

УДК 621.645

Заєць В.В., аспірант спеціальності 185 Нафтогазова інженерія та технології
Науковий керівник: Коровяка Є. А. к.т.н., доцент, завідувач кафедри нафтогазової інженерії та буріння

(Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна)

ЕЛЕКТРОННО-ОПТИЧНИЙ ВІДДАЛЕМІРНИЙ МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ ІНТЕРВАЛЬНИХ МІСТКОСТЕЙ ТРАСПОРТАБЕЛЬНИХ РЕЗЕРВУАРІВ ДЛЯ ЗБЕРІГАННЯ НАФТИ ТА НАФТОПРОДУКТІВ

Проблему оперативного обліку нафти та нафтопродуктів в транспортабельних (пересувних) резервуарах важко переоцінити. Основними цілями и задачами досліджень є:

- підвищення точності вимірювання інтервальних місткостей транспортабельних резервуарів;
- скорочення часу вимірювань при калібруванні резервуарів;
- скорочення часу обробки та складання градуовальної таблиці резервуару з використанням спеціального програмного забезпечення.

Одним з найрезультативніших із шляхів вирішення цієї проблеми є електронно-оптичний віддалемірний метод калібрування (визначення інтервальних місткостей) стаціонарних [1-3] та транспортабельних [6] резервуарах за допомогою лазерного 3D сканера.

Транспортабельні резервуари це – пересувні автозаправні станції (ПАЗС), цистерни на залізничних платформах, ємності на плавучій платформі (танкери, баржі, плавучі АЗС). До транспортабельних резервуарів можна також деякі види стаціонарних резервуарів, калібрування яких виконується на місці їх виробництва та з подальших перевезенням до місця постійної експлуатації. При цьому, в документації повинна бути докладна інструкція щодо їхнього монтування так, щоб забезпечити невизначеність місткості, вказану в калібрувальній таблиці.

На відміну від стаціонарних резервуарів, які не змінюють свого референсного положення під час експлуатації, транспортабельні резервуари знаходяться або в постійному русі, або змінюють своє референсне положення під час оперативного обліку. Під час калібрування транспортабельний резервуар, при можливості, приводять в референсне положення, коли його вимірювальна вісь є вертикальною та його калібрувальна таблиця буде відповідає цьому положенню. В іншому випадку визначається відхилення від референсного положення - кути нахилу за поперечною та повздовжньою віссю резервуара та після сканування, віртуально за допомогою програмного забезпечення комплектного до сканера або іншого хмара точок приводиться в референсне положення програмним забезпеченням.

Нестрогий метод описано в [4,5], де з безлічі точок 3D-моделі пропонується використовувати тільки невелику частину для вимірювання діаметрів горизонтального циліндричного резервуара та інших його геометричних параметрів. Ці дані можна використовувати для обчислення інтервальних місткостей резервуара, але реальна невизначеність обчислення місткості за результатами такої нестрогої обробки погано оцінюється і навряд чи буде задовільною.

На цей момент, розроблено та використовується два строгих методи обчислення інтервальних місткостей резервуарів за координатами точок, отриманих методом лазерного сканування. Застосування того чи іншого методу залежить від форми резервуарів, які калібруються, а також від кількості та рівномірності покриття поверхні резервуару точками.

Перший метод, в основі якого лежить *апроксимування* поверхнею правильної геометричної форми, використовується для резервуарів близької до правильної геометричної форми – циліндр або сфера [1,2]. В цьому випадку визначаються радіальні відхилення $\nu_j^{\text{Рез}}$ поверхні резервуару від правильної геометричної форми, відповідно умовам метода найменших квадратів (МНК):

$$\sum_{j=1}^n \nu_j^{\text{Рез}} = 0; \quad \sum_{j=1}^n \nu_j^{\text{Рез}^2} = \min,$$

з подальшим використанням при розрахунку поправок в інтервальні місткості резервуару.

Другий метод базується на просторовому *триангулюванні* поверхні резервуару довільної форми за методом Делоне [7]: найближчі відскановані точки на поверхні резервуару з'єднуються лініями, які утворюють мережу трикутників [6]. Після аналізу кожного трикутника, розташований він знизу, зверху чи перетинає умовну горизонтальну площину (умовний рівня рідини), розраховуються площі трикутників на поверхні по формулі:

$$S_{\Delta} = \frac{1}{2}((x_1 - x_2) \cdot (y_1 + y_2) + (x_2 - x_3) \cdot (y_2 + y_3) + (x_3 - x_1) \cdot (y_3 + y_1)).$$

За площами усіх трикутників розташовані нижче, або частково перетинають умовну горизонтальну площину і приростом висоти між площинами обчислюється інтервальна місткість.

Для транспортабельних резервуарів, для яких вимірювальна вісь співпадає з віссю симетрії резервуару, калібрувальна таблиця однакова, якщо вимірювальна вісь займає нахилене положення в певних межах, а для транспортабельних резервуарів, для яких вимірювальна вісь має асиметричне розташування відносно осі симетрії резервуару, калібрувальна таблиця повинна мати таблицю поправок за нахил або мати декілька таблиць для різного нахилу.

Список використаних джерел:

1. ДСТУ 7473:2013 Метрологія. Резервуари стаціонарні вимірювальні вертикальні. Методика повірки (калібрування) геометричним методом з застосуванням геодезичних приладів;
2. ДСТУ 7474:2013 Метрологія. Резервуари для скрапленого газу сталеві сферичні. Методика повірки (калібрування) геометричним методом з застосуванням геодезичних приладів;
3. ДСТУ 7475:2013 Метрологія. Резервуари сталеві циліндричні горизонтальні. Методика повірки (калібрування) геометричним методом з застосуванням геодезичних приладів.
4. OIML R 95 Ships' tanks – General requirements (Судновий танк – Загальні вимоги).
5. OIML R 80 Road and rail tankers with level gauging. Partie 1: Exigences métrologiques et techniques (Автомобільні та залізничні цистерни з рівнемірором Частина 1: Метрологічні та технічні вимоги).
6. МВУ 052/03-2013 «Рекомендації. Метрологія. Резервуари паралелепіпедні та танки суден. Методика виконання вимірювань геометричним методом із застосуванням електронних тахеометрів та сканерів», затверджена та введена в дію наказом ДП «УКРМЕТРТЕСТСТАНДАРТ» від 16 квітня 2013 р. № 152
7. Делоне Б. Н. Про порожню сферу // Изв. АН СРСР. ОМОН. 1934. № 4. С. 793-800.