

УДК 389.14: 81.5.07

**Богдан Колпак, Михайло Наталюк, Степан Андрусак, Борис Гордєєв\***  
**Державний науково-дослідний інститут метрології вимірювальних**  
**та управляючих систем (ДНДІ "Система")**  
**\*НВО "АМІСО", м. Миколаїв**

## **ВДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДОЛОГІЇ ВИМІРЮВАННЯ, КОНТРОЛЮ ТА ОБЛІКУ НАФТОПРОДУКТІВ АВТОЗАПРАВНИХ СТАНЦІЙ**

*© Колпак Богдан, Наталюк Михайло, Андрусак Степан, Гордєєв Борис, 2002*

**The new approaches to the solution of a problem of measurement, control and account of petroleum of refueling stations are offered in conditions when the measurements of value of arguments, which determine weight of a product are carried out by VIC and ACK TP**

Основною проблемою оцінки правил дотримання державного метрологічного контролю та нагляду, вимоги до якого регламентовані Законом України [1] є недостатня точність та достовірність результатів вимірювання, контролю та обліку маси нафтопродуктів (далі – продукт) автозаправних станцій (АЗС). Підвищення точності вимірювання, контролю та обліку маси продукту потребує оптимального рішення правових, організаційних та технічних питань щодо розробки економічно вигідних процедур виконання операцій наповнення та зберігання продукту в резервуарах АЗС, здійснення з ним товарних операцій, зокрема через паливороздавальні колонки. Згадані питання значною мірою вирішуються при виконанні державної метрологічної атестації (ДМА) та повірці вимірювальних каналів (ВК) систем обліку продукту, котрі реалізують облік атестованою методикою виконання вимірювань (МВВ) маси продукту.

Нижче зупинимось на аналізі методів вимірювання та обліку продукту і пропозиціях щодо підвищення точності визначення характеристик похибок вимірювання та вирішення низки організаційних питань, які стосуються державного метрологічного контролю та нагляду [1]. На сьогодні до основних нормативних документів (НД), які стосуються питань вимірювання та обліку маси і об'єму продукту, належать НД [1–10]. Згідно з цими НД, при виконанні обліково-розрахункових операцій застосовують, як правило, непрямі методи вимірювання об'єму та маси, зокрема, об'ємно-масовий статичний метод. Суть цього методу полягає у визначенні об'єму за результатами вимірювання рівня продукту та даних таблиць поінтервального градування резервуара, а також густини продукту при однакових (або зведених до однакових) умовах. Масу продукту визначають як добуток об'єму і густини. Густину продукту вимірюють згідно з вимогами [7;9], масу механічних домішок згідно з [8], наявність води в продукті за вимогами [6], концентрацію хлористих солей та інших домішок в продукті визначають методом лабораторного аналізу та "Інструкції" [2;5], а також регламентують відповідні норми точності щодо вимірювання маси продукту та окремих ЗВТ, які застосовуються під час вимірювання параметрів маси цих продуктів. Слід зазначити, що вимоги згаданих НД не передбачають правил та методик оцінок реальних характеристик похибок вимірювання в діапазонах зміни аргументів фізичних величин (параметрів), через які визначають масу продукту. Згідно з цими НД, оцінка похибки вимірювання повинна виконуватись у вигляді відносної похибки. Математичні моделі похибок в цих НД не враховують діапазони поточних змін аргументів, а також діапазони змін впливових величин (ВВ) при одночасній дії їх на характеристики похибок.

До проблем нормування похибки непрямих вимірювань належать та особливість, що одне і те саме значення результату непрямого вимірювання може бути одержане при найрізноманітніших співвідношеннях значень безпосередньо вимірювальних фізичних величин (параметрів), через які визначають масу продукту. Надзвичайно великі відмінності в оцінці похибки можуть бути, якщо в формулу визначення маси продукту входить операція ділення. Вирішення цієї проблеми можливе лише збереженням єдності вимірювання в цій галузі, тобто обґрунтованої ефективної організації метрологічного забезпечення (МЗ) цих вимірювань, засобів вимірювання (ЗВ), вимірювальних інформаційних систем (ВІС) та автоматизованих систем керування технологічними процесами (АСК ТП) маси продукту. МЗ вимірювань та обліку маси цих енергоносіїв на сьогоднішній день регламентуються нормативними документами (НД) [1–4]. До недоліків згаданих НД слід віднести відсутність регламентацій норм точності визначення маси продукту вимірювальними каналами (ВК) ВІС та АСК ТП при обліку та витратах енергоносіїв. Наприклад, міжнародний стандарт [3] регламентує лише методологію розрахункового методу визначення маси продукту, не встановлюючи відповідних норм точності, а в рекомендації [1] дані лише вимоги до точності окремих ЗВ. Ця проблема особливо актуальна та потребує конкретного вирішення в умовах, коли вимірювання значень аргументів, які визначають масу продукту, здійснюється ВІС та АСК ТП, в яких ПЕОМ (процесор) видає на реєстрацію розрахункове значення маси, а одержувач вимірювальної інформації не має навіть уявлення із якого співвідношення аргументів одержаний цей результат, тобто для споживача вимірювальної інформації є невизначеність оцінки характеристик похибок. Оскільки результати вимірювання маси продукту використовуються для комерційного обліку енергоносіїв, то достовірність оцінки похибки вимірювання маси надзвичайно важлива. В згаданих НД [1–10] нормуються лише похибки ВК, які забезпечують прямі вимірювання певних аргументів, а характеристики похибок непрямих вимірювань маси встановлені лише для відомого співвідношення аргументів, які визначають масу продукту. Таке нормування слід вважати некоректним. В цьому випадку слід нормувати результат кожного вимірювання за результатами його метрологічної атестації. Ця проблема може бути вирішена реалізацією двох одночасно діючих програм: одна – для обчислення значення маси, а інша – для оцінки її похибок. Наступна проблема – це ліквідація розбіжностей, які виникають в неоднозначності методики визначення маси продукту при його прийманні та зберіганні в резервуарах і методики оцінки цієї ж маси при здійсненні операцій відпуску продукту паливно-роздавальною колонкою. В першому випадку безпосередньо визначається маса за допомогою ВК ВІС, а в другому – через об'єми відпущених доз продукту визначених за показами ЗВТ, вмонтованого в колонку. Розбіжність оцінок похибок вимірювання маси продукту при цих методиках очевидна.

З метою усунення згаданих розбіжностей та забезпечення вимог [1], ДНДІ “Система” спільно із НВО “АМІСО” (м. Миколаїв) розробили МВВ нафтопродукту АЗС. МВВ реалізується відповідними ВК ВІС з врахуванням вимог [16] і підходів викладених в [17]. Розроблена методологія була успішно застосована при ДМА вимірювання маси охолоджених вуглеводневих рідин (ОВР) та скраплених нафтових газів (СНГ). Як показано [18], нами детально проаналізовані виникнення додаткових похибок від зміни впливових величин (ВВ) та методи і способи їх зменшення або врахування в остаточному результаті вимірювання. Враховуючи необхідність підвищення точності вимірювання, нами роз-

роблена технологічна інструкція (ТІ), яка регламентує МВВ маси СНГ та облік її із врахуванням викладених вище засад та вимог відповідних НД. У МВВ розглянута технологія вимірювання маси у таких режимах: зберігання рідкої фази продукту; зберігання рідкої та парової фази продукту; наповнення, перекачування і вивільнення товарних (відпуск споживачам (рідка і парова фази)); зведення маси продукту до нормальних умов або умов зберігання. Для кожного режиму подано відповідні формули визначення маси та оцінка характеристик похибок. У МВВ реалізований непрямий об'ємно-масовий статичний метод, при якому вимірюють об'єм та густину відповідних фаз продукту, а масу СНГ розраховують як добуток значення цих параметрів. Об'єм в резервуарі визначають згідно з градувальними таблицями конкретного резервуара за відповідними значеннями рівня рідкої та парової фаз, а густину вимірюють аерометром (гідрометром) або розраховують згідно з методикою ISO 6578. Поточні значення густини автоматично коректуються відповідним алгоритмом вимірювання. В даній МВВ враховані процедури обліку маси продукту регламентовані вимогами "Інструкції" [5]. Характеристики похибок ВК встановлені в результаті ДМА за допомогою мобільного робочого еталону СП-МРЕ, мірника 2-го розряду та ваги. Обробка результатів вимірювання виконана за відповідною програмою з врахуванням вимог [11; 12; 13]. Результати вимірювання маси продукту подаються замовнику згідно із вимогами [14].

На рисунку зображена структурна схема вимірювань. Ця схема охоплює еталонні засоби вимірювань та допоміжні технічні пристрої, необхідні для реалізації процедур вимірювання, атестації та перевірки. До схеми вимірювання входять ВК та такі засоби: 1,2...N – резервуар продукту; Н, Т, ρ, Р – відповідно, первинні вимірювальні перетворювачі рівня, температури, густини та маси води, солей та механічних домішок нафті; 3 – комплекс ЗВТ; 3.1 – контролер; 3.2 – ПЕОМ; 3.3 – принтер; 3.4 – друкарка; 4 – засоби керування процесом відпуску продукту та вимірювання; 5 – паливно-роздавальна колонка; 6 – засіб подання інформації паливно-роздавальної колонки; 7 – роздавальний кран; 8 – мірник 2-го розряду; 9 – вага; І – мобільний робочий еталон вимірювання рівня та середньої температури "САДКО" (СП-МРЕ), ІІ – еталонний термометр; ІІІ – ареометр; ІV – шток метро; V – еталонна міра довжини; VI-X – засоби вимірювання впливових величин.

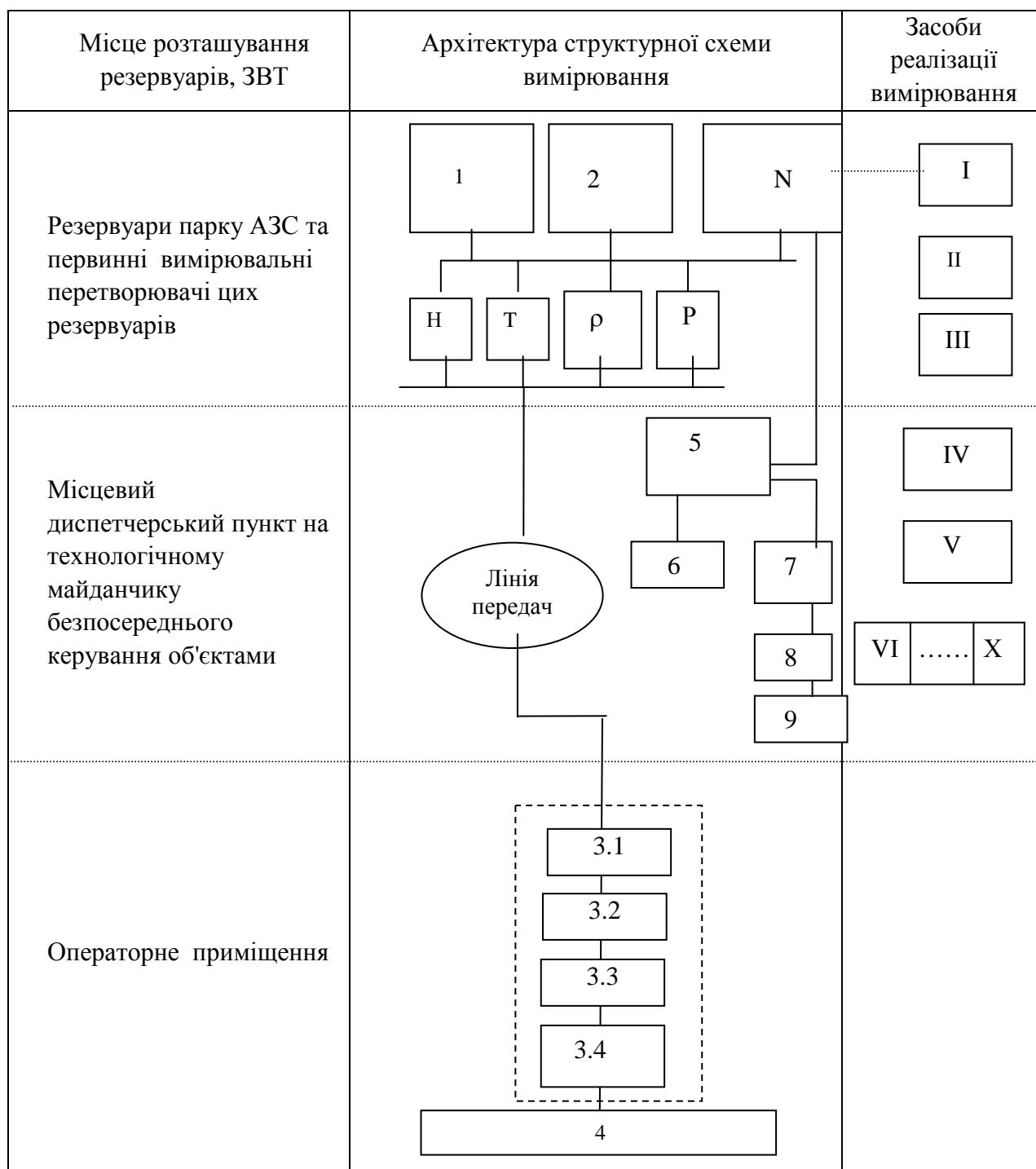
Відповідно до схеми (див. рисунок), вимірювання параметрів маси продукту та її обчислення слід виконувати на підставі теорії оптимального експерименту, для відповідних умов, враховуючи діапазони зміни ВВ та параметрів розрахунку маси. Для цього необхідно визначати оптимальну кількість точок, в яких виконуються експериментальні випробування, а також розробити програми обрахунку маси та характеристик похибок кожного результату її вимірювання. Таке вирішення проблеми дає змогу коректно оцінити результат вимірювання та підтвердити відповідність характеристик похибок результату вимірювання маси продукту заданим нормам точності. Критерієм оцінки правильності вимірюваних значень маси та її обліку при наповненні та здійсненні товарних операцій відпуску продукту через паливно-роздавальну колонку є така рівність

$$m = m_{\epsilon}, \quad (1)$$

де  $m$  – маса продукту в резервуарі при його наповненні, зберіганні та виконанні товарних операцій;  $m_{\epsilon}$  – маса продукту відпущена через паливно-роздавальну колонку

$$m = m_{\Pi} - m_{K}, \quad (2)$$

де  $m_{\Pi}; m_{K}$  – відповідно, маса продукту в резервуарі на початку та кінці товарної операції.



*Структурна схема вимірювання параметрів нафти та обчислення її маси*

Маси продукту  $m_{II}; m_K$  визначають за результатами прямих вимірювань густини, рівня продукту в резервуарі, рівня меж розділу двох незмішувальних середовищ, а також їх об'єму за значеннями рівня та таблиць поінтервального градування резервуара в умовах одночасної дії впливових величин. Масу продукту, відпущену через паливно-роздавальну колонку, визначено за результатами вимірювання доз об'ємів продукту згідно з вимогами [2; 3; 4; 15] та густини згідно з [7; 9].

Результати вимірювання маси продукту подаються замовнику згідно з вимогами [14]. Методика вимірювань, регламентована цією ТІ реалізується за допомогою СП-МРЕ, який є невід'ємною частиною даної ТІ. Його склад, технічні та метрологічні характеристики наведені в таблиці, зокрема, ВК цього еталона забезпечує вимірювання наступних величин: рівня рідкої фази газових сумішей з похибкою  $\pm 5$  мм; меж розділу двох рівнів з похибкою  $\pm 5$  мм; температури з похибкою  $\pm 1^\circ\text{C}$ ; тиску з похибкою  $\pm 0,2\%$ ; густини з похибкою  $0,4 \text{ кг/м}^3$ . Вона виконує ряд допоміжних функцій щодо обліку та вимірювання мас ОВР та оцінки відповідних похибок, їх застосування. СП-МРЕ виготовлений у вибухобезпечному варіанті, має автономне живлення на випадок непередбаченого відімкнення мережі 220 В та спеціальну лінію зв'язку завдовжки 300 м. СП-МРЕ патентно захищений та атестований. МВВ маси ОВР та СНГ містить набір програмних засобів і метрологічних процедур, придатних для обліку продукту в режимі зберігання рідкої фази, рідкої та парової фаз, в режимі приймання, транспортування та витрат (відпуску) продукту [19–21].

Характеристики СП – МРЕ. Назва фізичної величини або параметра	Діапазон вимірювання	Метрологічні характеристики (МХ)	Документи, які підтверджують МХ
1. Рівень	Від 0 до 20 м	$\Delta = \pm (1,08 + 0,0002 h_i)$ , де $h_i$ – поточне значення рівня, мм	Свідоцтво про метрологічну атестацію
2. Межі розділу двох і більше рівнів рідких середовищ	Від 0 до 20 м	$\Delta = \pm (1,08 + 0,0002 h_i)$ , де $h_i$ – поточне значення рівня, мм	Те саме
3. Температура	Від мінус 4 до до $80^\circ\text{C}$	$\Delta = \pm 0,5^\circ\text{C}$	" – "
4. Тиск	Від 0 до 10 бар	$\Delta = \pm 0,1$ бар	" – "
5. Густина	Від 0 до	$\Delta = \pm 0,4 \text{ кг/м}^3$	" – "
6. Облік маси нафто-продуктів	Більше ніж 100 т	$\delta = \pm 0,5\%$	" – "
7. Градування резервуарів зберігання енергоносіїв	Від 0 до 20 м	$\Delta = \pm 1,5$ мм	" – "

Розроблена методологія щодо вирішення проблем, обґрунтованих у цій роботі, дала змогу підвищити точність та ймовірність оцінки результатів вимірювання та характеристики похибок кожного результату вимірювання маси продукту, тобто значно покращити його облік. Реалізація МВВ маси для обліку дозволяє забезпечити норми точності, регламентовані в НД України і придатні для конкретних потреб.

Для вдосконалення методології вимірювання маси продукту, ДМА та повірки ВК з врахуванням згаданих вище проблем пропонуємо розробити: керівний документ України, що регламентує типову МВВ нафтопродуктів АЗС; рекомендацію щодо правил державного метрологічного контролю та нагляду за вимірюванням та обліком нафтопродуктів АЗС.

1. Закон України "Про метрологію та метрологічну діяльність від 11.02. 1998р №113/98–ВР. 2. ГОСТ 26976–86 Нефть и нефтепродукты. Методы измерения массы. 3. ГОСТ 9018–89 Колонки топливораздаточные. Общие технические условия.

4. ГОСТ 8.400–80 ГСИ. Мерники металлические образцовые. Методы и средства поверки .

5. Інструкція про порядок приймання, транспортування, зберігання, відпуску та обліку нафти і нафтопродуктів на підприємствах і в організаціях України. Зареєстрованої за №685/3978 в Міністерстві юстиції України 7 жовтня 1999р.

6. ГОСТ 2477–65 Нефтепродукты. Метод определения содержания воды.

7. ГОСТ 3900–85 Нефтепродукты. Методы определения плотности.

8. ГОСТ 6370–83 Нефтепродукты и посадки. Методы определения содержания механических примесей.

9. МИ 2153–91 ГСИ . Плотность нефти при учетно–расчетных операциях. Методика выполнения измерений ареометром.

10. РД 153–39.4–042–99 Инструкция по определению массы нефти при учетных операциях с применением систем измерений количества и показателей качества нефти.

11. ГОСТ8.207–76 Государственная система обеспечения единства измерений. Прямые измерения с многократными наблюдениями. Методы обработки результатов наблюдений. Основные положения.

12. МИ 2083–90 ГСИ. Рекомендация. Измерения косвенные. Определение результатов измерения и оценивание их погрешностей.

13. РД 50 453–84. Методические указания. Характеристики средств измерений в реальных условиях эксплуатации. Методика расчёта.

14. МИ 1317–84. ГСИ. Результаты и характеристики погрешностей измерений. Формы представления. Способы использования при испытаниях образцов продукции и контроле их параметров.

15. МИ 1864–88 Рекомендации. ГСИ Колонки топливораздаточные. Методика поверки.

16. ДСТУ 2709–94. ДСВ. Автоматизовані системи керування технологічними процесами. Метрологічне забезпечення. Основні положення / Колпак Б., Каліцинський Ю., Кричевець О., Чубатенко В. – Чинний з 01.07.95. – Київ: Держстандарт України. – 1994. – 10 с.

17. Колпак Б. Д., Наталюк М.Ф. Типові вимоги до розробки методики виконання вимірювань та систем комерційного обліку газу // Методи та прилади контролю якості. – 1999. – Вип. 3. – С. 59–63.

18. Колпак Б. Жуков Ю., Гордєєв Б., Наталюк М., Андрусак С.О. Способи підвищення точності обліку та витрат охолоджених вуглеводневих рідин та скраплених газів. // Збірник матеріалів 3-ї Міжнародної науково–практичної конференції.– Львів: НУ "Львівська політехніка". – 2001.– С.212–214.

19. Жуков Ю., Гордєєв Б., Колпак Б., Наталюк М. Метрологічні проблеми поліметричних систем в управлінні енерговикористанням// Тр. 2-й Междунар. конф. по управленію использованием энергии (TACIS, BISTRO/96/052).–Львов: ДУ "Львівська політехніка". – 1997.–С.4–66–4–69.

20. Пат. 30941 А України, МПК 6 G01 F 23/28. Спосіб визначення рівня, меж поділу та температури рідких і сипких середовищ/ Гордєєв Б.М., Жуков Ю.Д., Колпак Б.Д., Наталюк М.Ф., Леонтьєв А.В.. – № 98063259; Заявлено 23.06.98 р.; Рішення від 11.02.1999 р.; – Опубл. 15.12.2000. – Бюл. № 7.

21. Колпак Б.Д. МЗ ІВС рідких та скраплених енергоносіїв// Зб. наук. пр. Українського державного морського технічного університету ім. адм. Макарова. – Миколаїв. – 2000. – № 2(368). – С. 131–134.