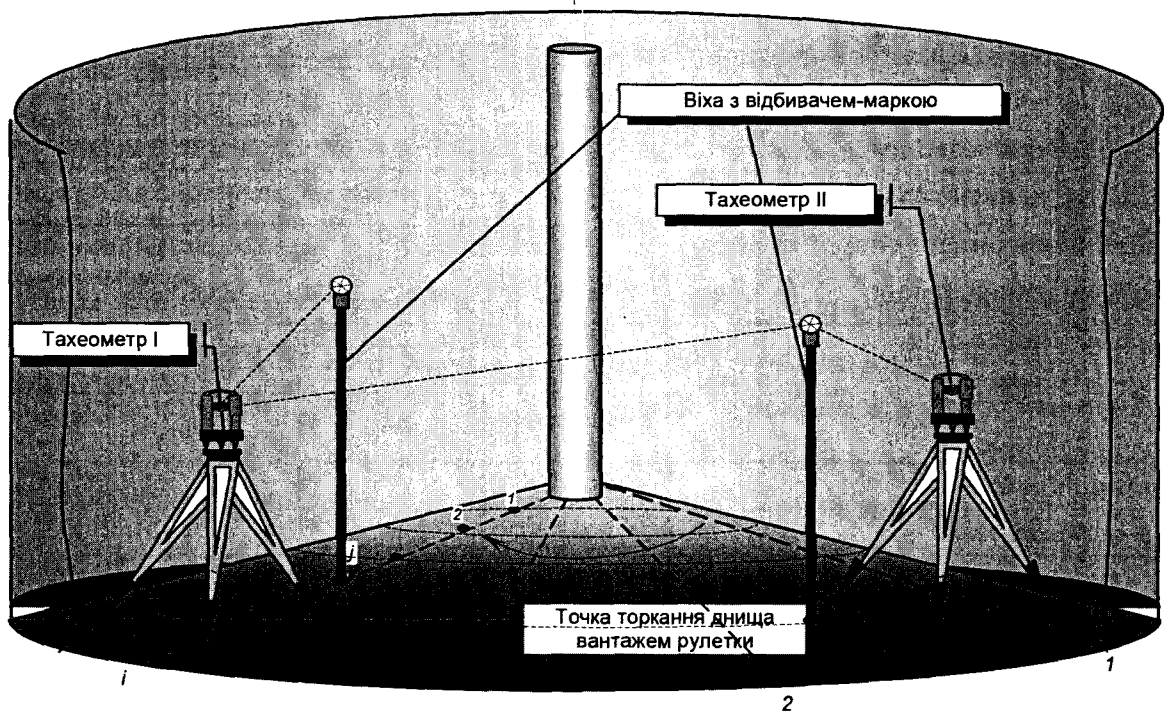


Рисунок А.17 — Вимірювання під час визначення параметрів днища резервуара за наявності в резервуарі центральної труби

ДОДАТОК Б  
(обов'язковий)

**ФОРМА ПРОТОКОЛУ ПОВІРКИ  
(КАЛІБРУВАННЯ)**

Протокол повірки (калібрування) № \_\_\_\_\_ від «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.  
вертикального вимірювального стаціонарного резервуара

**Б.1 Загальні відомості**

№		ЗВТ, який повіряють	Еталонні ЗВТ
1	Назва		
2	Тип		
3	Похибка (невизначеність), номінальна місткість		
4	Номер		
5	Власник		
6	Виробник		

Постійна поправка (константа) еталонного приладу \_\_\_ мм,  
її границі похибки (невизначеність) \_\_\_ мм

**Б.1.1 Методика повірки (калібрування)**

**Б.1.2 НД з вимогами до ЗВТ**

**Б.1.3 Умови повірки (калібрування):** температура \_\_\_ °С, атмосферний тиск \_\_\_ кПа.

**Б.1.4 Місце проведення повірки (калібрування)** \_\_\_\_\_

**Б.1.5 Призначеність резервуара**

**Б.1.6 Параметри резервуара:** кількість поясів \_\_\_\_, кількість вертикальних перерізів \_\_\_\_

**Б.2 Результати вимірювання**

**Б.2.1 Зовнішній огляд і випробування**

**Б.2.2 Вимірювання базової висоти резервуара**

Параметр, який визначають	Позначення параметра	Позначення одиниці вимірювання	Значення параметра		
			1-й вимір	2-й вимір	Середнє арифметичне значення
Базова висота резервуара	$H_B$	мм			
Базова висота рівнеміра	$H_I$	мм			
Координати базової точки	$X_B$	м			
	$Y_B$	м			



## Б.2.3 Вимірювання під час визначення абсолютної висоти точки геодезичної мережі

Параметр, який визначають	Позначення параметра	Позначення одиниці вимірювання	Значення параметра		
			1-й вимір	2-й вимір	Середнє арифметичне значення
Перевищення між горизонтальною віссю тахеометра і точкою вимірювання базової висоти (замірною планкою)	$h_i^B$	мм			
Перевищення між тахеометром і точкою геодезичної мережі	$h_i^{ГМ}$	мм			
Перевищення між точкою торкання днища вантажем рулетки і горизонтальною віссю тахеометра	$h^n$	мм			
Абсолютна висота точки геодезичної мережі	$H_{T_i}^{ГМ}$	мм			

## Б.2.4 Вимірювання під час визначення абсолютної висоти «мертвої» порожнини

Параметр, який визначають	Позначення параметра	Позначення одиниці вимірювання	Значення параметра		
			1-й вимір	2-й вимір	Середнє арифметичне значення
Перевищення між горизонтальною віссю тахеометра і верхом приймально-роздавального патрубку	$h_{п}^B$	мм			
Товщина стінки приймально-роздавального патрубку	$\delta_{п}$	мм			
Внутрішній діаметр приймально-роздавального патрубку	$d_{п}$	мм			
Перевищення між горизонтальною віссю тахеометра і низом приймально-роздавального патрубку, виміряне зсередини резервуара	$h_{п}^H$	мм			
Абсолютна висота «мертвої» порожнини	$H_{мп}$	мм			

Реєстр. № документа

**Б.2.5 Вимірювання під час визначення абсолютної висоти рівня і густини рідини, яка міститься в резервуарі під час повірки (калібрування), і температури стінки**

Параметр, який визначають	Позначення параметра	Позначення одиниці вимірювання	Значення параметра		
			1-й вимір	2-й вимір	Середнє арифметичне значення
Рівень наповнення резервуара під час вимірювання	$H_{Г}$	мм			
Густина рідини, яка міститься в резервуарі під час проведення вимірювань	$\rho_{пов.}$	кг/м <sup>3</sup>			
Середня густина рідини, яка зберігається в резервуарі під час експлуатування	$\rho_{збер.}$	кг/м <sup>3</sup>			
Температура стінки	$t_{сер.}$	°C			

**Б.2.6 Вимірювання електронним тахеометром під час визначення горизонтальних координат і абсолютної висоти точок геодезичної мережі**

Точка стояння, висота приладу $I$ , м	Точка спостережень, висота відбивача марки $I'$ , м	Параметри зовнішніх умов	Координата X, м	Координата Y, м	Висота $H$ , м
1	2	3	4	5	6

Ресстр. № документа

**Б.2.7 Вимірювання під час визначення абсолютної висоти, товщини стінок і шару фарби, висоти нахльостування поясів резервуара**

Номер поясу	Абсолютна висота поясу $H_s^{\text{зовн. (внутр.)}}$ , мм					Товщина стінки поясу $\delta_s^{\text{ст.}}$ , мм					Товщина шару фарби $\delta_s^{\text{фар.}}$ , мм					Висота нахльостування поясу $h_s^{\text{нах.}}$ , мм				
	вимір				середнє	вимір				середнє	вимір				середнє	вимір				середнє
	1	2	3	4		1	2	3	4		1	2	3	4		1	2	3	4	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1																				
2																				
3																				
4																				
5																				
6																				
7																				
8																				
9																				
10																				
11																				
12																				
13																				
14																				
15																				
16																				

Реєстр. № документа

ДСТУ 7473:2016

**Б.2.8 Вимірювання під час визначення маси, розмірів, об'єму опор покриву, що плаває, й абсолютної висоти низу покриву, що плаває в момент його спливання**

Параметр, який визначають	Позначення параметра	Позначення одиниці вимірювання	Значення параметра		
			1-й вимір	2-й вимір	Середнє арифметичне значення
Маса покриву, що плаває	$m^{п.п}$	кг			
Зовнішній радіус елемента покриву, що плаває	$R_{п.п}^з$	мм			
Внутрішній радіус елемента, який плаває, покриву, що плаває	$R_{п.п}^в$	мм			
Радіуси отворів у елементі, що плаває	1	$R_{отв.,}$	мм		
	2				
	3				
	4				
	5				
	6				
Площа нижньої поверхні елемента, що плаває	$S^{п.п}$	м <sup>2</sup>			
Абсолютна висота низу покриву, що плаває, в момент його спливання	$H^{п.п}$	мм			
Об'єм опор покриву, що плаває	$V^{опор.}$	мм			
Глибина додаткового занурення покриву, що плаває, внаслідок додаткового навантаження	$\Delta l_{доп.}$	мм			
Загальна довжина елементів, що плавають	$L_{п.}$	мм			
Радіус елементів, що плавають	$r$	мм			

**Б.2.9 Вимірювання під час визначення геометричної форми, параметрів і абсолютної висоти внутрішніх деталей та обладнання резервуара**

Тип	Висота, мм	Довжина, мм	Діаметр (ширина), мм	Кут нахилу осі, °	Об'єм, м <sup>3</sup>	Абсолютна висота, мм	
						нижньої межі	верхньої межі

**Б.3 Висновки** \_\_\_\_\_

Повірник \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ /  
(підпис) (ім'я, прізвище)

Реєстр. № документа

ДОДАТОК В  
(довідковий)

**ОБРОБЛЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ВИМІРЮВАННЯ  
В ПОЛІГОНОМЕТРИЧНОМУ ХОДІ**

**В.1 Оброблення результатів вимірювання під час визначення координат точок геодезичної мережі методом полігонометрії**

**В.1.1** Горизонтальні координати однієї з точок (наприклад,  $T_1$ ) вважають початковими й такими, що дорівнюють  $X_{T_1}^{\text{GM}} = 100,000$  м,  $Y_{T_1}^{\text{GM}} = 100,000$  м, а дирекційний кут (азимут) на суміжний пункт (наприклад,  $T_2$ ) початковим і таким, що дорівнює  $\alpha_{T_1-T_2}^{\text{GM}}$  та записують у таблицю В.1.

**В.1.2** Записують у протокол оброблення (таблиця В.1) значення вимірених внутрішніх горизонтальних кутів  $\beta_{T_i}^{\text{GM}}$  та горизонтальних прокладень відстаней  $S_{T_i-T_{i+1}}^{\text{GM}}$  між точками геодезичної мережі.

**В.1.3** Теоретична сума внутрішніх кутів у замкнутому полігонометричному ході дорівнює  $180^\circ \cdot (n - 2)$ , де  $n$  — кількість кутів у ході. Кутову нев'язку  $\psi_\beta$  в ході обчислюють як різницю суми вимірених значень внутрішніх кутів і теоретичної суми кутів у ході за формулою:

$$\psi_\beta = \sum_{i=1}^n \beta_{T_i}^{\text{GM}} - 180^\circ \cdot (n - 2). \quad (\text{В.1})$$

**В.1.4** Обчислюють допустиму кутову нев'язку  $\psi_{\beta_{\text{доп}}}$  замкнутого полігонометричного ходу за формулою:

$$\psi_{\beta_{\text{доп}}} = 15'' \cdot \sqrt{n}. \quad (\text{В.2})$$

Перевіряють виконання нерівності  $\psi_\beta \leq \psi_{\beta_{\text{доп}}}$ . У разі невиконання нерівності кутові вимірювання повторюють.

**В.1.5** Обчислюють виправлені значення внутрішніх кутів  $\ddot{\beta}_{T_i}^{\text{GM}}$  уведення поправки  $\upsilon_\beta = -\frac{\psi_\beta}{n}$  за формулою (поправку  $\upsilon_\beta$  округлюють до цілих секунд):

$$\ddot{\beta}_{T_i}^{\text{GM}} = \beta_{T_i}^{\text{GM}} + \upsilon_\beta. \quad (\text{В.3})$$

Сума виправлених кутів має бути такою, що дорівнює  $180^\circ \cdot (n - 2)$ , тобто має дотримуватися рівність:

$$\sum_{i=1}^n \ddot{\beta}_{T_i}^{\text{GM}} = 180^\circ \cdot (n - 2). \quad (\text{В.4})$$

**В.1.6** Обчислюють дирекційні кути сторін замкнутого полігонометричного ходу, починаючи від початкової  $\alpha_{T_1-T_2}^{\text{GM}} = 0^\circ$ , за формулою:

$$\alpha_{T_{i+1}-T_{i+2}}^{\text{GM}} = \alpha_{T_i-T_{i+1}}^{\text{GM}} + \ddot{\beta}_{T_i}^{\text{GM}} \pm 180^\circ, \quad (\text{В.5})$$

де  $\alpha_{T_i-T_{i+1}}^{\text{GM}}$ ,  $\alpha_{T_{i+1}-T_{i+2}}^{\text{GM}}$  — дирекційні кути сторін між точками  $T_i$  і  $T_{i+1}$ ,  $T_{i+1}$  і  $T_{i+2}$  полігонометричного ходу.

**В.1.7** Обчислюють прирости горизонтальних координат за формулами:

$$\Delta x_{T_i-T_{i+1}}^{\text{GM}} = S_{T_i-T_{i+1}}^{\text{GM}} \cdot \cos \alpha_{T_i-T_{i+1}}^{\text{GM}}; \quad (\text{В.6})$$

$$\Delta y_{T_i-T_{i+1}}^{\text{GM}} = S_{T_i-T_{i+1}}^{\text{GM}} \cdot \sin \alpha_{T_i-T_{i+1}}^{\text{GM}},$$

де  $S_{T_i-T_{i+1}}^{\text{GM}}$  — горизонтальні прокладання довжин сторін між точками  $T_i$  та  $T_{i+1}$  полігонометричного ходу.

**В.1.8** Обчислюють нев'язку приростів горизонтальних координат у замкнутому полігонометричному ході за формулами:

$$\begin{aligned}\psi_x &= \sum \Delta x_{T_i-T_{i+1}}^{\text{ГМ}}, \\ \psi_y &= \sum \Delta y_{T_i-T_{i+1}}^{\text{ГМ}}.\end{aligned}\quad (\text{В.7})$$

Теоретична сума приростів горизонтальних координат має бути такою, що дорівнює нулю.

**В.1.9** За значеннями нев'язок  $\psi_x$  і  $\psi_y$  обчислюють абсолютну  $\psi_s$  та відносну  $\Delta\psi_s$  лінійні нев'язки полігонометричного ходу за формулами:

$$\psi_s = \sqrt{\psi_x^2 + \psi_y^2} \text{ — абсолютна лінійна нев'язка;} \quad (\text{В.8})$$

$$\Delta\psi_s = \frac{\psi_s}{P} \cdot 100\% \text{ — відносна лінійна нев'язка,} \quad (\text{В.9})$$

де  $P = \sum S_{T_i-T_{i+1}}^{\text{ГМ}}$  — периметр полігонометричного ходу.

Значення відносної лінійної нев'язки має бути в допустимих межах  $\pm 0,02\%$ . Якщо відносна лінійна нев'язка вийшла за допустимі межі, то вимірювання кутів і довжин ліній полігонометричного ходу повторюють.

**В.1.10** Обчислюють виправлені значення приростів горизонтальних координат уведенням поправок  $v_x = -\frac{\psi_x}{n}$ ,  $v_y = -\frac{\psi_y}{n}$  за формулами:

$$\Delta\ddot{x}_{T_i-T_{i+1}}^{\text{ГМ}} = \Delta x_{T_i-T_{i+1}}^{\text{ГМ}} + v_x; \quad (\text{В.10})$$

$$\Delta\ddot{y}_{T_i-T_{i+1}}^{\text{ГМ}} = \Delta y_{T_i-T_{i+1}}^{\text{ГМ}} + v_y.$$

**В.1.11** Обчислюють горизонтальні координати точок геодезичних мереж за формулами:

$$X_{T_i}^{\text{ГМ}} = X_{T_{i-1}}^{\text{ГМ}} + \Delta\ddot{x}_{T_{i-1}-T_i}^{\text{ГМ}} \text{ або } X_{T_i}^{\text{ГМ}} = X_{T_1}^{\text{ГМ}} + \sum_{i=2}^i \Delta\ddot{x}_{T_{i-1}-T_i}^{\text{ГМ}}; \quad (\text{В.11})$$

$$Y_{T_i}^{\text{ГМ}} = Y_{T_{i-1}}^{\text{ГМ}} + \Delta\ddot{y}_{T_{i-1}-T_i}^{\text{ГМ}} \text{ або } Y_{T_i}^{\text{ГМ}} = Y_{T_1}^{\text{ГМ}} + \sum_{i=2}^i \Delta\ddot{y}_{T_{i-1}-T_i}^{\text{ГМ}}.$$

Обчислювання відповідно до В.1 виконують у протоколі оброблення (таблиця В.1).

Рекомендовано обчислювання відповідно до В.1 виконувати на комп'ютері спеціальною програмою для оброблення геодезичних мереж.

**В.2** Оброблення результатів вимірювання під час визначення абсолютної висоти точок геодезичної мережі методом полігонометрії

**В.2.1** Обчислюють перевищення  $h_{T_i-T_{i+1}}^{\text{ГМ}}$  між точками геодезичної мережі відповідно до 12.1.3 та заносять у протокол оброблення (таблиця В.1).

**В.2.2** Обчислюють вертикальну нев'язку замкнутого полігонометричного ходу за формулою:

$$\psi_h = \sum h_{T_i-T_{i+1}}^{\text{ГМ}}. \quad (\text{В.12})$$

Теоретична сума перевищень у замкнутому ході має бути такою, що дорівнює нулю.

**В.2.3** Обчислюють граничну допустиму вертикальну нев'язку замкнутого полігонометричного ходу, в міліметрах, за формулою:

$$\text{доп. } \psi_h = 5\sqrt{n}, \quad (\text{В.13})$$

де  $n$  — кількість вимірних перевищень.

Перевіряють виконання нерівності  $\psi_h \leq \text{доп. } \psi_h$ . У разі невиконання нерівності вимірювання перевищень повторюють.

**В.2.4** Обчислюють виправлені значення перевищень із урахуванням поправки  $v_h = -\frac{\Psi_h}{n}$  за формулою:

$$\ddot{h}_{T_i-T_{i+1}}^{\Gamma M} = h_{T_i-T_{i+1}}^{\Gamma M} + v_h. \quad (\text{В. 14})$$

Сума виправлених перевищень має бути такою, що дорівнює нулю, тобто має виконуватися рівність:

$$\sum \ddot{h}_{T_i-T_{i+1}}^{\Gamma M} = 0. \quad (\text{В. 15})$$

**В.2.5** Обчислюють абсолютну висоту точок геодезичної мережі  $H_{T_i}^{\Gamma M}$  за формулами:

$$H_{T_{i+1}}^{\Gamma M} = H_{T_i}^{\Gamma M} + \ddot{h}_{T_i-T_{i+1}}^{\Gamma M} \quad \text{або} \quad H_{T_{i+1}}^{\Gamma M} = H_{T_1}^{\Gamma M} + \sum_1^i h_{T_i-T_{i+1}}^{\Gamma M}, \quad (\text{В. 16})$$

де  $H_{T_1}^{\Gamma M}$  — абсолютна висота першої точки геодезичної мережі, обчислена відповідно до 12.3.

Обчислювання відповідно до В.2 виконують у протоколі оброблення (таблиця В.1).

Рекомендовано обчислювання відповідно до В.2 виконувати на комп'ютері спеціальною програмою для оброблення геодезичної мережі.





ДОДАТОК Г  
(обов'язковий)

ОБЧИСЛЮВАННЯ ГЕОМЕТРИЧНИХ  
ПАРАМЕТРІВ РЕЗЕРВУАРА

До основних визначуваних геометричних параметрів резервуара належать:  
— середній внутрішній радіус циліндричної частини резервуара  $R^{\text{рез.}}$ ;  
— радіальні відхили внутрішньої поверхні циліндричної частини резервуара від похилої циліндра  $\vartheta_j^{\text{рез.}}$ ;  
— ступінь нахилу  $\eta$  і напрямок нахилу осі резервуара  $\varphi$ .  
До додаткових геометричних параметрів резервуара належать:  
— значення проєкцій ступеня нахилу резервуара  $\eta_x$  та  $\eta_y$  на вертикальні площини координат  $XH$  та  $YH$ ;  
— горизонтальні координати центра резервуара на абсолютній висоті, що дорівнює нулю —  $X_o$ ,  $Y_o$ .

Обчислення геометричних параметрів резервуара виконують методом найменших квадратів у кілька наближень за наведеним нижче алгоритмом.

**Г.1** Обчислювання наближених значень горизонтальних координат  $X_o^{(1)}$  і  $Y_o^{(1)}$  на абсолютній висоті, що дорівнює нулю, виконують за формулами:

$$X_o^{(1)} = \frac{\sum_{s=1}^{n_{\text{верт.}}} \min X_s^{\text{рез.}}}{n_{\text{верт.}}}, \quad Y_o^{(1)} = \frac{\sum_{s=1}^{n_{\text{верт.}}} \min Y_s^{\text{рез.}}}{n_{\text{верт.}}}, \quad (\text{Г.1})$$

де  $\min X_s^{\text{рез.}}$ ,  $\min Y_s^{\text{рез.}}$  — горизонтальні координати точок на поверхні резервуара, що мають мінімальні висоти по кожному вертикальному перерізу;  
 $n_{\text{верт.}}$  — загальна кількість вертикальних перерізів резервуара.

**Г.2** Обчислювання наближеного значення середнього радіуса циліндричної частини резервуара  $R^{\text{рез.(1)}}$  виконують за формулою:

$$R^{\text{рез.(1)}} = \sqrt{(X_j^{\text{рез.}} - X_o^{(1)})^2 + (Y_j^{\text{рез.}} - Y_o^{(1)})^2}, \quad (\text{Г.2})$$

де  $X_j^{\text{рез.}}$ ,  $Y_j^{\text{рез.}}$  — горизонтальні координати довільної точки на поверхні резервуара.

**Г.3** У першому наближенні беруть такими, що дорівнюють нулю, проєкції ступеня нахилу резервуара  $\eta_x$ ,  $\eta_y$  на вертикальні площини координат, відповідно  $XH$  і  $YH$ .

**Г.4** Вихідна функція для складання та розв'язання системи лінійних рівнянь має вигляд:

$$R^{\text{рез.}} = \sqrt{(X_j^{\text{рез.}} - X_o - \eta_x \cdot H_j^{\text{рез.}})^2 + (Y_j^{\text{рез.}} - Y_o - \eta_y \cdot H_j^{\text{рез.}})^2}, \quad (\text{Г.3})$$

де  $R^{\text{рез.}}$  — радіус резервуара;  
 $H_j^{\text{рез.}}$  — абсолютна висота точок на поверхні резервуара.

**Г.5** Параметричне рівняння поправок має вигляд:

$$\vartheta_j^{\text{рез.(g)}} = A_j^{(g)} \cdot \delta_{\eta_x}^{(g)} + B_j^{(g)} \cdot \delta_{\eta_y}^{(g)} + C_j^{(g)} \cdot \delta_{R^{\text{рез.}}}^{(g)} + D_j^{(g)} \cdot \delta_{X_o}^{(g)} + E_j^{(g)} \cdot \delta_{Y_o}^{(g)} + I_j^{(g)}, \quad (\text{Г.4})$$

де  $\vartheta_j^{\text{рез.(g)}}$  — радіальні відхили зовнішньої (внутрішньої) поверхні резервуара від апроксимувального циліндра радіусом  $R^{\text{рез.}}$ ;  
 $\delta_{\eta_x}^{(g)}$ ,  $\delta_{\eta_y}^{(g)}$  — поправки в наближені значення проєкцій ступеня нахилу осі резервуара на вертикальні площини координат  $XH$  та  $YH$ ;  
 $\delta_{R^{\text{рез.}}}^{(g)}$  — поправка в наближене значення середнього радіуса резервуара;  
 $\delta_{X_o}^{(g)}$ ,  $\delta_{Y_o}^{(g)}$  — поправки в наближені значення горизонтальних координат  $X_o^{(g)}$  та  $Y_o^{(g)}$  на абсолютній висоті, що дорівнює нулю;

$A_j^{(g)}, B_j^{(g)}, C_j^{(g)}, D_j^{(g)}, E_j^{(g)}$  — коефіцієнти параметричного рівняння поправок;  
 $I_j^{(g)}$  — вільний член параметричного рівняння поправок;  
 $g$  — номер наближення.

Г.6 Обчислювання коефіцієнтів і вільних членів параметричних рівнянь поправок у кожному наближенні виконують за формулами (номер наближення опущено):

$$A_j = \frac{X_j^{\text{рез.}} - X_o - \eta_x \cdot H_j^{\text{рез.}}}{R^{\text{рез.}}} \cdot H_j^{\text{рез.}}; B_j = \frac{Y_j^{\text{рез.}} - Y_o - \eta_y \cdot H_j^{\text{рез.}}}{R^{\text{рез.}}} \cdot H_j^{\text{рез.}}; C_j = 1;$$

$$D_j = \frac{X_j^{\text{рез.}} - X_o - \eta_x \cdot H_j^{\text{рез.}}}{R^{\text{рез.}}} \cdot H_j^{\text{рез.}}; E_j = \frac{Y_j^{\text{рез.}} - Y_o - \eta_y \cdot H_j^{\text{рез.}}}{R^{\text{рез.}}} \cdot H_j^{\text{рез.}}; \quad (\text{Г.5})$$

$$I_j = R^{\text{рез.}} \cdot \sqrt{\left(X_j^{\text{рез.}} - X_o - \eta_x \cdot H_j^{\text{рез.}}\right)^2 + \left(Y_j^{\text{рез.}} - Y_o - \eta_y \cdot H_j^{\text{рез.}}\right)^2}.$$

Складають рівняння (Г.4) для кожної точки, горизонтальні координати й абсолютну висоту якої визначено на поверхні резервуара.

Г.7 Обчислювання коефіцієнтів і вільних членів нормальних рівнянь виконують за формулами:

$N_{11} = \sum_{j=1}^n A_j^2$	$N_{12} = \sum_{j=1}^n (A_j \cdot B_j)$	$N_{13} = \sum_{j=1}^n A_j$
$N_{14} = \sum_{j=1}^n (A_j \cdot D_j)$	$N_{15} = \sum_{j=1}^n (A_j \cdot E_j)$	$L_1 = \sum_{j=1}^n (A_j \cdot I_j)$
$N_{21} = N_{12}$	$N_{22} = \sum_{j=1}^n B_j^2$	$N_{23} = \sum_{j=1}^n B_j$
$N_{24} = \sum_{j=1}^n (B_j \cdot D_j)$	$N_{25} = \sum_{j=1}^n (B_j \cdot E_j)$	$L_2 = \sum_{j=1}^n (B_j \cdot I_j)$
$N_{31} = N_{13}$	$N_{32} = N_{23}$	$N_{33} = m$
$N_{34} = \sum_{j=1}^n D_j$	$N_{35} = \sum_{j=1}^n E_j$	$L_3 = \sum_{j=1}^n I_j$
$N_{41} = N_{14}$	$N_{42} = N_{24}$	$N_{43} = N_{34}$
$N_{44} = \sum_{j=1}^n D_j^2$	$N_{45} = \sum_{j=1}^n (D_j \cdot E_j)$	$L_4 = \sum_{j=1}^n (D_j \cdot I_j)$
$N_{51} = N_{15}$	$N_{52} = N_{25}$	$N_{53} = N_{35}$
$N_{54} = N_{45}$	$N_{55} = \sum_{j=1}^n E_j^2$	$L_5 = \sum_{j=1}^n (E_j \cdot I_j)$

Система нормальних рівнянь має вигляд:

$$\left. \begin{aligned} N_{11} \cdot \delta_{\eta_x}^{(g)} + N_{12} \cdot \delta_{\eta_y}^{(g)} + N_{13} \cdot \delta_{R^{\text{рез.}}}^{(g)} + N_{14} \cdot \delta_{X_o}^{(g)} + N_{15} \cdot \delta_{Y_o}^{(g)} + L_1 &= 0 \\ N_{21} \cdot \delta_{\eta_x}^{(g)} + N_{22} \cdot \delta_{\eta_y}^{(g)} + N_{23} \cdot \delta_{R^{\text{рез.}}}^{(g)} + N_{24} \cdot \delta_{X_o}^{(g)} + N_{25} \cdot \delta_{Y_o}^{(g)} + L_2 &= 0 \\ N_{31} \cdot \delta_{\eta_x}^{(g)} + N_{32} \cdot \delta_{\eta_y}^{(g)} + N_{33} \cdot \delta_{R^{\text{рез.}}}^{(g)} + N_{34} \cdot \delta_{X_o}^{(g)} + N_{35} \cdot \delta_{Y_o}^{(g)} + L_3 &= 0 \\ N_{41} \cdot \delta_{\eta_x}^{(g)} + N_{42} \cdot \delta_{\eta_y}^{(g)} + N_{43} \cdot \delta_{R^{\text{рез.}}}^{(g)} + N_{44} \cdot \delta_{X_o}^{(g)} + N_{45} \cdot \delta_{Y_o}^{(g)} + L_4 &= 0 \\ N_{51} \cdot \delta_{\eta_x}^{(g)} + N_{52} \cdot \delta_{\eta_y}^{(g)} + N_{53} \cdot \delta_{R^{\text{рез.}}}^{(g)} + N_{54} \cdot \delta_{X_o}^{(g)} + N_{55} \cdot \delta_{Y_o}^{(g)} + L_5 &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (\text{Г.7})$$

Розв'язання системи нормальних рівнянь виконують методом Гауса за формулами, наведеними в (Г.8)—(Г.11).

Г.8 Обчислювання перетворених коефіцієнтів системи нормальних рівнянь виконують за формулами:

$$\begin{aligned}
 N_{22}^{(1)} &= N_{22} - \frac{N_{12} \cdot N_{12}}{N_{11}}; & N_{23}^{(1)} &= N_{23} - \frac{N_{12} \cdot N_{13}}{N_{11}}; & N_{24}^{(1)} &= N_{24} - \frac{N_{12} \cdot N_{14}}{N_{11}}; & N_{25}^{(1)} &= N_{25} - \frac{N_{12} \cdot N_{15}}{N_{11}} \\
 N_{33}^{(2)} &= N_{33} - \frac{N_{13} \cdot N_{13}}{N_{11}} - \frac{N_{23}^{(1)} \cdot N_{23}^{(1)}}{N_{22}^{(1)}}; & N_{34}^{(2)} &= N_{34} - \frac{N_{13} \cdot N_{14}}{N_{11}} - \frac{N_{23}^{(1)} \cdot N_{24}^{(1)}}{N_{22}^{(1)}}; & N_{35}^{(2)} &= N_{35} - \frac{N_{13} \cdot N_{15}}{N_{11}} - \frac{N_{23}^{(1)} \cdot N_{25}^{(1)}}{N_{22}^{(1)}} \\
 N_{44}^{(3)} &= N_{44} - \frac{N_{14} \cdot N_{14}}{N_{11}} - \frac{N_{24}^{(1)} \cdot N_{24}^{(1)}}{N_{22}^{(1)}} - \frac{N_{34}^{(2)} \cdot N_{34}^{(2)}}{N_{33}^{(2)}}; & N_{45}^{(3)} &= N_{45} - \frac{N_{14} \cdot N_{15}}{N_{11}} - \frac{N_{24}^{(1)} \cdot N_{25}^{(1)}}{N_{22}^{(1)}} - \frac{N_{34}^{(2)} \cdot N_{35}^{(2)}}{N_{33}^{(2)}} \\
 N_{55}^{(4)} &= N_{55} - \frac{N_{15} \cdot N_{15}}{N_{11}} - \frac{N_{25}^{(1)} \cdot N_{25}^{(1)}}{N_{22}^{(1)}} - \frac{N_{35}^{(2)} \cdot N_{35}^{(2)}}{N_{33}^{(2)}} - \frac{N_{45}^{(3)} \cdot N_{45}^{(3)}}{N_{44}^{(3)}}
 \end{aligned} \tag{Г.8}$$

Г.9 Обчислювання коефіцієнтів елімінаційних рівнянь виконують за формулами:

$$\begin{aligned}
 E_{12} &= -\frac{12}{11} & E_{13} &= -\frac{N_{13}}{N_{11}} & E_{14} &= -\frac{N_{14}}{N_{11}} & E_{15} &= -\frac{N_{15}}{N_{11}} \\
 E_{23} &= -\frac{N_{23}^{(1)}}{N_{22}^{(1)}} & E_{24} &= -\frac{N_{24}^{(1)}}{N_{22}^{(1)}} & E_{25} &= -\frac{N_{25}^{(1)}}{N_{22}^{(1)}} \\
 E_{34} &= -\frac{N_{34}^{(2)}}{N_{33}^{(2)}} & E_{35} &= -\frac{N_{35}^{(2)}}{N_{33}^{(2)}} \\
 E_{45} &= -\frac{N_{45}^{(3)}}{N_{44}^{(3)}}
 \end{aligned} \tag{Г.9}$$

Г.10 Обчислювання вагових коефіцієнтів системи нормальних рівнянь виконують за формулами:

$Q_{55} = \frac{1}{N_{55}^{(4)}}$	$Q_{45} = Q_{45}$
$Q_{54} = E_{45} \cdot Q_{55}$	$Q_{44} = E_{45} \cdot Q_{45} + \frac{1}{N_{44}^{(3)}}$
$Q_{53} = E_{34} \cdot Q_{54} + E_{35} \cdot Q_{55}$	$Q_{43} = E_{34} \cdot Q_{44} + E_{35} \cdot Q_{45}$
$Q_{52} = E_{23} \cdot Q_{53} + E_{24} \cdot Q_{54} + E_{25} \cdot Q_{55}$	$Q_{42} = E_{23} \cdot Q_{43} + E_{24} \cdot Q_{44} + E_{25} \cdot Q_{45}$
$Q_{51} = E_{12} \cdot Q_{52} + E_{13} \cdot Q_{53} + E_{14} \cdot Q_{54} + E_{15} \cdot Q_{55}$	$Q_{41} = E_{12} \cdot Q_{42} + E_{13} \cdot Q_{43} + E_{14} \cdot Q_{44} + E_{15} \cdot Q_{45}$
$Q_{35} = Q_{53}$	$Q_{25} = Q_{52}$
$Q_{34} = Q_{43}$	$Q_{24} = Q_{42}$
$Q_{33} = E_{34} \cdot Q_{34} + E_{35} \cdot Q_{35} + \frac{1}{N_{33}^{(2)}}$	$Q_{23} = Q_{32}$
$Q_{32} = E_{23} \cdot Q_{33} + E_{24} \cdot Q_{34} + E_{25} \cdot Q_{35}$	$Q_{22} = E_{23} \cdot Q_{23} + E_{24} \cdot Q_{24} + E_{25} \cdot Q_{25} + \frac{1}{N_{22}^{(1)}}$
$Q_{31} = E_{12} \cdot Q_{32} + E_{13} \cdot Q_{33} + E_{14} \cdot Q_{34} + E_{15} \cdot Q_{35}$	$Q_{21} = E_{12} \cdot Q_{22} + E_{13} \cdot Q_{23} + E_{14} \cdot Q_{24} + E_{15} \cdot Q_{25}$
$Q_{15} = Q_{51}$	
$Q_{14} = Q_{41}$	
$Q_{13} = Q_{31}$	
$Q_{12} = Q_{21}$	
$Q_{11} = E_{12} \cdot Q_{12} + E_{13} \cdot Q_{13} + E_{14} \cdot Q_{14} + E_{15} \cdot Q_{15} + \frac{1}{N_{11}}$	

Г.11 Обчислювання поправок до наближених значень визначуваних геометричних параметрів виконують за формулами:

$$\begin{aligned} \delta_{\eta_x}^{(g)} &= -Q_{11} \cdot L_1 - Q_{12} \cdot L_2 - Q_{13} \cdot L_3 - Q_{14} \cdot L_4 - Q_{15} \cdot L_5; \\ \delta_{\eta_y}^{(g)} &= -Q_{21} \cdot L_1 - Q_{22} \cdot L_2 - Q_{23} \cdot L_3 - Q_{24} \cdot L_4 - Q_{25} \cdot L_5; \\ \delta_{R^{\text{рез.}}}^{(g)} &= -Q_{31} \cdot L_1 - Q_{32} \cdot L_2 - Q_{33} \cdot L_3 - Q_{34} \cdot L_4 - Q_{35} \cdot L_5; \\ \delta_{X_o}^{(g)} &= -Q_{41} \cdot L_1 - Q_{42} \cdot L_2 - Q_{43} \cdot L_3 - Q_{44} \cdot L_4 - Q_{45} \cdot L_5; \\ \delta_{Y_o}^{(g)} &= -Q_{51} \cdot L_1 - Q_{52} \cdot L_2 - Q_{53} \cdot L_3 - Q_{54} \cdot L_4 - Q_{55} \cdot L_5. \end{aligned} \quad (\text{Г.11})$$

Г.12 Обчислювання проекції ступеня нахилу осі резервуара на вертикальні площини координат, відповідно  $XH$  і  $YH$  для наступного наближення виконують за формулами:

$$\eta_x^{(g+1)} = \eta_x^{(g)} + \delta_{\eta_x}^{(g)}; \quad \eta_y^{(g+1)} = \eta_y^{(g)} + \delta_{\eta_y}^{(g)}. \quad (\text{Г.12})$$

Г.13 Обчислювання значень горизонтальних координат  $X_o$  і  $Y_o$  на абсолютній висоті, що дорівнює нулю, виконують за формулами:

$$X_o^{(g+1)} = X_o^{(g)} + \delta_{X_o}^{(g)}; \quad Y_o^{(g+1)} = Y_o^{(g)} + \delta_{Y_o}^{(g)}. \quad (\text{Г.13})$$

Г.14 Обчислювання середнього радіуса циліндричної частини резервуара  $R^{\text{рез.}}$  для наступного наближення виконують за формулою:

$$R^{\text{рез.}(g+1)} = R^{\text{рез.}(g)} + \delta_{R^{\text{рез.}}}^{(g)}. \quad (\text{Г.14})$$

Якщо поправка до значення середнього радіуса  $\delta_{R^{\text{рез.}}}^{(g)}$  за модулем перевищує 0,05 мм, то починають наступне наближення за формулами (Г.4)—(Г.14), якщо ні — обчислювання припиняють. Далі використовують геометричні параметри циліндричної частини резервуара, отримані в останньому наближенні.

Г.15 Обчислювання ступеня нахилу осі резервуара  $\eta$  виконують за формулою:

$$\eta = \sqrt{\eta_x^2 + \eta_y^2}. \quad (\text{Г.15})$$

Г.16 Обчислюють азимут лінії  $\alpha_o$ , яка з'єднує центр резервуара й точку торкання днища вантажем рулетки за формулою:

$$\alpha_o = \text{arctg} \frac{Y_B^{\text{рез.}} - Y_o}{X_B^{\text{рез.}} - X_o}, \quad (\text{Г.16})$$

де  $X_B^{\text{рез.}}$ ,  $Y_B^{\text{рез.}}$  — горизонтальні координати точки торкання днища вантажем рулетки.

Г.17 Обчислювання кута напрямку нахилу осі резервуара  $\varphi$  виконують за формулами:

$$\begin{aligned} \varphi &= \gamma - \alpha_o, & \text{якщо } \eta_y \geq 0; \\ \varphi &= 360^\circ - \gamma - \alpha_o, & \text{якщо } \eta_y < 0, \end{aligned} \quad (\text{Г.17})$$

де  $\gamma = \arccos \left| \frac{\eta_y}{\eta} \right|$ .

Г.18 Обчислювання радіальних відхилів  $\vartheta_{js}^{\text{рез.}}$  зовнішньої (внутрішньої) поверхні циліндричної частини резервуара від циліндра радіусом  $R^{\text{рез.}}$  виконують за формулою (Г.5).

Г.19 Обчислювання внутрішніх радіальних відхилів, виправлених за деформацію, спричинену гідростатичним тиском рідини, яка міститься в сталевому резервуарі під час повірки (калібрування), під час вимірювань, виконаних зовні резервуара, виконують за формулою:

$$\hat{\vartheta}_{js}^{\text{рез.}} = \vartheta_{js}^{\text{рез.}} - \frac{g \cdot \rho_{\text{пов.}} \cdot R^{\text{рез.}^2}}{E \cdot 10^3} \cdot \frac{H_r - H_j^{\text{рез.}}}{\bar{\delta}_s^{\text{ст.}}} - (\bar{\delta}_s^{\text{ст.}} - \bar{\delta}_s^{\text{фар.}}), \quad (\text{Г.18})$$

де  $g$  — прискорення вільного падіння, що дорівнює 9,8066 м/с<sup>2</sup>;

- $\rho_{\text{пов.}}$  — густина рідини, яка міститься в резервуарі під час проведення вимірювань;
- $R^{\text{рез.}}$  — середній радіус резервуара;
- $H_{\Gamma}$  — абсолютна висота налитої в резервуар рідини під час повірки (калібрування);
- $H_j^{\text{рез.}}$  — абсолютна висота  $j$ -тої точки на поверхні резервуара;
- $E_j$  — модуль пружності матеріалу (для сталі —  $2,1 \cdot 10^{11}$  Н/м<sup>2</sup>);
- $\bar{\delta}_s^{\text{ст.}}$  — середня товщина стінки  $s$ -го поясу, на якому містяться  $j$ -та точка на поверхні резервуара;
- $\bar{\delta}_s^{\text{фар.}}$  — середня товщина шару фарби стінки  $s$ -го поясу, на якому міститься  $j$ -та точка на поверхні резервуара.

**Примітка.** Якщо вимірювання виконували всередині сталевого чи залізобетонного резервуара, то внутрішні радіальні відхили визначають тільки відповідно до Г.18.

## Г. 20 Обчислювання границь допустимої похибки геометричних параметрів резервуара

**Г.20.1** Середній квадратичний відхил (стандартний відхил)  $\sigma_{P_s}$  одиничного радіального відхилу реальної поверхні поясів резервуара від апроксимувального циліндра  $\vartheta_{js}^{\text{рез.}}$  обчислюють за формулами:

$$\vartheta_{P_s}^{\text{сеп.}} = \frac{\sum_{j=1}^{I_s} \vartheta_{js}^{\text{рез.}}}{I_s}; \quad (\text{Г. 19})$$

$$\sigma_{P_s} = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{I_s} (\vartheta_{js}^{\text{рез.}} - \vartheta_{P_s}^{\text{сеп.}})^2}{I_s - m}}, \quad (\text{Г. 20})$$

де  $I_s$  — загальна кількість точок у поясі з номером  $s$ ;  
 $m = 5$  — кількість визначуваних геометричних параметрів.

**Г.20.2** Обчислювання середнього квадратичного відхилу (стандартного відхилу)  $\sigma_{\Sigma P_s}$  та  $\sigma$  одиничного радіального відхилу реальної внутрішньої поверхні кількох поясів і всього резервуара від циліндра виконують за формулами:

$$\sigma_{\Sigma P_s} = \sqrt{\frac{\sum_{s=1}^k \sum_{j=1}^{I_s} (\vartheta_{js}^{\text{рез.}} - \vartheta_{P_s}^{\text{сеп.}})^2}{\sum_{s=1}^k I_s - m - s + 1}}; \quad \sigma = \sqrt{\frac{\sum_{s=1}^k \sum_{j=1}^n (\vartheta_{js}^{\text{рез.}} - \vartheta_{P_s}^{\text{сеп.}})^2}{n - m - k + 1}}, \quad (\text{Г.21})$$

де  $k$  — загальна кількість поясів резервуара;  
 $n$  — загальна кількість точок на поверхні стінки резервуара.

**Г.20.3** Обчислювання середнього квадратичного відхилу  $\bar{\sigma}_{P_s}$  та  $\bar{\sigma}_{\Sigma P_s}$  середнього радіального відхилу від циліндра (стандартного відхилу)  $\vartheta_{P_s}^{\text{сеп.}}$  реальної поверхні окремих поясів і кількох поясів резервуара виконують за формулами:

$$\bar{\sigma}_{P_s} = \sigma_{P_s} \cdot \sqrt{Q_{33} \cdot \frac{n}{I_s}}; \quad \bar{\sigma}_{\Sigma P_s} = \sigma_{\Sigma P_s} \cdot \sqrt{Q_{33} \cdot \frac{n}{\sum_{s=1}^k I_s}}. \quad (\text{Г.22})$$

**Г.20.4** Обчислювання середнього квадратичного відхилу (стандартної невизначеності за типом А) визначуваних параметрів резервуара — проєкцій ступеня нахилу осі резервуара  $\eta_x$  та  $\eta_y$  на координатні площини, середнього радіуса  $R^{\text{рез.}}$  і горизонтальних координат його осі  $X_0$ ,  $Y_0$  на висоті  $H_0$  — виконують за формулами:

$$\bar{\sigma}_{\eta_x} = \sigma \cdot \sqrt{Q_{11}}; \quad \bar{\sigma}_{\eta_y} = \sigma \cdot \sqrt{Q_{22}}; \quad \bar{\sigma}_{R^{\text{рез.}}} = \sigma \cdot \sqrt{Q_{33}}; \quad \bar{\sigma}_{X_0} = \sigma \cdot \sqrt{Q_{44}}; \quad \bar{\sigma}_{Y_0} = \sigma \cdot \sqrt{Q_{55}}, \quad (\text{Г.23})$$

де  $Q_{11}$ ,  $Q_{22}$ ,  $Q_{33}$ ,  $Q_{44}$ ,  $Q_{55}$  — діагональні члени матриці, оберненої до матриці нормальних рівнянь, отримані відповідно до Г.8—Г.10.

**Г.20.5** Обчислювання функцій визначуваних геометричних параметрів резервуара — ступеня нахилу  $\eta$  та напрямку нахилу  $\varphi$  осі резервуара — виконують за загальною формулою методу найменших квадратів:

$$\sigma_F^2 = \sigma^2 \cdot f_Y \cdot Q \cdot f_Y^T, \quad (\text{Г.24})$$

де  $f_Y$  — вектор частинних похідних від функції за визначуваними геометричними параметрами резервуара;

$Q$  — обернена матриця, обчислена за формулами (Г.8)—(Г.10).

**Г.20.6** Обчислювання середнього квадратичного відхилення (стандартної невизначеності за типом А) визначуваних параметрів резервуара — ступеня нахилу  $\eta$  та напрямку нахилу  $\varphi$  осі резервуара — виконують за формулами, отриманими з використанням загальної формули (Г.24):

$$u_A(\eta) = \sigma_\eta = \frac{\sigma}{\eta} \cdot \sqrt{\eta_x^2 \cdot Q_{11} + \eta_y^2 \cdot Q_{22} + 2\eta_x \cdot \eta_y \cdot Q_{12}}, \quad (\text{Г.25})$$

$$u_A(\varphi) = \sigma_\varphi = \sigma \cdot \frac{180^\circ}{\pi} \cdot \frac{\eta_x \cdot \eta_y}{\eta^2} \cdot \sqrt{\frac{Q_{11}}{\eta_x^2} + \frac{Q_{22}}{\eta_y^2} - \frac{2Q_{12}}{\eta_x \cdot \eta_y}}. \quad (\text{Г.26})$$

**Г.20.7** Обчислювання границь допустимої абсолютної похибки визначуваних геометричних параметрів резервуара виконують за формулами:

$$\Delta_\eta = \pm t_U \cdot \sigma_\eta = \pm 2,0 \cdot \sigma_\eta; \quad \Delta_\varphi = \pm t_U \cdot \sigma_\varphi = \pm 2,0 \cdot \sigma_\varphi; \quad (\text{Г.27})$$

$$\Delta_{R_{\text{рез.}}} = \pm t_U \cdot \sigma_{R_{\text{рез.}}} = \pm 2,0 \cdot \sigma_{R_{\text{рез.}}}. \quad (\text{Г.28})$$

**Г.20.8** Обчислювання границь допустимої відносної похибки визначення середнього радіуса резервуара  $\delta_{R_{\text{рез.}}}$  (також середньої довжини кола резервуара) виконують за формулою:

$$\delta_{R_{\text{рез.}}} = \pm t_U \cdot \frac{\Delta_{R_{\text{рез.}}}}{R_{\text{рез.}}} \cdot 100\%, \quad (\text{Г.29})$$

де  $t_U = 2,0$  — коефіцієнт розподілення Лапласа (коефіцієнт охоплення) за довірчої ймовірності  $P = 0,9545$ .

ДОДАТОК Д  
(довідковий)

## ОБЧИСЛЮВАННЯ ПОПРАВОК В ІНТЕРВАЛЬНІ МІСТКОСТІ РЕЗЕРВУАРА, ОБУМОВЛЕНИХ НАЯВНІСТЮ ВНУТРІШНІХ ДЕТАЛЕЙ І НЕРІВНОСТЕЙ ДНИЩА

**Д.1 Обчислювання поправок в інтервальні місткості резервуара, обумовлених наявністю внутрішніх деталей**

**Д.1.1** Обчислюють поправку  $\Delta V_{f_k}^{\text{дет.}}$  в  $f$ -ту інтервальну місткість резервуара для  $k$ -тої внутрішньої деталі чи абсолютної висоти наповнення  $H_f$  за формулами:

— для деталі циліндричної форми, вісь якої розташовано під кутом від  $0^\circ$  до  $45^\circ$  до вертикалі:

$$\Delta V_{f_k}^{\text{дет.}} = 0,78 \cdot d_k^2 \cdot l_k \cdot \left\{ \left( \frac{H_f - H_{\downarrow k}}{H_{\uparrow k} - H_{\downarrow k}} \right)^{1/\cos \gamma_k} - \left( \frac{H_{f-1} - H_{\downarrow k}}{H_{\uparrow k} - H_{\downarrow k}} \right)^{1/\cos \gamma_k} \right\}; \quad (\text{Д.1})$$

— для деталі циліндричної форми, вісь якої розташовано під кутом від  $45^\circ$  до  $90^\circ$  до вертикалі:

$$\Delta V_{f_k}^{\text{дет.}} = 0,39 \cdot d_k^2 \cdot l_k \cdot \left\{ \cos \left[ 180^\circ \left( \frac{H_{f-1} - H_{\downarrow k}}{H_{\uparrow k} - H_{\downarrow k}} \right)^{1,08 \cdot \cos(45^\circ - \gamma_k)} \right] - \cos \left[ 180^\circ \left( \frac{H_f - H_{\downarrow k}}{H_{\uparrow k} - H_{\downarrow k}} \right)^{1,08 \cdot \cos(45^\circ - \gamma_k)} \right] \right\}; \quad (\text{Д.2})$$

— для деталі прямокутної форми, вісь якої розташовано під будь-яким кутом до вертикалі:

$$\Delta V_{f_k}^{\text{дет.}} = a_k \cdot b_k \cdot l_k \cdot \left[ \left( \frac{H_f - H_{\downarrow k}}{H_{\uparrow k} - H_{\downarrow k}} \right)^{1 + \frac{a_k}{l_k} \sin \gamma_k} - \left( \frac{H_{f-1} - H_{\downarrow k}}{H_{\uparrow k} - H_{\downarrow k}} \right)^{1 + \frac{a_k}{l_k} \sin \gamma_k} \right], \quad (\text{Д.3})$$

де  $d_k, l_k$  — середній діаметр поперечного перерізу та середня довжина;  
 $a_k, b_k$  — середня ширина та висота прямокутного поперечного перерізу;  
 $\gamma_k$  — кут нахилу осі до вертикалі;  
 $H_{\uparrow k}, H_{\downarrow k}$  — абсолютна висота верхньої та нижньої границі деталі.

**Д.1.2** Обчислюють сумарну поправку  $\Delta V_{\Sigma f}^{\text{дет.}}$  до  $f$ -тої інтервальної місткості резервуара за наявності внутрішніх деталей за формулою:

$$\Delta V_{\Sigma f}^{\text{дет.}} = \sum_{k=1}^{n_{\text{дет.}}} \Delta V_{f_k}^{\text{дет.}}, \quad (\text{Д.4})$$

де  $n_{\text{дет.}}$  — загальна кількість внутрішніх деталей у резервуарі.

**Д.2 Обчислювання поправок в інтервальні місткості резервуара, обумовлених наявністю нерівностей днища**

**Д.2.1** Підраховують в автоматичному режимі кількість точок, координати яких визначено на днищі резервуара  $N_{\text{дн.}}$ , та обчислюють кутовий крок для чарунк за азимутом  $N_\alpha$  і радіусом  $N_R$  за формулою:

$$N_R = N_\alpha = \frac{\sqrt{N_{\text{дн.}}}}{t_{R\alpha}}, \quad (\text{Д.5})$$

де  $t_{R\alpha}$  — коефіцієнт від двох до чотирьох, який визначає наближену кількість точок у чарунці (якщо  $t_{R\alpha} = 2$ , то теоретично чотири точки в чарунці,  $t_{R\alpha} = 3$ , то дев'ять точок,  $t_{R\alpha} = 4$ , то 16 точок). Кількість чарунк округлюють до цілого в менший бік.

Кутовий крок за азимутом виконують у межах від  $0^\circ$  до  $360^\circ$  й обчислюють за формулою:

$SH_\alpha = \frac{2 \cdot \pi}{N_\alpha} = \frac{360^\circ}{N_\alpha}$ , округлюють у менший бік до числа, кратного 2 або 3 (або крок, кратний  $1^\circ$ ;  $0,5^\circ$  або  $0,25^\circ$ ).

Кутовий крок за радіусом виконують у межах від мінімального кута сканування приладом від надирки  $\phi_{\min}$  (наприклад,  $45^\circ$  або  $50^\circ$ ) до  $\phi_{\max} = \arccos\left(\frac{h_{\Pi}}{R^{\text{рез.}}}\right)$ , де  $h_{\Pi}$  — наближена висота приладу над дном (наприклад, 1,5 м).

Кутовий крок за радіусом обчислюють за формулою:  $SH_R = \frac{\phi_{\max} - \phi_{\min}}{N_R}$  й не округлюють.

**Д.2.2** Зі зворотної геодезичної задачі знаходять відстань і азимут із центра резервуара до кожної точки за формулами:

$$R_j^{\text{дн.}} = \sqrt{\left(X_j^{\text{дн.}} - X_o - \eta_x \cdot H_j^{\text{дн.}}\right)^2 + \left(Y_j^{\text{дн.}} - Y_o - \eta_y \cdot H_j^{\text{дн.}}\right)^2}; \quad (\text{Д.6})$$

$$\gamma_j = \arccos\left(\frac{Y_j^{\text{рез.}} - Y_o - \eta_y \cdot H_j^{\text{рез.}}}{R_j^{\text{дн.}}}\right); \quad (\text{Д.7})$$

$$\alpha_j = \gamma_j, \quad \text{якщо } X_j^{\text{дн.}} - X_o - \eta_x \cdot H_j^{\text{дн.}} \geq 0;$$

$$\alpha_j = 360^\circ - \gamma_j, \quad \text{якщо } X_j^{\text{дн.}} - X_o - \eta_x \cdot H_j^{\text{дн.}} < 0.$$

**Д.2.3** За даними Д.2.1 та Д.2.2 перевіряють, чи попадає точка в чарунку, та підраховують кількість точок у кожній чарунці:

$$SH_\alpha \cdot (i_\alpha - 1) \leq \alpha_j < SH_\alpha \cdot i_\alpha, \quad (\text{Д.8})$$

де  $i_\alpha = 1 \dots N_\alpha$  — номер чарунки за азимутом.

$$h_{\text{пр.}} \cdot \cos(\phi_{\max} - SH_R \cdot (i_R - 1)) \leq R_j^{\text{дн.}} < h_{\text{пр.}} \cdot \cos(\phi_{\max} - SH_R \cdot i_R) \quad (\text{Д.9})$$

$$\text{або } R_{i_R-1} \leq R_j^{\text{дн.}} < R_{i_R}, \quad (\text{Д.10})$$

де  $i_R = 1 \dots N_R$  — номер чарунки за радіусом;

$R_{i_R-1}, R_{i_R}$  — внутрішній і зовнішній радіуси чарунки з номером  $i_R$ .

**Д.2.4** Для попереднього видалення грубих помилок виконують пошук точки з максимальною висотою, з мінімальною висотою, з максимальним радіусом. Проводять аналіз результатів сканування на наявність грубих помилок вимірювання та в ручному режимі видаляють точки, які за висотою явно не належать дну або виходять за радіус резервуара.

**Д.2.5** Обчислюють середню висоту в чарунці, СКВ та СКВ середнього, а також вагу середнього з урахуванням коефіцієнта Стюдента.

$$H_{i_\alpha i_R}^{\text{сеп.}} = \frac{\sum_{i=1}^{i_\alpha i_R} H_i^{\text{дн.}}}{I_{i_\alpha i_R}}; \quad (\text{Д.11})$$

$$\sigma_{i_\alpha i_R} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{i_\alpha i_R} (H_i^{\text{рез.}} - H_{i_\alpha i_R}^{\text{сеп.}})^2}{I_{i_\alpha i_R} - 1}}, \quad (\text{Д.12})$$

де  $I_{i_\alpha i_R}$  — загальна кількість точок у чарунці ( $i = 1 \dots I_{i_\alpha i_R}$ ).

Перевіряють наявність грубих помилок:

$$(H_i^{\text{рез.}} - H_{i_\alpha i_R}^{\text{сеп.}})^{\max} \leq t_j \cdot \sigma_{i_\alpha i_R}, \quad (\text{Д.13})$$

де  $t_j$  — коефіцієнт Стюдента за довірчої ймовірності 0,99 та кількості ступенів свободи  $I_{i_\alpha i_R} - 1$ .

Якщо знайдено грубу помилку, її відкидають і обчислювання за формулами (Д.11)—(Д.13) повторюють.



Обчислюють СКВ середнього та його вагу:

$$\bar{\sigma}_{i_{\alpha}i_R} = \frac{\sigma_{i_{\alpha}i_R}}{\sqrt{I_{i_{\alpha}i_R}}}; \quad (Д.14)$$

$$P_{i_{\alpha}i_R} = \frac{1}{t_I \cdot (\bar{\sigma}_{i_{\alpha}i_R})^2}. \quad (Д.15)$$

Якщо точка попала в чарунку одна, то необхідно брати її висоту як висоту, середню для чарунки, та мінімальну зі всіх вагу.

**Д.2.6** В автоматичному режимі аналізують кожну чарунку на наявність грубої помилки вимірювання. Спочатку обчислюють площу кожної чарунки:

$$S_{i_R i_{R-1}} = SH_{\alpha} \cdot (R_{i_R} - R_{i_{R-1}}). \quad (Д.16)$$

Масштабують усі СКВ площею чарунок:

$$\sigma'_{i_{\alpha}i_R} = \frac{S_{N_R N_{R-1}}}{S_{i_R i_{R-1}}} \cdot \sigma_{i_{\alpha}i_R}, \quad (Д.17)$$

де  $S_{i_R i_{R-1}}$  — площа поточної чарунки;

$S_{N_R N_{R-1}}$  — площа останньої чарунки, найближчої до приладу.

Знаходять мінімальний СКВ  $\sigma'_{i_{\alpha}i_R}$  та порівнюють із ним інші СКВ за  $F$ -критерієм.

$$F_{i_{\alpha}i_R} = \frac{\sigma_{i_{\alpha}i_R}^{\prime 2}}{\sigma_{\min}^{\prime 2}} > F_q, \quad (Д.18)$$

де  $F_q$  — критичне число, яке вибирають із таблиць  $F$ -критерію за кількістю ступенів свободи кожної з чарунок та довірчої ймовірності 0,99.

Якщо вони однакової точності, то на цьому аналіз закінчують. Якщо ні, то для чарунок, для яких критерій не виконується, відкидають точку, що має максимальний відхил від середнього. Знову обчислюють середню висоту чарунки та її СКВ  $\sigma_{i_{\alpha}i_R}$  і перевіряють на однакову точність. Цю перевірку виконують у ручному режимі.

**Д.2.7** У чарунках, у яких є лише 1, 2 або 3 точки, знаходять усереднену її висоту за висотами цих точок та за вісьмома сусідніми чарунками як середньозважене значення, а також СКВ одиниці ваги та СКВ середнього доти, доки не заповняться всі чарунки. Чарунки, де немає точок, пропускають (сектори в яких з якихось причин тахеометр або сканер не зміг виміряти координати жодної точки).

$$\sigma_{i_{\alpha}i_R}^{\text{сеп.}} = \frac{\sigma_{i_{\alpha} \pm 1 i_R \pm 1}}{k}; \quad (Д.19)$$

$$P_{i_{\alpha}i_R} = \frac{1}{t_k \cdot (\sigma_{i_{\alpha}i_R}^{\text{сеп.}})^2}; \quad (Д.20)$$

$$\bar{H}_{i_{\alpha}i_R} = \frac{\sum_{i=1}^{i_{\alpha}i_R} P_{i_{\alpha}i_R} H_i^{\text{дн.}} + \sum_{k=1}^k P_{i_{\alpha} \pm 1 i_R \pm 1} \cdot H_{i_{\alpha} \pm 1 i_R \pm 1}^{\text{сеп.}}}{\sum_{i=1}^{i_{\alpha}i_R} P_{i_{\alpha}i_R} + \sum_{k=1}^k P_{i_{\alpha} \pm 1 i_R \pm 1}}, \quad (Д.21)$$

де  $k$  — кількість заповнених навкруги чарунок;

$t_k$  — коефіцієнт Стьюдента за довірчої ймовірності 0,95 та кількості ступенів вільності  $k-1$ ;

$P_{i_{\alpha}i_R}$  — вага точок всередині чарунки, обчислена за СКВ висот у сусідніх чарунках.

Точніше  $i_c = i_{\alpha} + (-1; 0; +1)$  та  $i_c = i_R + (-1; 0; +1)$ , крім  $i_c = i_{\alpha}$  і  $i_c = i_R$ .

Вага усередненої висоти дорівнює:

$$\bar{P}_{i_{\alpha}i_R} = \sum_{i=1}^{i_{\alpha}i_R} P_{i_{\alpha}i_R} + \sum_{k=1}^k P_{i_{\alpha} \pm 1 i_R \pm 1}. \quad (Д.22)$$

СКВ одиниці ваги висоти чарунки дорівнює:

$$\mu_{i_{\alpha}i_R} = \sqrt{\frac{\sum_{i_k=1}^k P_{i_{\alpha}i_R \pm 1} \cdot (H_{i_{\alpha}i_R}^{DH} - \bar{H}_{i_{\alpha}i_R})^2 + \sum_{i_k=1}^k P_{i_{\alpha}i_R \pm 1} \cdot (H_{i_{\alpha}i_R \pm 1}^{DH} - \bar{H}_{i_{\alpha}i_R})^2}{k-1}}; \quad (Д.23)$$

$$\bar{\sigma}_{i_{\alpha}i_R} = \frac{\mu_{i_{\alpha}i_R}}{\sqrt{\bar{P}_{i_{\alpha}i_R}}}; \quad (Д.24)$$

$$P_{i_{\alpha}i_R} = \frac{1}{t_k \cdot (\sigma_{i_{\alpha}i_R})^2}. \quad (Д.25)$$

**Д.2.8** У чарунках, у яких немає точок, знаходять усереднену її висоту за вісьмома сусідніми чарунками як середньозважене значення, а також СКВ одиниці ваги та СКВ середнього, поки не заповняться всі чарунки. Якщо кількість заповнених поруч чарунок менше ніж п'ять, то цю чарунку пропускають. У наступних наближеннях кожен чарунку аналізують знову. Наближення виконують доти, доки не заповняться всі чарунки:

$$\bar{H}_{i_{\alpha}i_R} = \frac{\sum_{i_k=1}^k P_{i_{\alpha}i_R \pm 1} \cdot H_{i_{\alpha}i_R \pm 1}^{сеп.}}{\sum_{i_k=1}^k P_{i_{\alpha}i_R \pm 1}}, \quad (Д.26)$$

де  $k$  — кількість заповнених навкруги чарунок від 5 до 8.

Точніше  $i_c = i_{\alpha} + (-1; 0; +1)$  та  $i_c = i_R + (-1; 0; +1)$ , крім  $i_c = i_{\alpha}$  і  $i_c = i_R$ . Вага усередненої висоти дорівнює:

$$\bar{P}_{i_{\alpha}i_R} = \sum_{i_k=1}^k P_{i_{\alpha}i_R \pm 1}. \quad (Д.27)$$

СКВ одиниці ваги висоти чарунки дорівнює:

$$\mu_{i_{\alpha}i_R} = \sqrt{\frac{\sum_{i_k=1}^k P_{i_{\alpha}i_R \pm 1} \cdot (H_{i_{\alpha}i_R \pm 1}^{сеп.} - \bar{H}_{i_{\alpha}i_R})^2}{k-1}}; \quad (Д.28)$$

$$\bar{\sigma}_{i_{\alpha}i_R} = \frac{\mu_{i_{\alpha}i_R}}{\sqrt{\bar{P}_{i_{\alpha}i_R}}}; \quad (Д.29)$$

$$P_{i_{\alpha}i_R} = \frac{1}{t_k \cdot (\sigma_{i_{\alpha}i_R})^2}. \quad (Д.30)$$

**Д.2.9** Для використання ваг під час обчислювання інтервальних місткостей треба масштабувати (привести) їх так, щоб сума масштабованих ваг була такою, що дорівнює одиниці, за формулою:

$$P'_{i_{\alpha}i_R} = \frac{P_{i_{\alpha}i_R}}{\sum_{i_{\alpha}=1}^{N_{\alpha}} \sum_{i_R=1}^{N_R} P_{i_{\alpha}i_R}}. \quad (Д.31)$$

**Д.2.10** Знаходять мінімальну і максимальну середню висоту із усіх чарунок. Починають обчислювання місткості днища від мінімальної висоти до максимальної, для чого обчислюють місткість кожної чарунки як добуток її площі на різницю максимальної висоти та середньої висоти чарунки:

$$\Delta V_{i_R i_R - 1} = S_{i_R i_R - 1} \cdot (H_{i_{\alpha}i_R}^{сеп.} - H_{i_{\alpha}i_R}^{\max}) \cdot P'_{i_{\alpha}i_R}; \quad (Д.32)$$

$$\Delta V_{i_R i_R - 1} = S_{i_R i_R - 1} \cdot (\bar{H}_{i_{\alpha}i_R} - H_{i_{\alpha}i_R}^{\max}) \cdot P'_{i_{\alpha}i_R}. \quad (Д.33)$$

Д.2.11 Обчислюють СКВ місткості кожної чарунки:

$$\sigma(\Delta V_{iRiR-1}) = S_{iRiR-1} \cdot \bar{\sigma}_{i\alpha iR} \cdot P'_{i\alpha iR}. \quad (\text{Д.34})$$

Д.2.12 Обчислюють місткість неконтрольованої порожнини  $V_o$ , у метрах кубічних, для всіх від'ємних значень абсолютної висоти  $H_f$  до абсолютної висоти  $H_0 = 0$  (місткість резервуара нижче абсолютної висоти точки торкання днища вантажем рулетки, яка дорівнює нулю):

$$H_{i\alpha iR}^{\text{сеп.}} \leq H_0 = 0; \quad \bar{H}_{i\alpha iR} \leq H_0 = 0;$$

$$V_o = \sum_{f=0}^{f=H_{\min}^{\text{сеп.}}} (\Delta V_{iRiR-1})_f \cdot 10^{-9}; \quad (\text{Д.35})$$

$$\sigma(V_o) = \sqrt{\sum_{f=0}^{f=H_{\min}^{\text{сеп.}}} (\sigma(\Delta V_{iRiR-1}))_f^2}. \quad (\text{Д.36})$$

Д.2.13 Інтервальні місткості  $V_g$  для градуювальної таблиці обчислюють для абсолютної висоти (рівня наповнення), кратної 1 см, додаванням інтервальних місткостей, які відповідають різниці абсолютної висоти 1 мм, у метрах кубічних, для всіх від'ємних і додатних значень абсолютної висоти  $H_f$  до граничної абсолютної висоти  $H_f = H_{\max}$  (загальна місткість резервуара) за формулами:

$$H_{i\alpha iR}^{\text{сеп.}} = H_f \quad \text{або} \quad \bar{H}_{i\alpha iR} = H_f$$

$$V_1 = V_o + \sum_{f=1}^{10} (\Delta V_{iRiR-1})_f \cdot 10^{-9}, \quad (\text{Д.37})$$

$$V_g = V_{g-1} + \sum_{f=(g-1) \cdot 10 + 1}^{f=g \cdot 10} (\Delta V_{iRiR-1})_f \cdot 10^{-9},$$

$$\sigma(V_g) = \sqrt{\sigma(V_o)^2 + \sigma(V_{g-1})^2 + \sum_{f=(g-1) \cdot 10 + 1}^{f=g \cdot 10} (\sigma(\Delta V_{iRiR-1}))_f^2}, \quad (\text{Д.38})$$

де  $g$  — номер інтервальної місткості градуювальної таблиці, який відповідає абсолютній висоті наповнення  $H_g = g$ , вираженій у сантиметрах.

ДОДАТОК Е  
(обов'язковий)

**ОЦІНЮВАННЯ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ  
ВИМІРЮВАННЯ МІСТКОСТІ РЕЗЕРВУАРА**

Е.1 Викладена в цьому стандарті методика перевірки (калібрування) вертикальних циліндричних резервуарів геометричним методом із застосуванням геодезичних приладів реалізує непрямий метод вимірювання їх місткості. Тому математичну модель вимірювань місткості резервуара для ведення довготривалого внутрішнього обліку та інвентаризації кількості рідини у ньому записують на основі формули (12.56) як для суми інтервальних місткостей резервуара, які обчислюють згідно з наведеною формулою:

$$V_f^{\text{рез.}} = V_{Hf} + \Delta V_f^s + \Delta V_f^{\text{дн.}} + \Delta V_f^W + \Delta V_f^t + \Delta V_f^{\text{нах.}} + \Delta V_f^{\text{опор.}} + \Delta V_f^{\text{п.п}} + \Delta V_{\Sigma f}^{\text{дет.}} \quad (\text{E.1})$$

Математичну модель вимірювання місткості резервуара для ведення оперативного обліку під час приймання чи здавання рідини та проведення комерційних операцій з нею записують на основі формули (12.57) як для суми інтервальних місткостей резервуара, які обчислюють за формулою:

$$V_f^{\text{рез.}} = V_{Hf} + \Delta V_f^s + \Delta V_f^W + \Delta V_f^t + \Delta V_f^{\text{нах.}} + \Delta V_{\Sigma f}^{\text{дет.}}, \quad (\text{E.2})$$

- де  $V_{Hf}$  — невиправлена місткість резервуара до висоти  $H_f$ ;  
 $\Delta V_f^s$  — поправка до місткості резервуара, що враховує радіальні відхилення точок на його поверхні від апроксимувального циліндра (поправка на рельєф);  
 $\Delta V_f^{\text{дн.}}$  — поправка, що враховує нерівності днища резервуара в нижній його частині;  
 $\Delta V_f^W$  — поправка, що враховує деформацію стінки резервуара під впливом ваги рідини, яка зберігатиметься в резервуарі;  
 $\Delta V_f^t$  — поправка, що враховує відхил температури стінки резервуара під час перевірки (калібрування) від 20 °С;  
 $\Delta V_f^{\text{нах.}}$  — поправка, що враховує ступінь нахилу  $\eta$  поясів резервуара до горизонту та нахльостування;  
 $\Delta V_f^{\text{опор.}}$  — поправка, що враховує об'єм рідини, витісненої опорами покриву, що плаває;  
 $\Delta V_f^{\text{п.п}}$  — поправка, що враховує об'єм рідини, витісненої покривом, що плаває;  
 $\Delta V_{\Sigma f}^{\text{дет.}}$  — поправка, обумовлена наявністю внутрішніх деталей та обладнання.

Бюджет невизначеності вимірювань місткості резервуара до висоти відповідно до формули (Е.1) наведено в таблиці Е.1.

Е.2 Невиправлену місткість резервуара  $V_{Hf}$  до висоти  $H_f$  обчислюють за формулою:

$$V_{Hf} = \pi \cdot R^2 \cdot \sqrt{1 + \eta^2} \cdot H_f, \quad (\text{E.3})$$

- де  $R$  — середній радіус резервуара;  
 $\eta$  — ступінь нахилу осі резервуара.

Коефіцієнт чутливості до невизначеності середнього радіуса резервуара обчислюють за формулою:

$$c_{Hf} = \frac{\partial V_{Hf}}{\partial R} = 2 \cdot \pi \cdot R \cdot \sqrt{1 + \eta^2} \cdot H_f \approx 2 \cdot \pi \cdot R \cdot H_f. \quad (\text{E.4})$$

Стандартну невизначеність  $u_A(V_{Hf})$  невиправленої місткості резервуара  $V_{Hf}$  до висоти  $H_f$  з урахуванням загальних формул (В.23) і (В.24) обчислюють за формулою:

$$u_A(V_{Hf}) = c_{Hf} \cdot u_A(R) = 2 \cdot \pi \cdot R \cdot H_f \cdot u_A(R). \quad (\text{E.5})$$

Стандартну невизначеність, обчислену за формулою (Е.5) відносно місткості резервуара до висоти  $H_f$ , обчислюють за формулою:

$$\frac{u_A(V_{Hf})}{V_{Hf}} = \frac{2 \cdot u_A(R)}{R}. \quad (\text{E.6})$$

**Е.3** Модель вимірювань невикористаної місткості резервуара  $V_{Hf}$  складено так, що ступінь нахилу осі резервуара з неї вилучено (див. формули (Г.3) і (12.30)). Однак стандартна невизначеність нахилу осі є впливною величиною.

Коефіцієнт чутливості до нахилу осі резервуара обчислюють за формулою:

$$c_{2f} = \frac{\partial V_{Hf}}{\partial \eta} = -\pi \cdot R^2 \cdot \frac{\eta}{\sqrt{(1 + \eta^2)}} \cdot H_f. \quad (E.7)$$

Стандартну невизначеність  $u_\eta(V_{Hf})$  невикористаної місткості резервуара  $V_{Hf}$  до висоти  $H_f$  з урахуванням загальних формул (Г.23) та (Г.24) обчислюють за формулою:

$$u_\eta(V_{Hf}) = c_{2f} \cdot \sigma_\eta = \pi \cdot R^2 \cdot H_f \cdot \frac{\eta}{\sqrt{(1 + \eta^2)}} \cdot u_A(\eta), \quad (E.8)$$

або

$$u_\eta(V_{Hf}) = c_{2f} \cdot \sigma_\eta \approx \pi \cdot R^2 \cdot H_f \cdot \eta \cdot u_A(\eta). \quad (E.9)$$

Стандартну невизначеність, обчислену за формулою (E.9), відносно місткості резервуара до висоти  $H_f$  обчислюють за формулою:

$$\frac{u_\eta(V_{Hf})}{V_{Hf}} = \frac{\eta}{\sqrt{(1 + \eta^2)}} \cdot u_A(\eta) \approx \eta \cdot u_A(\eta). \quad (E.10)$$

**Е.4** Поправку до місткості резервуара, що враховує радіальні відхили точок на його поверхні від апроксимувального циліндра  $\Delta V_f^g$  (поправка, що враховує рельєф стінки), обчислюють за формулою:

$$\Delta V_f^g = S_f \cdot \bar{\vartheta}_f = 2 \cdot \pi \cdot R \cdot H_f \cdot \sqrt{(1 + \eta^2)} \cdot \bar{\vartheta}_f, \quad (E.11)$$

де  $S_f$  — площа поверхні резервуара до висоти  $H_f$

$\bar{\vartheta}_f$  — середній радіальний відхил точок поверхні до висоти  $H_f$ .

Коефіцієнти чутливості обчислюють за формулами:

$$c_{3f} = \frac{\partial \Delta V_f^g}{\partial S_f} = \bar{\vartheta}_f; \quad c_{4f} = \frac{\partial \Delta V_f^g}{\partial \bar{\vartheta}_f} = S_f. \quad (E.12)$$

У разі математично строгого розв'язку задачі обчислювання невизначеності поправки  $\Delta V_f^g$  потрібно було б скористатися загальною формулою (Г.24). Ураховуючи те, що середній радіальний відхил точок поверхні резервуара від апроксимувального циліндра зазвичай не перевищує декількох десятків міліметрів і ступінь нахилу резервуара не може бути значним, впливом невизначеності нахилу резервуара та його радіуса на стандартну невизначеність обчислювання площі  $S_f$  поверхні резервуара до висоти  $H_f$  можна знехтувати.

Стандартну невизначеність  $u_A(\bar{\vartheta}_f)$  середнього радіального відхилу стінки резервуара до висоти  $H_f$ , який є у формулі (E.11), обчислюють за формулою:

$$u_A(\bar{\vartheta}_f) = \sigma_{\bar{\vartheta}_f} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n_f} (\vartheta_i - \bar{\vartheta}_f)^2}{n_f \cdot (n_f - 1)}}, \quad (E.13)$$

де  $\bar{\vartheta}_f = \frac{\sum_{i=1}^{n_f} \vartheta_i}{n_f}$  — середній радіальний відхил резервуара до висоти  $H_f$

$n_f$  — кількість координованих точок на поверхні резервуара (що те саме — радіальних відхилів) до висоти  $H_f$ .

Стандартну невизначеність  $u(\Delta V_f^g)$  поправки до місткості резервуара, що враховує радіальні відхили точок на його поверхні від апроксимувального циліндра  $\Delta V_f^g$  до висоти  $H_f$ , обчислюють за формулою:

$$u(\Delta V_f^g) = c_{4f} \cdot \sigma_{\bar{\vartheta}_f} = S_f \cdot \sigma_{\bar{\vartheta}_f}. \quad (E.14)$$

Стандартну невизначеність  $u(\Delta V_f^g)$ , обчислену за формулою (Е.14), відносно місткості резервуара до висоти  $H_f$  обчислюють за формулою:

$$\frac{u(\Delta V_f^g)}{V_{Hf}} = \frac{S_f \cdot \sigma_{\bar{g}_f}}{V_{Hf}} = \frac{2 \cdot \sqrt{(1+\eta^2)} \cdot \sigma_{\bar{g}_f}}{R} \approx \frac{2 \cdot u_A(\bar{g}_f)}{R} \quad (\text{Е.15})$$

Для обчислювання стандартної невизначеності  $u_A(\bar{g}_f)$  для поясів резервуара, з вилученням нахльостування, використано формули (Г.19)—(Г.22), які є еквівалентом формули (Е.14) з урахуванням формули (Г.24).

**Е.5** Поправку, що враховує нерівності днища резервуара в нижній його частині  $\Delta V_f^{дн.}$ , вводять за результатами сканування днища тахеометром або сканером або його повірки (калібрування) об'ємним методом. У разі використання об'ємного методу для повірки (калібрування) днища резервуара розширену невизначеність його місткості можна взяти такою, що дорівнює від 0,2 % до 0,5 %.

За результатами експериментальних досліджень приблизно таку саму відносну стандартну невизначеність забезпечує обчислення за результатами сканування поверхні днища, якщо кількість точок на поверхні не менше ніж одна на один квадратний метр поверхні днища.

Відносну стандартну невизначеність поправки, що враховує нерівності днища, відносно місткості резервуара до висоти  $H_f$  обчислюють за формулою:

$$\frac{u(\Delta V_f^{дн.})}{V_{Hf}} = \frac{V^{дн.} \cdot U_{\delta}(V^{дн.})}{V_{Hf} \cdot t_U \cdot 100\%}, \quad (\text{Е.16})$$

де  $V^{дн.}$  — місткість нерівностей днища;

$U_{\delta}(V^{дн.})$  — розширена відносна невизначеність місткості нерівностей днища;

$t_U = 2$  — коефіцієнт розподілення Лапласа (коефіцієнт охоплення) за довірчої ймовірності  $P = 0,9545$ .

У разі невеликої місткості днища (форма наближена до площини) його невизначеність може бути в межах від 0,5 % до 10 %.

Якщо вимірювання виконували з якихось причин зовні, то можна використовувати результати попередньої повірки (калібрування). Питання збільшення невизначеності місткості нерівностей днища вирішують індивідуально.

Окремому аналізуванню підлягає невизначеність, спричинена деформацією днища під вагою налитої в резервуар рідини. У разі застосування об'ємного методу повірки (калібрування) днища ця невизначеність може бути значно зменшено.

**Е.6** Поправка, що враховує деформацію стінки резервуара під впливом ваги рідини, яка зберігатиметься в резервуарі  $\Delta V_f^w$ , відносно до загальної місткості резервуара не перевищує 0,1 % — 0,2 %, але її вводять обов'язково, бо вона має систематичний характер. На основі формули (12.37) отримуємо формулу для обчислювання відносної стандартної невизначеності поправки  $\Delta V_f^w$  відносно її величини до висоти  $H_f$ :

$$\frac{u(\Delta V_f^w)}{\Delta V_f^w} = 2 \cdot \sqrt{\left(\frac{u(g)}{g}\right)^2 + \left(\frac{u(\rho_{збер.})}{\rho_{збер.}}\right)^2 + \left(\frac{u(E)}{E}\right)^2 + \left(\frac{u(\delta^{ст.})}{\delta^{ст.}}\right)^2 + \left(\frac{3 \cdot u(R^{рез.})}{R^{рез.}}\right)^2}, \quad (\text{Е.17})$$

де  $\frac{u(g)}{g}$  — відносна стандартна невизначеність прискорення вільного падіння (максимальне значення 0,27 % на рівні моря та ще додатково 0,03 % на кожні 1000 м збільшення висоти над його рівнем);

$\frac{u(\rho_{збер.})}{\rho_{збер.}}$  — відносна стандартна невизначеність густини рідини, що зберігається в резервуарі під час експлуатування;

$\frac{u(E)}{E}$  — відносна стандартна невизначеність модуля пружності матеріалу;

$\frac{u(\delta^{ст.})}{\delta^{ст.}}$  — відносна стандартна невизначеність товщини стінки;

$\frac{u(R)}{R}$  — відносна стандартна невизначеність радіуса резервуара.

Якщо відносна розширена невизначеність цієї поправки не перевищує 5...10 %, то відносна стандартна невизначеність інтервальних місткостей резервуара з цієї причини не буде перевищувати 0,01 %. Бюджет невизначеності цієї поправки наведено в таблиці Е.3.

**Е.7** Поправку  $\Delta V_f^t$ , що враховує відхил середньої температури стінки резервуара під час повірки (калібрування) від температури, до якої приводиться градувальна таблиця резервуара, наприклад, 20 °С, обчислюють за формулою:

$$\Delta V_f^t = 2 \cdot \pi \cdot R^2 \cdot H_f \cdot \lambda \cdot \Delta t. \quad (\text{E.18})$$

де  $\lambda$  — температурний лінійний коефіцієнт розширення матеріалу (для сталі —  $11,5 \cdot 10^{-6} \text{ 1/K}^\circ$ );  
 $\Delta t$  — середній відхил температури стінки резервуара під час повірки (калібрування) від 20 °С.

Коефіцієнт чутливості до невизначеності вимірювання відхилу температури стінки від 20 °С обчислюють за формулою:

$$c_{5f} = \frac{\partial \Delta V_f^t}{\partial \Delta t} = 2 \cdot \pi \cdot R^2 \cdot H_f \cdot \lambda. \quad (\text{E.19})$$

Впливом невизначеності радіуса та температурного лінійного коефіцієнта розширення матеріалу можна знехтувати.

Стандартну невизначеність  $u(\Delta V_f^t)$  поправки, що враховує відхил від температури стінки резервуара під час повірки (калібрування) від 20 °С  $\Delta V_f^t$ , обчислюють за формулою:

$$u(\Delta V_f^t) = c_{5f} \cdot u_{\Delta t} = 2 \cdot \pi \cdot R^2 \cdot H_f \cdot \lambda \cdot u_{\Delta t}. \quad (\text{E.20})$$

Стандартну невизначеність, обчислену за формулою (Е.20), відносно місткості резервуара до висоти  $H_f$ , обчислюють за формулою:

$$\frac{\sigma(\Delta V_f^t)}{V_{Hf}} = 2 \cdot \lambda \cdot u_{\Delta t}. \quad (\text{E.21})$$

**Е.8** Поправка, що враховує ступінь нахилу  $\eta$  поясів резервуара до горизонту та нахльостування  $\Delta V_f^{\text{нах}}$ , виникає через те, що місце з'єднання поясів може бути суттєво нахилене до горизонту і в цьому місці поверхня рідини міститься одночасно в двох поясах, листи металу яких накладаються один на один. Поправка враховує перехід із одного пояса в інший. Вона є незначною і її невизначеністю можна знехтувати.

**Е.9** Поправку, що враховує об'єм рідини, витісненої опорами покриву, що плаває,  $\Delta V_f^{\text{опор}}$ , вводять до спливання покриву, що плаває, як для звичайних внутрішніх деталей, а після — як константу. З огляду на невеликий об'єм опор вплив невизначеності їх об'єму на невизначеність інтервальних місткостей резервуара буде нехтовно малим і його можна не враховувати.

**Е.10** Поправку, що враховує об'єм рідини, витісненої покривом, що плаває,  $\Delta V_f^{\text{п.п}}$ , вводять тільки в проміжку від моменту торкання рідини до її елемента, що плаває, до моменту його спливання, але може мати суттєвий систематичний складник невизначеності, який впливає на визначення загальної кількості рідини в резервуарі.

Для обчислювання невизначеності цієї поправки необхідно скористатися формулою (12.40):

$$H^{\text{сп.}} = H^{\text{п.п}} + \frac{m^{\text{п.п}}}{\rho \cdot S^{\text{п.п}}} - \Delta I_{\text{доп.}} = H^{\text{п.п}} + \Delta H^{\text{сп.}} - \Delta I_{\text{доп.}}. \quad (\text{E.22})$$

Тоді стандартну невизначеність  $u(\Delta V_f^{\text{п.п}})$  поправки  $\Delta V_f^{\text{п.п}}$  можна обчислити за формулою:

$$u(\Delta V_f^{\text{п.п}}) = c_{6f} \cdot u(H^{\text{сп.}}) = \pi \cdot R^2 \cdot u(H^{\text{сп.}}). \quad (\text{E.23})$$

Якщо відразу перейти від формули (Е.22) до відносної сумарної невизначеності стосовно до місткості резервуара до висоти  $H_f$ , то одержуємо кінцеву формулу:

$$\frac{u(V_f^{\text{п.п}})}{V_{Hf}} = \sqrt{\left(\frac{u(H_f^{\text{п.п}})}{H_f}\right)^2 + \left(\frac{u(\Delta I_{\text{доп.}})}{H_f}\right)^2 + \left(\frac{\Delta H^{\text{сп.}}}{H_f}\right)^2 \cdot \left[\left(\frac{u(m^{\text{п.п}})}{m^{\text{п.п}}}\right)^2 + \left(\frac{u(\rho_{\text{збер.}})}{\rho_{\text{збер.}}}\right)^2 + \left(\frac{u(S^{\text{п.п}})}{S^{\text{п.п}}}\right)^2\right]}. \quad (\text{E.24})$$

Якщо прийняти, що  $H_f = 1500$  мм,  $\Delta H^{сн.} = 300$  мм,  $u(H^{н.н.}) = 5$  мм,  $u(\Delta I_{доп.}) = 2$  мм, і прийняти  $\frac{u(m^{н.н.})}{m^{н.н.}} = \frac{u(S^{н.н.})}{S^{н.н.}} = \frac{u(\rho_{збер.})}{\rho_{збер.}} = 2\%$ , то  $\frac{u(V_f^{н.н.})}{V_{Hf}} = 0,78\%$ . Бюджет невизначеності цієї поправки наведено в таблиці Е.4.

Це обчислення свідчить, що не можна нехтувати невизначеністю об'єму рідини, витісненої покривом, що плаває  $\Delta V_f^{н.н.}$ , відносно місткості резервуара до висоти  $H_f$ , навіть за жорстких вимог до невизначеності її складників.

**Е.11** Поправку, що враховує наявність внутрішніх деталей і обладнання  $\Delta V_{\Sigma_f}^{дет.}$ , вводять за методикою, описаною в додатку Д. Обчислюють інтервальні місткості кожної деталі циліндричної чи паралелепіпедної форми від абсолютної висоти нижньої точки деталі до висоти її верхньої точки. Інтервальні місткості кожної деталі додають, зі своїм знаком, до інтервальних місткостей резервуара. Формули додатка Д мають наближений характер, але з достатньою точністю дають можливість обчислити відповідні поправки.

Відносну стандартну невизначеність поправки, що враховує наявність внутрішніх деталей і обладнання  $\Delta V_{\Sigma_f}^{дет.}$ , відносно місткості резервуара до висоти  $H_f$ , обчислюють за формулою:

$$\frac{u(\Delta V_{\Sigma_f}^{дет.})}{V_{Hf}} = \frac{\Delta V_{\Sigma_f}^{дет.} \cdot U_{\delta}(\Delta V_{\Sigma_f}^{дет.})}{V_{Hf} \cdot t_U \cdot 100}, \quad (E.25)$$

де  $U_{\delta}(\Delta V_{\Sigma_f}^{дет.})$  — розширена відносна невизначеність вимірювань об'єму внутрішніх деталей.

**Е.12** Основний вплив на невизначеність вимірювань місткості резервуара надає невизначеність вимірювань його середнього радіуса. Згідно з Е.2 обчислюють стандартну невизначеність за типом А середнього радіуса статистичним методом. Вона складається з невизначеності виготовлення поверхні резервуара та невизначеності геодезичних вимірювань на цю поверхню.

Невизначеність вимірювань радіуса охоплює невизначеність вимірювання товщини стінки резервуара і товщини шару фарби, якщо вимірювання виконували зовні. Для спрощення обчислювання невизначеності вимірювань місткості до невизначеності вимірювань радіуса також треба додати невизначеність константи (постійної поправки) під час вимірювання довжини від геодезичного приладу до поверхні резервуара і невизначеність вимірювання метеорологічних параметрів атмосфери. Математичне сподівання відхилів цих величин від дійсного значення дорівнює нулю, але невизначеність нулю не дорівнює.

**Е.12.1** Стандартну невизначеність за типом В середнього радіуса резервуара, спричинену невизначеністю вимірювання товщини стінки, товщини шару фарби, постійної поправки до вимірювань похилих відстаней від тахеометра чи сканера до точки на поверхні резервуара та вимірювання метеорологічних параметрів атмосфери, обчислюють за формулами:

— якщо вимірювання виконували зовні:

$$u_B(R) = \sqrt{u^2(\delta_s^{ст.}) + u^2(\delta_s^{фар.}) + u^2(D) + u^2(A)}, \quad (E.26)$$

— якщо вимірювання виконували зсередини:

$$u_B(R) = \sqrt{u^2(D) + u^2(A)}, \quad (E.27)$$

де  $u(\delta_s^{ст.}) = \frac{U(\delta_s^{ст.})}{t_U}$  — стандартна невизначеність вимірювання товщини стінки;

$u(\delta_s^{фар.}) = \frac{U(\delta_s^{фар.})}{t_U}$  — стандартна невизначеність вимірювання товщини шару фарби;

$u(D) = \frac{U(D)}{t_U}$  — стандартна невизначеність постійної поправки до вимірювань похилих відстаней від тахеометра чи сканера до точки на поверхні резервуара, отримана за результатами метрологічних досліджень;

$u(A)$  — стандартна невизначеність поправки, яка враховує невизначеність вимірювання метеорологічних параметрів атмосфери;

$t_U = 2,0$  — коефіцієнт розподілення Лапласа (коефіцієнт охоплення) за довірчої ймовірності  $P = 0,9545$ ;



- $U(\delta_s^{\text{ст.}}), U(\delta_s^{\text{фар.}})$  — розширена невизначеність вимірювання товщини стінки поясу резервуара та шару фарби поясу резервуара;  
 $U(D)$  — розширена невизначеність постійної поправки до вимірних похилих відстаней від тахеометра чи сканера до точки на поверхні резервуара, отримані за результатами метрологічних досліджень.

**Е.12.2** Наближена формула для обчислювання невизначеності поправки, що враховує відхил середньої температури й тиску від уведених у тахеометр для довжини світлової хвилі 630 нм, має вигляд:

$$u(A) = R \cdot 10^{-6} \cdot \sqrt{(0,27)^2 \cdot u(P)^2 + (0,94)^2 \cdot u(T)^2}, \quad (\text{E.28})$$

- де  $R$  — радіус резервуара;  
 $u(T), u(P)$  — стандартна невизначеність вимірювання температури у Кельвінах та тиску в гігапаскалях.

Із формули (E.28) випливає, що в разі введення в тахеометр значень температури й тиску, вимірних з точністю, наведеною у таблиці 3, впливом невизначеності вимірювання температури й тиску на радіус резервуара можна знехтувати.

У разі використання сканера введення поправки у виміри довжини, яка враховує атмосферні умови в процесі вимірювання, не передбачено. Якщо для введення поправки у радіус, яка враховує атмосферні умови, використовувати формулу (12.18), то відповідною невизначеністю можна знехтувати.

Граничне значення поправки, яка враховує атмосферні умови на висоті 1000 метрів над рівнем моря, тобто яка враховує відхил фактичного тиску від тиску на рівні моря у відстані 10 м буде становити 0,3 мм та у разі відхилу температури на 30 °С від стандартних умов (20 °С) також будуть становити 0,3 мм, що сягає 0,003 % вимірної відстані.

**Е.12.3** Відносну стандартну невизначеність за типом В вимірювання місткості резервуара, обчислену за формулою (E.26) або (E.27), відносно до місткості резервуара до висоти  $H_f$ , обчислюють за формулами, аналогічними (E.5) і (E.6):

$$\frac{u_B(V_{Hf})}{V_{Hf}} = \frac{2 \cdot u_B(R)}{R}. \quad (\text{E.29})$$

**Е.13** Бюджет невизначеності вимірювання місткості вертикального циліндричного резервуара наведено в таблицях Е.1—Е.4.

Таблиця Е.1 — Бюджет відносної невизначеності вимірювань місткості вертикального циліндричного резервуара до поточної абсолютної висоти рівня рідини  $H_f$ 

Назва вхідної величини $X_i$	Оцінка вхідної величини $x_i$	Тип невизначеності	Розподіл імовірностей	Стандартна невизначеність $u(X_i)$	Коефіцієнт чутливості $C_i$	Вклад невизначеності $C_i \cdot u(x_i)$
Невиправлена місткість резервуара до поточної абсолютної висоти рівня рідини $H_f$	$V_{Hf}$	A (див. таблицю Е.2)	Нормальний	$u_A(V_{Hf}) = 2 \cdot \pi \cdot R \cdot H_f \cdot u_A(R)$	$\frac{2}{R}$	$\frac{2 \cdot u_A(R)}{R}$
		B (див. таблицю Е.2)	Нормальний	$u_B(V_{Hf}) = 2 \cdot \pi \cdot R \cdot H_f \cdot u_B(R)$	$\frac{2}{R}$	$\frac{2 \cdot u_B(R)}{R}$
		A (див. таблицю Е.2)	Нормальний	$u_\eta(V_{Hf}) = c_{2f} \cdot \sigma_\eta = \pi \cdot R^2 \cdot H_f \cdot \frac{\eta}{\sqrt{(1+\eta^2)}} \cdot u_A(\eta)$	$\frac{\eta}{\sqrt{(1+\eta^2)}} \approx \eta$	$\eta \cdot u_A(\eta)$
Поправка, що враховує радіальні відхилення точок на поверхні	$\Delta V_f^g$	A	Нормальний	$u(\Delta V_f^g) = S_f \cdot \sigma_{\bar{g}_f} = S_f \cdot \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n_f} (g_i - \bar{g}_f)^2}{n_f \cdot (n_f - 1)}}$	$\frac{2}{R}$	$\frac{2 \cdot u_A(\bar{g}_f)}{R}$
Поправка, що враховує нерівності днища	$\Delta V_f^{дн.}$	B	Нормальний	$u(\Delta V_f^{дн.}) = V_{дн.} \cdot \frac{U_\delta(V_{дн.})}{t_U \cdot 100}$	$\frac{1}{V_{Hf}}$	$\frac{u(\Delta V_f^{дн.})}{V_{Hf}}$
Поправка, що враховує деформацію стінки резервуара під впливом ваги рідини	$\Delta V_f^w$	Сумарна (див. табл. Е.3)	Нормальний	$u(\Delta V_f^w)$	$\frac{1}{V_{Hf}}$	$\frac{u(\Delta V_f^w)}{V_{Hf}}$
Поправка, що враховує відхилення середньої температури стінки від 20 °C	$\Delta V_f^t$	B	Нормальний	$u(\Delta V_f^w) = 2 \cdot \pi \cdot R^2 \cdot H_f \cdot \lambda \cdot u_{\Delta t}$	$2 \cdot \lambda$	$2 \cdot \lambda \cdot u_{\Delta t}$
Поправка, що враховує об'єм рідини, витісненої покритвом, що плаває	$\Delta V_f^{п.п}$	Сумарна (див. таблицю Е.4)	Нормальний	$u(\Delta V_f^{п.п}) = \pi \cdot R^2 \cdot u(H^{п.п})$	$\frac{1}{V_{Hf}}$	$\frac{u(\Delta V_f^{п.п})}{V_{Hf}}$
Поправка, що враховує об'єм внутрішніх деталей	$\Delta V_{\Sigma f}^{дет.}$	B	Нормальний	$u(\Delta V_{\Sigma f}^{дет.}) = \Delta V_{\Sigma f}^{дет.} \cdot \frac{U_\delta(V_{\Sigma f}^{дет.})}{t_U \cdot 100}$	$\frac{1}{V_{Hf}}$	$\frac{u(\Delta V_{\Sigma f}^{дет.})}{V_{Hf}}$

Кінець таблиці Е.1

Назва вхідної величини $X_i$	Оцінка вхідної величини $x_i$	Тип невизначеності	Розподіл імовірностей	Стандартна невизначеність $u(X_i)$	Коефіцієнт чутливості $C_i$	Вклад невизначеності $C_i \cdot u(x_i)$
Відносна сумарна та розширена невизначеність вимірювань місткості резервуара до поточної абсолютної висоти рівня рідини $H_f$				$\frac{u_c(V_f^{\text{рез.}})}{V_f^{\text{рез.}}} = \sqrt{\sum_{i=1}^n (C_{if} \cdot u(x_{if}))^2}$		
<p>Невиправлена місткість резервуара, всі поправки до неї та їх невизначеності обчислюють до поточної абсолютної висоти рівня рідини <math>H_f</math>. У колонці 5 наведено формули для обчислювання абсолютних значень невизначеності невиправленої місткості та поправок до неї, а коефіцієнти чутливості (колонка 6) та вклад невизначеності (колонка 7) наведено у відносній мірі до місткості <math>V_{Hf} = \pi \cdot R^2 \cdot H_f</math>.</p>						

Таблиця Е.2 — Бюджет невизначеності вимірювань не виправленої місткості резервуара до поточної абсолютної висоти рівня рідини  $H_f$ 

Назва вхідної величини $X_i$	Оцінка вхідної величини $x_i$	Тип невизначеності	Розподіл імовірностей	Стандартна невизначеність $u(X_i)$	Коефіцієнт чутливості $C_i$	Вклад невизначеності $C_i \cdot u(X_i)$
Середній радіус резервуара	$R$	A	Нормальний	$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{s=1}^k \sum_{j=1}^n (g_{js}^{рез.} - g_{js}^{сеп.})^2}{n - m - k + 1}}$ $u_A(R) = \sigma \cdot \sqrt{Q_{33}}$	$2 \cdot \pi \cdot R \cdot H_f$	$2 \cdot \pi \cdot R \cdot H_f \cdot u_A(R)$
Середній радіус резервуара	$R$	B	Нормальний	$u_B(R) = \sqrt{u^2(\delta_s^{ст.}) + u^2(\delta_s^{кп.}) + u^2(D) + u^2(A)}$	$2 \cdot \pi \cdot R \cdot H_f$	$2 \cdot \pi \cdot R \cdot H_f \cdot u_B(R)$
Ступінь нахилу осі резервуара	$\eta$	A	Нормальний	$u_A(\eta) = \frac{\sigma}{\eta} \cdot \sqrt{\eta_x^2 \cdot Q_{11} + \eta_y^2 \cdot Q_{22} + 2\eta_x \cdot \eta_y \cdot Q_{12}}$	$-\pi \cdot R^2 \cdot H_f$	$\pi \cdot R^2 \cdot H_f \cdot \eta \cdot u_A(\eta)$
Відносна сумарна невизначеність не виправленої місткості резервуара				$u_c(V_{HF}) = \sqrt{C_1^2 \cdot u_A(R)^2 + C_2^2 \cdot u_B(R)^2 + C_3^2 \cdot u_A(\eta)^2}$		

**Таблиця Е.3** — Бюджет відносної невизначеності поправки, що враховує деформацію стінки резервуара під впливом ваги рідини, до поточної абсолютної висоти рівня рідини  $H_f$

Назва вхідної величини $X_i$	Оцінка вхідної величини $x_i$	Тип невизначеності	Розподіл імовірностей	Стандартна невизначеність $u(X_i)$	Коефіцієнт чутливості $C_i$	Вклад невизначеності $C_i \cdot u(x_i)$
Прискорення вільного падіння	$g$	B	Прямокутний	$u(g) = \frac{g_{\max} - g_{\min}}{2\sqrt{3}}$	$\frac{2}{g}$	$\frac{2 \cdot u(g)}{g}$
Густина рідини, яка зберігається у резервуарі	$\rho_{\text{збер.}}$	B	Нормальний	$u(\rho_{\text{збер.}}) = \frac{\rho_{\text{збер. max}} - \rho_{\text{збер. min}}}{2 \cdot t_U}$	$\frac{\Delta R_{H_f}}{\rho_{\text{збер.}}}$	$\Delta R_{H_f} \cdot \frac{u(\rho_{\text{збер.}})}{\rho_{\text{збер.}}}$
Модуль пружності матеріалу стінки	$E$	B	Прямокутний	$u(E) = \frac{E_{\max} - E_{\min}}{2\sqrt{3}}$	$\frac{2}{E}$	$\frac{2 \cdot u(E)}{g}$
Товщина стінки	$\delta^{\text{ст.}}$	B	Нормальний	$u(\delta^{\text{ст.}}) = \frac{U(\delta^{\text{ст.}})}{t_U}$	$\frac{2}{\delta^{\text{ст.}}}$	$\frac{2 \cdot u(\delta^{\text{ст.}})}{\delta^{\text{ст.}}}$
Радіус резервуара	$R$	A	Нормальний	$u_c(R) = \sqrt{u_A(R)^2 + u_B(R)^2}$	$\frac{6}{R}$	$\frac{6 \cdot u(R)}{R}$
Відносна сумарна невизначеність поправки				$\frac{u(V_f^w)}{\Delta_f^w} = 2 \cdot \sqrt{\left(\frac{u(g)}{g}\right)^2 + \left(\frac{u(\rho_{\text{збер.}})}{\rho_{\text{збер.}}}\right)^2 + \left(\frac{u(E)}{E}\right)^2 + \left(\frac{u(\delta^{\text{ст.}})}{\delta^{\text{ст.}}}\right)^2 + \left(\frac{3 \cdot u(R)}{R}\right)^2}$		

Таблиця Е.4 — Бюджет відносної невизначеності поправки, що враховує об'єм рідини, витіснений покривом, що плаває, до поточної абсолютної висоти рівня рідини  $H_f$ 

Назва вхідної величини $X_i$	Оцінка вхідної величини $x_i$	Тип невизначеності	Розподіл імовірностей	Стандартна невизначеність $u(X_i)$	Коефіцієнт чутливості $C_i$	Вклад невизначеності $C_i \cdot u(X_i)$
Абсолютна висота нижньої поверхні покриву, що плаває	$H^{n,n}$	B	Нормальний	$u(H^{n,n}) = \sigma_{n,n} = \sqrt{\frac{\sum (H^{n,n} - H^{n,n})^2}{n \cdot (n-1)}}$	$\frac{1}{H_f}$	$\frac{u(H^{n,n})}{H_f}$
Висота занурення від додаткового навантаження	$\Delta I_{\text{доп.}}$	B	Нормальний	$u(\Delta I_{\text{доп.}}) = \frac{U(\Delta I_{\text{доп.}})}{t_U}$	$\frac{1}{H_f}$	$\frac{u(\Delta I_{\text{доп.}})}{H_f}$
Маса покриву, що плаває	$m^{n,n}$	B	Нормальний	$u(m^{n,n}) = \frac{U(m^{n,n})}{t_U}$	$\frac{\Delta H^{\text{сп.}}}{H_f \cdot m^{n,n}}$	$\frac{\Delta H^{\text{сп.}}}{H_f} \cdot \frac{u(m^{n,n})}{m^{n,n}}$
Густина рідини, яка зберігається в резервуарі	$\rho_{\text{збер.}}$	B	Нормальний	$u(\rho_{\text{збер.}}) = \frac{\rho_{\text{збер. max}} - \rho_{\text{збер. min}}}{2 \cdot t_U}$	$\frac{\Delta H^{\text{сп.}}}{H_f \cdot \rho_{\text{збер.}}}$	$\frac{\Delta H^{\text{сп.}}}{H_f} \cdot \frac{u(\rho_{\text{збер.}})}{\rho_{\text{збер.}}}$
Площа нижньої поверхні покриву, що плаває	$S^{n,n}$	A	Нормальний	$u(S^{n,n}) = \frac{U(S^{n,n})}{t_U}$	$\frac{\Delta H^{\text{сп.}}}{H_f \cdot S^{n,n}}$	$\frac{\Delta H^{\text{сп.}}}{H_f} \cdot \frac{u(S^{n,n})}{S^{n,n}}$
Відносна сумарна невизначеність поправки				$\frac{\sigma(V_f^{n,n})}{V_{\text{нр}}} = \sqrt{\left(\frac{\sigma(H^{n,n})}{H_f}\right)^2 + \left(\frac{\sigma(\Delta I_{\text{доп.}})}{H_f}\right)^2 + \left(\frac{\Delta H^{\text{сп.}}}{H_f}\right)^2 \cdot \left[\left(\frac{\sigma(m^{n,n})}{m^{n,n}}\right)^2 + \left(\frac{\sigma(\rho)}{\rho_{\text{збер.}}}\right)^2 + \left(\frac{\sigma(S^{n,n})}{S^{n,n}}\right)^2\right]}$		

ДОДАТОК Ж  
(довідковий)ФОРМА ЖУРНАЛУ ОБРОБЛЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ВИМІРЮВАННЯ  
(результати оброблення й оцінювання точності)

## Ж.1 Загальні відомості

Ресстраційний номер документа	Дата ресстрації	Дата повірки (калібрування)

Тип резервуара	Номер резервуара	Температура повітря, °С	Атмосферний тиск, кПа

	Позначення	Назва	Організація-розробник
Методика повірки			
Комп'ютерна програма			

## Ж.1.1 Еталонний прилад

Назва	
Тип, виробник	
Серійний номер	
Номер свідоцтва щодо повірки (калібрування)	
Дата повірки (калібрування)	
Основні параметри	Границі похибки (невизначеності) вимірювання: кутів _____, довжин _____. Постійна поправка до вимірюваної довжини _____ та її границі похибки (невизначеність)

## Ж.1.2 Допоміжне обладнання

Назва	Тип, виробник	Серійний номер	Номер свідоцтва щодо повірки (калібрування)
...			

## Ж.2 Результати вимірювання параметрів резервуара, введені в комп'ютерну програму

## Ж.2.1 Координати точки вимірювання рівня та базова висота резервуара й рівнеміра

$X_b$ , м	$Y_b$ , м	Базова висота резервуара, мм	Базова висота рівнеміра, мм

## Ж.2.2 Параметри рідини під час вимірювання та зберігання

Параметри рідини, яка міститься в резервуарі під час вимірювань				Середня густина рідини в резервуарі під час зберігання, кг/м <sup>3</sup>
назва	густина, кг/м <sup>3</sup>	рівень, мм	тиск, МПа	

Ресстр. № документа

**Ж.2.3 Абсолютна висота неконтрольованої порожнини, низу (верху) зливного (всмоктувального) патрубку, гранична (максимальна) абсолютна висота та температура стінки резервуара**

Абсолютна висота, мм			Температура стінки резервуара, °С
неконтрольованої порожнини	низу (верху) зливного (всмоктувального) патрубку	гранична (максимальна)	

**Ж.2.4 Параметри поясів резервуара**

Номер поясу	Абсолютна висота поясу, мм	Товщина стінки поясу, мм		Товщина шару покриву стінки поясу, мм		Висота і схема нахльстування поясів, мм
		значення	границі похибки (розширена невизначеність)	значення	границі похибки (розширена невизначеність)	
1						
2						
...	...	...		...		...

**Примітка.** У графі «Висота і схема нахльстування поясів» зазначають значення зі знаком «-», якщо поточний пояс охоплений розміщеним вище; «+» — якщо поточний пояс охоплює розміщений вище; 0 — у разі зварювання встик.

**Ж.2.5 Параметри повірочної рідини**

**Ж.2.5.1 Загальні параметри повірочної рідини згідно з ДСТУ 4147**

Назва	Густина повірочної рідини, кг/м <sup>3</sup>	Коефіцієнт об'ємного розширення рідини, 10 <sup>-3</sup> · 1/°С	Коефіцієнт стисливості рідини, 10 <sup>-3</sup> · 1/МПа	Коефіцієнт лінійного розширення резервуара, 10 <sup>-3</sup> · 1/°С

**Ж.2.5.2 Поточні параметри повірочної рідини згідно з ДСТУ 4147**

Номер вимірювання	Дозова місткість (об'єм дози), м <sup>3</sup>	Температура рідини, °С		Рівень рідини, мм	Надлишковий тиск у лічильнику рідини, МПа
		у резервуарі	у лічильнику рідини		
...	...				

**Ж.2.6 Внутрішні деталі й обладнання резервуара**

Тип	Висота, мм	Довжина, мм	Діаметр (ширина), мм	Кут нахилу осі, °	Об'єм, м <sup>3</sup>	Абсолютна висота, мм	
						нижньої границі	верхньої границі

**Примітка.** Довжина деталі «-» збільшує місткість резервуара, довжина деталі «+» зменшує місткість резервуара.

Границі допустимої відносної похибки (розширена невизначеність) визначення об'єму внутрішніх деталей резервуара \_\_\_\_ %.



**Ж.2.7 Параметри покриття, що плаває (ПП), резервуара**

Маса ПП, кг	Абсолютна висота низу ПП, мм	Параметри ПП (Параметри плаваючих елементів ПП), мм		Сума об'ємів опор ПП, м <sup>3</sup>	Глибина занурення внаслідок додаткового навантаження, мм
		зовнішній діаметр (діаметр)	внутрішній діаметр (загальна довжина)		
Діаметри внутрішніх отворів ПП, мм					
$d_1$	$d_2$	$d_3$	$d_4$	$d_5$	$d_6$

**Ж.3 Результати обчислювань****Ж.3.1 Параметри циліндричної частини резервуара**

Назва параметра резервуара	Числове значення	Границі похибки (розширена невизначеність)
Середній радіус циліндричної частини резервуара, приведений до 20 °С	_____ мм	_____ мм
Загальна висота циліндричної частини резервуара	_____ мм	_____ мм
Ступінь нахилу осі резервуара		
Напрямок нахилу осі резервуара		

**Ж.3.2 Відхили внутрішньої поверхні стінки циліндричної частини резервуара від правильної геометричної форми**

Номери горизонтальних перерізів	Відхили внутрішньої поверхні стінки циліндричної частини резервуара від правильної геометричної форми, мм											
	Номери вертикальних перерізів											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1												
2												
3												
4												
...												

Середній квадратичний радіальний відхил (стандартна невизначеність) реальної поверхні циліндричної частини резервуара від циліндра \_\_\_\_\_ мм.

**Ж.3.3 Загальні параметри резервуара**

Назва параметра резервуара	Числове значення	Границі похибки (розширена невизначеність)
Місткість неконтрольованої порожнини	_____ м <sup>3</sup>	—
Місткість «мертвої» порожнини	_____ м <sup>3</sup>	_____ %
Місткість на граничну висоту наповнення резервуара (загальна місткість)	_____ м <sup>3</sup>	_____ %

Рєсстр. № документа

**Ж.3.4 Параметри покриву, що плаває (ПП), резервуара**

Назва параметра резервуара	Числове значення	Границі похибки (розширена невизначеність)
Об'єм рідини, витісненої ПП	_____ м <sup>3</sup>	%
Рівень рідини, відповідний абсолютній висоті спливання ПП	_____ мм	_____ мм
Об'єм рідини, відповідний рівню спливання ПП	_____ м <sup>3</sup>	_____ м <sup>3</sup>

**Ж.3.5 Параметри поясів резервуара**

Номер поясу	Середні внутрішні радіальні відхили, мм		Внутрішня висота поясу, мм	Рівень наповнення, мм	Поправки за гідростатичний тиск, м <sup>3</sup>
	вимірний	виправлений за гідростат.			

**Ж.4 Границі допустимої відносної похибки (розширена невизначеність) місткості (результат обчислення бюджету невизначеності відповідно до 12.9 та додатка Е)**

Номер поясу	Середній радіальний відхил, мм	СКВ (невизначеність) поверхні поясів резервуара, мм	Кількість точок у поясі	СКВ (невизначеність) середнього радіального відхилу, мм	Границі допустимої відносної похибки (розширена невизначеність) місткості	
					поясу, %	резервуара на висоту поясу, %
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						

Реєстр. № документа

ДОДАТОК И  
(обов'язковий)  
**ФОРМА ГРАДУЮВАЛЬНОЇ ТАБЛИЦІ**

назва організації, що затверджує градуювальну таблицю

**ПОГОДЖЕНО**

\_\_\_\_\_ посада

\_\_\_\_\_ /ім'я, прізвище/

' \_\_\_\_ ' \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**ЗАТВЕРДЖЕНО**

\_\_\_\_\_ посада

\_\_\_\_\_ /ім'я, прізвище/

' \_\_\_\_ ' \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**ГРАДУЮВАЛЬНА ТАБЛИЦЯ**

(назва, номер резервуара)

Призначення: \_\_\_\_\_

Організація-власник \_\_\_\_\_

Місце установлення резервуара  
(місце виконання вимірювань) \_\_\_\_\_

Тип резервуара \_\_\_\_\_

Номінальна місткість \_\_\_\_\_

Границі допустимої відносної похибки (невизначеності) визначення загальної  
місткості \_\_\_\_\_

Базова висота резервуара \_\_\_\_\_

Гранична абсолютна висота наповнення \_\_\_\_\_

Місткість на граничну абсолютну висоту наповнення \_\_\_\_\_

Ділянку нижче ніж \_\_\_\_\_ мм для облікових та торгових операцій не використовують

Місткість «мертвої» порожнини \_\_\_\_\_

Дата проведення повірки (калібрування): \_\_\_\_\_

Дата чергової повірки (калібрування): \_\_\_\_\_

Усього аркушів у градуювальній таблиці \_\_\_\_\_

Реєстр. № документа \_\_\_\_\_



ДОДАТОК К  
(довідковий)  
**ЕСКІЗ РЕЗЕРВУАРА**

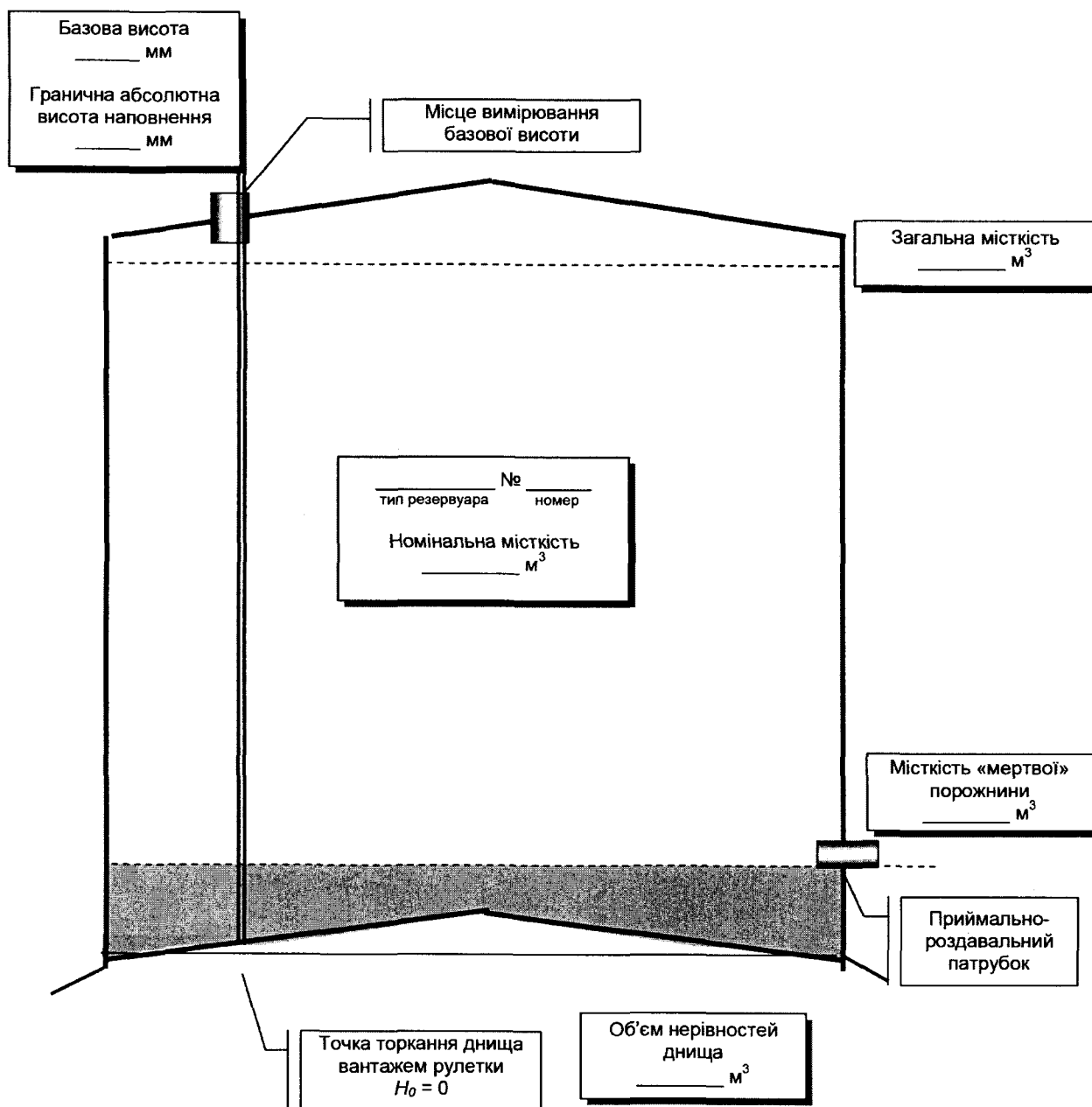


Рисунок К.1 — Ескіз резервуара

Реєстр. № документа

Код УКНД 17.020

**Ключові слова:** геодезичні прилади, геометричний метод, методика повірки (калібрування), метрологія, резервуари вимірювальні вертикальні, тахеометр, сканер.

---

Редактор **Н. Кунцевська**  
Верстальник **Т. Шишкіна**

---

Підписано до друку 28.10.2016. Формат 60 × 84 1/8.  
Ум. друк. арк. 8,83. Зам. 2230. Ціна договірна.

---

Виконавець  
Державне підприємство «Український науково-дослідний і навчальний центр  
проблем стандартизації, сертифікації та якості» (ДП «УкрНДНЦ»)  
вул. Святошинська, 2, м. Київ, 03115

Свідоцтво про внесення видавця видавничої продукції до Державного реєстру видавців,  
виготівників і розповсюджувачів видавничої продукції від 14.01.2006 серія ДК № 1647