

СЕКЦІЯ 8
ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНІ СИСТЕМИ В
ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННІ

УДК 621.311

ПОБУДОВА СИСТЕМ ОБЛІКУ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ ОБ’ЄКТІВ
АЛЬТЕРНАТИВНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ

Калінчик В. П., Шиянов О. О., Філянін Д. В., Кульбачний П. В., НДІ “Енергія” Національний технічний університет України “Київський політехнічний інститут”, м. Київ, Україна

Система комерційного обліку електроенергії (надалі АСКОЕ) об’єкта альтернативної енергетики призначається для: автоматизації комерційного обліку виробництва та споживання електроенергії і потужності (активної і реактивної) у кожній точці обліку; щодобового автоматичного знімання облікових даних з лічильників з метою забезпечення розрахунків за спожиту електроенергію в умовах Оптового ринку електроенергії України (надалі ОРЕ); одержання усереднених значень потужності в кожній точці обліку і побудови півгодинних (погодинних) графіків навантажень на добовому, місячному і річному інтервалах часу; підвищення швидкості обробки й обміну інформацією; підготовки таблиць, довідок, актів, протоколів і іншої необхідної документації по обліку електроенергії у відповідності з діючими правилами ОРЕ.

Програмно-технічні засоби АСКОЕ утворюють два рівня, до складу яких входять:

а) нижній рівень АСКОЕ, до якого відносяться:

- рівень точок обліку електроенергії;
- рівень об’єктів обліку електроенергії;

б) верхній рівень АСКОЕ, до якого відносяться:

- рівень центрального пункту АСКОЕ;
- рівень автоматизованих робочих місць АСКОЕ (АРМ);

На кожному із об’єктів обліку електроенергії встановлюється обладнання локального устаткування збору і обробки даних (ЛУЗОД) у складі вимірювальних трансформаторів струму та напруги, лічильників електроенергії та комунікаційних центрів ЛУЗОД, які утворюють комплекс технічних засобів (КТЗ) ЛУЗОД.

АСКОЕ побудована з урахуванням вимог, що висуваються до відкритих систем, має стандартні, документовані інтерфейси і забезпечує можливість інформаційного обміну з іншими автоматизованими системами, що відповідають вимогам, які висуваються до відкритих систем. АСКОЕ забезпечує взаємодію із суміжними суб’єктами ОРЕ в узгоджених форматах передачі даних.

Забезпечена можливість довгострокової погодинної передачі даних комерційного обліку до інформаційно-обчислювального комплексу Головного

оператора за допомогою уніфікованого протоколу передачі даних вимірювань УППДВ, згідно з наданим Головним оператором закодованим Реєстром даних.

АСКОЕ має резервне серверне обладнання та програмне забезпечення для забезпечення відсутності затримок в передачі даних до Головного оператора АСКОВ ОРЕ у разі виходу з ладу основного серверного обладнання та програмного забезпечення АСКОВ.

Ключові слова: автоматизована система комерційного обліку енергоресурсів (АСКОЕ), рівні АСКОВ, архітектура АСКОВ.

УДК 621.311

ПОГРЕШНОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ ТРАКТА ИЗМЕРЕНИЙ И УЧЕТА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

¹Прокопенко В. В., ²Калинчик В. П., ²Дегтярев А. В., ²Кульбачный П. В.,

¹ИИЕ Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт», г. Киев, Украина; ²НИИ «Энергия» Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт», г. Киев, Украина

В системах управления электропотреблением тракт измерений и учета электроэнергии включает в себя измерительную схему, состоящую из измерительных трансформаторов тока (ТТ) и напряжения (ТН), счетчика электроэнергии (СЧ), линий связи между ТТ, ТН и СЧ; устройство учета (УУ); линии связи между СЧ и УУ; устройство сбора данных (УСД).

В таких системах наибольшее распространение получил метод, основанный на нормировании метрологических характеристик отдельных элементов измерительного тракта и синтез их на основе метрологической характеристики всей системы.

В качестве показателей точности измерений измерительного канала (ИК) применяются границы, в пределах которых суммарная погрешность измерений ИК находится с заданной точностью $|\Delta W_i| \leq |\Delta W| \leq |\Delta W_B|$, где ΔW – суммарная абсолютная погрешность измерения количества электроэнергии ИК; $\Delta W_{\text{г}}$, $\Delta W_{\text{н}}$ – верхняя и нижняя границы погрешности результата измерений, соответственно.

Суммарная абсолютная погрешность измерения количества электроэнергии W , кВт·ч, определяется как

$$\Delta W = \pm \delta_{\text{ИК}} \frac{W}{100},$$

где $\delta_{\text{ИК}}$ – суммарная относительная погрешность ИК, %, определяемая как совокупность частных погрешностей средств измерений (СИ), формирующих измерительный канал

$$\delta_{\text{ИК}} = \pm 1,1 \sqrt{\delta_{\text{ТТ}}^2 + \delta_{\text{ТН}}^2 + \delta_{\text{Л}}^2 + \delta_{\text{г}}^2 + \delta_{\text{СЧ}}^2 + \sum_j \delta_{\text{СЧдоп}j}^2},$$

где $\delta_{ТТ}$, $\delta_{ТН}$ – относительные погрешности соответственно ТТ и ТН по модулю входной величины, %; $\delta_{л}$ – относительные потери напряжения во вторичных цепях ТН, %; δ_{θ} – относительное значение составляющей погрешности, вызванной угловыми погрешностями; $\delta_{СЧ}$ – относительное значение основной погрешности СЧ; $\delta_{СЧдопj}$ – относительное значение дополнительной погрешности СЧ от j -той влияющей величины.

В работе проведен анализ погрешностей тракта измерений в области малых нагрузок. Показано, анализ загрузки измерительных трактов (ТТ-ТН-СЧ) должен быть обязательным и при автоматизации учета электроэнергии данные анализа могут служить основой для коррекции погрешности измерительных трактов.

Ключевые слова: системы управления электропотреблением, метод нормирования метрологических характеристик, измерительный канал, суммарная абсолютная погрешность измерения.

УДК 658.26

КОНТРОЛЬ СОСТОЯНИЯ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

*Ткачук К. Н., Калинин В. В., Национальный технический университет Украины
«Киевский политехнический институт», г. Киев, Украина*

Повсеместное внедрение технических решений диагностирования электротехнического оборудования позволит осуществлять опережающее управление их техническим состоянием, непрерывную защиту от аварийных режимов.

Для своевременного выявления и устранения дефектов электротехнического оборудования, выявления причин возникновения аварий необходимо учитывать влияние режимов нагрузок и качества напряжения питания электромеханических систем, в полном объеме обеспечивать информацией о техническом состоянии оборудования.

Решение этих задач находится в классе систем дискретного действия. При этом, одной из основных задач при проектировании таких систем есть выбор оптимального интервала контроля параметров электротехнического оборудования. Тривиальное решение задачи при выборе сколь угодно малого интервала контроля нежелательно с точки зрения функциональной перегрузки контролирующей системы. Интервал контроля должен быть выбран таким, чтобы обеспечивался минимальный объем обрабатываемой информации с надежной фиксацией возможных аномальных режимов.

Анализ существующих подходов дискретного представления контролируемых параметров показал, что за счет разного рода допущений и обобщений все они приводят к выбору неоправданно малых значений интервала контроля.

Предлагается процедура определения интервала контроля параметров электромеханических систем, основанная на определении функции распределения длительности выбросов случайного процесса изменения контролируемых параметров за установленные значения.

С физической точки зрения величина интервала контроля Δ , вычисленная по предлагаемой процедуре, определяет такую длительность выброса случайного процесса за некоторый уровень, при которой вероятность выброса меньшей длительности равна некоторому малому числу δ . Иначе, если на вход контролирующей системы поступает дискретный сигнал с шагом Δ , то такая система с вероятностью не ниже $(1-\delta)$ зафиксирует превышение заданного уровня.

Предлагаемая процедура реализована в виде алгоритма и программы.

Ключевые слова: диагностирование электротехнического оборудования, системы дискретного действия, оптимальный шаг дискретизации,

УДК 681.5

КОМПЛЕКСНА АВТОМАТИЗАЦІЯ ІНЖЕНЕРНИХ СИСТЕМ

*Кузьменко П. К., Національний технічний університет України
“Київський політехнічний інститут”, м. Київ, Україна*

Сучасні інженерні мережі постійно модернізуються для підвищення якості виконання процедур та процесів, складний функціонал сучасних об'єктів енергетики (газорозподільчих пунктів, насосних станцій, теплогенераційних установок, тощо), зростаючі вимоги норм та стандартів до експлуатаційних режимів, підвищення вимог до безпеки та екологічності диктують необхідність розробки та впровадження систем комплексної автоматизації.

Комплексна автоматизація інженерних систем – програмно-апаратний комплекс, що розміщений на об'єкті контролю та призначений для забезпечення оптимальної роботи, реєстрації стану, а також мінімізації енергетичних, ресурсних і економічних витрат при експлуатації інженерних систем.

Необхідність створення комплексної автоматизації інженерних систем визначається:

- багатofакторним аналізом інфраструктури об'єкту контролю;
- оперативним управлінням та контролем споживання енергетичних ресурсів;
- підвищенням рівня особистої та інженерної безпеки;
- підвищенням надійності та продуктивності систем життєзабезпечення;
- подовженням експлуатаційних термінів обладнання.

Показники ефективності застосування таких систем:

- постійна та стабільна циклічність процесів в часі;

- оптимальне ресурсоспоживання при змінах інтенсивності роботи обладнання;
- зростання оперативності управління;
- зниження часу простою, запуску процесів і процедур.

Результати впровадження:

- висока стабільність технологічного процесу в часі;
- оперативне реагування та виявлення відхилень в алгоритмах функціонування складних систем;
- швидке прийняття управлінських рішень на основі оперативного аналізу;
- прогнозування оптимальних режимів роботи інженерних систем;
- виключення впливу «людського фактору».

В доповіді наведені результати експлуатації та оперативного контролю інженерних систем з впровадженою комплексною автоматизацією.

Ключові слова: інженерні системи, комплексна автоматизація, енергозбереження.

УДК 681.121

ДО ВИЗНАЧЕННЯ МОМЕНТУ ТЕРТЯ В ОПОРАХ ЧУТЛИВОГО ЕЛЕМЕНТУ ТУРБІННИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ ВИТРАТИ

*Писарець А. В. Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна*

Велике значення для забезпечення тривалого терміну експлуатації турбінних перетворювачів витрати має надійна робота опор. За розміщенням опор вісі чутливого елемента (ЧЕ) розрізняють два конструктивних варіанти: консольне закріплення ЧЕ по відношенню до обтікача опор і двоопорне оформлення вісі ЧЕ. В сучасних конструкціях частіше за інші використовують підшипники ковзання.

Опори ЧЕ досліджуваного первинного перетворювача (ПП) представляють собою два циліндричні підшипники ковзання: опорний підшипник підпадає під дію тільки радіального навантаження, вихідний підшипник – водночас радіальний і упорний.

Момент тертя в парі циліндричних підшипників ПП:

$$M_{\text{оп}} = M_{\text{TP1}} + M_{\text{TP2}}, \quad (1)$$

де M_{TP1} , M_{TP2} – відповідно моменти тертя в опорному та вихідному підшипниках.

Момент тертя в радіальному циліндричному підшипнику можна визначити так:

$$M_{\text{TP}} = M_{\text{TP}_r} = \frac{4}{\pi} \mu_{\text{TP}} F_r \frac{d}{2}, \quad (2)$$

де F_r – радіальне зусилля, що є функціоналом геометричних характеристик ЧЕ, частоти його обертання, а також властивостей вимірюваного середовища, зокрема, густини; d – діаметр опори; μ_{TP} – коефіцієнт тертя ковзання.

Для другого підшипника, навантаженого осьовим та радіальним зусиллями, маємо:

$$M_{TP2} = \sqrt{M_{TP_r}^2 + M_{TP_a}^2}, \quad (3)$$

де M_{TP_a} – момент тертя у підшипнику від осьового зусилля.

Для сферичної п’яти радіусом R ($R = d/2$)

$$M_{TP_a} = 0,1651875\pi\mu_{TP}F_a \cdot \sqrt[3]{F_a \left(\frac{1}{E_1} + \frac{1}{E_2} \right) R}, \quad (4)$$

де F_a – осьове зусилля, що є функціоналом властивостей рідини (густина, швидкість) та геометричних параметрів поверхні тертя; E_1, E_2 – відповідно модулі пружності матеріалів опор.

З урахуванням (2), (4) вираз (3) набуває виду

$$M_{TP2} = \sqrt{\left(0,1651875\pi\mu_{TP}F_a \cdot \sqrt[3]{F_a \left(\frac{1}{E_1} + \frac{1}{E_2} \right) R} \right)^2 + \left(\frac{4}{\pi}\mu_{TP}F_r \frac{d}{2} \right)^2}. \quad (5)$$

Отже, враховуючи (2) та (5), вираз (1) набуває виду

$$M_{OP} = \frac{4}{\pi}\mu_{TP}F_r \frac{d}{2} + \sqrt{\left(0,1651875\pi\mu_{TP}F_a \sqrt[3]{F_a \left(\frac{1}{E_1} + \frac{1}{E_2} \right) R} \right)^2 + \left(\frac{4}{\pi}\mu_{TP}F_r \frac{d}{2} \right)^2}.$$

Ключові слова: витрата, турбінний перетворювач витрати, момент тертя в опорах, математичне моделювання.

УДК 681.121

МЕТОДИ ПРИЛАДОВОГО ОБЛІКУ ПРИРОДНОГО ГАЗУ В УКРАЇНІ

¹Власюк Я. М., ²Компан А. І., ¹Національна акціонерна компанія „Нафтогаз України”, м. Київ, Україна; ²ПАТ “Дніпрогаз”, м. Дніпропетровськ, Україна

Враховуючи передовий закордонний досвід, Компанією “Нафтогаз України” розроблено Концепцію створення єдиної системи обліку природного газу, яка схвалена постановою Кабінету Міністрів України від 21 серпня 2001 року № 1089. Головна мета – створення системи обліку природного газу, що забезпечить високий рівень достовірності вимірювання об’єму газу.

На теперішній час передовими фірмами розроблено сучасні лічильники природного газу, похибка яких становить менше 0,5% (табл.1). Впровадження їх в Україні стримується, в першу чергу, відсутністю необхідного метрологічного забезпечення.

Таблиця 1. Характеристики засобів вимірювання витрати природного газу на базі різних методів вимірювання

Метод вимірюв. витрати газу	Похибка в осн. Діапазоні (%)	Здатність занижувати покази при експлуатації	Тиск надлишковий (атм)	Втрата тиску (атм)	Оптимальний діаметр (мм)	Qmin/Qmax	Залежність від густини газу	Переваги	Недоліки	Макс. Чутливість Qmax/Qчутливість
Діафрагма	0,8 – 1,5	+	1 – 100	0,3	200 – 700	1/3(6)	+	простота	заниж. показів малий діап. витр.	50
Турбіна	0,5 – 1,0	при пошкод.	0 – 100	0,3	150 – 600	1/50	-	висока точність	фільтр (обов); малий діап. витр.	150
Ротор	0,5 – 1,0	при пошкод.	0 – 100	0,3	32 - 100	1/250	-	висока точність	фільтр (обов)	1000
Вихоровий	1,0	-	3 – 100	0,2	150 – 400	1/10	+	нечутл. до забруд	малий діап. витр.	15
Ультразвук.	0,5 – 1,0	-	0 – 100 8 – 100	0,2	50 – 1400	1/150 1/250	-	нечутл. до забруд; висока точність		1000
Осередн. трубка	1,0	-	0 – 100	0,05	300 – 1400	1/3(6)	+	простота	низька точність	30

В доповіді наведені результати аналізу застосування в Україні приладів для вимірювання витрати і кількості природного газу та аналізу похибок вимірювання кількості природного газу, яка реалізується на цей час, і

очікуваний стан після реалізації основних положень єдиної системи обліку природного газу в Україні.

Ключові слова: витрата газу, лічильники, похибки вимірювання.

УДК 681.121

ЕДИНЫЙ ПРИНЦИП ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОБЪЕМА ГАЗА ДЛЯ РАЗНЫХ МЕТОДОВ ИЗМЕРЕНИЯ

¹⁾Кротевич В. А., ¹⁾Кротевич В. В., ¹⁾Миняйло В. Ю., ²⁾Коробко И. В.,
¹⁾ООО “ДП Укргазтех”, г. Киев, Украина; ²⁾Национальный технический университет
Украины “Киевский политехнический институт”, г. Киев, Украина

Дефицит энергетических ресурсов и его непереносимое увеличение в будущем обуславливают особую актуальность проблем рационального использования и сбережения топливно-энергетических ресурсов. Решение этих проблем невозможно без создания современных информационно-измерительных систем и комплексов, обладающих высокими метрологическими и эксплуатационными характеристиками.

При измерении объема проходящего по трубе газа методом переменного перепада давления, инициатива съема информации с датчиков разности давления, давления и температуры исходит от вычислителя, который с заданным циклом (≈ 1 с) обеспечивает считывание информации и вычисляет объем газа, прошедший за определенный период времени.

До настоящего времени при работе с ультразвуковыми и механическими счетчиками инициатива по сути исходила от счетчиков, которые выдавали число – импульсные сигналы, пропорциональные рабочим объемам проходящего газа.

Так как в метрологии есть необходимость обеспечения единства и достоверности измерений, то специалисты ООО “ДП Укргазтех” предложили обеспечить и единство методов съема информации.

Приборы “Флоутек ТМ” в настоящее время доработаны таким образом, что вычитывают по цифровому интерфейсу информацию с циклом (≈ 1 с) о рабочих объемах с ультразвуковых счетчиков.

Для механических счетчиков предлагается провести их доработку таким образом, чтобы один раз в секунду опрашивать угол поворота, тем самым, позволяя измерять угловую скорость и расход.

При дальнейшем развитии решения поставленной задачи возможно создание современных измерительных систем и комплексов контроля, учета и регулирования потребления природного газа для конкретных и необходимых условий эксплуатации на основе наиболее совершенных методов измерения расхода и количества газа и с заданными метрологическими та эксплуатационными характеристиками.

В докладе будут рассмотрены результаты предложенной доработки счетчика измерения количества природного газа.

Ключевые слова: расход, газ, измерение, съём информации.

УДК 681.121

ОПТИМІЗАЦІЯ ПРИЛАДОВОГО ОБЛІКУ ПРИРОДНОГО ГАЗУ В УКРАЇНІ

¹Власюк Я. М., ²Компан А. І., ¹Національна акціонерна компанія «Нафтогаз України», м. Київ, Україна; ²ПАТ «Дніпрогаз», м. Дніпропетровськ, Україна

Робота більшості великих вузлів обліку витрати природного газу (далі - ВОГ), які функціонують в Україні, базується на використанні методу змінного перепаду тиску. В процесі атестації таких ВОГ відсутні процедури отримання одиниці витрати від вихідного еталону та присутні дії, пов'язані з суб'єктивними оцінками.

Похибка поліномів, закладених до відомих на даний момент методик виконання вимірювань з використанням методу змінного перепаду тиску (діафрагма), в найкращих оптимальних діапазонах витрати, діаметрів трубопроводу та значень модуля складає 0,5-0,8%. Крім того в процесі вимірювання цим методом присутня похибка первинного перетворювача перепаду тиску та визначення густини газу, метод надзвичайно чутливий до забруднень.

Співрозмірна похибка присутня і при вимірюванні витрати природного газу лічильниками, відкаліброваними на існуючих в Україні стендах, робочим середовищем яких є повітря (похибка стендів 0,3%, похибка від невідповідності складу робочого середовища та тиску біля 0,6%).

Виходячи з реальних потреб та умов експлуатації на конкретних об'єктах необхідно відмітити наступне:

- на всіх ВОГ (як з лічильниками всіх типів, так і з діафрагмою) необхідно встановлювати ефективні фільтри без запірної арматури між фільтром та лічильником чи діафрагмою (можливе джерело забруднення);
- до складу ВОГ з використанням методу змінного перепаду тиску при нестабільному складі газу (якщо відмічено зміну густини газу на 5-10 грам на метр кубічний в стандартних умовах) необхідно включати потокові густиноміри;
- при випуску з виробництва та після ремонту лічильники газу необхідно калібрувати на стендах з робочим середовищем природний газ під робочим тиском та повіряти на стендах з робочим середовищем повітря під атмосферним тиском, а при черговій повірці проводити повірку на стендах з робочим середовищем повітря під атмосферним тиском.

Суттєве зменшення похибки приладового обліку природного газу, необхідність якого продиктовано різким збільшенням ціни на газ, можливе

лише шляхом одночасного впровадження сучасних засобів вимірювальної техніки (ЗВТ) та відповідного метрологічного забезпечення.

Реальним є створення системи обліку природного газу з похибкою вимірювання витрати в основному діапазоні менше 0,6%. Необхідне вітчизняне метрологічне забезпечення вже створюється, ЗВТ – легалізовані та доступні.

Ключові слова: методи вимірювання, приладовий облік природного газу, лічильник, калібрування, повірка.

УДК 66.081.2:681.121

ВИМІРЮВАЛЬНА СИСТЕМА ОБ'ЄМУ ГАЗУ ТА СТУПЕНЯ ЙОГО ОДОРИЗАЦІЇ

*Кузь М. В., Івано-Франківський університет права імені Короля Данила Галицького,
м. Івано-Франківськ, Україна*

З точки зору вимог безпеки природний газ становить небезпеку життю і здоров'ю людей, оскільки не має кольору і запаху. Щоб можна було визначити витік за запахом, до нього перед подачею споживачам додають одорант (меркаптан) – речовину з різким специфічним запахом. Але, при транспортуванні газу трубопроводами, внаслідок взаємодії одоранту із стінками труб, частина одоранту сорбується на стінках і, внаслідок цього, його концентрація у кінцевого споживача може бути надто малою для того, щоб відчувати запах газу при його витіканні.

Фізико-хімічні властивості меркаптанів можна використати для визначення вмісту цих речовин в природному газі, при його споживанні в комунально-побутовому секторі. Для цього, пропонується дообладнати систему обліку газу, що складається з побутового лічильника газу, адсорбційним фільтром, принцип роботи якого базується на перетворенні провідності фільтра у величину ступеня одоризації (вмісту одоранту в природному газі).

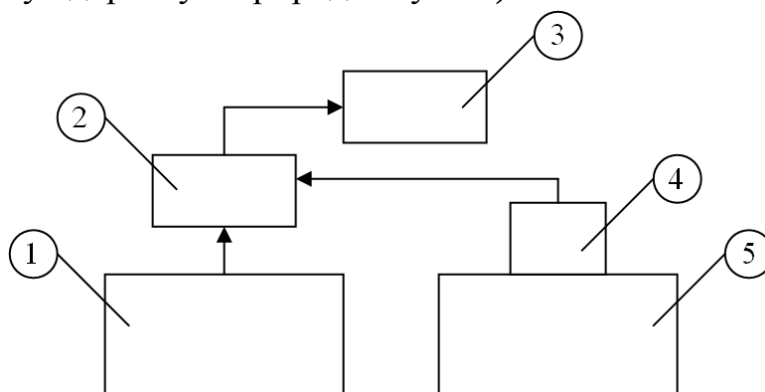


Рис.1. Структурна схема вимірювальної системи об'єму газу та ступеня його одоризації

Вимірювальна система (рис. 1) об'єму газу та ступеня його одоризації складається з: адсорбуючого фільтра 1, лічильника газу 5, відлікового пристрою лічильника 4, пристрою перетворення провідності фільтра та витрати газу у значення вмісту одоранту в природному газі 2 та відлікового пристрою 3 вимірювальної системи.

Ключові слова: одорант, адсорбуючий фільтр, вимірювальна система.

УДК 681.121

ЛАЗЕРНІ МЕМБРАННІ ДИФМАНОМЕТРИ ДЛЯ СИСТЕМ ОБЛІКУ ГАЗОВИХ ПУЛЬСУЮЧИХ ПОТОКІВ

Дебрянська Р. І., Стасюк І. Д.

Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів, Україна

Пульсуючі потоки газу характеризуються суттєвими змінами в часі інформативних параметрів, що призводить до виникнення похибок під час їх обліку.

Для вимірювання витрати і кількості таких газових потоків найбільше застосовують витратоміри змінного перепаду тиску (ВЗПТ), одним із складових елементів яких є дифманометр. Точність вимірювання цих витратомірів дуже залежить від динамічних властивостей дифманометра. Для промислових вимірювань переважно застосовують деформаційні мембранні дифманометри з електромеханічними вимірювальними перетворювачами переміщення мембрани в електричний сигнал, які характеризуються значною інерційністю внаслідок великої маси їх рухомих механічних елементів. Це призводить до виникнення динамічної складової похибки вимірювання витрати.

В даній роботі запропоновано застосовувати в системах обліку пульсуючих газових потоків на базі ВЗПТ деформаційні лазерні мембранні дифманометри, які є практично безінерційними.

Основним елементом вимірювального перетворювача переміщень мембрани у розробленому лазерному деформаційному мембранному дифманометрі є напівпровідниковий лазер, який являє собою генератор когерентного монохроматичного вузьконапрявленого випромінювання з великою густиною потужності і який характеризується високою стабільністю параметрів (енергетичних та інформаційних).

Перетворювач лінійного переміщення мембрани цього дифманометра в електричний сигнал, крім напівпровідникового лазера, містить також послідовно встановлені і оптично зв'язані з ним оптичну систему, формувач світлового пучка, відбиваючу дзеркальну поверхню, на яку падає лазерний промінь, двокоординатний фотоприймач, що сприймає відбитий промінь, та підсилювач блока опрацювання сигналів.

Розроблені деформаційні лазерні мембранні дифманометри з діапазонами вимірювання $-125...+125$ Па та $-250...+250$ Па є практично безінерційними.

Застосування таких дифманометрів у ВЗПТ дозволить зменшити динамічну складову похибки вимірювання витрати і, в результаті, підвищити точність обліку пульсуючих газових потоків.

Ключові слова: витрата, пульсуючий потік, витратомір змінного перепаду тиску, газ, дифманометр.

УДК 681.121.84

ДОСЛІДЖЕННЯ РЕЗОНАНСНИХ ЯВИЩ У ПНЕВМАТИЧНИХ ЛІНІЯХ ВИМІРЮВАЛЬНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ СИСТЕМ ОБЛІКУ ГАЗУ

*Костик І. В., Матіко Ф. Д., Федоришин Р. М.,
Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів, Україна*

При вимірюванні витрати пульсуючих газових потоків методом змінного перепаду тиску, з'єднувальні трубки (ЗТ) між пристроєм звуження потоку (ПЗП) і перетворювачем перепаду тиску (ППТ) можуть бути додатковими джерелами похибок внаслідок можливої нерівності газодинамічних опорів цих трубок, а також внаслідок виникнення акустичних явищ в трубках. При вимірюванні пульсуючих витрат речовина, що знаходиться в ЗТ, безперервно переміщається в ту або іншу сторону. При цьому тиск в кінці трубки може виявитися і менше, і більше середнього. Як показали дослідження, ЗТ разом із камерами ППТ може бути коливною системою, в якій можуть виникати резонансні явища. Виникнення резонансних явищ може призводити до значних похибок вимірювання витрати.

Для дослідження можливості виникнення резонансних явищ автором:

- розроблено математичну модель пневматичної системи «ЗТ – камера ППТ»;
- розроблено установку для дослідження динамічних характеристик ЗТ та експериментально визначено параметри динамічної моделі пневматичної системи «ЗТ – камера ППТ»
- отримано залежності параметрів динамічної моделі (сталіх часу) від конструктивних параметрів ЗТ (внутрішнього діаметра $D_{ЗТ}$, довжини $L_{ЗТ}$), за якими визначено сталі часу для ЗТ довжина і діаметр яких регламентовано в ДСТУ ГОСТ 8.586.5:2009;
- отримано аналітичні залежності для визначення резонансних частот $f_{рез}$ пневматичної системи «ЗТ – камера ППТ», та досліджено залежності резонансної частоти $f_{рез}$ від параметрів пневматичних ліній ППТ ($L_{ЗТ}$, $D_{ЗТ}$).

За результатами досліджень встановлено, що резонансні частоти пневматичної системи «ЗТ – камера ППТ» для окремих наборів її конструктивних параметрів лежать у діапазоні частот, що відповідає діапазону для типових джерел пульсацій у трубопровідних системах, а отже виникнення резонансу у камерах вимірювальних перетворювачів є можливим.

Результати даних досліджень можуть бути використані під час проектування вузлів обліку на основі методу змінного перепаду тиску для вибору параметрів пневматичних ліній вимірювальних перетворювачів тиску/перепаду тиску, що дасть можливість уникнути явища резонансу.

Ключові слова: метод змінного перепаду тиску, вимірювальні перетворювачі, з'єднувальні трубки, резонансні явища.

УДК 681.121

МОДЕЛЮВАННЯ ВПЛИВУ ПАРАМЕТРІВ ПРИРОДНОГО ГАЗУ НА ЙОГО ТЕПЛОПРОВІДНІСТЬ ДЛЯ ПАРЦІАЛЬНИХ ВИТРАТОМІРІВ

Малісевич В. В., Середюк О. Є., Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу; м. Івано-Франківськ, Україна

Одним із напрямків вдосконалення інформаційно-вимірювальних систем при витратометрії природного газу є коригування вимірювальної інформації щодо його теплофізичних властивостей. Таке рішення може знайти застосування у нового типу парціальних витратомірах [1].

Розроблена математична модель вдосконаленого парціального витратоміра містить коефіцієнти теплопровідності, теплоємності та динамічної в'язкості природного газу. Тому метою роботи є дослідження впливу параметрів природного газу на його теплопровідність і безпосередньо пов'язану з нею нижчу теплотворну здатність.

При дослідженнях проведено моделювання впливу тиску, температури та складу природного газу на його теплопровідність (рис. 1).

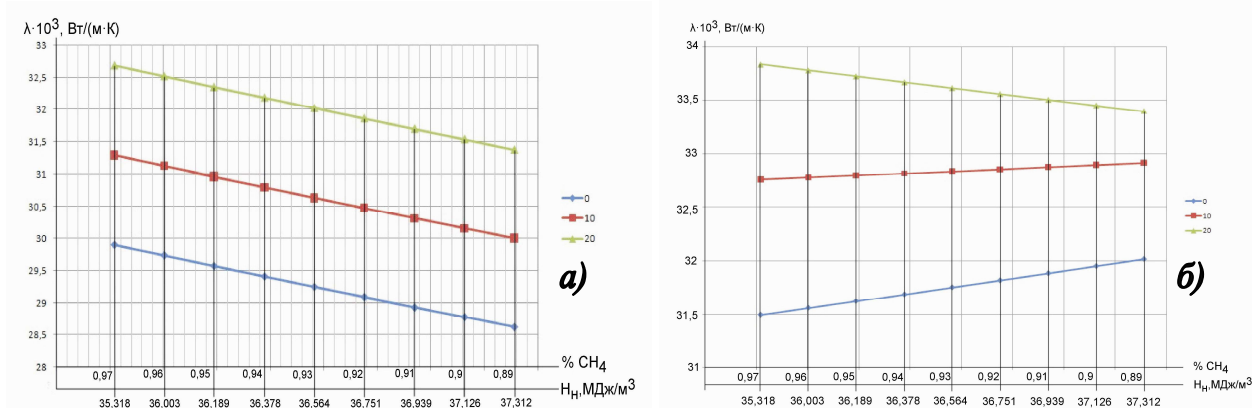


Рис.1. Моделювання зміни коефіцієнта теплопровідності природного газу при тиску 0,1 МПа (а) і 1,0 МПа (б) за температур 0, 10, 20 °С

Для цього взято "усереднений" природний газ, що містить 93 % метану, 3,3 % етану, 1,8 % пропану, 1,5 % азоту та 0,4 % вуглекислого газу. Вміст метану змінювався в діапазоні (89-97) %, а доля кожного із компонентів також змінювалася, причому вміст решти складових пропорційно збільшувався або зменшувався для досягнення суми 100 %.

Результати виконаного моделювання свідчать про наявність закономірностей, які необхідно враховувати при функціонуванні парціальних витратомірів при застосуванні їх для контролю енергетичної цінності природного газу, оскільки, наприклад, зменшення долі метану при низьких тисках приводить до зростання теплотворної здатності газу, а при високих тисках це спостерігається тільки при більших температурах.

Ключові слова: парціальний витратомір, природний газ, теплопровідність.

Література

1 Патент 99887 С2 Україна, G 01F 1/00. Парціальний витратомір / Середюк О. Є., Малісевич В. В. – № а201114278; опубл. 10.10.12, Бюл. № 19.

УДК 006.91:681.122

КАЛІБРУВАННЯ КРИТИЧНОГО СОПЛА ЗА ДОПОМОГОЮ ІНШОГО КРИТИЧНОГО СОПЛА

*Безгачнюк Я. В., ДП „Івано-Франківськстандартметрологія”,
м. Івано-Франківськ, Україна*

Критичні сопла знайшли широке застосування в якості робочих еталонів об'ємної та масової витрати газу.

Коефіцієнт витоку критичного сопла можна визначати шляхом індивідуального калібрування або шляхом розрахунку одним із відомих методів за результатами вимірювання його геометричних розмірів.

Використання стандартних методів розрахунку коефіцієнта витоку за результатами геометричних вимірювань стосовно сопел малого діаметра непрактично із-за невисокої точності. Є кілька варіантів вирішення цієї проблеми. Одним із них є традиційне калібрування сопла з використанням первинного еталона, але й цей спосіб непрактичний із-за значної тривалості процесу калібрування і пов'язаних з цим неточностей, зумовлених змінами параметрів вимірюваного середовища протягом калібрування.

Пропонується калібрувати критичні сопла за допомогою інших критичних сопел більшого номіналу попередньо каліброваних на державному первинному еталоні. Запропонований метод реалізується шляхом послідовного під'єднання критичних сопел з різними діаметрами горловин (рис. 1).

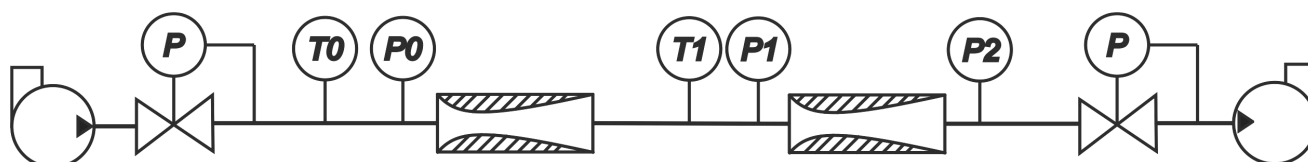


Рис. 1. Схема калібрування критичного сопла з використанням іншого сопла

Для досягнення критичного режиму витікання через перше сопло повинна виконуватись умова:

$$\frac{d_1}{d_2} \leq \sqrt{r_{\max}^*}, \quad (1)$$

де d_1, d_2 – діаметри горловин сопел; $r_{\max}^*$ – максимально допустиме відношення тисків на критичному соплі (для підтримання критичного режиму потоку).

Коефіцієнт витоку другого сопла, що калібрується, визначається за формулою:

$$C_2 = C_1 \left(\frac{d_1}{d_2} \right)^2 \left(\frac{P_0}{P_1} \right) \sqrt{\frac{T_1}{T_0}}, \quad (2)$$

де C_2, C_1 – коефіцієнти витоку сопел, P_0, P_1, T_0, T_1 – тиски та температури перед соплами, відповідно.

Ключові слова: критичне сопло, калібрування, послідовне під'єднання.

УДК 681.121

МОДЕЛЮВАННЯ ВПЛИВУ СИЛИ НАПОРУ ПОТОКУ ГАЗУ НА ПЕРЕМІЩЕННЯ МІРНОГО ЕЛЕМЕНТУ КУЛЬКОВОГО ПЕРЕТВОРЮВАЧА

Мельничук С. І., Мануляк І. З., Приватний вищий навчальний заклад "Галицька академія", м. Івано-Франківськ, Україна

Реалізація сучасних систем кількісного обліку газових середовищ в основному ґрунтується на використанні лічильників та витратомірів з чутливим елементом переміщення якого пропорційні до поточної витрати. Запропоновано спосіб, патент №97780 від 12.03.2012, який дозволяє реалізувати вимірювання за переміщенням сферичної мітки потоком газу. З метою попередньої оцінки ефективності вибору матеріалу для мірного елемента проведено ряд розрахунків, з врахуванням того, що переміщення тіл супроводжується проковзуваннями. Здійснено оцінку ефективності використання доступних матеріалів з малою густиною, зокрема результати розрахунку сили тертя, що виникає при русі сферичної мітки по поверхні з оргскла подано в таблиці 1

Таблиця 1. Сили тертя ковзання для різних матеріалів мірного елемента

Матеріал	Поліетилен	Пінополіуретан	Пінополістирол
Густина $\rho, \text{г/см}^3$	910	75	15
Сила тертя $F_t, \text{Н}$	$22,17 \cdot 10^{-5}$	$1,83 \cdot 10^{-5}$	$3,65 \cdot 10^{-6}$

Результати розрахунку швидкості та сили напору потоку газового середовища подано в таблиці 2.

За результатами моделювання, переміщення мірного елемента зі стану спокою можливе за швидкості потоку 1,1053 м/с для повітря і 1,6800 м/с для природного газу. Тобто функціонування перетворювача на основі вище згаданого методу забезпечується за витрат 0,050 та 0,076 м³/год відповідно для

повітря та газу, що пояснюється наявністю допусків при виготовленні, зокрема флуктуація діаметру мірної камери за довжиною, деяка не сферичність мірного елемента тощо.

Таблиця 2. Сили напору потоку середовища що діє на мірний елемент

$Q, \text{м}^3 / \text{год}$	$v, \text{м} / \text{с}$	$F(\text{повітря}), \text{Н}$	$\Delta F, \text{Н}$	$F(\text{газу}), \text{Н}$	$\Delta F, \text{Н}$
0,01000	0,2211	1,4787E-07	-3,5066E-06	8,3510E-08	-3,5709E-06
0,04981	1,1011	3,6688E-06	1,43586E-08	2,07E-06	-1,6000E-06
0,05000	1,1053	3,6968E-06	4,2385E-08	2,0877E-06	-1,5667E-06
0,07500	1,6800	8,5412E-06	4,8867E-06	4,8235E-06	1,1691E-06
0,30000	6,7201	1,3666E-04	1,3300E-04	7,7176E-05	7,3522E-05
0,60000	13,3296	5,3768E-04	5,3403E-04	3,0365E-04	2,9999E-04
...	...	...	...	...	...
1,50000	33,1583	3,3272E-03	3,3235E-03	1,8790E-03	1,8753E-03

Таким чином проведені дослідження підтверджують перспективність запропонованого методу при реалізації перетворювачів об'єму та об'ємної витрати газових середовищ.

Ключові слова: вимірювання, витрата газу, первинний перетворювач.

УДК 681.121.84

ВПЛИВ ІНЕРЦІЙНОСТІ ТЕРМОПЕРЕТВОРЮВАЧА НА ТОЧНІСТЬ ВУЗЛА ОБЛІКУ ПРИРОДНОГО ГАЗУ В ІМПУЛЬСНИХ РЕЖИМАХ РОБОТИ

*Федоришин Р. М., Комарецький О. А., Національний університет “Львівська політехніка”,
м. Львів, Україна*

Імпульсний режим роботи вузла обліку природного газу має місце на котельнях, де система обліку встановлена перед водогрійним котлом, що працює в імпульсному режимі. В таких умовах роботи виникає додаткова похибка вимірювання температури газу, зумовлена інерційністю термоперетворювача, та відповідна систематична похибка вимірювання витрати та об'єму газу. Коли витрата газу в трубопроводі рівна нулю, температура газу в рівноважному стані дорівнює температурі навколишнього повітря. Вмикання водогрійного котла (чи іншої системи, що споживає газ) приводить до раптового зростання витрати газу до деякого номінального значення. При цьому температура потоку газу поступово змінюється і досягає певного усталеного значення після завершення перехідного процесу. Температура потоку газу в місці встановлення вузла обліку залежить від температури, з якою газ поступає зовні в приміщення, від витрати газу, температури навколишнього повітря (в приміщенні котельні) та від конструктивних розмірів вузла обліку.

Під час динамічної зміни температури потоку газу виміряне значення термоперетворювачем відрізняється від дійсної температури газу внаслідок

інерційності. Різниця між вимірним значенням температури та дійсною температурою потоку в перехідних режимах являє собою похибку, зумовлену інерційністю термоперетворювача (ΔT_{in}). Наявність похибки (ΔT_{in}) приводить до виникнення відповідної похибки вимірювання витрати (ΔF_{in}) та похибки вимірювання об'єму (ΔV_{in}). Величина похибок ΔT_{in} та ΔV_{in} залежить від показника теплової інерції термоперетворювача, періоду (частоти) імпульсів витрати газу, температури і витрати газу та температури навколишнього повітря. В умовах, коли температура потоку газу є вищою за температуру навколишнього повітря ($T_{газ} > T_{нов}$), похибка ΔT_{in} є додатною, а коли $T_{газ} < T_{нов}$ – від'ємною.

Для вузла обліку на базі роторного лічильника із номінальною витратою газу 112 м³/год при періоді та тривалості імпульсів витрати газу 15 хв похибка ΔV_{in} може сягати 6 м³ на добу.

Оскільки похибка ΔV_{in} є систематичною, то її наявність у системах обліку може приводити до виникнення дисбалансів у системах постачання природного газу.

Для усунення похибок ΔT_{in} та ΔV_{in} рекомендується застосовувати у вузлах обліку природного газу низькоінерційні термоперетворювачі та встановлювати їх безпосередньо в потік газу без захисної гільзи. В умовах, коли $T_{газ} = T_{нов}$, похибки ΔT_{in} та ΔV_{in} відсутні.

Ключові слова: вимірювання, природний газ, об'єм, термоперетворювач, інерційність, імпульсний режим, похибка.

УДК 681.122

СИСТЕМА ВИМІРЮВАННЯ ВИТРАТИ ВИТОКУ ІЗ ЕЛЕМЕНТІВ ГАЗОРОЗПОДІЛЬНИХ МЕРЕЖ НА ОСНОВІ ЗАДАВАЧА МАЛИХ ВИТРАТ ГАЗУ

Матіко Ф. Д., Олійник М. І., Стасюк І. Д.

Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів, Україна

Визначення фактичної витрати та об'єму витоків природного газу із елементів газорозподільних мереж необхідне у багатьох випадках встановлення причин небалансу об'єму газу, а також для нормування об'єму втрат із обладнання газорозподільних мереж. Тому розроблення систем вимірювання витрати витоків є важливим та актуальним завданням.

У діючих в Україні методиках визначення виробничо-технологічних витрат і втрат природного газу в газорозподільних мережах застосовано диференціацію нормативів по елементах газорозподільних мереж, тому поряд із інтегральними методами визначення об'єму витоків (на основі результатів опресовування, за результатами вимірювання з допомогою витрато-вимірювального комплексу) необхідно застосовувати методи, які б дозволили визначати витрату та об'єм витоків поелементно.

Найважливішими вимогами до таких систем є: можливість їх застосування на діючих ділянках та елементах без припинення газопостачання, мобільність та можливість роботи у широкому діапазоні зміни витрати витоку газу.

Авторами запропоновано структуру системи вимірювання витрати витоку із обладнання газорозподільних мереж на основі задавача малих витрат газу, розробленого в НУ «Львівська політехніка». Система передбачає аналіз складу газо-повітряної суміші, що утворюється в замкнутому об'ємі під оболонкою, змонтованою навколо досліджуваного елементу. За допомогою задавача витрата повітря під оболонку регулюється таким чином, щоб концентрація метану у вихідній газовій суміші досягала встановленого значення. Діапазон регулювання витрати повітря на виході застосованого задавача становить $0 \dots 45 \text{ дм}^3/\text{год}$, що дозволяє контролювати витоки метану із елементів в межах від 0 до $2,0 \text{ дм}^3/\text{год}$ при застосуванні аналізатора чи сигналізатора із термохімічним чутливим елементом та до $450 \text{ дм}^3/\text{год}$ при застосуванні аналізатора із інфрачервоним, або теплопровідним чутливим елементом. Попередніми дослідженнями встановлено, що такий діапазон вимірювання дозволяє охопити витрати витоків, характерні для більшості типових елементів газорозподільних мереж (КБРТ, регуляторів ГРП, ШРП, арматури).

Реалізація системи вимірювання об'єму витоків на основі запропонованої структурної схеми дозволяє виконувати вимірювання фактичного об'єму витоків на елементах газорозподільних мереж та уточнювати нормативні значення діючих методик.

Ключові слова: витрата витоку, система вимірювання, задавач витрати, газорозподільні мережі, природний газ.

УДК 681.121

ВИМІРЮВАЛЬНИЙ ПЕРЕТВОРЮВАЧ ВИТРАТИ ТА КІЛЬКОСТІ ПРИРОДНОГО ГАЗУ ЗМІННОГО ПЕРЕПАДУ ТИСКУ

*Коваленко В. А., Національний технічний університет України
“Київський політехнічний інститут”, м. Київ, Україна*

У зв'язку зі зростанням цін на природний газ, першочерговим завданням стало забезпечення високоточного вимірювання його витрати та кількості.

Стан обліку природного газу насамперед визначається технічною базою вимірювання витрати та кількості. Надзвичайно важливою проблемою є вибір конкретних засобів обліку при заданих умовах вимірювання. Проведений аналіз показує, що достатньо широкого розповсюдження для вимірювання витрати та кількості природного газу (особливо для великих витрат), знайшли витратоміри змінного перепаду тиску.

Широке застосування таких приладів пояснюється їх високою надійністю, можливістю використання як для малих так і для великих витрат, різноманітних середовищ, практично будь-яких тисків і температур.

Однак, внаслідок складності вторинної апаратури та габаритів, вимірювальні перетворювачі витрати (ВПВ) із змінним перепадом тиску не знайшли свого застосування в житлово-комунальному господарстві.

В ході реалізації вимог Закону України від 16.06.2011 №3533-VI «Про забезпечення комерційного обліку природного газу» в частині дооснащення побутовими лічильниками газу (ПГЛ) квартир багатоповерхових будинків, виникла необхідність встановлення ПГЛ малих габаритів.

Для вирішення даної проблеми пропонується створення ВПВ природного газу, що складається з двох частин: вимірювальна труба із звужуючим пристроєм – класична труба Вентурі; диференціальний манометр оригінальної конструкції, який приєднується до вимірювальної труби так, щоб канал передачі перепаду тиску мав мінімальну довжину та максимальний переріз.

Диференціальний манометр розроблений для вимірювання як сталих так і змінних потоків газу та має перетворювач, який перетворює значення деформації чутливого елемента в електричну величину і конструктивно є одним цілим з ВПВ.

Чутливий елементом такого ВПВ є двомембранний блок, який монтується безпосередньо на корпусі труби Вентурі, з таким розрахунком, щоб була забезпечена мінімальна довжина каналів подачі тиску з місць відбору до підмембранних камер. Деформації мембран, викликані статичним тиском, зрівноважуються рідиною, що знаходиться в компенсаційній камері.

Даний ВПВ має невеликі габаритні розміри та вимірює витрату природного газу з високими метрологічними характеристиками, що дає можливість ефективного використання їх для обліку природного газу в побуті.

Ключові слова: природний газ, витрата, вимірювальний перетворювач, змінний перепад тиску, труба Вентурі.

УДК 681.122

КОРРЕКТОРЫ ОБЪЕМА ГАЗА В25 2013 ГОДА ВЫПУСКА

Ефремов В. Е., Лежоев Р. С., НПП «Измерительные технологии», г. Киев, Украина

Предназначены для измерения количества природного газа, а также одно- и многокомпонентных газовых смесей. Используются со счетчиками газа с импульсным выходом для расчета реального потребления газа, приведенного к стандартным условиям с учетом действующих рабочих температуры, давления и состава газа. С 2013 г. выпускается 5 модификаций корректора: корректор по температуре модификации Т, предел относительной погрешности $\pm 0,10\%$; корректоры по температуре и давлению: модификации РТ и РТ0, РТ1, РТ2, пределы относительной погрешности, соответственно, $\pm 0,50\%$, $\pm 0,25\%$, $\pm 0,15\%$.

Отличительные особенности корректоров:

- высшие классы точности 0,15% и 0,25% в корректорах РТ1 и РТ2;
- 16-ти кратный диапазон давления в корректоре РТ: $(0,06 \dots 1) \cdot P_{\max}$;

- економ-вариант в корректоре модификации РТО;
- возможность измерения газа в двух трубопроводах;
- особо взрывозащищенное исполнение класса 0ExiaIICT6;
- установка внутри и вне помещений при защите от прямого воздействия осадков;
- рабочий диапазон окружающих температур от –30 до +60 °С;
- степень пылевлагозащиты IP65 со 100%-м контролем при производстве;
- датчики из нержавеющей стали;
- высокая степень защищенности и надежности;
- передача информации на выбор по 7-ми типам современных интерфейсов, 3-м протоколам связи, GSM и др.;
- автономное питание от литиевой батареи размера AA со сроком службы до 12 лет;
- две батареи питания: основная в батарейном отсеке и резервная в вычислителе; приоритетное использование энергии батареи отсека; простота и удобство замены батареи в отсеке: по мере необходимости, в любое время без ограничения доступа, произвольная полярность установки;
- детализированные архивы большой глубины: часовые – 86 суток, суточные – 2 года, месячные – 10 лет;
- взрывозащищенный кабельный трехпроводный интерфейс MT-bus с дальностью связи до 2,5 км и одновременным подключением до 20 корректоров;
- корректировка нелинейности и коэффициента преобразования счетчиков газа;
- сменные языки диалога;
- средний срок службы – 12 лет, гарантия – 5 лет.



См. подробности – на сайте **www.measure.com.ua**

Ключевые слова: корректор объема газа, надежность, повышенная точность.

УДК 006.91:681.122

ПЕРСПЕКТИВНІ НАПРЯМКИ РОЗВИТКУ ЕТАЛОННИХ ПОРШНЕВИХ УСТАНОВОК ДЛЯ ВІДТВОРЕННЯ ОДИНИЦЬ ОБ'ЄМУ ТА ОБ'ЄМНОЇ ВИТРАТИ ГАЗУ

*Петришин І. С., Джочко П. Я., Присяжнюк Т. І., Бас О. А.
ДП «Івано-Франківськстандартметрологія», м. Івано-Франківськ, Україна*

На даний час найточнішим еталоном для відтворення об'ємної витрати газу на високому тиску є установка поршневого типу Pigsar, крім того в Україні проходить ґрунтовну модернізацію установка РПДУ–41 пг. Разом з тим, поршневі установки мають ряд недоліків. По-перше, зазвичай, в таких установках використовується так званий «сухий» поршень, тобто поршень

повинен рухатись вздовж циліндричного тіла установки з мінімальними зазорами; через такий принцип роботи установки виникає необхідність використання спеціальних надійних ущільнень, що будуть не допускати перетоків газу під час руху поршневого розділювача. По-друге, робота установки забезпечується шляхом використання поршневого розділювача без приводу, що зумовлює необхідність високоточного центрування поршня під час руху по циліндрі. Крім того, для установки РПДУ–41 пг властивий ще один недолік, обумовлений її конструкцією. Циліндричне тіло установки, в якому буде визначатися контрольний об'єм, складається з 4-ох каліброваних трубопроводів загальною довжиною 18 м, відповідно, незважаючи на всі старання, буде наявна неспіввісність каліброваних трубопроводів, їхня еліпсність та овальність, що в результаті може спричинити перекис поршня.

Виявивши недоліки існуючих установок, доцільно зробити висновок, що при проектуванні установок поршневого типу необхідно або враховувати вказані недоліки, або задати жорсткі обмеження щодо її функціонування. Для того, щоб зменшити або унеможливити перетоки газу доцільно використати поршень, який ущільнюється шляхом створення надмірного тиску мастила, тобто значення тиску за поршнем повинно бути більшим від тиску перед ним. Використання такої конструкції забезпечить плавність ходу. Разом з тим, щоб забезпечити рівномірність ходу та центрування поршня необхідно закріпити його на штоці. Схема удосконаленої установки наведена на рис. 1.

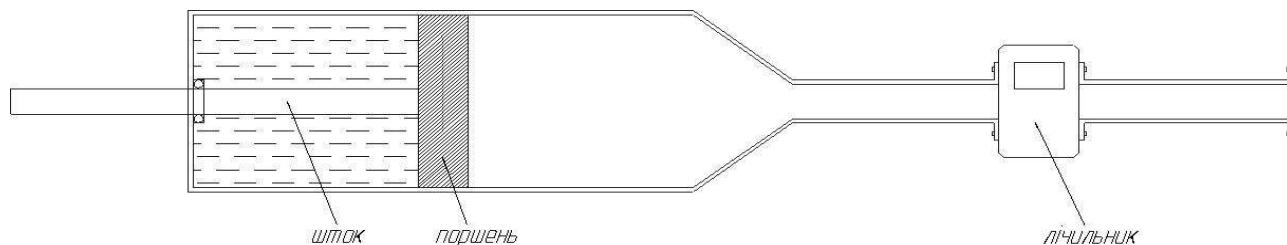


Рис. 1. Схема удосконаленої поршневої установки

В ДП «Івано-Франківськстандартметрологія» проводяться роботи в цьому напрямку, результати яких будуть опубліковані.

Ключові слова: еталон, поршень, відтворення, об'єм, об'ємна витрата

УДК 681.121

ТЕПЛОВОДОСЧЕТЧИКИ Х12 2013 ГОДА ВЫПУСКА

Ефремов В. Е., Лежоев Р. С., НПП «Измерительные технологии», г. Киев, Украина

С 2013 г. начат выпуск эконом-версии счетчика Х12 с его наиболее востребованными техническими характеристиками. Обеспечивает три схемы учета воды и шесть схем учета тепловой энергии.

Отличительные особенности счетчиков Х12:

- возможность измерения расхода и объема воды (теплоносителя), температуры, давления и тепла в двух независимых контурах тепловодоснабжения;
- класс 2 учета тепловой энергии; классы 2 и В учета воды;
- надежность, и стабильность метрологических характеристик;
- точность вычисления тепловой энергии соответствует уровню эталонов;
- установка внутри и вне помещений при защите от прямого воздействия осадков;
- рабочий диапазон окружающих температур от –30 до +60 °С;
- степень пылевлагозащиты IP65 со 100%-м контролем при производстве;
- датчики из пищевой нержавеющей стали: повышенная устойчивость к износу, коррозии, замерзанию воды;
- прямооточная конструкция датчика расхода, исключая засорение и завоздушивание;
- встроенный калибратор расхода для беспроточной поверки и экспресс-тестирования;
- передача информации на выбор по 8-ми типам современных интерфейсов, 3-м протоколам связи, GSM и др.;
- автономное питание от литиевой батареи размера AA со сроком службы 12 лет;
- две батареи питания: основная в батарейном отсеке и резервная в вычислителе; приоритетное использование энергии батареи отсека; простота и удобство замены батареи в отсеке: по мере необходимости, в любое время без ограничения доступа, произвольная полярность установки;
- детализированные архивы большой глубины;
- сменные языки диалога;
- средний срок службы – 12 лет, гарантия – 5 лет.



Комплект оборудования:

- до 2-х двухсенсорных ультразвуковых датчиков расхода классов 2 и В;
- до 4-х датчиков температуры класса А по EN 60751;
- до 2-х датчиков давления класса 0,5;
- вычислитель с импульсным выходом и интерфейсами: инфракрасным и кабельным MT-bus/UART; кабельные переходники интерфейсов RS232, RS485, M-bus, MT-bus или USB; протоколы связи: M-bus, Mod-bus, MT-bus; программа сбора информации и диспетчеризации MTnetX12; длина кабелей датчиков – 1 м. См. подробности на сайте НПП: www.measure.com.ua

Ключевые слова: корректор объема газа, надежность, повышенная точность.

УДК 621.121

НОВЫЙ СПРАВОЧНИК ДЛЯ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РАСЧЕТОВ

Ефремов В. Е., Лежоев Р. С., НПП «Измерительные технологии», г. Киев, Украина

Книга авторов доклада «Теплофизические свойства воды и пара в диапазоне температур 0...229°С и давлений 0,1...5,0 МПа» издана Институтом электродинамики НАН Украины в 2012 г. В ней приведены таблицы плотности

и удельной энтальпии, предназначенные для расчета потребленной и произведенной тепловой энергии в системах отопления и горячего водоснабжения, где в качестве теплоносителя применяется вода или водяной пар.

Данные для воды и пара приведены с шагом 1°C и 0,1 МПа и разрешением по плотности $0,0001 \text{ кг/м}^3$, по удельной энтальпии $0,0001 \text{ кДж/кг}$. В преамбуле к таблицам приведены все формулы и методики расчета, основанные на последней (на настоящий момент – 2007 г.) редакции Международной системы уравнений, именуемой Формуляцией IF-97.

Новый справочник предназначен для инженерно-технического персонала, занимающегося энергетическими расчётами и метрологическим обеспечением учёта тепловой энергии в системах теплоснабжения, а также может быть полезен и для студентов соответствующих специальностей.

Необходимость создания нового справочника обусловлена тем, что имеющиеся печатные таблицы устарели и упразднены, либо имеют недостаточную точность и разрешение для задач учета потребляемой энергии. Действующий на настоящий момент документ – ГСССД 187-99 (принятый МГС под номером 98-2000 взамен ГСССД 98-86) – имеет очень большой шаг по температуре, а именно 25°C . Это провоцирует разработчиков измерительной аппаратуры использовать простые полиномиальные аппроксимации, совпадающие с узлами данной таблицы, но имеющие существенное отклонение от зависимостей Формуляцией IF-97 в интервалах температур между этими точками.

Применение программных продуктов, реализующих непосредственное вычисление по Формуляцией IF-97 на компьютере или встроенном в прибор микроконтроллере, облегчает задачу, но также требует текущего контроля погрешностей и целостности сертифицированных кодов, что возможно только сличением с согласованными табличными значениями.

Особенностью нового справочника является применение вспомогательных формул Формуляцией IF-97, которые получены путем аналитического дифференцирования основных уравнений. Это позволило в значительной степени снизить влияние вычислительного шума, который обычно становится заметным при расчетах потребленной энергии при малых значениях разности температур и давлений.

На основе справочной информации реализован тепловодосчетчик X12, выпускаемый НПП «Измерительные технологии» с погрешностью тепловычислителя относительно IF-97 в пределах $\pm 0,01 \%$, соответствующей уровню эталонов.

Ключевые слова: справочник, таблицы, энтальпия, плотность, вода, пар.

СИСТЕМА БАЛАНС: НОВІТНІ ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ОБЛІКУ ПРИРОДНОГО ГАЗУ

Шапіро О. М., Корольков М. І., ТОВ «САМГАЗ», м. Рівне, Україна

Сучасний рівень наукових досліджень, прискорена модернізація сфери обліку газу в світі та в Україні, зміни підходів до забезпечення керування постачанням та споживанням природного газу в Україні спонукають до пропонування нових технічних інструментів, насамперед для утворення підґрунтя ефективності та практичної спрямованості цих заходів.

Найбільш актуальним серед сучасних підходів є автоматичне зчитування показів лічильників, або AMR, це технологія організації автоматичного збору даних про споживання енергоресурсу, діагностика і отримання статусних даних від лічильника газу та передача всіх цих даних з застосуванням сучасних засобів зв'язку в центральну базу даних постачальника для виставлення рахунків, усунення неполадок і аналізу.

Біллінг (виписка рахунків) може бути заснованим на звірянні даних про реальне споживання з даними прогнозованого споживання. Ця своєчасно отримана інформація в поєднанні з ретроспективним аналізом може допомогти, і постачальнику послуг, і клієнтам, ще краще контролювати процес постачання та споживання газу. Крім того, смарт-лічильники газу дозволяють підвищити точність прогнозування попиту на газ в різні часи доби та пори року.

Впровадження цієї технології дозволяє підвищити якість, об'єктивність і неупередженість управлінських рішень постачальника енергоресурсу та надати зрозумілі та дієві мотиваційні аргументи для ощадливого споживача.

Перевагою системи БАЛАНС є істотне розширення можливостей по безпеці та оптимізації газоспоживання. Домовласники зможуть проконтролювати динаміку свого споживання природного газу і втрат ресурсу: система забезпечує виведення звітів як про сумарне та середнє споживання, так і прогнозів споживання на кінець місяця, це дає фактові підґрунтя для планування споживання газу домовласником (споживачем). А енергопостачальна організація зможе своєчасно реагувати на аварійні чи підозрілі події або на дії споживачів, які призвели до невинуватених змін у режимі споживання газу. Тож погодинний збір даних дозволяє моніторити енергозабезпечення кожного домогосподарства в режимі реального часу і оперативно реагувати на весь спектр різноманітних ситуацій.

Система придатна для дистанційного керування постачанням енергоресурсів до об'єктів, наприклад дозволяє відключати від мережі незаселені або аварійні будинки. До речі, система може стати єдиним актуальним рішенням для активного нагляду і керування газопостачанням деяких населених пунктів, які розташовані у малодоступній місцевості.

Ключові слова: смарт-технології, смарт-лічильники, AMR, САМГАЗ, система Баланс, облік газу, біллінг, керування газоспоживанням.

МОДЕЛЮВАННЯ РУХУ ВИМІРЮВАНОГО СЕРЕДОВИЩА ПО ТРУБОПРОВОДАХ РІЗНОЇ КОНФІГУРАЦІЇ

*Коробко І.В., Рак А. М., Національний технічний університет України
“Київський політехнічний інститут”, м. Київ, Україна*

При побудові сучасних ефективних систем вимірювання витрати та кількості рідини і газів постає задача раціонального вибору вимірювальних перетворювачів витрати (ВПВ) та місця їх встановлення з метою забезпечення виконання вимірювання з високими метрологічними і експлуатаційними характеристиками.

В той же час ВПВ, за сучасних вимог до достовірності вимірювальної інформації, потребують вдосконалення, направлені на підвищення їх метрологічних та експлуатаційних характеристик. В свою чергу на якість вимірювання суттєво впливають гідродинамічні характеристики вимірюваних потоків рідин та газів, а особливо їх неоднорідність, в тому числі асиметричність епюри розподілу швидкості по поперечному перерізу вимірювального каналу.

Профіль швидкості рідин та газів в осьовому напрямку по перерізу труби значно варіюється в залежності від властивостей самого потоку та конфігурації трубопроводу в напрямі плину рідини чи газу. Повністю розвинутий потік досить добре визначений для більшості значень чисел Рейнольдса (Re), але спотворений (неоднорідний) потік рідин та газів визначений на неналежному рівні. Такі спотворення профілю призводять до виникнення значних похибок і величин невизначеності результатів вимірювання витрати та кількості рідин і газів. З цієї причини прогнозування спотворених профілів вимірюваних потоків є важливими елементами створення сучасних комплексів застосування ВПВ енергетичних носіїв.

Сучасний розвиток інформаційних технологій дозволяє з високою ефективністю досліджувати за допомогою системи CAD/CAE характеристики потоків рідин та газів.

Однією з таких CAD/CAE систем є програмне середовище ANSYS, що дозволяє з високою ймовірністю визначити проекції векторів швидкостей в дискретних точках потоків, як за поперечним перерізом, так і по довжині потоків.

За результатами моделювання в таких системах визначені ступені неоднорідності швидкостей в поперечних перерізах трубопроводів різної просторової конфігурації до і після ВПВ та у вимірювальній камері перетворювача з наступною оцінкою впливу гідродинамічних характеристик вимірюваного середовища на метрологічні характеристики приладу.

У доповіді розглядаються результати досліджень руху вимірюваного середовища по трубопроводах з різними місцевими опорами (раптові звуження

та розширення, конфузори і дифузори, коліна як в одній площині так в просторі та інше.

Ключові слова: вимірювання, рідини, газу, характеристики потоків.

УДК 681.12/.18

ЕДИНСТВО ИЗМЕРЕНИЙ КОЛИЧЕСТВА НЕФТЕПРОДУКТОВ КАК ФАКТОР ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ

*Кузьменко Ю. В., Гаврилкин М. В., Зайцева Е. А., ГП «Укрметртестстандарт»,
г. Киев, Украина*

Нефть и нефтепродукты являются стратегическим ресурсом. Стоимость их имеет тенденцию неуклонного роста. Это ставит перед всеми участниками рынка нефти и нефтепродуктов все возрастающие требования к точности измерений.

Транспортирование, погрузка, хранение и продажа жидких углеводородов сопряжены с большим количеством факторов, оказывающих влияние на точность измерения и, как следствие, на достоверность учета. Цель учёта – обеспечение уверенности каждого участника рынка в том, что количество транспортируемого, хранимого, перегружаемого, продаваемого или покупаемого продукта известно с наименьшей достижимой погрешностью и наивысшей достижимой достоверностью. На каждом этапе движения нефтепродуктов до конечного потребителя применяется определенный метод измерений со своими характеристиками точности.

Существенным вопросом в достижении достоверных результатов измерений является периодический и оперативный контроль погрешности измерений. Одним из видов метрологической деятельности, которым занимается ГП «Укрметртестстандарт», является построение и практическое осуществление научно, технически и экономически обоснованных и эффективных методов контроля точности учёта нефти и нефтепродуктов.

Специалисты ГП «Укрметртестстандарт» разработали и внедрили в практику целый ряд таких методов.

Для поверки автоцистерн построена и введена в действие не имеющая аналогов в Украине автоматизированная установка для поверки автоцистерн.

Для поверки мер вместимости разработан метод лазерного сканирования, а также пакет прикладных программ VGS, позволяющий эффективно применять геодезические методы поверки применительно к резервуарам.

Для поверки узлов учета нефтепродуктов на станциях налива в автоцистерны применяется комплект из весов, кориолисовых счетчиков, измерителя плотности, специального мерника, а также автомобиля с гидравлическим погрузчиком.

Для поверки топливораздаточных колонок, в том числе и газовых, изготовлены передвижные поверочные установки на базе автомобилей.

Специалисты ГП «Укрметртестстандарт», занимаются разработкой нормативных документов, гармонизированных с европейскими, и основ аттестации программного обеспечения.

Ключевые слова: учёт нефтепродуктов, методов контроля точности учёта, метрологическое обеспечение.

УДК 681.121

ОЦІНКА АСИМЕТРІЇ ПОЛЯ РОЗПОДІЛУ ШВИДКОСТЕЙ В ОСЬОВОМУ НАПРЯМІ РУХУ ПОТОКУ

*Коробко І. В., Національний технічний університет України
“Київський політехнічний інститут”, м. Київ, Україна*

При вимірюванні витрати та кількості рідини має місце розповсюдження та взаємодія потужних просторових турбулентних потоків рідини на метрологічні та експлуатаційні характеристики вимірювальних перетворювачів витрати, необхідно визначити реальні параметри векторного поля швидкостей в різних поперечних перетинах потоків.

Дослідження гідродинамічних характеристик плин у рідинного вимірюваного середовища ефективно здійснювати з використанням сучасних інформаційних технологій за допомогою системи CAD/CAE в програмному середовищі ANSYS [1].

За результатами віртуального моделювання в середовищі ANSYS в кожному поперечному перетині вимірювального тракту визначалися значення проекцій векторів швидкості на вісь напрямку плин у потоку по в п прямим, що проходять крізь центр перетину. При однорідному полі розподілу швидкостей значення їх складових по вісям з однаковими координатами близькі між собою. При порушенні однорідності поля розподілу швидкостей їх значення по вісям з однаковими координатами будуть різнитися поміж собою.

Для визначення величини неоднозначності для розподілу швидкості пропонується порівнювати усереднені епюри швидкостей в перетині з повністю розвиненим однорідним потоком (як правило на вході до місцевого опору з усередненою епюрою поля розподілу швидкостей у поперечному перетині, що досліджується).

Для оцінки неоднорідності поля розподілу швидкості в двох поперечних перетинах пропонується застосувати три послідовних критерії: критерій загальної відмінності двох експериментальних кривих, що порівнюються; критерій перевищення однієї кривої над іншою; критерій непаралельності двох кривих, що порівнюються.

Отримані значення критеріальних оцінок порівнюють із розрахунковими значеннями межових показників достовірності. Якщо отримані оцінки критеріїв не перевищують табличні значення, то суттєвої різниці в характері кривих, що порівнюються, немає, а значить суттєві деформації потоку в місці його

дослідження відсутні і його вплив на якісні характеристики процесу вимірювання витрати та кількості незначний.

За результатами критеріальних оцінок визначається місце встановлення вимірювального перетворювача витрати на вимірювальній ділянці, що дозволяє зменшити вплив на результати вимірювання гідродинамічних характеристик вимірюваного потоку.

Ключові слова: вимірювання, витрата, кількість, рідина, газ, однорідність потоків.

Література

1. Гришанова І. А., Коробко І. В. Системи CAD/CAE ANSYS FLUENT. – К.: ”ДІА ЛТД”, 2012. – 208 с.

УДК 681.121

ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТУРБІННИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ ВИТРАТИ З ГІДРОДИНАМІЧНИМ ВРІВНОВАЖУВАННЯМ ЧУТЛИВОГО ЕЛЕМЕНТУ

*Писарець А. В. Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна*

Динамічна якість приладів вимірювання витрати та кількості в цілому залежить від всіх їх складових, тобто як від первинного, так і від вторинного перетворювачів. Оскільки вторинні перетворювачі достатньо універсальні, то динамічні характеристики приладів, побудованих на тахометричних первинних перетворювачах витрати, багато в чому визначаються саме їх властивостями.

Інерційність досліджуваної вимірювальної системи визначається інерційністю чутливого елемента (ЧЕ) турбінного перетворювача витрати (ТПВ). Його рух описується системою диференціальних рівнянь

$$\begin{cases} 2\pi J \frac{dn(t)}{dt} = M_p - \sum M_o \\ m \frac{d^2x}{dt^2} = \sum F_i \end{cases},$$

де $n(t)$ – частота обертання ЧЕ; J – момент інерції ЧЕ; M_p – рушійний момент від потоку вимірюваного середовища; M_o – моменти опору обертанню ЧЕ; m – маса ЧЕ; x – поздовжнє переміщення ЧЕ; $\sum F_i$ – головний вектор сил, прикладених до ЧЕ.

Дослідження проводились для конструкції з гідродинамічним врівноважуванням чутливого елемента, створеним нерівномірністю розподілу статичного тиску вдовж вісі перетворювача, що у свою чергу, було досягнуто профілюванням елементів гідравлічного каналу ТПВ, а саме втулки ЧЕ.

Мета досліджень полягала у визначенні впливу осьового переміщення ЧЕ на динамічні характеристики ТПВ, зокрема сталу часу, та пошуку оптимальної

форми втулки ЧЕ, яка б забезпечила мінімальний вплив на зазначені характеристики.

Для досліджень було обрано три різних форми чутливого елементу:

- звичайна турбінка, що представляє собою циліндричну втулку з гвинтовими лопатями;
- ЧЕ, що представляє собою турбінку з втулкою у формі суцільної півкулі;
- ЧЕ, що представляє собою турбінку з втулкою у формі півкулі з визначеною товщиною стінки.

Турбінки усіх вказаних ЧЕ були однаковими за геометричними характеристиками (число лопатей, радіус втулки, зовнішній радіус, осьова довжина турбінки, кут встановлення лопатей на середньому радіусі, товщина лопаті h). Моделювання проводилося для трьох значень витрати: мінімальної; $2/3$ від номінальної та номінальної. Для усіх досліджень була визначена стала часу.

Аналіз результатів проведених досліджень підтвердив уявлення про балансування ЧЕ як в осьовому, так і в радіальному напрямках, за рахунок його гідродинамічного врівноважування шляхом створення епюри нерівномірного статичного тиску вздовж вісі перетворювача; дозволив уточнити напрям подальших досліджень.

Ключові слова: витрата, турбінний перетворювач витрати, стала часу, математичне моделювання.

УДК 681.121

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОФІЛІВ ПОТОКУ ТА ЇХ ОЦІНКА

*Волинська Я. В., Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна*

На метрологічні характеристики вимірювальних перетворювачів витрати рідин та газів значний вплив мають гідродинамічні чинники потоку, особливо тип його профілю. І якщо вимірювання ламінарних, турбулентних та перехідних потоків для багатьох вимірювальних перетворювачів витрати (ВПВ) на сьогодні досить детально досліджені, то питання впливу асиметрії потоку залишається актуальним. Головним завданням є розробка системи критеріїв (показників), за якими досить точно можна оцінити асиметрію та збуреність потоку.

В роботі Л.А. Саламі [1] наводиться аналітичний опис профілів швидкостей, що створюються найпоширенішими гідравлічними опорами (коліна, подвійні коліна, завихрювачі та ін.). Всі профілі за Саламі можна поділити на 3 групи, що описуються такими рівняннями:

$$I. \quad v = (1-r)^{\frac{1}{n}} + m \cdot r \cdot (1-r)^{\frac{1}{k}} \cdot f(\Theta);$$

$$\text{II. } v = \begin{cases} 1 + z \cdot r \cdot \sin \theta, \text{ при } r \leq b, 0 \leq b \leq 1 \\ (1 + z \cdot b \cdot \sin \theta) \left(\frac{1-r}{1-b} \right)^{\frac{1}{n}} + m \cdot (r-b) \left(\frac{1-r}{1-b} \right)^{\frac{1}{k}} \cdot f(\theta), \text{ при } r \geq b \end{cases};$$

$$\text{III. } v = \sin \left(\frac{\pi}{2} \cdot (1-r)^{\frac{1}{n}} \right) + m \cdot \sin \left(\pi \cdot (1-r)^{\frac{1}{k}} \right) \cdot f(\theta).$$

Для оцінки впливу профілів потоку, що збурюються після спеціально створених гідравлічних опорів, в РТВ (Німеччина)[2] було розроблено спеціальну методику. Методика базується на аналізі профілю потоку за чотирма критеріями (факторами): фактор профілю; фактор асиметрії; фактор турбулентності; кут закручування потоку. При аналізі враховується як аксіальна, так і ортогональна складова швидкості потоку. Проте недосконалість даної методики полягає в тому, що визначаються фактори потоку перед ВПВ, проте не аналізується їх вплив на покази приладу. Дану методику можна використовувати лише як допоміжний матеріал при монтажі ВПВ, а не для введення поправок в результати їх вимірювання.

Ще одним підходом до аналізу профілю потоку є оцінка його міри компактності [3]. За таким підходом профіль розподілу швидкостей можна описати експоненціальною, квадратичною, поліноміальною або іншою функцією. В залежності від розподілу швидкості в перерізі потік може бути більш компактным або розмитим. Для встановлення міри компактності потоку використовують моменти розсіювання імпульсу потоку у вигляді:

$$\sigma_x^2 = \frac{1}{J} \iint_S (x - x_0)^2 \rho V^2 ds \qquad \sigma_y^2 = \frac{1}{J} \iint_S (y - y_0)^2 \rho V^2 ds$$

Дані вирази за своєю суттю описують розсіювання імпульсу потоку, тобто дисперсію випадкових величин. За теорією ймовірностей, при фіксованому значенні розсіювання функція втрати енергії в одиницю часу буде тим меншою, чим ближчим буде розподіл швидкостей до нормального і навпаки. Таким чином досить точно можна оцінити міру наближення форми профілю потоку до нормального (нормованого).

В доповіді наведені результати оцінки неоднорідності потоків вимірюваного середовища для різних умов використання ВПВ рідин та газів.

Література

1. Salami L.A. Application of a computer to asymmetric flow measurement in circular pipes // Trans. Inst. MC. 1984. V.6. P. 197.
2. Untersuchung und Entwicklung strömungsprofilunempfindlicher Wasser- und Wärmezähler und deren mechanischer Schnittstellen; (PTB-Bericht PTB-MA-90); Zugl.: Braunschweig, Techn. Univ., Diss., 2012.
3. Струтинський В. Б. Математичне моделювання процесів та систем механіки: Підручник. – Житомир: ЖІТІ, 2001. – 612 с.

ОПЫТ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ И МЕТРОЛОГИЧЕСКОЙ АТТЕСТАЦИИ СЧЕТЧИКОВ ОБЪЕМА И МАССЫ НЕФТЕПРОДУКТОВ И ДРУГИХ ЖИДКОСТЕЙ НА МЕСТЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Чередниченко С. В., Грищенко Е. Н., ГП «Укрметртестстандарт», г. Киев, Украина

К средствам измерительной техники (СИТ) массы и объема нефтепродуктов и жидкостей, относятся кориолисовые счетчики и объемные (камерные) счетчики жидкости. Как правило, у этих СИТ пределы основной погрешности составляют $\pm 0,1 \%$ до $\pm 0,5 \%$. Как правило такие СИТ, наряду с унифицированными аналоговыми и частотно-импульсными выходными сигналами, оснащены средствами цифровой коммуникации, обеспечивающими работу в сети и передачу в цифровом виде всей измерительной информации.

ГП «Укрметртестстандарт» проводит поверку и метрологическую аттестацию таких СИТ на месте их эксплуатации непосредственно на узлах учета. Лаборатория оснащена необходимыми эталонами единиц объемного и массового расхода, объема и массы жидкости, прошедшей по трубопроводу. Лаборатория обеспечена сервисными модемами и программным обеспечением для связи с приборами таких известных мировых производителей массовых расходомеров, как Endress+Hauser, Micro Motion и др.

При поверке таких СИТ на месте эксплуатации применяется гравиметрический или волюметрический методы измерений объема и массы нефтепродукта. При гравиметрическом способе применяются весы, плотномеры и термометры. При использовании этого метода необходимо учитывать коэффициент выталкивающей силы, учитывающий разное значение выталкивающей силы при калибровке весов эталонными гирями и при взвешивании той же массы жидкости. При определении массы жидкости без учёта коэффициента выталкивающей силы появляется методическая погрешность в некоторых случаях соизмеримая с пределами допустимой основной погрешности СИТ. Значение коэффициента выталкивающей силы зависит от температуры, относительной влажности воздуха и атмосферного давления, поэтому одним из условий получения правильных результатов измерений является применение средств измерений параметров окружающей среды. При проведении поверки необходимо проливать достаточный объем нефтепродукта для уменьшения погрешности от дискретности показаний поверяемого СИТ.

При использовании волюметрического метода применяются мерники, плотномеры и термометры. Необходимо измерять температур стенки мерника для определения действительного значения вместимости мерника при температуре окружающей среды во время поверки.

Ключевые слова: счетчики нефтепродуктов, поверка, гравиметрический метод, коэффициент выталкивающей силы, погрешность.

СОВРЕМЕННЫЕ СИСТЕМЫ ДИСТАНЦИОННОГО СЪЕМА ПОКАЗАНИЙ СО СЧЕТЧИКОВ ВОДЫ

Писарец Е. В., Sensus Slovensko, г. Киев, Украина

Повсеместная установка приборов учета является сегодня одним из приоритетных направлений современного реформирования жилищно-коммунального хозяйства. Однако еще на этапе монтажа счетчика необходимо предусмотреть возможность оперативного и регулярного снятия с него показаний.

Компании-поставщики энергетических ресурсов содержат штат инспекторов, которые обходят объекты и вручную фиксируют показания счетчиков. Затем полученные показания переносятся в компьютерную базу данных. Подобный подход имеет ряд очевидных недостатков: регулярные обходы всех объектов требуют много времени; ручной сбор и ввод данных подразумевают вероятность внесения ошибок на любом этапе, где человек в этом принимает участие; в силу различных причин визуальный доступ к счетчикам часто бывает затруднен или невозможен.

Основные методы автоматизированного сбора показаний, полностью лишенные указанных выше недостатков, можно условно разделить на две большие группы: проводные и беспроводные.

Проводной метод обеспечивает съем и передачу показаний со счетчиков и других устройств по паре проводов, удаленных на расстояние до 10 км и более. Может использоваться для непрерывного мониторинга инженерных сетей, отличается высокой помехоустойчивостью, надежностью и простотой реализации. Все устройства подключаются к шине параллельно, что обеспечивает отсутствие ограничений, которые возникают при последовательном подключении, а также обеспечивается возможность опроса практически неограниченного количества приборов. Метод нашел широкое применение при автоматизации учета на больших промышленных объектах, реже – в жилых зданиях.

Беспроводные методы (в первую очередь использование радиоканала) применимы в случае невозможности прокладки проводов к счетчикам, а также для счетчиков, установленных в труднодоступных местах (колодцах, подвалах, объектах с ограниченным доступом). Каждый счетчик оснащается радиомодулем с автономным питанием, который работает в режиме «запрос-ответ». Запрос на передачу данных из модуля счетчика инициирует терминал сбора данных по команде оператора или автоматически. Средняя дальность передачи показаний при установке радиомодулей в закрытых колодцах не превышает 15 м. При съеме со счетчиков, расположенных в подвалах кирпичных зданий – до 200 м, в условиях прямой видимости – до 1 км. Беспроводные методы съема показаний нашли применение для получения данных со счетчиков, установленных в индивидуальном жилищном фонде (малоэтажная застройка), а также в многоэтажных и многоквартирных жилых домах.

Ключевые слова: показания счетчиков, методы передачи информации, дистанционный съем.

УДК 681.121

ВИКОРИСТАННЯ НАПІВМОКРОХІДНИХ ЛІЧИЛЬНИКІВ ХОЛОДНОЇ ВОДИ В МЕТРОЛОГІЧНОМУ КЛАСІ ТОЧНОСТІ «С» ДЛЯ ПОЛІПШЕННЯ НАДІЙНОСТІ І ТОЧНОСТІ ВОДООБЛІКУ

Лукаш О. А., ТОВ «Ін-Прем», м. Київ, Україна

На сьогодні у сфері водоспоживання стоїть гостре питання з впровадження якісного і надійного обліку холодної води. Вирішення цього питання можливе через забезпечення високоточного обліку холодної води, захист роботи контрольно-вимірювального приладу від зовнішнього втручання, а також можливість диспетчеризації та передачі показників на відстань.

1. Використання лічильників води в метрологічному класі точності «С» забезпечує високоякісний облік холодної води та забезпечує вирішення проблеми дисбалансу у сфері водоспоживання. Такі лічильники більш чутливі на мінімальних, перехідних витратах та мають значення порогу чутливості в декілька раз менше в порівнянні зі звичайними приладами обліку.

2. Використання такого типу лічильника, як «напівмокрохід» забезпечує вирішення проблеми зовнішнього впливу магніту на роботу лічильника. Конструктивно у «напівмокрохідів» відсутня магнітна муфта, а тому дія зовнішнього магніту не призводить до повної або часткової зупинки роботи лічильника. Лічильний механізм лічильника типу «напівмокрохід» заповнений спеціальною рідиною, яка не контактує з гідравлічною частиною лічильника, завдяки чому лічильний механізм залишається завжди чистим від домішок і осаду у воді та дозволяє отримувати 100 % зняття показників. Такий тип лічильника дозволяє встановлення його у вологих приміщеннях та може працювати у затопленому стані.

3. Лічильники типу «напівмокрохід» такі як «820», «420 РС» мають підготовку до імпульсного виходу, що дає можливість підключення лічильників до будь-якої системи дистанційного збору даних. На практиці доведено, що встановлення лічильників води в метрологічному класі точності «С» та впровадження системи дистанційної передачі даних дозволяє звести баланс водоспоживання в багатоквартирному будинку фактично до нуля.

Ключові слова: високоточні лічильники води, лічильники в метрологічному класі точності «С», напівмокрохід, системи дистанційного збору даних.

УДК 681.121

ДИВЕРТОР ГОРЯЧЕВОДНОЙ МЕТРОЛОГИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ СЧЕТЧИКОВ ЖИДКОСТИ

*Лукаш М. О., Национальный технический университет Украины
“Киевский политехнический институт”, г. Киев, Украина*

В основе современных поверочных установок заложен весовой метод измерения. Особенностью данного метода является использование весов и датчиков температуры, что позволяет значительно повысить точность поверки счетчиков по сравнению с другими методами.

Определение объема жидкости производится посредством измерения ее веса и температуры с последующим определением физических параметров. Этот метод используют на стендах для поверки счетчиков горячей воды, так как при нагревании воде свойственно расширяться и объем увеличивается, но вес остается неизменным.

При проектировании поверочных установок, необходимо учитывать возможное влияние на точность измерений большого числа погрешностей, возникающих при их эксплуатации. Одна из самых значимых – погрешность вызвана устройством перенаправления потока жидкости (перекидное устройство – дивертор).

На практике используют следующие виды перекидных устройств: а) дивертор на принципе шарнирной трубы; б) пластин, что двигаются асимметрично; в) дивертор с двумя реверсивными клапанами. Основными их недостатками является разбрызгивание потока, возможность выделения пара из воды, скорость и неравномерное перенаправление.

Для устранения выше изложенных недостатков предложен дисковый дивертор (Рис.1). Его принцип действия состоит в перенаправлении потока жидкости за счет прокручивания одного из 2 дисков, на каждом из которых равномерно нанесены секторные отверстия. Благодаря такой конструкции не происходит разрыва потока, минимизируется время перекидки.

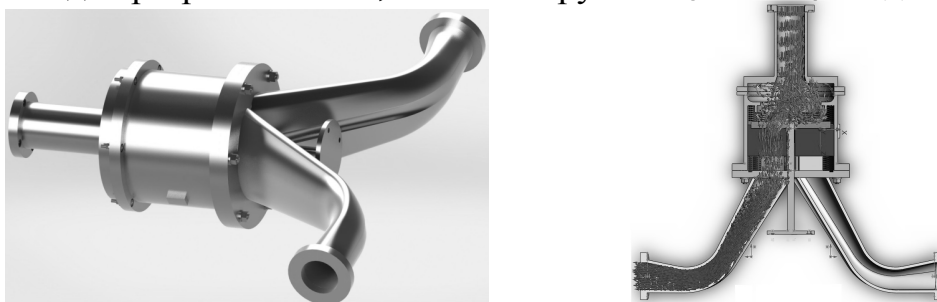


Рис.1. Дисковый дивертор

Ключевые слова: метрологическая установка, счетчик, жидкость.

УДК 681.121

ПОТЕНЦІАЛ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ В УКРАЇНІ

Бойко М. С., Бойко С. Г., ТОВ "Водолій Енергосервіс", м. Київ, Україна

Безсистемна і надто повільна структурна перебудова економіки України, висока енергоємність основних видів продукції, великі обсяги імпорту енергоносіїв, критична зношеність основних фондів; непомірно високого рівня витрати паливно-енергетичних ресурсів на одиницю ВВП і ВВП, що веде країну до економічної кризи, руйнації продуктивних сил та соціального збурення в суспільстві. Враховуючи зазначене, зрозуміло, що в Україні необхідно якнайшвидше провести структурну перебудову її промислового комплексу з метою оптимізації енергоспоживання та одночасної мінімізації імпорту енергоносіїв.

Поряд зі структурною перебудовою економіки для успішного вирішення проблеми енергозабезпечення необхідно реалізувати низку організаційно-правових і технічних заходів з енергозбереження. За одночасної реалізації організаційно-правових заходів і суттєвих змін структури економіки обсяги споживання енергоресурсів можна скоротити у 2—3 рази. Організаційно-правові заходи задля енергозбереження — це розробка і запровадження законів, стандартів, нормативів, податків на викиди шкідливих речовин, на використання імпортованих енергоносіїв, налагодження обліку шляхом використання лічильників ресурсів, державна підтримка впровадження нових ефективних видів техніки, технологій, матеріалів тощо.

Надалі в енергоємних галузях економіки — металургії, електроенергетиці, вугле-, нафто- і газовидобуванні та переробці, комунальному господарстві — потрібно впроваджувати заходи, які потребують значних капітальних витрат. Зважаючи на те, що більшість підприємств цих галузей є приватними, налагодження державного регулювання і здійснення загальнодержавної технічної політики щодо енергозбереження в інтересах країни будуть складними і довго-тривалими процесами, які вимагають запровадження ефективних економічних і правових стимулів. Однак виключно організаційними заходами проблеми енергозбереження не вирішуються, адже основний потенціал розв'язання їх мають технічні заходи, які можна розглядати як другий етап програми енергозбереження. Цей етап передбачає значні капіталовкладення як в енергозбереження, так і в удосконалення енергетичної техніки та енергоефективного обладнання. Питомі капіталовкладення на створення 1 кВт встановленої потужності у 3—4 рази більші, ніж на 1 кВт зекономленої. Тому енергозбереження має більш високий пріоритет в порівнянні з модернізацією енергетики. Але неможливо буде обійтися без приросту енергетичних потужностей, тобто необхідне інвестування і енергозбереження, і розвитку енергетики. Основний потенціал енергозбереження зосереджений у найбільш енергомістких галузях економіки. Змістом заходів в цих галузях є модернізація обладнання, оновлення технологічних процесів та застосування нових ресурсощадних матеріалів. Це дозволить, окрім економії ресурсів, підвищити також якість виробів, що важливо для виходу на західні ринки.

Про нагальну потребу оптимізації структури промислового комплексу свідчить той факт, що енергомісткість одиниці ВВП України поступається усім розвинутим країнам світу, де цей показник нижчий у 2—10 разів. Окрім цих міжгалузевих та загальнодержавних заходів, необхідно через національні програми реалізувати цілу низку заходів щодо енергозбереження в галузях. Такими є: модернізація процесів регенерування брухту чорних металів та виплавки чавуну (і сталі), підвищення якості сталі; збільшення частки використання деталей із високоміцного чавуну та пластмас; оптимізація технологічних процесів виробництва; використання енергоекономних освітлювальних ламп; оптимізація теплопостачання; обладнання електричних двигунів перетворювачами частоти; налагодження випуску електричних лічильників для погодинного обліку і запровадження диференційованих тарифів; збільшення частки комбінованого виробництва електрики і тепла за

рахунок масштабного впровадження когенераційних та утилізаційних установок. Економія в результаті реалізації зазначених вище заходів може бути значно більшою від обсягів виробництва енергії на усіх АЕС України.

Ключові слова: енергозбереження, оптимізація теплопостачання, системи автоматичного контролю.

УДК 681.121

КОНСУЛЬТАТИВНІ ПОЛОЖЕННЯ І ГОЛОВНІ НАПРЯМКИ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ

Бойко Т. С., Бойко С. Г., ТОВ "Водолій Енергосервіс", м. Київ, Україна

Характеризуючи галузь енергетичного забезпечення, необхідно зазначити, що для опалення у світі споживається понад 40 % всіх енергоресурсів. Проблема України в тому, що при дотриманні світових пропорцій, ефективність енергетичного забезпечення залишається вкрай низькою. Реально потенціал економії енергії в Україні, на загал сягає 70 %. Це стосується населення, бюджетної сфери, комунальної енергетики та теплогенерації.

Основними напрямками і заходами з економії енергоресурсів є: розробка і впровадження більш ефективних (у т.ч. локальних) систем генерації та вдосконалення управління їх режимами; скорочення втрат і підвищення використання вторинних ПЕР та альтернативних джерел енергії; використання комбінованих (когенераційних) енерготехнологічних процесів.

Перелічені заходи неможливі без відповідних (у ряді випадків досить значних) капіталовкладень за основними напрямками підвищення ефективності, зокрема: зменшення потреби; ефективна генерація ресурсів та зменшення втрат при транспортуванні; облік та управління.

За оцінками як вітчизняних, так і закордонних експертів, потенціал економії електроенергії в будинках і спорудах дорівнює 50 – 65 %, а теплової енергії – 50 %. У порівнянні з країнами ЄС, витрати енергії для опалення в Україні є у 2 – 3 рази вищими (клас будівель F, E). В Європі це - D, C. За новими нормами енергопотреби будівель віднесено до класу – B. Реально проведена комплексна термомодернізація споруд сьогодні дозволяє досягати як ДБН-значення (клас B) так і перспективного значення (клас – A). При цьому втрати теплової енергії будинком, а також потенціал енергозбереження сьогодні має такий розподіл: зовнішні стіни – 40 % (потенціал економії – 70 %); вікна, двері – 25 % (потенціал економії – 50 %); вентиляція – 15 % (потенціал економії 65%); гаряча вода – 10 % (потенціал економії – 30 %); дах, підлога – 8 % (потенціал економії – 50 %); трубопроводи, арматура – 2 % (потенціал економії 35%). Ураховуючи загальну кількість будинків і споруд та питомі витрати енергії на їх теплозабезпечення, необхідно приділяти величезну увагу теплоізоляції і енергозбереженню.

Розробка енергетичної стратегії регіону, орієнтованої на відхід від газової залежності з орієнтуванням на місцеві види палива та здійснення першочергових заходів із енергоощадності, дозволить ставити питання про повну енергетичну незалежність. Диверсифікація джерел не вимагатиме

значних капіталовкладень, а здійснене енергозбереження у сфері термореновації будівель дозволить вирішувати питання масштабного використання альтернативних джерел (перш за все енергії сонця, та теплової енергії землі), економічно обґрунтована частка якої протягом 5 років може бути доведена до 20 %. Важливим є коригування схем теплопостачання на базі помірно-децентралізованого та автономного теплопостачання з використанням нетрадиційних джерел теплової енергії, що, у свою чергу, дозволить удвічі зменшити споживання енергетичних ресурсів.

Послідовність вирішення проблем підвищення енергоефективності створення на місцях постійних консультаційних центрів; виконання демонстраційних пілотних проектів з навчанням місцевого персоналу та розповсюдженням їх знань на реалізацію нових об'єктів реконструкції на території реалізації аналогічних пілотних проектів; створення на рівні виконавчої влади системи розповсюдження набутого регіонального досвіду на інші регіони.

Очікувані результати. Можна прогнозувати на 5-річний період, що в режимі самоокупності споживання енергії на побутові цілі та цілі опалення в регіоні можуть бути зменшені на 30 %. Альтернативна енергетика та використання місцевих видів палива за відповідних капіталовкладень може зменшити споживання газу в регіоні до дебету власного видобутку.

Ключові слова: енергоефективність, альтернативна енергетика, економія енергії.

УДК 681.121

ВИМОГИ ДО ОРГАНІЗАЦІЙНОЇ СТРУКТУРИ ТА ТЕХНІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ АІВС ПЕРШОГО РІВНЯ

Бойко Т. С., Бойко С. Г., ТОВ "Водолій Енергосервіс", м. Київ, Україна

Однією з головних задач автоматизованої інформаційно-вимірювальної системи (АІВС) Прикарпаття є здійснення гідрологічного прогнозування водного режиму річок, припливу води Дністровського водосховища на основі сучасних гідрологічних моделей (комбінації моделей) з метою безперервної оцінки поточного стану водних об'єктів та його зміни, складання і розповсюдження попередження про небезпечність гідрологічних явищ.

Особливо слід зазначити систему MIKE11, що розроблена Датським Гідравлічним Інститутом (www.dnigroup.com). На базі цієї системи в багатьох країнах Європи були створені регіональні системи прогнозування повеней. Серед цих країн - Англія, Данія, Італія, Чехія, Словаччина, Швеція.

В останні роки у країнах Європи (De Roo et al., 2000) та США (Smyth et al., 2003) для прогнозування повеней почали використовувати саме розподілені моделі, що обумовлено швидким розвитком обчислювальних потужностей та доступністю надточних топографічних даних. Розподілені моделі враховують просторову динаміку процесів, просторову мінливість метеорологічних граничних умов, фізико-географічні фактори, такі як висоти, параметри ґрунту тощо. Ці моделі базуються на сіткових та растрових методах, в яких інформація

представляється у вигляді сіток (кінцеві різниці, кінцеві елементи, растри) з малим кроком. Сітки відображають детальну інформацію про топографію та землекористування на водозборі з використанням гео-інформаційних систем (ГІС). Такі моделі базуються на чисельному розв’язку двовимірних рівнянь у часткових похідних: системи рівнянь Сен-Венана або її спрощених варіантів - рівнянь «дифузійної хвилі» або «кінематичної хвилі». Приклади розподілених моделей «опади-стік»: SHE (Aboot, 1986), INM (Morris, 1980), TOPMODEL (Beven, 1995), TOPKAPI (Todini, 2002), а також система моделювання MIKE SHE (www.dnigroup.com), що базується на моделі SHE (Abbott et al. 1986a, Aboot et al. 1986b).

Вимоги до організаційної структури та технічного забезпечення АІВС першого рівня Організаційна структура АІВС Прикарпаття повинна складатися з елементів, які забезпечать виконання всіх покладених на систему функцій; дозволяти виконувати всі функції з урахуванням їх розподілу по рівнях управління; мати відповідні штати кваліфікованих працівників на усіх рівнях системи; мати інструкції, які визначають дії персоналу при виконанні системою автоматизованих функцій у всіх режимах функціонування, включаючи вказівки стосовно дій персоналу у випадку виникнення аварійних ситуацій чи порушенні нормальних умов роботи системи.

АІВС «Прикарпаття» повинна складатися з підсистем: вимірювань; передачі і обміну інформацією; прийому та обробки інформації; інформаційно-аналітичної; прогностичної.

Вимоги для технічного забезпечення систем: комплект технічних засобів повинен бути достатнім для виконання покладених на систему функцій; при комплектації системи повинні в основному використовуватись технічні засоби серійного виробництва; технічні засоби повинні розташовуватись з виконання вимог, наведених у технічній, у тому числі і експлуатаційній документації на них та забезпечувати їх зручне використання при їх роботі та технічному обслуговуванні; розташування технічних засобів повинно відповідати вимогам ергономіки; технічні засоби системи АІВС Прикарпаття, що взаємодіють з іншими системами, повинні бути сумісними з відповідними технічними засобами цих систем та засобах зв’язку, що будуть задіяні при передачі інформації; технічні засоби, задіяні в АІВС, повинні мати термін служби не менше ніж 10 років; застосування засобів з меншим терміном використання повинно бути додатково обґрунтовано; кожний з задіяних технічних засобів повинен передбачати йому заміну засобом з аналогічним функціональним призначенням без конструктивних змін чи регулювання в інших технічних засобах, задіяних в АІВС; виключення становлять випадки, спеціально обумовлені в технічній документації на створення АІВС; технічні засоби допускається використовувати тільки в умовах, визначених експлуатаційною документацією. У випадку, коли використання засобів буде в середовищі, параметри якого перевищують допустимі значення, передбачені для даних технічних засобів, вони повинні передбачати окремі міри захисту від впливу діючих на них негативних факторів.

Ключові слова: вимірювальна система, прогнозування, вимірювання, водні ресурси.

МОДЕЛЮЮЧИЙ КОМПЛЕКС МЕТРОЛОГІЧНОЇ АТЕСТАЦІЇ КООРДИНАТНО-ВИМІРЮВАЛЬНОЇ МАШИНИ

Хаєйн Т. М., Національний авіаційний університет, м. Київ, Україна

Ефективність і достовірність процесу вимірювання на координатно-вимірювальних машинах (КВМ) залежать як від технічних і метрологічних характеристик апаратної частини КВМ, так і від функціональності програмного забезпечення, адекватності використовуваних методик координатних вимірювань.

Мета доповіді – визначити зміст і структуру програмних засобів для моделюючого комплексу метрологічної атестації (МА) КВМ в середовищі програмування *LabView*. Сформулюємо основні вимоги до моделюючого комплексу МА КВМ. Такий комплекс повинен забезпечувати:

- генерації вибірок необхідного об'єму відповідно до заданого розподілу ймовірностей і значень його параметрів;
- вибору типових стратегій вимірювання і розробки управляючої програми координатного контролю деталі;
- управління циклом вимірювання координат заданого масиву точок, які належать реальним поверхням деталі;
- математичної обробки результатів вимірювання і розрахунків заданих лінійно-кутових параметрів (розмірів, відхилення від форми і розташування);
- обчислення основних статистичних характеристик;
- візуалізацію графічної, числової і текстової інформації;
- оформлення вимірювальних протоколів;
- збереження отриманої метрологічної інформації з можливістю подальшого експорту;
- формування бази даних для проведення прогнозування і розробки подальших рекомендацій.

Обґрунтована структура програмних засобів моделюючого комплексу аналізу результатів вимірювання при метрологічній атестації на КВМ реалізована в середовищі графічного програмування *LabView*. Програмний комплекс дозволяє створювати бібліотеки стандартних програм обробки лінійно-кутових вимірювань, надає можливість розробки та випробовування нових алгоритмів вимірювання на КВМ і обробки лінійно-кутових величин, виконувати імітаційне моделювання як самого вимірювального каналу, так і процесу вимірювання в цілому з врахуванням дестабілізуючих факторів, статистичного прогнозування. Інтерфейс користувача дає можливість інтерактивного керування параметрами програмного комплексу.

Ключові слова: лінійно-кутові вимірювання, координатно-вимірювальні машини, моделювання, вимірювальна невизначеність.

УДК 681.51, 621.3.07

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СТРУКТУРИ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ДЛЯ КЕРУВАННЯ ДИНАМІЧНИМИ ОБ’ЄКТАМИ

Памалар М.І., Пастернак Ю.В., Стрембіцький М.О., Тернопільський національний технічний університет ім. І. Пулюя, м. Тернопіль, Україна

Важливою властивістю нейронних мереж (НМ) є можливість навчання і адаптації. Для такого випадку не потрібно мати повні знання про об’єкт керування, наприклад його математичну модель, а на основі вхідних і заданих сигналів НМ можна навчити керувати об’єктом. НМ складається з великої кількості взаємозв’язаних простих елементів (нейронів), які в результаті дають велику обчислювальну потужність.

Основна проблема, яка виникає при проектуванні НМ, виникає при виборі її структури, кількості шарів і кількості нейронів в кожному шарі. Для більшості задач достатньо трьохшарової мережі, тому залишається визначити структуру НМ і число нейронів в двох перших шарах. Ускладнена структура приведе до надлишкового збільшення часу навчання, а також підвищується ймовірність перенавчання НМ.

Метою роботи є дослідження роботи різних структур НМ для керування динамічними об’єктами із змінною структурою.

Об’єктом дослідження є нейронна мережа (НМ), яка задає керуючу дію на контролера швидкості (КШ), що в подальшому керує антенною системою до складу якої входить частотний перетворювач (ЧП), привід (П), яким є асинхронний двигун і опорно-поворотний пристрій (ОПП), рис. 1.

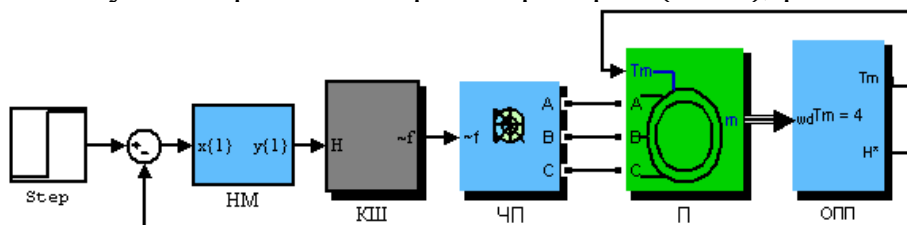


Рисунок 1 – Модель АС

В ході дослідження було розглянуто наступні структури: мережу прямого поширення сигналу і зворотнього поширення помилки, мережу із запізненням і зворотнім поширенням помилки, рекурентну модифіковану НМ Елмана із глобальним зворотнім зв’язком із виходу на вхід.

Формування навчальної вибірки виконували на основі спостереження перехідного процесу для АС, при реакції на вхід імпульсної функції з різними значення амплітуди.

Отримані результати моделювання створених НМ свідчать про ефективність роботи модифікованої НМ Елмана, оскільки тривалість перехідного процесу для даної структури є найменшою.

Ключові слова: нейрон, нейронна мережа, антенна система.