



Ю. Дементьєв, кандидат технічних наук, доцент,
Вінницький національний технічний університет,

С. Дементьєв, кандидат технічних наук, провідний інженер,

В. Білоус, директор,

НВФ «Енергооблік», м. Вінниця,

В. Пачевський, начальник відділу теплотехнічних та фізико-хімічних вимірювань,
ДП «Вінницястандартметрологія»

Проведено аналіз умов визначення кількості етилового спирту та спиртового продукту на вузлі його обліку під час виробництва спирту на спиртових заводах. Запропоновано перелік обладнання інформаційної системи вузла обліку, методику та математичну модель роботи мікропроцесорно обчислювача.

The analysis conditions determine the amount of ethyl alcohol and alcohol products on the site of his account in the production of alcohol at distilleries. A list of equipment information system unit accounting method and mathematical model of the microprocessor calculator

Ключові слова: етиловий спирт, інформаційна система, облік.
Keywords: alcohol, accounting information system, ethyl.

Під час виробництва етилового спирту на спиртових заводах наявні вимоги до таких виробництв потребують жорсткого й точного обліку його кількості. Існуючі на спиртових виробництвах методи обліку етилового спирту базуються на вимірюванні кількості мірних ємностей спиртового продукту механічними пристроями. Знаючи ємність мірної ємності та їх кількість, визначають об'єм спиртового продукту. Визначивши лабораторним методом міцність спиртового продукту за поточної температури, обчислюють кількість етилового спирту в спиртовому продукті.

Такий підхід до визначення кількості етилового спирту має суттєві недоліки та не відповідає сучасним вимогам. До основних недоліків слід віднести такі:

- суттєву залежність об'єму спиртового продукту від поточної температури, значення якої враховується існуючими механічними мірниками у виді поправок з недостатньою точністю;
- визначення міцності спиртового продукту виконують лише періодично чи для певного об'єму

спиртового продукту, який відвантажується споживачеві;

- неможливість організації інформаційної системи та ведення бази даних спиртового виробництва і його параметрів у реальному режимі часу.

ОСНОВНА ЧАСТИНА

Для підвищення точності обліку спирту, контролю в режимі реального часу за параметрами спиртового продукту та створення інформаційної системи з можливістю віддаленого доступу до бази даних вузла обліку пропонуються такі рішення.

Оскільки, згідно з галузевими вимогами спиртового виробництва, максимальна похибка визначення кількості етилового спирту не має перевищувати 0,5 %, як первинний перетворювач пропонується використовувати масовий витратомір OPTIMASS-1000 німецької фірми KROHNE [1]. Такий витратомір працює за принципом виникнення сил Коріоліса за протікання спиртового продукту та має, після

індивідуального калібрування на вузлі обліку, похибку визначення густини продукту $\pm 0,5 \text{ г/см}^3$, а клас точності за масовою витратою складає 0,15 %.

Витратомір OPTIMASS-1000 має уніфікований вихідний сигнал I_{ρ} постійного струму 4—20 мА, пропорційний густині спиртового продукту, та вихідний імпульсний сигнал, кількість імпульсів якого N визначає масу спиртового продукту M_n , а період імпульсного сигналу — витрату спиртового продукту. Оскільки густина продукту суттєво залежить від його температури, необхідно увести до складу вузла обліку температурний перетворювач з абсолютною похибкою, не гіршою $0,2 \text{ }^\circ\text{C}$ (внутрішній перетворювач температури витратоміра має абсолютну похибку $0,5 \text{ }^\circ\text{C}$).

Для вирішення завдання визначення кількості спиртового продукту та етилового спирту пропонується використовувати схему вузла обліку, наведену на рис. 1.

На рис. 1 спиртовий продукт 5 надходить зі входу вузла обліку на його вихід за трубопроводом 2 через масовий витратомір OPTIMASS-1000 1. Вихідною інформацією витратоміра є сигнал I_{ρ} постійного струму 4—20 мА стосовно густини спиртового продукту та імпульси N , пропорційні масі спиртового продукту, які надходять на мікропроцесорний обчислювач 4. Сигнал I_t відносно температури продукту також надходить до обчислювача у виді сигналу постійного струму 4—20 мА з перетворювача температури 3.

Для доступу до бази даних вузла обліку з комп'ютерної мережі або за допомогою GSM модему 7 з використанням статичної IP-адреси вико-

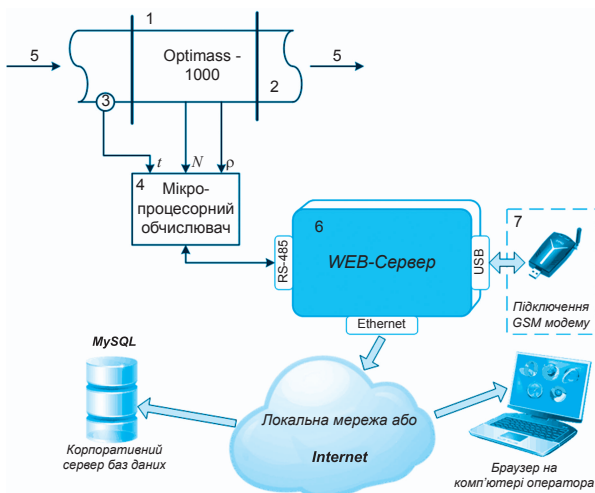


Рис. 1. Схема вузла обліку етилового спирту та спиртового продукту

Fig. 1. Diagram of the metering of ethyl alcohol and alcohol product

ристовують міні WEB-сервер «Глобус» бази даних 6, який для ведення бази даних в форматі MySQL читає інформацію з обчислювача 4 за послідовним інтерфейсом RS-485. Дані з обчислювача періодично зчитує модуль 6. Оператор отримує всі дані через WEB-інтерфейс за допомогою будь-якого браузера на комп'ютері, який під'єднано до локальної мережі з модулем WEB-сервера 6, або через мережу Інтернет.

Масова кількість спиртового продукту T_{Σ} визначається обчислювачем 4 за співвідношенням:

$$T_{\Sigma} = \frac{1}{C} \sum_{i=1}^n N_i, \quad (1)$$

де C — кількість імпульсів перетворювача на один кілограм спиртового продукту, N_i — число імпульсів, що надійшли на обчислювач у поточному циклі обрахунку маси спиртового продукту.

Рівняння (1) для обчислення об'єму спиртового продукту V_{Σ} перепишемо у такому виді:

$$V_{\Sigma} = \frac{1}{C} \sum_{i=1}^n \frac{N_i}{\rho_i}, \quad (2)$$

де ρ_i — густина спиртового продукту в поточному циклі обрахунку.

Об'ємна міцність спиртового продукту M_i , приведена до $20 \text{ }^\circ\text{C}$ в i -му циклі обрахунку, є функцією поточної температури та густини продукту $M_i = f(t_i, \rho_i)$. Тоді рівняння для обчислення об'єму етилового спирту V_{Σ}^c у спиртовому продукті за $20 \text{ }^\circ\text{C}$ матиме вид:

$$V_{\Sigma}^c = 0.01 \frac{1}{C} \sum_{i=1}^n M_i \frac{N_i}{\rho_i}. \quad (3)$$

Значення M_i можна визначати, користуючись таблицями [2], але використання такого підходу в мікропроцесорних пристроях потребує значної пам'яті для зберігання табличних значень міцності за широких діапазонів зміни температури і густини спиртового продукту та вносить помилку інтерполяції у процесі його обчислення. Значно зручніше визначати об'ємну міцність спиртового продукту за допомогою математичної моделі $M_i = f(t_i, \rho_i)$.

Для отримання такої моделі обчислення об'ємної міцності спиртового продукту у відсотках за зміни температури продукту в межах від $0 \text{ }^\circ\text{C}$ до $40 \text{ }^\circ\text{C}$ та значення густини від $0,77$ до $0,85 \text{ г/см}^3$ на основі даних із [2] складено повнофакторний ортогональний план експерименту, факторами якого є температура та густина спиртового продукту, які надходять до обчислювача з первинних перетворювачів.

Критерієм вибору моделі є відсутність коливань моделі та максимальне значення коефіцієнта кореляції. У результаті отримано модель у виді полінома для обчислення об'ємної міцності спиртового

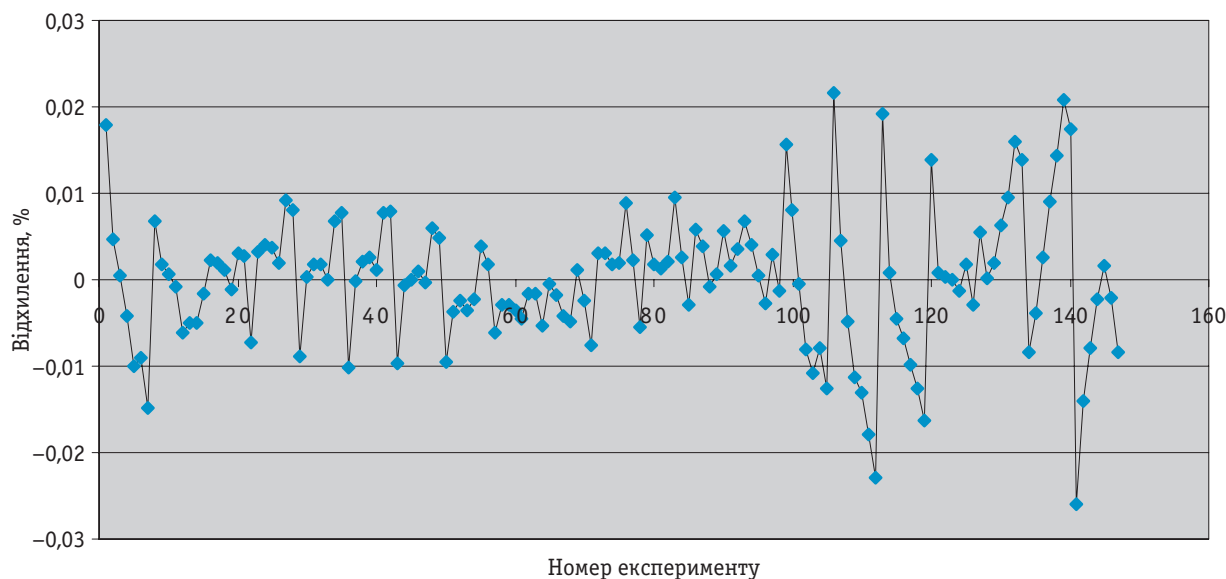


Рис. 2. Розподіл відносної похибки моделі визначення об'ємної міцності спиртового продукту
 Fig. 2. Distribution of relative error model of the apparent alcoholic strength of the product

продукту у відсотках має вид:

$$M_i = a + bt_i + cp_i + dt_i^2 + ep_i^2 + ft_i\rho_i + gt_i^3 + h_i^3 + it_i\rho_i^2 + jt_i^2\rho_i, \quad (4)$$

де

- $a = -3092,823708947926,$
- $b = 11,65125389314443,$
- $c = 10880,94705021257,$
- $d = -0,01053962635392644,$
- $e = -12023,12124437745,$
- $f = -26,28273656146754,$
- $g = 6,617466959371681E-06,$
- $h = 4265,526839271644,$
- $I = 14,44005513020878,$
- $J = 0,01096653881790334.$

Для моделі (4) коефіцієнт кореляції має значення $r^2 = 0,99998876$, а максимальне відхилення моделі складає менше 0,025 %. Розподіл похибки обчислення коефіцієнта стисливості за моделлю (4) наведено на рис. 2.

Додатково до реалізації математичної моделі обчислення кількості етилового спирту мікропроцесорний обчислювач має виконувати і великий обсяг сервісних функцій. Основні із них такі:

- можливість конфігурування конкретного вузла обліку, що включає уведення до обчислювача характеристик первинних перетворювачів, параметрів для роботи обчислювача в локальній інформаційній мережі (швидкості обміну, формату даних, типу інтерфейсу);

ГОЛОВНА АРХІВИ НАЛАШТУВАННЯ СЕРВІС ДОПОМОГА									
Початок періоду		Кінець періоду							
01.04.2014 09:00:00		11.04.2014 09:00:00		Показати					
Щодобовий архів									
Дата та час	Час роботи приладу, год.	Час роботи за період, год.	Густина продукту, г/см³	Температура, °С	Міцність, об. %	Об'єм продукту, дал.	Об'єм спирту БВ, дал.	За період, дал.	
02.04.2014 08:00	582.1	---	0.8072	17.19	96.65	51588.93	48235.42	---	
03.04.2014 08:00	606.1	24.0	0.8074	17.14	96.62	54841.25	51413.40	3177.99	
04.04.2014 08:00	630.1	24.0	0.8068	17.74	96.65	58100.27	54593.85	3180.45	
05.04.2014 08:00	654.1	24.0	0.8066	17.92	96.64	61356.28	57766.79	3172.93	
06.04.2014 08:00	678.1	24.0	0.8067	17.66	96.69	64612.50	60942.83	3176.04	
07.04.2014 08:00	702.1	24.0	0.8067	17.87	96.65	67872.22	64120.20	3177.37	
08.04.2014 08:00	726.1	24.0	0.8069	17.84	96.63	71129.07	67297.46	3177.26	
09.04.2014 08:00	750.1	24.0	0.8062	18.44	96.61	74386.51	70469.43	3171.96	
10.04.2014 08:00	774.1	24.0	0.8061	18.57	96.64	77648.97	73646.63	3177.20	
11.04.2014 08:00	798.1	24.0	0.8070	17.70	96.60	80905.43	76822.98	3176.36	
240.0			0.8068	17.79	96.64	32571.54	31765.05		

Рис. 3. Фрагмент інформації бази даних WEB-сервера за запиту даних добового архіву
 Fig. 3. Detail of information WEB-database server when requesting data daily archive

▪ можливість перегляду інтегральних параметрів роботи обчислювача, параметрів поточних та конфігурування;

▪ ведення архіву даних у реальному астрономічному часі (архіви погодинний, добовий, аварійних ситуацій, зміни параметрів конфігурування) з фіксацією архівних даних в енергонезалежній пам'яті.

Міні WEB-сервер «Глобус» формує бази даних у форматі MySQL з кількох обчислювачів вузлів обліку спирту, які об'єднані в локальну мережу за допомогою інтерфейсу RS-485. В інформаційній системі надається можливість у меню WEB-сервера вибирати ініціатора обміну даними. У першому випадку ініціатором обміну виступає обчислювач вузла обліку спирту, в іншому — WEB-сервер «Глобус».

Приклад відображення частини погодинної бази даних за запиту WEB-сервера «Глобус» наведено на рис. 3.

Меню **Архіви** на рис. 3 дозволяє проглядати таку інформацію бази даних:

- ▶ поточні параметри вузла обліку;
- ▶ параметри конфігурування обчислювача вузла обліку;
- ▶ записи хвилинного архіву;
- ▶ записи годинного архіву;
- ▶ записи добового архіву;
- ▶ записи архіву ситуацій роботи вузла обліку;
- ▶ записи архіву доступу до параметрів вузла обліку, які впливають на облік спирту.

Інформацію з кожного із архівів можна конвертувати у формат Microsoft Excel або у формат для виведення на принтер з використанням QR — коду для підтвердження достовірності документа.

Приклад роздрукування параметрів конфігурації вузла обліку наведено на рис. 4.

Меню **Налаштування** на рис. 3 дозволяє змінювати конфігурацію таких компонентів інформаційної системи:

- * влаштування приладів вузлів обліку;
- * влаштування користувачів інформації з WEB-сервера;
- * влаштування параметрів WEB-сервера;
- * влаштування роботи з базою даних;
- * влаштування оновлення програмного забезпечення WEB-сервера.

Назва параметра	Значення
Дата й час	2014-04-03 05:02:39
Назва вузла обліку	Вузол обліку спирту
Моделі та типи вимірювальних засобів	Оптімас ПВТ01
Стан лінії (0 — викл., 1 — вкл.)	1
Номер обчислювача в мережі	10036
Контрактна година	8
Кількість імпульсів лічильника на 1 кг	5,0000
Густина продукту макс., г/см ³	0,8400
Густина продукту мін., г/см ³	0,7800
Верхня межа датчика температури, °C	50,0
Нижня межа датчика температури, °C	-50,0
Початкові показання лічильника, кг	0
Витрата лічильника мінімальна (ЗНП), кг/год.	50,0000
Витрата лічильника максимальна, кг/год.	6200,0000
Тип вихідного сигналу лічильника (1 — геркон., 2 — індуктивн.)	20
Витрата лічильника стартова, кг/год.	20,00
Режим константи густини (0, 1, 2, 3)	0
Режим константи температури (0, 1, 2, 3)	0
Режим зміни сезонного часу (1 — вкл., 0 — викл.)	1
Значення константи густини, г/см ³	0,8000
Значення константи температури, °C	18,00

Рис. 4. Виведення на принтер параметрів конфігурації обчислювача

Fig. 4. Output on printer configuration of controller

ВИСНОВКИ

Отже, у роботі наведено склад та принцип функціонування вузла обліку визначення кількості етилового спирту та спиртового продукту на підприємстві з виробництва спирту. Математичні моделі визначення кількості спирту та спиртового продукту дозволяють обчислювати їхню кількість за зміни температури спиртового продукту від 0 °C до 40 °C та об'ємної міцності в межах від 91 до 100 %. Відносна похибка визначення вузлом обліку об'єму етилового спирту не перевищує 0,2 %. Усі дані щодо функціонування вузла обліку можна отримувати як з індикатора обчислювача, так і через мережу Інтернет з WEB-сервера «Глобус», до якого під'єднано або локальну мережу підприємства, або GPRS/3G модем.

Сформульовано основні функції мікропроцесорного обчислювача для обліку кількості спирту та спиртового продукту та наведено приклади заповненої бази даних вузла обліку.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ / REFERENCES

1. http://www.krohne.com.ua/#MFS_300. Конвертор сигналів для масових расходомеров. Інструкція

по експлуатації (Converter signals for massovyyh rashodomerov. Instructions for operation) (Rus.)

2. Янчевский В. К., Олейничук С. Т. и др. Таблицы спиртометрические. Справочное пособие. — К.: УкрНИИспиртбиопрод (Yanchevskii V. K. Olyunychuk S. T. Tablitsi spyrtoetrycheskye et al. Reference Textbook. — К.: UkrNYUspyrtybyoprod), 2002. — 592 с/р. — ISBN 966-584-135-1. (Rus.)
3. Інструкція з приймання, зберігання, відпуску, транспортування та обліку спирту етилового. Видання офіційне (Instructions for receiving, storage, delivery, transportation and accounting ethyl alcohol. Official publication). — Київ, 2009. — 88 с/р. (Ukr.)
4. Лапач С. М., Чубенко А. В., Бабіч П. М. Статистичні методи в медико-біологічних дослідженнях із застосуванням Excel. — К.: МОПІОН (Lapacho S. M., Tschubenko A. V., Babich P. M. Statistical methods in biomedical studies using Excel), 2000. — 320 с/р. (Ukr.)
5. Таблицы для определения содержания этилового спирта в водно-спиртовых растворах. — М.: ИПК издательство стандартов (Tables for the determination of ethyl alcohol in water-alcohol solutions. — М.: IPK standartov publishing house), 1999. — 143 с/р. (Rus.)
6. Локазюк В. М. Надійність, помилки і тестування програмного забезпечення комп'ютерних пристроїв та систем. — Хмельницький: ТУП (Lokazuk V. M. Reliability, bugs and software testing of computer devices and systems. — Khmelnytsky: TUP), 2003. — 75 с/р. (Ukr.)
7. Володарський Є. Т., Кухарчук В. В., Поджаренко В. О., Сердюк Г. Б. Метрологічне забезпечення вимірювань і контролю. — Вінниця: Велес (Volodarskiy Ye. T., Kuharchuk V. V., Podzharenko V. O., Serduk G. B. Metrological measurement and control. — Vinnytsia: Veles), 2001. — 219 с/р. (Ukr.)
8. Пістун Є. П., Лесовой Л. В. Нормування витратомірив змінного перепаду тиску. — Львів: Видавництво ЗАТ «Інститут енергоаудиту та обліку енергоносіїв» (Pistun Ye. P., Lesovoy L. V. Normalization of pressure drop. — Lviv: Publishing JSC «Institute of Energy Audit and Energy Carrier Accounting»), 2006. — 576 с/р. (Ukr.)
9. Дейт К. Введение в базы данных. Шестое издание. — М.: Издательский дом «Вильямс» (Deit K. Introduction to the database. The sixth edition. — М.: Publishing House «Williams»), 1999. (Rus.)
10. Джексон Г. Проектирование реляционных баз данных для использования с микро-ЭВМ. — М.: Мир (Jackson G. Relational database design for use with a micro-computer. — New York: Wiley), 1991. (Rus.).

Отримано / received 11.06.2014.

Стаття рекомендована до публікації д.т.н., проф. В.М. Кучаком (Україна).
Prof. V.M. Kuchak, D. Sc. (Techn.), Ukraine, recommended this article to be published.

ЗАСІДАННЯ ЄВРОПЕЙСЬКОЇ МЕТРОЛОГІЧНОЇ ДОСЛІДНИЦЬКОЇ ПРОГРАМИ «METROLOGY FOR LONG DISTANCE SURVEYING» (SIB60 SURVEYING)

Усе частіше геодезисти й дослідники у сфері наук про Землю зустрічаються з проблемою вимірювання відстаней від декількох сотень метрів до кілометрів з невизначеністю на рівні міліметра й нижче. Основні труднощі за досягнення міліметрової похибки виникають за моніторингу існуючих і побудови проектів нових тунелів; моніторингу гігантських прискорювачів, які використовуються у фізиці високих енергій; деформацій мережі на критичних об'єктах, таких як АЕС або сховища вуглекислого газу; установлення місцевих зв'язків між різними геодезичними приладами на геодезичних опорних станціях.

Через існування загальних проблем метрологи з національних метрологічних інститутів (НМІ) об'єдналися з геодезистами під спільним проектом «Metrology for long distance surveying» (SIB60 SURVEYING). Проект виконується в рамках дослідницького проекту, в якому беруть участь дев'ять європейських НМІ: РТВ, Німеччина; CNAM, Франція; FGI і MIKES, Фінляндія; INRIM, Італія; IPQ, Португалія; SP, Швеція; VSL, Нідерланди; ННЦ «Інститут метрології», Україна, — і три провідні університети Німеччини: ШН, TUBS, UBO.


SIB60 SURVEYING спрямований на поліпшення простежуваності й зменшення невизначеності вимірювань відстаней до 1 км. За проектом мають бути розроблені нові технологічні й методичні рішення для калібрування й вимірювання довжини. Більшість із них можна буде застосувати для поліпшення простежуваності у сфері зйомки, геодезії й наук про Землю.

ННЦ «Інститут метрології» бере активну участь в роботі проекту з поліпшення практики виконання зйомки, забезпечення продуктивного обміну досвідом, керування й координації проекту. На засіданнях учені ННЦ виступають із доповідями про новітні розроблення інституту й перспективи розвитку метрології великих відстаней.

11-12 червня 2014 р. у Парижі на Національній лабораторії метрології й випробувань (LNE) відбулося чергове засідання за проектом SIB60 SURVEYING. Було подано понад 30 доповідей, які можна розділити на дві основні групи, що відрізняються використовуваними засобами для вирішення поставленого завдання:

- електронні далекоміри: вимірювання довжини на основі прямого поширення електромагнітної хвилі між двома точками геодезичних пунктів. Діапазон вимірювань обмежений лише видимістю між цими точками;

- глобальна навігаційна супутникова система: відстань між двома антенами розраховується через 3D координати, отримані із прийнятого сигналу GNSS. У принципі, немає ніяких обмежень діапазону.

ННЦ «Інститут метрології» був представлений доповіддю П. І. Неежмакова й В. С. Купка «Permanent Gnssobservations at the sites of metrological test-fields - exclusive possibilities to compare Edms and GNSS». 

Підготував А. Любжин,
науковий співробітник,
ННЦ «Інститут метрології», м. Харків