

Розробка вимірювальних перетворювачів витрати природного газу з використанням комп'ютерних технологій параметричного моделювання

Разработка измерительных преобразователей расхода природного газа с использованием компьютерных технологий параметрического моделирования

Development of natural gas consumption transducers with the use of computer technology parametric modeling

1. **Номер державної реєстрації:** 0109U002631.
2. **Науковий керівник** . *Коробко І.В., к.т.н., доцент; Коробко І.В., к.т.н., доцент; Korobko I.V., Ph.D., Associate Professor.*
3. **Суть розробки, основні результати.**
(укр.)

Робота спрямована на розв'язання задач розроблення сучасних вимірювальних перетворювачів витрат природного газу (ВПВПГ) для: вимірювання витрати та кількості природного газу в системах технологічної підготовки та транспортування природного газу; вимірювання витрати природного газу в комунальному господарстві з метою комерційного його обліку при визначенні величин відшкодувань за надання відповідних послуг; вимірювання витрати природного газу при технічному обліку в технологічному процесі відповідних виробництв.

Проведена оцінка сучасного стану і виявлено тенденції розвитку методів вимірювання витрати та кількості природного газу; проаналізовані та розроблені технічні вимоги до сучасних ВПВПГ; наведена оцінка їх технічних можливостей при реалізації конкретних приладів відповідно до висунутих вимог. Визначена і проаналізована сукупність найбільш важливих критеріїв оцінки ефективного використання різноманітних за принципом дії ВПВПГ для створення приладів обліку витрати та кількості з високими метрологічними та експлуатаційними характеристиками. Аналіз сучасних методів, приладів та систем вимірювання витрати природного газу показує, що заданим вимогам і умовам вимірювань витрат газоподібних паливно-енергетичних ресурсів (ПЕР) в побуті і в промисловості, найбільш повно відповідають такі методи: швидкісний (з аксіальними турбінними чутливими елементами), ультразвуковий та вихровий. Широкого застосування сьогодні набули швидкісні ВПВПГ із аксіальною турбіною. Проведений аналіз показав, що, основним недоліком таких турбінних вимірювальних перетворювачів витрат (ТВПВ), є тертя в опорах ЧЕ (турбінки), що спричиняє нестабільність їх роботи та метрологічних характеристик. Для покращення метрологічних і експлуатаційних характеристик ТВПВ запропонована нова конструкція лічильника, що базується на використанні динамічного врівноважування ЧЕ приладу. За результатами проведених досліджень та аналізу методів розвантажування опор ЧЕ ТВПВ розроблена класифікація цих методів.

Розроблена математична модель функціонування ВПВПГ, яка враховує взаємозв'язок потоку вимірюваного середовища, проточної частини (вимірювальної камери) і ЧЕ на базі його взаємодії з тілами складної форми обтікання та подальшим вирішенням питань оптимального проектування таких приладів із застосуванням сучасних комп'ютерних технологій параметричного моделювання. В процесі розробки математичної моделі отримані і досліджені аналітичні залежності динамічних і статичних характеристик ТВПВ. Виявлено вплив на їх роботу геометричних параметрів конструкцій та основних фізико-хімічних властивостей вимірюваного середовища.

Сформульована і розв'язана задача оптимізації параметрів конструкцій ТВПВ за допомогою комплексних алгоритмів оптимізаційних досліджень. На базі теоретичних і експериментальних досліджень розроблено систему оптимального проектування і на її основі створена методика проектування ТВПВ природного газу. Створена система дозволяє: вести пошук оптимальної конструкції ВПВПГ за заданими критеріями оптимальності; моделювати роботу ВПВПГ як в динамічному режимі за умови різного характеру зміни витрат, так і в

статичному при зміні геометричних параметрів конструкції і властивостей вимірюваного середовища; визначати нелінійність градувальних характеристик приладу; оцінювати чутливість метрологічних характеристик ТВПВ до зміни різних показників, що визначаються вихідними даними; формувати конструкцію ТВПВ шляхом підбору оптимальних значень проектних параметрів для конкретних умов їх використання.

Створено програмне забезпечення, що дозволяє на етапі проектування здійснювати пошук оптимальної конструкції за багатьма критеріями та параметрами, моделювати роботу ВПВПГ з динамічно врівноваженими ЧЕ в умовах усталених та неусталених режимів, формувати конструкцію приладу для конкретних умов експлуатації.

Використовуючи отримані результати теоретичних і експериментальних досліджень, розроблено проект технічних пропозицій макетного зразка нового ВПВПГ із динамічним врівноважуванням ЧЕ, який має більш високі метрологічні характеристики у порівнянні з існуючими аналогами. Підготовлені рекомендації зі створення узагальнених методик розробки ВПВПГ з використанням сучасних комп'ютерних технологій.

(рос.)

Работа направлена на решение задач разработки современных измерительных преобразователей расхода природного газа (ИПРПГ) для: измерения расхода и количества природного газа в системах технологической подготовки и транспортирования природного газа; измерения расходов природного газа в коммунальном хозяйстве с целью коммерческого его учета при определении размера возмещений за предоставление соответствующих услуг; измерения расходов природного газа при техническом учете в технологическом процессе соответствующих производств.

Проведена оценка современного состояния и определены тенденции развития методов измерения расхода и количества природного газа; проанализированы и разработаны технические требования к современным ИПРПГ; приведена оценка их технических возможностей при реализации конкретных приборов в соответствии с выдвинутыми требованиями. Определена и проанализирована совокупность наиболее важных критериев оценки эффективного использования различных по принципу действия ИПРПГ для создания приборов учета расхода и количества с высокими метрологическими и эксплуатационными характеристиками. Анализ современных методов, приборов и систем измерения расхода природного газа показывает, что заданным требованиям и условиям измерений расхода газообразных топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) в быту и промышленности, наиболее полно соответствуют такие методы: скоростной (с аксиальными турбинными чувствительными элементами), ультразвуковой и вихревой. Широко распространены сегодня скоростные ИПРПГ с аксиальной турбиной. Проведенный анализ показал, что основным недостатком таких турбинных измерительных преобразователей расхода (ТИПР) является трение в опорах чувствительного элемента (ЧЭ), являющееся причиной нестабильности их работы и метрологических характеристик. Для улучшения метрологических и эксплуатационных характеристик ТИПР предложена новая конструкция счетчика с динамическим уравниванием ЧЭ. В результате проведенных исследований и анализа методов разгрузки опор ЧЭ ТИПР разработана классификация указанных методов.

Разработана математическая модель функционирования ИПРПГ, которая учитывает взаимосвязь потока измеряемой среды, проточной части (измерительной камеры) и ЧЭ на основе его взаимодействия с телами сложной формы и дальнейшим решением вопросов оптимального проектирования таких приборов с применением современных компьютерных технологий параметрического моделирования. В процессе разработки математической модели получены и исследованы аналитические зависимости динамических и статических характеристик ТИПР. Оценено влияние на их работу геометрических параметров конструкций и основных физико-химических свойств измеряемой среды.

Сформулирована и решена задача оптимизации параметров конструкций ТИПР с помощью комплексных алгоритмов оптимизационных исследований. На базе теоретических и

экспериментальных исследований разработана система оптимального проектирования, ставшая основой для создания методики проектирования ТИПР природного газа. Разработанная система позволяет: вести поиск оптимальной конструкции ИПРПГ по заданным критериям оптимальности; моделировать работу ИПРПГ как в динамическом режиме при условии различного характера изменения расхода, так и в статическом, при изменении геометрических параметров конструкции и свойств измеряемой среды; определять нелинейность градуировочных характеристик прибора; оценивать чувствительность метрологических характеристик ТИПР к изменению различных показателей, определяемых исходными данными; формировать конструкцию ТИПР путем подбора оптимальных значений проектных параметров для конкретных условий их использования.

Создано программное обеспечение, позволяющее на этапе проектирования осуществлять поиск оптимальной конструкции по многим критериям и параметрам, моделировать работу ИПРПГ с динамически уравновешенным ЧЭ в условиях установившихся и неустановившихся режимов, формировать конструкцию прибора для конкретных условий эксплуатации.

Используя полученные результаты теоретических и экспериментальных исследований, разработан проект технических предложений макетного образца нового ИПРПГ с динамическим уравновешиванием ЧЭ, имеющего более высокие метрологические характеристики по сравнению с существующими налогами. Подготовлены рекомендации по созданию обобщенных методик проектирования ИПРПГ с использованием современных компьютерных технологий.

Англ.

This work addresses the challenges of designing modern natural gas flow transducers (NGFT) for: measuring the natural gas rate and quantity in the technological preparation systems and natural gas transportation, measuring the natural gas rate utilities with a view to its commercial account when determining the amount of compensation for providing services; measuring natural gas rate, with the technical account in the process of the production.

Assessed the current state and identify trends in natural gas measuring methods flow rate and quantity, analyze and develop technical requirements for modern NGFT; give an estimate of their technical capabilities in the implementation of specific devices in accordance with the requirements put forward. Defined and analyzed the collection of the most important criteria for assessing the effective use of different operating principle NGFT to create a metering rate and the number of high metrological and operational characteristics. Analysis of modern methods, devices and systems for measuring natural gas flow shows that the specified requirements and conditions of the flow measurements of gaseous fuel and energy resources (FER) in the home and industry that best correspond to such techniques: high-speed (with axial turbine sensors), ultrasonic and vortex. Prevalent today NGFT speed with an axial turbine. The analysis showed that the main drawback of such turbine flow transducers (TFT) is friction in the bearings of the sensitive element (SE), a cause of instability in their work and metrological characteristics. To improve the metrological and operational characteristics of TFT new design of the counter with a dynamic balancing SE. As a result of research and analysis methods for bearing unloading SE TFT is the classification of these methods.

A mathematical model of NGFT, which takes into account the relationship of the medium flow, the flow part (measuring chamber) and the SE on the basis of its interaction with the bodies of complex shape, and address further the question of optimal design of such instruments using modern computer technology parametric modeling. In developing the mathematical model were obtained and studied the analytical dependence of the TFT dynamic and static characteristics. The influence on their work of structures geometrical parameters and basic physical and chemical properties of the medium is appreciated.

Formulated and solved the problem of optimizing the design parameters of TFT, using complex algorithms for optimization studies. On the basis of theoretical and experimental research

has developed a system of optimal design, which became the basis for creating design techniques TFT natural gas. The developed system allows: to search for the optimal design NGFT criteria of optimality, to simulate the work NGFT in dynamic mode under the condition of various character changes in flow and in static, changing the geometric parameters of structure and properties of the medium, determined by the nonlinear calibration characteristics of the instrument, to assess sensitivity of the metrological characteristics of TFT to change various parameters defining the source data; shape design TFT, by selecting optimal values of design parameters for the concrete conditions of their use.

The software, which allows the design phase to search for the optimal design of many criteria and parameters to simulate the work NGFT with dynamically balanced SE under steady and transient regimes, to form the device design for specific operating conditions.

Using the results of theoretical and experimental studies, a draft of the technical proposals of the new prototype NGFT with dynamic balancing of the SE, which has a high metrological characteristics in alignment with the existing taxes. Recommendations for the establishment of generalized method of designing NGFT using modern computer technology.

4. Наявність охоронних документів на об'єкти права інтелектуальної власності.

За результатами роботи підготовлено 2 патенти України: Коробко І.В., Кузьменко П.К., Журбенко Л.П. Насадка, 2009 р. Патент України, № 1092 U.; Коробко І.В., Кузьменко П.К., Журбенко Л.П. Вимірювальний перетворювач., 2008 р.. Патент України, 4638U.

5. Порівняння зі світовими аналогами.

За своїми метрологічними та експлуатаційними характеристиками запропоновані прилади не поступаються світовим аналогам, а за конструктивним рішенням та технічною пропозицією є оригінальними.

6. Економічна привабливість для просування на ринок.

На сьогодні дуже важливою є задача розроблення нових і вдосконалення існуючих методів та способів вимірювання витрат і кількості паливно-енергетичних ресурсів. Особливої актуальності набули питання створення інформаційно-вимірювальних систем при видобуванні, підготовці, транспортуванні та споживанні природного газу. Оснащення систем контролю за спожитим природним газом розробленими ВПВ значно підвищить її ефективність та надійність. Вартість реалізації проекту не перевищує 10 мільйонів гривень; термін впровадження до 18 місяців. Затрати на виробництво окупляться через 2-2,5 роки.

7. Потенційні користувачі.

Міністерство палива та енергетики, Міністерство житлово-комунального господарства, НАК „Нафтогаз України”, ДК”Укргазвидобування”, ВАТ”Укрнафта”, ВАТ” Укртранснафта”, ДАТ “Чорноморнафтогаз”. Результати роботи можуть бути впроваджені при розробці систем енерго- та ресурсозбереження? а також при організації випуску систем контролю та обліку витрат природного газу на приладобудівних підприємствах України Німеччини, Словачії, Польщі та Росії.

8. Стан готовності розробки.

Розроблено проект технічних пропозицій макетного зразка ВПВПГ з ДВЧЕ. Підготовлені рекомендації зі створення узагальнених методик розробки ВПВПГ з використанням комп'ютерних технологій.

9. Існуючі результати впровадження.

10. **Назва підрозділу, телефон, e-mail.** Приладобудівний факультет, Науково-дослідний центр ”Прилади і системи енергозбереження”. Тел. 406-85-69, prise@kpi.ua

11. Перелік публікацій за матеріалами досліджень за період виконання .

За матеріалами досліджень за період виконання роботи опубліковано 27 наукових статей, захищена кандидатська дисертація Писарець А.В., опубліковано 23 тези доповідей на науково-технічних конференціях.

1. Дисертація на здобуття ступеню кандидата технічних наук Писарець А.В. за темою „Турбінний вимірювальний перетворювач витрат з гідродинамічним врівноваженням чутливого елемента”.
2. Наукові публікації:
 - 2.1 Коробко І.В. Застосування методів геометричного моделювання при проектуванні вимірювальних перетворювачів витрат та кількості рідин і газів. // Збірка тез доповідей VIII Міжнародної науково-технічної конференції ”Приладобудування 2009: стан і перспективи”, 28-29 квітня 2009 р., м. Київ, С. 208.
 - 2.2 Коробко І.В. Розробка лічильників гарячої води з диференційованою оплатою за її використання в залежності від температури. // Збірка тез доповідей VIII Міжнародної науково-технічної конференції ”Приладобудування 2009: стан і перспективи”, 28-29 квітня 2009 р., м. Київ, С.223.
 - 2.3 Писарець А.В. Експериментальні дослідження тахометричних вимірювальних перетворювачів витрати з гідродинамічним врівноваженням чутливого елемента. // Збірка тез доповідей VIII Міжнародної науково-технічної конференції ”Приладобудування 2009: стан і перспективи”, 28-29 квітня 2009 р., м. Київ, С.218.
 - 2.4 Кузьменко П.К. Багато параметричне моделювання первинних вимірювальних перетворювачів витрат. // Збірка тез доповідей VIII Міжнародної науково-технічної конференції ”Приладобудування 2009: стан і перспективи”, 28-29 квітня 2009 р., м. Київ, С.222.
 - 2.5 Коробко І.В., Кузьменко П.К. Проектування вимірювальних перетворювачів витрат газу із застосуванням сучасних комп’ютерних технологій. // Збірник тез доповідей VI Всеукраїнської науково-технічної конференції „Вимірювання витрати та кількості газу”, 20-21 жовтня 2009 р., м. Івано-Франківськ, С.108-109.
 - 2.6 Коробко І.В., Кузьменко П.К. Розробка інформаційно-вимірювальних систем та комплексів визначення витрат і кількості природного газу. // Збірник тез доповідей VI Всеукраїнської науково-технічної конференції „Вимірювання витрати та кількості газу”, 20-21 жовтня 2009 р., м. Івано-Франківськ, С.110-11.
 - 2.7 Коробко І.В. Підготовка кваліфікованих фахівців в галузі вимірювання витрат та кількості паливно-енергетичних ресурсів в Національно-технічному університеті України „Київський політехнічний інститут”. // Збірник тез доповідей VI Всеукраїнської науково-технічної конференції „Вимірювання витрати та кількості газу”, 20-21 жовтня 2009 р., м. Івано-Франківськ, С.112-114.
 - 2.8 Гришанова І.А. Безконтактний ультразвуковий метод вимірювання витрат . Міжвузівський збірник „Наукові нотатки” Луцького Національного технічного університету . - №26. м. Луцьк. – 2009.
 - 2.9 Гришанова І.А. Шляхи вдосконалення витратомірів - теплотічильників з автономним живленням. Вісник НТУУ”КПІ”, Приладобудування.-2009.-Вип.38.
 - 2.10 Гришанова І.А. Комп’ютерне моделювання швидкісних витратомірів. Праці Таврійської державної агротехнічної академії. - Вип.4.Том 45, м. Мелітополь,-2009
 - 2.11 Патент України. № 32429 У, . Насадка / І.В. Коробко, П.К. Кузьменко, Журбенко Л.П. - Опубл. 12.05.2009; Бюл. №9. – 3 с.
 - 2.12 Патент України. № № 34955 У, Вимірювальний перетворювач для спірометричних досліджень / І.В. Коробко, П.К. Кузьменко, Журбенко Л.П. - Опубл. 26.08.2009; Бюл. №16. – 4 с.
 - 2.13 Коробко І.В., Дорошко О.М. Розробка пристрою для вимірювання гостроти канта діафрагми витратомірів змінного перепаду тиску. // Збірка тез доповідей IX Міжнародної науково-технічної конференції ”Приладобудування 2010: стан і перспективи”, 27-28 квітня 2010 р., м. Київ, С.256.

- 2.14 Коробко І.В. Основні етапи створення математичних моделей вимірювальних перетворювачів витрат та кількості рідин і газів // Збірка тез доповідей ІХ Міжнародної науково-технічної конференції "Приладобудування 2010: стан і перспективи", 27-28 квітня 2010 р., м. Київ, С.259.
- 2.15 Коробко І.В. Визначення основних задач експериментальних досліджень вимірювальних перетворювачів витрат паливно-енергетичних ресурсів та води. // Збірка тез доповідей ІХ Міжнародної науково-технічної конференції "Приладобудування 2010: стан і перспективи", 27-28 квітня 2010 р., м. Київ, С.262.
- 2.16 Коробко І.В., Вовк Н.В. Натурне моделювання вимірювальних приладів витрат природного газу. // Збірка тез доповідей ІІІ науково-практичної конференції студентів та аспірантів „Погляд у майбутнє приладобудування „, 27-29 квітня 2010 р., м. Київ, С.114.
- 2.17 Лукаш О.А., Лукаш М.О. Экономическая эффективность оптимизации учета водопотребления с использованием систем дистанционной передачи данных. // Збірка тез доповідей ІХ Міжнародної науково-технічної конференції "Приладобудування 2010: стан і перспективи", 27-28 квітня 2010 р., м. Київ, С.250.
- 2.18 Кузьменко П.К. Моделювання електромагнітних витратомірів за допомогою CFD технологій. // Збірка тез доповідей ІХ Міжнародної науково-технічної конференції "Приладобудування 2010: стан і перспективи", 27-28 квітня 2010 р., м. Київ, С.265.
- 2.19 Писарець А.В. Дослідження впливу форми чутливого елемента на динамічні характеристики турбінного перетворювача витрат. // Збірка тез доповідей ІХ Міжнародної науково-технічної конференції "Приладобудування 2010: стан і перспективи", 27-28 квітня 2010 р., м. Київ, С.263.
- 2.20 Кузьменко П.К. Комплексна програма реорганізації інженерних мереж. // Збірка тез доповідей ІХ Міжнародної науково-технічної конференції "Приладобудування 2010: стан і перспективи", 27-28 квітня 2010 р., м. Київ, С.266.
- 2.21 Волинська Я.В. Методи вимірювання витрат та кількості нафти і нафтопродуктів. // Збірка тез доповідей ІІІ науково-практичної конференції студентів та аспірантів „Погляд у майбутнє приладобудування „, 27-29 квітня 2010 р., м. Київ, С.115.
- 2.22 Волинська Я.В. Вплив фізико-хімічних характеристик нафти на точність визначення її витрати та кількості. // Збірка тез доповідей ІІІ науково-практичної конференції студентів та аспірантів „Погляд у майбутнє приладобудування „, 27-29 квітня 2010 р., м. Київ, С.116.
- 2.23 Дорошко О.М., Коробко І.В. Моделювання пристрою для вимірювання гостроти канта діафрагми витратомірів перемінного перепаду тиску. // Збірка тез доповідей ІІІ науково-практичної конференції студентів та аспірантів „Погляд у майбутнє приладобудування „, 27-29 квітня 2010 р., м. Київ, С.119.
- 2.24 Ряба А.В. Методи вимірювання витрат природного газу. // Збірка тез доповідей ІІІ науково-практичної конференції студентів та аспірантів „Погляд у майбутнє приладобудування „, 27-29 квітня 2010 р., м. Київ, С.123.
- 2.25 Ряба А.В. Ультразвукові лічильники природного газу. // Збірка тез доповідей ІІІ науково-практичної конференції студентів та аспірантів „Погляд у майбутнє приладобудування „, 27-29 квітня 2010 р., м. Київ, С.124.
- 2.26 Степанович С.М. Методи вимірювання природного газу. // Збірка тез доповідей ІІІ науково-практичної конференції студентів та аспірантів „Погляд у майбутнє приладобудування „, 27-29 квітня 2010 р., м. Київ, С.125.
- 2.27 Яременко М.В. Вихровий лічильник природного газу. // Збірка тез доповідей ІІІ науково-практичної конференції студентів та аспірантів „Погляд у майбутнє приладобудування „, 27-29 квітня 2010 р., м. Київ, С.127.