

ISSN 2409-7500 (Print)
ISSN 2518-1122 (Online)

Нафтогазова галузь України

техніка

3/2016

Oil&gas
industry of Ukraine

www.naftogaz.com/naftogaz_galuz
journal@naftogaz.net

Семінар-нарада «Облік природного газу та метрологія»

З 23 по 27 травня 2016 р. у смт Козин Обухівського р-ну Київської обл. відбулася семінар-нарада «Облік природного газу та метрологія». У ній узяло участь понад 160 фахівців нафтогазової галузі, серед яких представники Національної акціонерної компанії «Нафтогаз України» (далі – Компанія), Мінекономрозвитку, НКРЕКП, ДП «Укравтогаз», ПАТ «УКРТРАНСГАЗ», ПАТ «УКРГАЗВИДОБУВАННЯ», ПАТ «Укрнафта», ПАТ «Укртранснафта», АТ «Молдовагаз», навчальних і науково-дослідних закладів, газорозподільних підприємств, виробників засобів вимірювальної техніки.

На семінарі заслухано та обговорено більше як 50 доповідей та інформативних повідомлень про хід реалізації заходів щодо вдосконалення приладового обліку природного газу; створення системи метрологічного забезпечення витратометрії природного газу на еталонних засобах в умовах, близьких до робочих; упровадження положень Закону України «Про забезпечення комерційного обліку природного газу» (Закон), Правил визначення обсягів та фізико-хімічних показників природного газу, Тимчасового положення про порядок проведення розрахунків за надання населенню послуг з газопостачання в умовах використання лічильників природного газу (будинкових або на групу будинків); захисту вузлів обліку природного газу (ВОГ) від несанкціонованого втручання та інше.



На семінарі зазначено зокрема таке:

запровадження в Україні вимог міжнародних стандартів та сучасних засобів вимірювальної техніки, підготовка висококваліфікованих фахівців із розроблення та експлуатації цих засобів за останні 15 років значно підвищили достовірність приладового обліку природного газу;

підготовлено нову редакцію Правил визначення обсягів та фізико-хімічних показників природного газу при комерційному обліку;

темпи встановлення лічильників природного газу на виконання вимог Закону, загальна потреба в яких до кінця 2017 року становить близько 3,5 млн шт, недостатні.

Установлення загальнобудинкових лічильників природного газу не є вирішенням питання оснащення лічильниками газу квартир та будинків, що передбачено Законом України «Про забезпечення комерційного обліку природного газу».

Продемонстровано ряд нових засобів та систем вимірювання витрати природного газу, засобів повірки, систем збору даних тощо.

За результатами семінару-наради прийнято відповідне рішення.



Науково-виробничий журнал
Виходить один раз на два місяці

Співзасновники:

Національна акціонерна компанія
«Нафтогаз України»

Івано-Франківський національний технічний
університет нафти і газу

Головний редактор

Коболєв А.В.

3/2016 (21)

травень-червень

Індекс 74332

Тираж 500 примірників

Адреса видавця

01601, Київ-1, вул. Богдана Хмельницького, 6

Телефони: (044) 586 3681, 586 3683

Факс: 594 7669

www.naftogaz.com/naftogaz_galuz

E-mail: journal@naftogaz.net

Адреса друкарні

ТОВ «ВИДАВНИЧИЙ ДІМ «САМ»

01004, м. Київ, вул. Червоноармійська, 8

тел.: (044) 235-72-20

sales@vdsam.kiev.ua

ЗАРЕЄСТРОВАНО

в Міністерстві юстиції України.

Свідоцтво про державну реєстрацію

друкованого засобу масової інформації серії

КВ №19813-9613Р від 09.04.2013 р.

Видавець

НАЦІОНАЛЬНА АКЦІОНЕРНА КОМПАНІЯ

НАФТОгаз
У К Р А І Н И



NATIONAL JOINT-STOCK COMPANY

NAFTOGAZ
OF UKRAINE

Журнал внесено до переліку наукових фахових видань
України, в яких можуть публікуватися результати
дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів
доктора і кандидата наук у таких галузях:

- технічні науки (Міністерства освіти і науки

України № 41 від 17.01.2014)

- геологічні науки (наказ Міністерства освіти і науки
України № 455 від 15.04.2014)

- економічні науки (наказ Міністерства освіти і науки
України № 261 від 06.03.2015)

Рекомендовано до друку Вченою радою

Івано-Франківського національного технічного
університету нафти і газу та Науково-технічною

радою Національної акціонерної компанії

«Нафтогаз України»

Відповідальність за достовірність фактів, власних
імен, цитат, географічних назв та інших відомостей
несуть автори публікацій

ЕКОНОМІКА ТА МЕНЕДЖМЕНТ

3 Драчук О.Г., Мельник Є.А.,

Левандович Ю.С., Юрова М.І.

Щодо комерціалізації освоєння перспективних
нафтогазоносних ділянок суходолу України

ГЕОЛОГІЯ НАФТИ І ГАЗУ

7 Кривуля С.В., Лизанець А.В., Мачужак М.І.

Перспективи газоносності та особливості геологічної
будови глибокозалягаючих горизонтів Шебелинського
газоконденсатного родовища

БУРІННЯ СВЕРДЛОВИН

13 Огородніков П.І., Світлицький В.М.,

Іванків О.О., Польовий А.Я.

Вплив інтенсивності поперечних коливань
на динамічний стан бурильної колони

ТРАНСПОРТУВАННЯ ТА ЗБЕРІГАННЯ НАФТИ І ГАЗУ

16 Грудз В.Я., Аль-Дандал Р.С.

Порівняльний аналіз застосування в трубопровідному
транспорті нафтопродуктів протитурбулентних
присадок різних типів

20 Григорський С.Я., Середюк М.Д.

Визначення коефіцієнта заповнення порожнини
нафтопроводу з урахуванням особливостей
гідродинамічних параметрів безнапірних ділянок

24 Сторчак С.О., Заєць В.О.

Підземні сховища газу України – надійна основа
для створення Східноєвропейського газового хабу

АВТОМАТИЗАЦІЯ ТА ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ

26 Коробко І.В., Могирьов Я.І., Кретеви́ч В.В.

Інформаційне забезпечення оптимізації лічильників
газу турбінного класу

НЕТРАДИЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ

30 Карпенко В.М., Стасенко В.М.

Метод динамічної термометрії

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ДОВКІЛЛЯ

38 Шаманський С.Й., Бойченко С.В.

Екологічно безпечний процес утилізації осадів
стічних вод авіапідприємств із отриманням біогазу

43 Сабан В.З.

Екологічні ризики під час видобування сланцевого газу

З ІСТОРІЇ ГАЛУЗІ

46 Осінчук З.П.

Українські фахівці нафтогазової галузі в Афганістані

Інформація

6, 12, 23, 29, 45

Редакційна колегія

Головний редактор

Коболєв Андрій Володимирович – голова правління
Національної акціонерної компанії «Нафтогаз України»

Заступники головного редактора

Ковалко Олександр Михайлович – канд. екон. наук,
голова Секретаріату науково-технічної ради
Крижанівський Євстахій Іванович – д-р техн. наук,
академік НАН України, ректор Івано-Франківського
національного технічного університету нафти і газу

Редакційна колегія

Адаменко Олег Максимович – д-р геол.-мінерал. наук

Банахевич Юрій Володимирович – д-р техн. наук

Бойченко Сергій Валерійович – д-р техн. наук

Братичак Михайло Миколайович – д-р хім. наук

Бутинець Франц Францович – д-р екон. наук

Василюк Володимир Михайлович – канд. техн. наук

Венгерцев Юрій Олександрович – канд. техн. наук

Вишва Сергій Андрійович – д-р геол. наук

Витвицький Ярослав Степанович – д-р екон. наук

Гінзбург Михайло Давидович – д-р техн. наук

Гладун Василь Васильович – д-р геол. наук

Гожик Петро Федосійович – д-р геол. наук,

академік НАН України

Гораль Ліліана Тарасівна – д-р екон. наук

Гриценко Олександр Іванович – д-р техн. наук,

член-кореспондент РАН (Росія)

Грудз Володимир Ярославович – д-р техн. наук

Данилюк Микола Олексійович – д-р екон. наук

Дорошенко Володимир Михайлович – д-р техн. наук

Драганчук Оксана Теодорівна – д-р техн. наук

Євдошук Микола Іванович – д-р геол. наук

Єгер Дмитро Олександрович – д-р техн. наук,

член-кореспондент НАН України

Зарубін Юрій Олександрович – д-р техн. наук

Карпаш Олег Михайлович – д-р техн. наук

Карпенко Олексій Миколайович – д-р геол. наук

Кісіль Ігор Степанович – д-р техн. наук

Клюк Богдан Олексійович – канд. техн. наук

Коболєв Володимир Павлович – д-р геол. наук

Колбушкін Юрій Петрович – д-р екон. наук

Кондрат Роман Михайлович – д-р техн. наук

Красножон Михайло Дмитрович – д-р геол. наук

Лукін Олександр Юхимович – д-р геол.-мінерал. наук,

академік НАН України

Маєвський Борис Йосипович – д-р геол.-мінерал. наук

Макогон Юрій Федорович – д-р техн. наук

(Техаський університет, США)

Мачужак Михайло Іванович – канд. геол.-мінерал. наук

Нестеренко Олексій Григорович – канд. екон. наук

Орлов Ігор Олегович – канд. техн. наук

Осінчук Зиновій Петрович – канд. техн. наук

Павлюк Мирослав Іванович – д-р геол.-мінерал. наук,

член-кореспондент НАН України

Петренко Віктор Павлович – д-р екон. наук

Петровський Олександр Павлович – д-р фіз.-мат. наук

Прокопів Володимир Йосипович – канд. геол. наук

Світличський Віктор Михайлович – д-р техн. наук

Середюк Марія Дмитрівна – д-р техн. наук

Середюк Орест Євгенович – д-р техн. наук

Старостенко Віталій Іванович – д-р фіз.-мат. наук,

академік НАН України

Стогній Олексій Вадимович – канд. техн. наук

Сторчак Сергій Олександрович – д-р техн. наук

Унігівський Леонід Михайлович – д-р техн. наук

Федоришин Дмитро Дмитрович – д-р геол. наук

Фик Ілля Михайлович – д-р техн. наук

Хомик Павло Миколайович

Чудик Ігор Іванович – д-р техн. наук

Чухліб Анатолій Петрович – канд. екон. наук

Швидкий Едуард Анатолійович – канд. екон. наук

Шевчук Анатолій Степанович – канд. техн. наук

Шимко Роман Ярославович – канд. техн. наук

Над номером працювали

Управління науково-технічної політики Національної
акціонерної компанії «Нафтогаз України»

Сектор організації видання

науково-виробничого журналу

Начальник сектору **Т.П. Умущенко**

Редактор **Н.Г. Ворона**

Здано до складання **20.05.2016**

Підписано до друку **07.07.2016**

Формат 205×285. Папір крейдований. Офсетний друк

ECONOMICS AND MANAGEMENT

- 3 Drachuk O., Melnyk Ye., Levandovych Yu., Yurova M.**
On commercialisation of development of the onshore
prospective petroleum areas of Ukraine

GEOLOGY OF OIL AND GAS

- 7 Kryvulia S., Lyzanets A., Machuzhak M.**
Prospects of gas content and specifics of geological
structure of deep-laying levels of Shebelynka gas
condensate field

WELL DRILLING

- 13 Ohorodnikov P., Svitlytskyi V., Ivankiv O., Poliovyi A.**
Influence of intensity of transverse vibrations on dynamic
state of drill string

OIL AND GAS TRANSPORTATION AND STORAGE

- 16 Hrudz V., Al-Dandal R.**
Compared analysis of using antiturbulent additives of
various types in oil products pipeline transport

- 20 Hryhorskyi S., Serediuk M.**
Determination of rate of filling the oil pipeline void
space taking into account the specifics of hydrodynamic
parameters of free-flow sections

- 24 Storchak S., Zaiets V.**
Underground gas storages of Ukraine – reliable foundation
for creation of an Eastern European gas hub

AUTOMATION AND INFORMATION TECHNOLOGIES

- 26 Korobko I., Mohyriov Ya., Krotevich V.**
Information support to optimisation of turbine-class
gasmeters

UNCONVENTIONAL TECHNOLOGIES AND ENERGY EFFICIENCY

- 30 Karpenko V., Stasenko V.**
Dynamic thermal logging method

LABOR AND ENVIRONMENT PROTECTION

- 38 Shamanshkyi S., Boichenko S.**
Environment-friendly process of utilisation of wastewater
sludge from aviation enterprises including biogas
generation

- 43 Saban V.**
Environmental risks in shale gas production

INDUSTRY HISTORY

- 46 Z.Osinchuk**
Ukrainian experts of oil and gas industry in Afghanistan

Information

6, 12, 23, 29, 45

Інформаційне забезпечення оптимізації лічильників газу турбінного класу

© **І.В.Коробко**

д-р техн. наук
i.korobko@kpi.ua

Я.І.Могирьов

В.В.Кроте́віч
НТУУ «КПІ»

УДК 681.121

У роботі розглянуто питання побудови програмного комплексу розрахунків та дослідження широко застосовуваних швидкісних перетворювачів витрати рідин і газу з турбінним чутливим елементом. Розроблено спеціальне програмне забезпечення, що дає змогу проводити математичне моделювання приладів. Особливу увагу приділено дослідженню впливу гідродинамічних показників потоку на метрологічні характеристики приладу, оцінці статичної та динамічної характеристик і похибок вимірювання.

Ключові слова: витрата, вимірювання витрати, турбінні вимірювальні перетворювачі, моделювання.

В работе рассматриваются вопросы построения программного комплекса расчетов и исследования широко применяемых скоростных преобразователей расхода жидкостей и газа с турбинным чувствительным элементом. Разработано специальное программное обеспечение, позволяющее проводить математическое моделирование приборов. Особое внимание уделено исследованию влияния гидродинамических показателей потока на метрологические характеристики прибора, оценке статической и динамической характеристик и погрешностей измерения.

Ключевые слова: расход, измерения расхода, турбинные измерительные преобразователи, оптимизация конструкции.

The paper deals with the problems of creation of a software complex for calculations and research of commonly used high-speed transducers of liquids and gas flow rate with the sensing turbine element. Special software is developed in order to provide the mathematical modelling of devices. Special attention is paid to research of the influence of hydrodynamic factors of the flow on metrological characteristics of the device, to the estimation of the static and dynamic characteristics and measurement errors.

Key words: flow rate, flow rate measuring, turbine measuring transducers, modelling.

На сьогодні надзвичайно важливим завданням, що постає перед суспільством, є жорстка економія плинних енергоносіїв, їх точне та надійне обліковування. Як показує досвід реєстрації витрати та кількості природного газу, підвищення точності вимірювань на практиці – актуальна галузева проблема. Важливою також є побудова такої системи проектування вимірювальних перетворювачів витрати, які б забезпечували умови комплексного розв'язання проблеми створення досконалих сучасних вимірювальних засобів із високими метрологічними показниками [1–4].

Для визначення кількісних показників газових потоків широкого застосування набули швидкісні вимірювальні перетворювачі витрати турбінного класу (ТВПВ) завдяки поєднанню їхньої високої точності і надійності із простотою та дешевизною конструкції [1, 5].

Розв'язання задач створення сучасних ТВПВ можливе шляхом проведення великої кількості натурних та напівнатурних досліджень. У той же час сучасний розвиток інформаційних технологій дає змогу з високою ефективністю досліджувати прилади шляхом

комп'ютерного моделювання взаємодії потоку вимірюваного середовища із елементами конструкції перетворювача за розробленими математичними моделями. На основі таких моделей можна реалізувати систему проектування засобів вимірювання із оптимальними параметрами елементів приладу за розробленими критеріями та враховуючи умови експлуатації.

Вихідною вимірювальною інформацією ТВПВ аксіального типу є частота обертання чутливого елемента (ЧЕ), який являє собою гвинтоподібну турбіну.

Основною аналітичною залежністю, що описує роботу ТВПВ, є диференціальне рівняння обертального руху ЧЕ у формі турбіни, яке пов'язує вихідну величину з об'ємною витратою рідини.

$$2\pi J \frac{dn}{dt} = M_p - M_d - M_{\text{ц}} - M_3 - M_{\text{ж}} - M_{\text{п}} - M_{\text{вп}}, \quad (1)$$

де n – частота обертання ЧЕ; J – момент інерції ЧЕ; M_p – рушійний момент від потоку вимірюваного середовища; M_d – момент тертя об дискову частину турбіни; $M_{\text{ц}}$ – момент тертя о циліндричну частину турбіни;

M_3 – моменти опору, що виникають в радіальному зазорі між турбіною та внутрішньою поверхнею корпусу витратоміра; $M_{\text{ж}}$ – моменти сил в'язкого тертя рідини об поверхню лопатей у міжлопатевих каналах турбіни; $M_{\text{п}}$ – момент сил тертя в опорах турбіни; $M_{\text{вп}}$ – момент реакції вторинного перетворювача.

Вираз (1) після визначення його складових елементів та урахування дії на ЧЕ розвинутого турбулентного режиму течії вимірюваного середовища набуває вигляду [1]:

$$\begin{aligned} & 2\pi \left(\frac{1}{2} \pi r_{\text{Т}} r_{\text{БТ}}^4 + z \rho_{\text{Т}} (r_{\text{Н}} - r_{\text{БТ}}) h l_{\text{Л}} \left(\frac{r_{\text{Н}} + r_{\text{БТ}}}{2} \right)^2 + \right. \\ & \quad \left. + z \left(\frac{1}{12} \left[(r_{\text{Н}} - r_{\text{БТ}})^2 + l_{\text{Л}}^2 \right] \sin^2 \beta + \right. \right. \\ & \quad \left. \left. + (h^2 + (r_{\text{Н}} - r_{\text{БТ}})^2) \cos^2 \beta \right] \rho_{\text{Т}} (r_{\text{Н}} - r_{\text{БТ}}) h l_{\text{Л}} + \right. \\ & \quad \left. + z \left(\mu_{\text{з}} \rho_{\text{п}} \frac{l_{\text{Л}} h^4}{48} + \left(\frac{r_{\text{Н}} + r_{\text{БТ}}}{2} \right)^2 \rho_{\text{п}} (r_{\text{Н}} - r_{\text{БТ}}) h l_{\text{Л}} \right) \right) \frac{dn}{dt} = \\ & = a \int_{r_{\text{БТ}}}^{r_{\text{м}}} \left[v_{\text{ср}} k \left[1 - \left(\frac{r_{\text{м}} - r}{r_{\text{м}} - r_{\text{БТ}}} \right)^m \right] k_1 \text{tg} \beta - 2\pi n r \right]^2 dr - \\ & \quad - 15,2394 \int_0^{r_{\text{БТ}}} (\rho_{\text{п}} v^{0,5}) r^3 n^{1,5} dr - \\ & \quad - a \int_{r_{\text{м}}}^{r_{\text{Н}}} \left[v_{\text{ср}} k \left[1 - \left(\frac{r - r_{\text{м}}}{r_{\text{К}} - r_{\text{м}}} \right)^m \right] k_1 \text{tg} \beta - 2\pi n r \right]^2 dr - \\ & \quad - \int_0^{2\pi} \int_0^s \frac{v_{\text{ср}}^2 \lambda \rho_{\text{п}}}{8} r_{\text{БТ}}^2 d\psi dl - \frac{4\pi \mu_{\text{ш}} h z r_{\text{Н}} r_{\text{К}}^2}{\sin \beta_{\text{Н}} V_0 (r_{\text{К}}^2 - r_{\text{Н}}^2)} Q - \\ & \quad - C_{\text{а}} \rho_{\text{п}} v_{\text{ср}}^2 l_{\text{Л}} (r_{\text{Н}} - r_{\text{БТ}}) r_{\text{ср}} z \cos \beta - \frac{4}{\pi} \mu_{\text{тп}} F_r \frac{d}{2} + \\ & \quad + \sqrt{\left(0,1651875 \pi \mu_{\text{тп}} F_{\text{а}} \sqrt{F_{\text{а}} \left(\frac{1}{E_1} + \frac{1}{E_2} \right) R} \right)^2 + \left(\frac{4}{\pi} \mu_{\text{тп}} F_r \frac{d}{2} \right)^2}, \end{aligned} \quad (2)$$

де $\rho_{\text{т}}$ – густина матеріалу турбіни; $\rho_{\text{п}}$ – густина вимірюваного середовища; z – кількість лопатей; $\beta_{\text{вих}}$ – кут між абсолютною та відносною швидкостями; λ – коефіцієнт гідравлічного тертя; $\beta_{\text{н}}$ – кут установлення лопатей на зовнішньому радіусі турбіни; $\mu_{\text{тп}}$ – коефіцієнт тертя матеріалів опори; $\mu_{\text{з}}$ – коефіцієнт приєднаної маси прямокутного перерізу; ζ – поправочний коефіцієнт; h – товщина лопаті; $l_{\text{Л}}$ – довжина лопаті вздовж осі обертання турбіни; $r_{\text{Н}}$ – радіус зовнішньої поверхні лопатей; $r_{\text{БТ}}$ – радіус поверхні втулки; β – кут встановлення лопатей на середньому радіусі; s – осьова довжина профілю лопаті; $v_{\text{ср}}$ – середня швидкість потоку; m – показник ступеня розподілу швидкості потоку; k – коефіцієнт нерівномірності розподілу швидкості течії за живим перерізом; k_1 – коефіцієнт розбіжності напрямку вектора швидкості потоку за відносного руху з нахилом лопаті до осі ЧЕ; r – радіус прикладання сили; v – кінематичний коефіцієнт в'язкості; $r_{\text{м}}$ – радіус, що

відповідає максимальному значенню швидкостей; ψ – кут інтегрування під час визначення дотичного напруження; μ – коефіцієнт динамічної в'язкості; $r_{\text{к}}$ – радіус внутрішньої поверхні вимірювальної камери; $\beta_{\text{н}}$ – кут встановлення лопатей на зовнішньому радіусі турбіни; V_0 – об'єм міжлопатєвого простору на довжині, що дорівнює гвинтовому кроку; Q – витрата вимірювального середовища; $C_{\text{х}}$ – коефіцієнт лобового опору; $\mu_{\text{тп}}$ – коефіцієнт тертя ковзання; F_r – радіальне зусилля; d – діаметр опори; $F_{\text{а}}$ – осьове зусилля; R – радіус опори (сферичної п'яти); E_1 – модуль пружності матеріалу цапфи; E_2 – модуль пружності матеріалу під'ятника.

$$r_{\text{м}} = \sqrt{\frac{r_{\text{БТ}}^2 - r_{\text{к}}^2}{2 \ln \left(\frac{r_{\text{БТ}}}{r_{\text{к}}} \right)}}; a = \frac{\rho_{\text{п}} r_{\text{м}} l_{\text{Л}}}{2} z.$$

Головною метою оптимізації є створення засобу вимірювання з досконалими метрологічними та експлуатаційними характеристиками шляхом пошуку раціональних значень його внутрішніх параметрів, що забезпечують екстремум цільової функції. Для оптимізації перетворювачів витрати рідини необхідно: визначитися з критеріями оптимізації, цільовою функцією, що відображає роботу досліджуваного перетворювача, найбільш впливовими проектними параметрами цієї цільової функції, обмеженнями, в яких можуть змінюватися проектні параметри, тобто визначити початкові та граничні умови; вибрати метод оптимізації; побудувати алгоритм; розробити програмне забезпечення; здійснити оптимізаційні розрахунки [1–4, 6–9].

Серед великої кількості критеріїв оптимальності вимірювальних приладів, що визначають ефективність їх функціонування, є такі, кількісне значення котрих бажано максимізувати (надійність роботи, діапазон вимірювання витрати, швидкодія, повторюваність вимірювання тощо), та такі, котрі потрібно мінімізувати (похибка вимірювання, вплив на вимірюваний потік і на систему вимірювання природного газу загалом, вартість приладу та його експлуатації). Для практичної реалізації оптимізаційних розрахунків як цільову функцію можна застосувати вираз, що окреслює мінімальне значення відносної похибки визначення частоти обертання ЧЕ Δn_{Cl} [1].

$$\Delta n_{\text{Cl}} = \sum_{i=1}^n 100 \left(\frac{n_{\text{ид } i}(Q_i) - n_{\text{р}}(Q_i, r_{\text{Н0}}, r_{\text{БТ0}}, \beta_0, h_0, l_{\text{Л0}}, z_0)}{n_{\text{ид } i}(Q_i)} \right) P_i,$$

де P_i – ваговий коефіцієнт, що є відносним об'ємом рідини, виміряним за i -тої витрати (Q_i); $r_{\text{Н0}}$, $r_{\text{БТ0}}$, β_0 , h_0 , $l_{\text{Л0}}$, z_0 – початкові значення проектних параметрів.

Проектними параметрами є незалежні невідомі змінні, які повністю та однозначно визначають розв'язувану задачу проектування та обчислюються в процесі оптимізації.

Проектними параметрами для ТПВ слугують геометричні характеристики вимірювальної камери, що суттєво впливають на його метрологічні характеристики та на роботу загалом.

До таких геометричних параметрів перетворювача витрати відносять: товщину профілю лопатей h ;

радіальний зазор $r_k - r_n$; втулкове відношення (r_{vt}/r_n) ; кількість лопатей z ; кут встановлення лопатей β ; осьову довжину турбіни s .

Для практичної реалізації поставленого завдання актуальним є розроблення програмного забезпечення, спроможного здійснювати оптимізаційні розрахунки ТВПВ природного газу за окресленими критеріями та параметрами впливу на метрологічні характеристики приладів і вказувати шляхи їх покращення.

Програмний комплекс оптимізаційних розрахунків

Програмне забезпечення обчислювального комплексу оптимізаційних досліджень засобів вимірювання об'єму та об'ємної витрати за різних режимів експлуатації й умов застосування розроблено на підґрунті математичної моделі (2), що описує взаємодію потоку вимірюваного середовища з елементами конструкції перетворювача витрати і є логічним наповненням програмного комплексу розрахунків і дослідження турбінних вимірювальних перетворювачів витрати рідини і газу.

Обчислювальний комплекс оптимізації та дослідження швидкісних вимірювальних перетворювачів турбінного класу побудовано із використанням сучасних програмних технологій *NET Framework*, *Visual Studio ma C# (C Sharp)*.

У ході розроблення програмного забезпечення оптимізаційних розрахунків засобів вимірювання витрати природного газу використовують інтуїтивно зрозумілий інтерфейс, який є зручним і не викликає ускладнень під час опанування повного циклу роботи з програмою.

Після запуску додатку на екрані з'являється головна форма, у якій безпосередньо виконується вибір режиму оптимізації й відображається форма введення допустимих значень оптимізаційних проектних параметрів елементів конструкції й умов використання приладу (рис. 1). Для частини параметрів вимірювано-

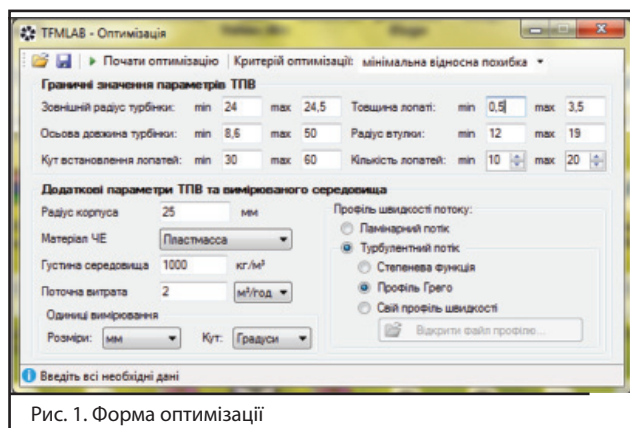


Рис. 1. Форма оптимізації

го середовища, умов вимірювання та елементів конструкції перетворювача вводимо їхні реальні значення.

Обмеження числових значень проектних оптимізаційних параметрів, що задає користувач, визначають на основі умов застосування приладу для розв'язання конкретної задачі чи комплексу задач із урахуванням конструктивних особливостей приладу.

У разі виходу за допустимі межі або введення інших некоректних даних з'являється діалогове вікно з повідомленням про помилку (рис. 2).

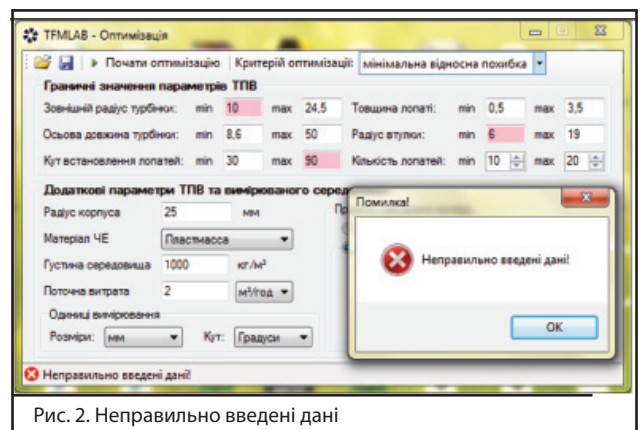


Рис. 2. Неправильно введені дані

Після спроби почати оптимізацію з наявними незаповненими полями вводу аналогічно з режимом дослідження з'являється діалогове вікно із повідомленням про необхідність ввести всі необхідні дані (рис. 3).

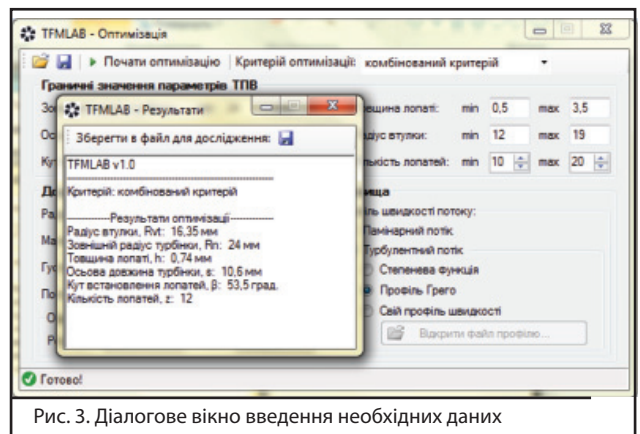


Рис. 3. Діалогове вікно введення необхідних даних

У режимі оптимізації реалізовано можливість зберігати і відкривати файли, що містять введені параметри.

Після введення всіх коректних даних натискаємо кнопку «Почати оптимізацію» – і з'являється вікно результатів (рис. 4), у якому є текстовий бокс із резуль-

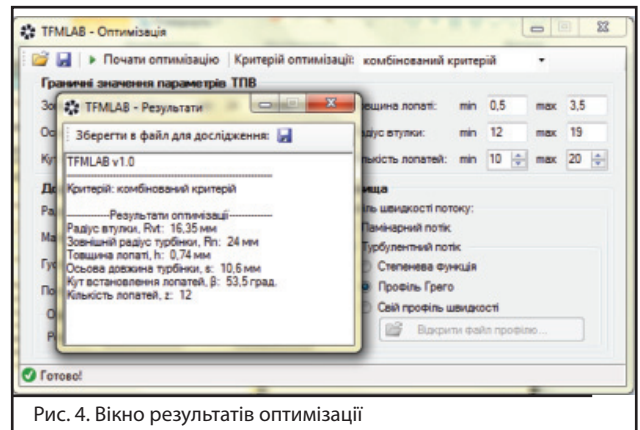


Рис. 4. Вікно результатів оптимізації

татами оптимізації та кнопка збереження результатів оптимізації. Кнопка збереження результатів оптимізації зберігає значення конструкційних параметрів перетворювача у файл дослідження для подальшого його відкриття у режимі дослідження.

Дослідження впливу неоднорідностей газових потоків з огляду на складність та трудомісткість процесів

натурних досліджень, на точність турбінних перетворювачів витрати проводили із застосуванням методів обчислювальної гідрогазодинаміки на базі програмного комплексу ANSYS CFX.

Висновки

Розроблений програмний комплекс забезпечує проведення оптимізаційних розрахунків і дає можливість досліджувати метрологічні характеристики швидкісних вимірювальних перетворювачів витрати природного газу турбінного класу різних типорозмірів і в широкому діапазоні умов їх застосування. Це дає можливість аналізувати метрологічні характеристики засобів вимірювальної техніки ще на етапі їх проекту-

вання й оцінювати вплив на них параметрів елементів конструкції і реальних умов застосування. Отримані результати сприятимуть вдосконаленню приладів вимірювання витрати і кількості рідини і газу, що сприяє підвищенню точності їх обліку.

Розглянуті питання оптимізації за визначеними критеріями дають можливість віднайти такі геометричні характеристики елементів конструкції приладів, за яких досягається максимальна певність та надійність вимірювання.

Подальші дослідження направлені на розроблення програмного комплексу оптимізації ультразвукових вимірювальних перетворювачів витрати рідини і газів за визначеними критеріями.

Список використаних джерел

1. **Писарець А.В.** Турбінні перетворювачі витрати енергоносіїв з гідродинамічним врівноважуванням чутливого елемента [Текст]: моногр. / А.В. Писарець, І.В. Коробко. – К.: Корнійчук, 2013. – 160 с.
2. **Коробко І.В.** Визначення критеріїв оптимізації та проектних параметрів турбінних перетворювачів витрат [Текст] / І.В. Коробко, А.В. Писарець // Вісн. ЖДТУ. Технічні науки. – 2006. – № 2 (37). – С. 99–104.
3. **Гришанова І.А.** Оптимізація конструктивних параметрів засобів вимірювання витрат енергоносіїв [Текст] / І.А. Гришанова // Вісн. Черкас. інж.-технолог. ін-ту: сб. тр. Междунар. науч.-техн. конф. «Приборостроение-2001». – Вінниця, 2001. – С. 57–61.
4. **Коробко І.В.** Оцінка ефективності вимірювальних перетворювачів витрати рідин і газів [Текст] / І.В. Коробко // Вісн. НТУУ «КПІ». – 2012. – Вип. 44. – С. 111–117. – (Сер. Приладобудування).
5. **Кремлевский П.П.** Расходомеры и счетчики количества вещества: справочник [Текст] / П.П. Кремлевский. – Л.: Машиностроение, 1989. – 701 с.
6. **Реклейтис Г.** Оптимизация в технике [Текст]: пер. с англ. / Г. Реклейтис, А. Рейвиндран, К. Рэгсдел. – М.: Мир, 1986. – Т. 2. – 320 с.
7. **Реклейтис Г.** Оптимизация в технике [Текст]: пер. с англ. / Г. Реклейтис, А. Рейвиндран, К. Рэгсдел. – М.: Мир, 1986. – Т. 1. – 350 с.
8. **Аоки М.** Введение в методы оптимизации [Текст]: пер. с англ. / М. Аоки. – М.: Наука, 1977. – 344 с.
9. **Коробко І.В.** Програмний комплекс розрахунків і дослідження турбінних вимірювальних перетворювачів витрати рідини та газу [Текст] / І.В. Коробко, Я.І. Могирьов, В.В. Кротеви́ч // Вісн. НТУУ «КПІ». – 2015. – Вип. 74. – С. 111–117. – (Сер. Машинобудування).

Нові правила забезпечення країн ЄС природним газом

Європейська Комісія підготувала нові пропозиції щодо заходів, які стосуються попередження газових криз і кращої координації між країнами Євросоюзу. Пропозиції змінять так звані міждержавні угоди в сфері енергетики між країнами, які є членами і не є членами ЄС, і запровадять стратегію для підвищення енергетичної безпеки шляхом доступу до ЗПГ і підземних газових сховищ. Ці пропозиції є частиною енергетичної стратегії ЄС і, як ідеться в заяві Єврокомісії, «дадуть сильний поштовх для поліпшення енергетичної безпеки і солідарності Євросоюзу». Вони також кореспондують з заявами Євросоюзу щодо шляхів боротьби зі зміною клімату, схвалених на Паризькому кліматичному саміті в кінці минулого року.

Для попередження газової кризи Комісія планує поліпшити координацію між країнами-членами ЄС і розробити правила, які будуть вимагати від країни-члена ЄС допомагати сусідній країні, якщо остання перебуває у кризовій ситуації. Відповідно до так званого принципу солідарності країна ЄС, що опинилася в небезпеці, може розраховувати на газопостачання своїх домогосподарств з відповідним сервісом, яке буде гарантоване з боку сусідніх країн ЄС.

На сьогодні природний газ покриває четверту частину потреб енергії Євросоюзу, котрий є найбільшим його імпортером у світі. Очікуване падіння власного видобутку газу впливатиме також і на обсяги його імпорту. Крім того, газ відіграє визначальну роль у супроводі переходу ЄС на низьковуглецеву енергетичну систему, оскільки він є дублюючим паливом для відновлюваної енергії, коли виробництво останньої утруднюють погодні умови.

Комісія також запропонувала підсилити так звані міждержавні енергетичні угоди між членами і не членами ЄС. Нові правила дадуть змогу вживати відповідні заходи перед підписанням таких угод, якщо, за оцінками, вони можуть негативно впливати на безпеку газопостачання іншої країни ЄС або затрудняти функціонування енергетичного ринку Євросоюзу.

Комісія окреслила також основні напрями щодо поліпшення доступу до глобального ринку ЗПГ, який швидко розвивається, і кращого використання газових сховищ усього ЄС, що дасть можливість країнам Євросоюзу, залежним від газових постачальників, диверсифікувати газопостачання, а отже, зміцнити свою енергетичну безпеку.

ЄС має великі можливості щодо поліпшення енергетичної безпеки і конкурентоспроможності завдяки позитивному розвитку глобального ринку ЗПГ. Упевненість у тому, що всі члени ЄС мають доступ до ринку зрідженого природного газу і диверсифікованих джерел постачання, є ключовою метою енергетичної стратегії ЄС. Сумарна потужність Європи з приймання ЗПГ є досить великою – зараз (на рівні 2015 р.) вона достатня для покриття близько 43 % поточних сумарних потреб. Однак істотні регіональні диспропорції щодо доступу до ЗПГ залишаються. Комісія запропонувала стратегію, яка поліпшить доступ усіх членів Євросоюзу до ЗПГ як альтернативного джерела газу. Центральними елементами цієї стратегії є спорудження стратегічної інфраструктури для формування міжнародного енергетичного ринку і визначення необхідних проектів, які покладуть кінець залежності деяких членів ЄС від одного джерела постачання.

За матеріалами http://www.lngworldnews.com/eu-proposes-new-gas-and-lng-rules/?utm_source=ema...