АНОТАЦІЯ

Когут Г.М. Удосконалення нормативного забезпечення функціонування газових мереж відповідно до вимог ЄС – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 152 – Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка (15 – Автоматизація та приладобудування). Захист дисертації відбудеться в Івано-Франківському національному технічному університеті нафти і газу, 2020 р.

Об'єкт дослідження – функціонування газових мереж низького та середнього тиску.

Предмет дослідження – удосконалення методів нормативного забезпечення функціонування газових мереж середнього та низького тиску із урахуванням положень низьковуглецевого розвитку в галузі газової інфраструктури.

Дисертація присвячена удосконаленню нормативного забезпечення функціонування газових мереж низького та середнього тиску відповідно до положень низьковуглецевого розвитку та вимог Третього енергопакету ЄС, які направлені та підвищення надійності функціонування газових мереж та їх безпеки, в т.ч. через удосконалення діючих нормативних вимог та розроблення нових методів, спрямованих на зменшення витоків метану з відповідним скороченням викидів вуглекислого газу.

У вступі обґрунтовано актуальність задач дослідження, показано зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами, наведена наукова новизна та сформульоване практичне значення отриманих результатів.

У першому розділі наведено огляд науково-технічної літератури за темою дисертації. Проведено аналіз передумов та тенденцій розвитку газорозподільної системи України. Здійснено аналітичний огляд та оцінка питань, що стосуються становлення сучасної системи нормативного забезпечення функціонування газорозподільчих мереж. Обґрунтовано доцільність створення актуальної

нормативної бази для компаній з розподілу природного газу, що дозволить сформувати ефективний інструментарій для надійного функціонування усього національного ринку природного газу. Водночас актуалізовану нормативну базу доцільно застосовувати для формування перспективних планів розвитку газорозподільної мережі щодо питань будівництва нових та реконструкції існуючих об'єктів інфраструктури, планування заходів зі стандартизації щодо розроблення, гармонізації із міжнародними та європейськими НД, перегляду національних НД, розроблення та актуалізації корпоративних НД. Крім того, для досягнення оптимуму щодо нормативного забезпечення діяльності необхідне балансування інтересів усіх сторін, що дозволить оптимально підійти до вирішення складної задачі формування нормативної бази для регулювання питань розподілу природного газу із врахуванням національних та комерційних інтересів.

Проведено характеристику європейських підходів до нормативного забезпечення експлуатування та функціонування газових мереж. Усі процеси, що зараз відбуваються в ЄС беруть свої витоки із 2009 року, коли виникли перші суперечності щодо постачання газу між Україною та РФ. Ця ситуація зумовила занепокоєння країн-членів ЄС, оскільки більшість із них майже всі свої споживчі обсяги природного газу імпортують, а політичні розбіжності країн-транзитерів, що виникли, створювали загрозу енергетичній безпеці ЄС. Тому для врегулювання потенційних проблем (стійкість до зовнішніх впливів, безпека постачання, конкурентоздатність) на законодавчому рівні у ЄС розроблено та прийнято директиви й регламенти, якими установлено правила для врегулювання внутрішнього ринку природного газу. Відповідно, Україна на шляху до євроінтеграції зараз проходить шлях реформування власного ринку природного газу, де не останню роль відіграє істотні особливості організації роботи компаній з розподілу газу, що тісно обмежені діючими нормами, які регулюються документами колишнього СРСР.

У другому розділі наведено методичні підходи до формування системи нормативного забезпечення сталого функціонування газових мереж низького та середнього тиску із врахуванням впливу витоків метану на газових мережах на

довкілля. Перехід до кліматично-нейтральної економіки, в основі якої лежить використання відновлюваних джерел, супроводжується вагомими викликами у сфері транспортування та розподілу природного газу. Існуюча газова інфраструктура є енергоємною, а її потужності мають потенціал до забезпечення міжпромислового зниження викидів паралельно із тенденціями щодо створення кліматично-нейтральної Європи. Такі тенденції потребують як різкого скорочення викидів парникових газів так і переходу на «дружні» до довкілля джерела енергії та інтенсифікацію їх застосування.

Саме тому сталий розвиток енергетики можливий лише за умови врахування всіх нормотворчих, організаційних, технічних, технологічних, метрологічних чинників, що стоять перед критичними інфраструктурами. Цей процес повинен характеризуватися об'єктивністю та керованістю, що у підсумку гарантуватиме безпеку та надійність постачання газу кінцевим користувачам. Важливим елементом має також стати мінімізація ризиків, що у підсумку підвищить стійкість розвитку усіх елементів таких інфраструктур.

Сьогодні для реалізації концепції СР застосовують комбінацію системного. цілісного та комплексного підходів, де розглядається складна структура, яка містить суспільну та екологічну системи, соціальну, економічну та природну взаємодію. А тому вирішення глобальних завдань не можливе без узгодженої взаємодії та стратегій на всіх рівнях – від рівня світової спільноти до рівня промисловості та індивідуально підприємств.

Важливим аспектом світових тенденцій СР є питання зменшення викидів метану. У останні десятиліття спостерігається активний перехід від «брудних» (вугілля та нафта) до більш «чистих» (природній газ) джерел енергії. Проте, набуває все більшої актуальності питання викидів метану, який за потенціалом парникового ефекту у 30-90 разів перевищує вуглекислий газ (відповідно до часового інтервалу оцінювання). Як свідчить міжнародна статистика за 2017 р., викиди метану у нафтогазовій промисловості становлять 80 Мтон (або 2,4 млн. тон у еквіваленті вуглекислого газу) та становлять 6 % всіх викидів парникових газів.

Проаналізовано ефективність функціонування ГМ в контексті аналізування ризиків, спричинених витоками природного газу, та їх ранжування щодо параметрів економічного, соціального та екологічного вимірів. Наведено методичні підходи до формування системи забезпечення сталого функціонування газових мереж низького та середнього тиску із врахуванням впливу витоків метану в газових мережах на довкілля. Для того, щоб досягнути необхідного рівня скорочення викидів метану на об'єктах інфраструктури досліджено вплив втрат природного газу, спричинених витоками на ділянках трубопроводів, згідно параметрів сталого розвитку і можливі ризики відповідно до класифікації небезпеки. Розглянуто ймовірнісну оцінку чинників ризику витоків природного газу для визначення величини впливу чинників ризиків на параметри та індикатори сталого розвитку та ранжування чинників, що вимагають якнайшвидшого реагування чи підвищеної уваги. Усі класи витоків проаналізовано згідно класифікації ризиків, небезпек та їх імовірності. Для отримання актуальної інформації розроблена анкета щодо оцінювання ризиків під час процедури ідентифікації витоків, яка надавалася до АТ «Івано-Франківськгаз», де за участі експертів проводилося ранжування критеріїв згідно розробленого плану. За для дотримання вірогідності результатів оцінювання, отримані дані опрацьовано за допомогою методу експертних оцінок. Крім того, сформульовано методологію оцінювання впливу індикаторів та параметрів сталого розвитку на функціонування газових мереж.

У третьому розділі наведено теоретичні підходи розроблення оптимізаційної моделі впровадження актуалізованих нормативних документів з експлуатації та обслуговування газових мереж та математичного представлення процесу адаптації впровадження нормативних документів з технічної діагностики та контролю. Для розв'язання задачі оптимізації процесу розроблення стандартів використано стандартні положення теорії ігор з природою через побудову відповідних матриць та вибору оптимальних стратегій. Застосування відповідного методу дозволяє оператору ГРМ обрати найбільш оптимальну стратегію щодо розроблення стандартів, положення яких нормуватимуть ту чи іншу кількість показників безпеки функціонування газових

мереж для зменшення кількості аварійних ситуацій. Також, представлено модель, яка дозволяє визначити якісний взаємозв'язок між продуктивністю об'єктів ГРМ, витратами на впровадження та реалізацію нових стандартів технічної діагностики та контролю та витратами на ліквідацію наслідків економічного, екологічного та інших впливів, що чинять вплив у випадку аварій на об'єктах ГРМ.

У четвертому розділі розроблено базу нормативних документів для оператора газорозподільної компанії. Дана розробка є першим етапом створення загальної корпоративної системи нормативних документів, що розміщуватиметься на закритому сервері компанії, та надаватиме віддалений доступ авторизованим користувачам системи. Перший етап створення системи нормативних документів полягав у систематизації усіх нормативних документів, що застосовуються у виробничій діяльності оператора газорозподільної системи. Для цього опрацьовано масив нормативної документації та внесено їх у єдиний перелік згідно узгодженої з оператором газорозподільної системи класифікації. Під час формування переліку проводилися роботи із актуалізації нормативних документів, зокрема, що стосується термінів чинності стандартів колишнього СРСР, інформація про чинність яких на даний час щорічно змінюється. Крім того, додатковим завданням стало розроблення переліку європейських нормативних документів, що ще не гармонізовані в Україні, але необхідні для повноцінного входу українського оператора газорозподільної системи на європейський ринок, та проведення своєчасної модернізації газових мереж відповідного до кращого міжнародної та європейської практик.

Ключові слова: витоки, газові мережі, математична модель, нормативне забезпечення, сталий розвиток.

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА

Наукові праці, в яких опубліковано основні наукові результати дисертації:

1. A. Klyun, M. Karpash I. Trebulova, G. Kogut (2017). Experience of operation of electronic database of full-text standards HAMMER in PJSC "Ukrtransgaz //

JOURNAL OF HYDROCARBON POWER ENGINEERING, Vol 4 No 2 (2017), p. 80-88. Retrieved from http://ogpe.nung.edu.ua/index.php/jhpe/article/view/68 **(наукове фахове видання України).**

2. Карпаш М.О. Підвищення надійності ГТС упровадженням нових стандартів для систем діагностування з урахуванням умов експлуатації / Карпаш М.О., Олійник А.П., Клюнь А.М., Когут Г.М. // *Стандартизація, сертифікація, якість*, No2(109), 2018, с. 60-65 **(наукове фахове видання України).**

3. Implications of New Standards on Technical Dianostics and Conrol Implentation on Gas Transmission System Efficiency / Karpash M.O., Oliynyk A.P., Kogut G.M., Klyun A.M.– ISSN 2409-9066. *Science and Innovation*, 2019, 15(6), p. 73-82 **(індексується в базі Scopus та Web of Science).**

4. Удосконалення методів експлуатації газових мереж в контексті сталого розвитку/ Когут Г.М., Карпаш О.М. // *Стандартизація, сертифікація, якість*, 2019, № 6, с. 74-86 **(наукове фахове видання України).**

5. Стан і тенденції розвитку української нормативної бази забезпечення функціонування газорозподільних мереж низького та середнього тиску / Когут Г.М., Карпаш О.М *// Стандартизація. Сертифікація. Якість*, 2019, № 3, с. 8-23. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/ssia_2019_3_4 **(наукове фахове видання України).**

6. Проблемні питання нормативного забезпечення виробничої діяльності операторів ринку природного газу / А.М. Клюнь, Г.М. Когут, М.О. Карпаш, О.М. Карпаш // *Методи та прилади контролю якості*, 2019, № 2(43), с. 48-58. https://doi.org/10.31471/1993-9981-2019-2(43)-48-58 **(наукове фахове видання України).**

7. Statement of optimization tasks for the process of developing normative documents for gas infrastructure / G.M. Kogut, A.P. Oliinyk, M.O. Karpash, A.M. Klyun. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, 2020, № 4, p. 105-110 **(індексується в базі Scopus, рахується за дві, оскільки опублікована у виданні, віднесеному до другого квартилю Q2, відповідно до класифікації SCImago Journal).**

8. Enhancing the efficiency of gas distribution stations operation by selecting the optimal gas pressure and temperature parameters at the station outlet / I.V. Rybitskyi, V.I. Trofimchuk, G.M. Kogut. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, 2020, № 3, p. 47-52 **(індексується в базі Scopus, рахується за дві, оскільки опублікована у виданні, віднесеному до другого квартилю Q2, відповідно до класифікації SCImago Journal).**

9. Analysis of measures to enhance energy efficiency and sustainable development of the gas transmission system of Ukraine / I.V. Rybitskyi, M.B. Slobodyan, G.M. Kogut, V.Ya. Popovych and M.O. Karpash // New Trends in Production Engineering, Volume 2: Issue 2, P. 76-84, DOI 10.2478/ntpe-2019-0046 **(закордонне наукове періодичне видання Європейського Союзу).**

Опубліковані праці апробаційного характеру:

10. Розроблення корпоративної системи стандартизації в сфері технологічної безпеки (на прикладі ПАТ «УКРТРАНСГАЗ») / А.М. Клюнь, М.О. Карпаш, Г.М. Когут // Неруйнівний контроль в контексті асоційованого членства України в Європейському Союзі : матеріали 1-шої науково-технічної конференції з міжнародною участю – NDT-UA 2017, 24-27 жовтня 2017 року, м. Люблін, Польща. – Люблін: УТ НКТД, 2017, с. 39-42.

11. Удосконалення нормативної бази для забезпечення надійності експлуатування ГТС // Когут Г.М., Карпаш М.О., Клюнь А.М. Матеріали III Всеукраїнської науково-практичної конференції «Приладобудування та метрологія: сучасні проблеми, тенденції розвитку» 11-12 жовтня 2018 р., Луцький національний технічний університет, м. Луцьк, с. 30-32.

12. Особливості функціонування системи стандартизації об'єктів нафтогазового комплексу: роль технічних комітетів стандартизації / Г.М. Когут, М.О. Карпаш, А.М. Клюнь – II Міжнародна науково-технічна конференції «Машини, обладнання і матеріали для нарощування вітчизняного видобутку нафти і газу» PGE-2018, Івано-Франківськ, 24-27 квітня 2018 р., с. 271-275.

13. Стандартизація об’єктів нафтогазового комплексу України: стан, виклики та необхідність розвитку / Карпаш О.М., Когут Г.М. III Міжнародна

науково-практична конференція «Інфраструктура якості: Перспективи та тенденції розвитку», Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2018, с. 32-33.

14. Проблемні питання стандартизації в нафтогазовому комплексі / Когут Г.М., Карпаш О.М. X-та міжнародна конференція «Молоді вчені 2019 – від теорії до практики», 07 березня 2019 р., Національна металургійна академія України, м. Дніпро, с. 307-311.

15. Новий підхід до контролю фізико-механічних характеристик сталей із застосуванням когерентних методів ультразвукового контролю / Миндюк В.Д., Чабан Н.І., Карпаш О.М., Когут Г.М. 9-та Національна науково-технічна конференція і виставка “Неруйнівний контроль та технічна діагностика”, Українське товариство неруйнівного контролю та технічної діагностики, м. Київ, 19-21 листопада 2019 р., с. 158-162.

ANNOTATION

Kogut G.M. Improving the regulatory framework for gas networks operation in accordance with EU requirements. – - Qualified scientific work as a manuscript.

The thesis for the degree of Doctor of Philosophy, specialty 152 – Metrology and information-measuring technology (15 – Automation and instrumentation). The thesis preparation was carried out at the IvanoFrankivsk National Technical University of Oil and Gas. Defence of the thesis will be held at the Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, 2020.

The object of research is the operation of low and medium pressure gas networks.

The subject of the research is the improvement of normative support methods for the functioning of medium and low pressure gas networks, taking into account the provisions of low-carbon development of gas infrastructure.

The thesis is devoted to improving the regulatory support of the functioning of low and medium pressure gas networks in accordance with the requirements of the Third EU Energy Package, aimed at increasing the reliability of gas networks

functioning and their safety, and improving the existing regulatory requirements and developing new methods, aimed at reducing methane leaks with a corresponding reduction in carbon dioxide emissions.

The introduction substantiates the relevance of research objectives, shows the relationship of work with scientific programs, plans, topics, provides scientific novelty and formulates the practical significance of the results.

The first section provides an overview of scientific and technical literature on the topic of the dissertation. The analysis of preconditions and tendencies of development of gas distribution system of Ukraine is carried out. An analytical review and assessment of issues related to the formation of a modern system of regulatory support for the operation of gas distribution networks. It is argued that the creation of an up-to-date regulatory framework for natural gas distribution companies will allow to form effective tools for the reliable functioning of the entire national natural gas market. At the same time, the updated regulatory framework can be used to form long-term plans for gas distribution network development on construction of new and reconstruction of existing infrastructure, planning of standardization measures for development, harmonization with international and European normative documents, revision of national normative documents, development and updating of corporate normative documents. In addition, to achieve the optimum regulatory framework, it is necessary to balance the interests of all parties, which will optimally approach the complex task of forming a regulatory framework to regulate the distribution of natural gas, taking into account national and commercial interests.

The characteristic of the European approaches to normative maintenance of operation and functioning of gas networks is carried out. All current processes in the EU have their origins in 2009, when the first disputes over gas supplies between Ukraine and Russia arose. This situation has caused concern among EU member states, as most of them import almost all of their natural gas consumption, and the resulting political differences between transit countries have posed a threat to the EU's energy security. Therefore, to address potential problems (resilience to external influences, security of supply, competitiveness) at the legislative level in the EU developed and adopted directives and regulations that establish rules for regulating the internal market

of natural gas. Accordingly, Ukraine by maintaining the way to European integration is now on the path of reforming its own natural gas market, where not the least role is played by significant features of the organization of gas distribution companies, which are limited by current regulations of the former USSR.

The second section presents methodological approaches to the formation of a system to ensure the sustainable operation of low and medium pressure gas networks, taking into account the impact of methane leaks on gas networks on the environment. The transition to a climate-neutral economy based on the use of renewable sources is accompanied by significant challenges in the field of transportation and distribution of natural gas. The existing gas infrastructure is energy-intensive, and its capacity has the potential to provide inter-industrial emission reductions in parallel with the trends towards a climate-neutral Europe. Such trends require both a sharp reduction in greenhouse gas emissions and the transition to "environmentally friendly" energy sources and intensification of their use.

That is why the sustainable development of energy is possible only by taking into account all the rule-making, organizational, technical, technological, metrological factors facing critical infrastructures. This process must be characterized by objectivity and controllability, which will ultimately guarantee the security and reliability of gas supply to end users. Risk minimization should also be an important element, which will ultimately increase the sustainability of all elements of such infrastructures.

Today, a combination of system, holistic and integrated approaches is used to implement the concept of systainable development, which consider a complex structure that includes social and environmental systems, social, economic and natural interaction. Therefore, solving global problems is not possible without a coordinated interaction and strategies at all levels - from the world community to the level of industry or companies itself.

An important aspect of global sustainable development trends is the issue of methane emissions reduction. In recent decades, there has been an active transition from "dirty" (coal and oil) to "cleaner" (natural gas) energy sources. However, the issue of methane emissions, which is 30-90 times higher than carbon dioxide in terms of the greenhouse effect (according to the time interval of assessment), is becoming

increasingly important. According to international statistics for 2017, methane emissions from the oil and gas industry amount to 80 Mton (or 2.4 million tons of carbon dioxide equivalent) and account for 6% of total greenhouse gas emissions.

The efficiency of gas network operation in the context of analyzing the risks caused by natural gas leaks and their ranking in terms of economic, social and environmental dimensions was analyzed. Methodical approaches to the formation of a system are presented, ensuring the sustainable operation of low and medium pressure gas networks by taking into account the impact of gas networks methane leaks on the environment. In order to achieve the required level of methane emission reductions at infrastructure, the impact of natural gas losses caused by leaks in pipeline sections according to the parameters of sustainable development and possible risks according to the hazard classification have been studied. The probabilistic assessment of risk factors for natural gas leaks is considered to determine the magnitude of the impact of risk factors on the parameters and indicators of sustainable development and ranking of factors that require prompt response or increased attention. All classes of leaks are analyzed according to the classification of risks, hazards and their probability. In order to obtain up-to-date information, the questionnaire for risk assessment during the leak identification procedure was submitted to JSC Ivano-Frankivskgaz, where, with the participation of experts, the criteria were ranked according to the plan developed. In order to comply with the reliability of the obtained results, the obtained data were processed using the method of expert assessments. In addition, a methodology for assessing the impact of indicators and parameters of sustainable development on the functioning of gas networks was formulated.

The third section presents theoretical approaches to developing an optimization model for the implementation of updated regulations for the operation and maintenance of gas networks and a mathematical representation of the process of adapting the implementation of regulations for technical diagnostics and control. To solve the problem of optimizing the process of developing standards, the standard provisions of the theory of games with nature are used through the construction of appropriate matrices and the choice of optimal strategies. The application of the appropriate method allows the gas distribution operator to choose the most optimal strategy for the

development of standards, the provisions of which will regulate a number of safety indicators of gas networks to reduce the number of emergencies. Also, a model is presented that allows to determine the qualitative relationship between the performance of timing facilities, the cost of implementing and implementing new standards of technical diagnostics and control and the cost of eliminating the effects of economic, environmental and other impacts affecting in the case of accidents.

In the fourth section the electronic base of normative documents for the operator of gas distribution company is developed. This is the first stage of establishing a common corporate system of regulatory documents, which will be hosted on a closed server of the company, and will provide remote access to authorized users of the system. The first stage of creating a system of regulatory documents was to systematize all applicable regulations in the production activities of the gas distribution system operator. For this purpose, an array of normative documentation has been worked out, and they have been conducted in a list according to the classification agreed with the gas distribution system operator. During the formation of the list, regulations update was carried out, especially with regard to the validity of the standards of the former USSR, information on the validity of which currently changes annually. In addition, an additional task was to develop a list of European regulations that are not yet harmonized in Ukraine, but necessary for the full entry of the Ukrainian gas distribution system operator into the European market, and timely modernization of gas networks in line with international and European best practices.

Key words: leaks, gas networks, mathematical model, regulatory support, sustainable development.

LIST OF PUBLICATIONS ON THE SUBJECT OF THE DISSERTATION

Scientific papers, in which the main scientific results of the dissertation are published:

1. A. Klyun, M. Karpash I. Trebulova, G. Kogut (2017). Experience of operation of electronic database of full-text standards HAMMER in PJSC "Ukrtransgaz // *JOURNAL OF HYDROCARBON POWER ENGINEERING*, Vol 4, No 2 (2017), p. 80-88. Retrieved from http://ogpe.nung.edu.ua/index.php/jhpe/article/view/68.

2. Karpash M.O. Pidvyshchennia nadiinosti HTS uprovadzhenniam novykh standartiv dlia system diahnostuvannia z urakhuvanniam umov ekspluatatsii / Karpash M.O., Oliinyk A.P., Kliun A.M., Kohut H.M. / *Standartyzatsiia, sertyfikatsiia, yakist*, No2(109), 2018, p. 60-65.

3. Implications of New Standards on Technical Dianostics and Conrol Implentation on Gas Transmission System Efficiency / Karpash M.O., Oliynyk A.P., Kogut G.M., Klyun A.M.– ISSN 2409-9066. *Science and Innovation*, 2019, 15(6), p. 73—82.

4. Udoskonalennia metodiv ekspluatatsii hazovykh merezh v konteksti staloho rozvytku/ Kohut H.M., Karpash O.M. // *Standartyzatsiia, sertyfikatsiia, yakist*, 2019, № 6, p. 74-86.

5. Stan ta tendentsii rozvytku ukrainskoi normatyvnoi bazy zabezpechennia funktsionuvannia hazorozpodilnykh merezh nyzkoho ta serednoho tysku / Kohut H.M., Karpash O.M // *Standartyzatsiia, sertyfikatsiia, yakist*, 2019, № 3, p. 8-23. - Rezhym dostupu: http://nbuv.gov.ua/UJRN/ssia_2019_3_4.

66. Problemni pytannia normatyvnoho zabezpechennia vyrobnychoi diialnosti operatoriv rynku pryrodnoho hazu / A.M. Kliun, H.M. Kohut, M.O. Karpash, O.M. Karpash // *Metody ta prylady kontroliu yakosti*, 2019, № 2(43), p. 48-58. https://doi.org/10.31471/1993-9981-2019-2(43)-48-58.

7. Statement of optimization tasks for the process of developing normative documents for gas infrastructure / G.M. Kogut, A.P. Oliinyk, M.O. Karpash, A.M. Klyun. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, 2020, № 4, p. 105-110.

8. Enhancing the efficiency of gas distribution stations operation by selecting the optimal gas pressure and temperature parameters at the station outlet / I.V. Rybitskyi, V.I. Trofimchuk, G.M. Kogut. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, 2020, № 3, p. 47-52.

9. Analysis of measures to enhance energy efficiency and sustainable development of the gas transmission system of Ukraine / I.V. Rybitskyi, M.B. Slobodyan, G.M. Kogut, V.Ya. Popovych and M.O. Karpash // *New Trends in Production Engineering*, Volume 2: Issue 2, P. 76-84, DOI 10.2478/ntpe-2019-0046**.**

Published works of approbatory character:

10. Rozroblennia korporatyvnoi systemy standartyzatsii v sferi tekhnolohichnoi bezpeky (na prykladi PAT «UKRTRANSHAZ») / A.M. Kliun, M.O. Karpash, H.M. Kohut // Neruinivnyi kontrol v konteksti asotsiiovanoho chlenstva Ukrainy v Yevropeiskomu Soiuzi : materialy 1-shoi naukovo-tekhnichnoi konferentsii z mizhnarodnoiu uchastiu – NDT-UA 2017, 24-27 zhovtnia 2017 roku, m. Liublin, Polshcha. – Liublin: UT NKTD, 2017, p. 39-42.

11. Udoskonalennia normatyvnoi bazy dlia zabezpechennia nadiinosti ekspluatuvannia HTS // Kohut H.M., Karpash M.O., Kliun A.M. Materialy III Vseukrainskoi naukovo-praktychnoi konferentsii «Pryladobuduvannia ta metrolohiia: suchasni problemy, tendentsii rozvytku» 11-12 zhovtnia 2018 r., Lutskyi natsionalnyi tekhnichnyi universytet, m. Lutsk, p. 30-32.

12. Osoblyvosti funktsionuvannia systemy standartyzatsii obiektiv naftohazovoho kompleksu: rol tekhnichnykh komitetiv standartyzatsii / H.M. Kohut, M.O. Karpash, A.M. Kliun – II Mizhnarodna naukovo-tekhnichna konferentsii «Mashyny, obladnannia i materialy dlia naroshchuvannia vitchyznianoho vydobutku nafty i hazu» PGE-2018, Ivano-Frankivsk, 24-27 kvitnia 2018 r., p. 271-275.

13. Standartyzatsiia obiektiv naftohazovoho kompleksu Ukrainy: stan, vyklyky ta neobkhidnist rozvytku / Karpash O.M., Kohut H.M. III Mizhnarodna naukovo-praktychna konferentsiia «Infrastruktura yakosti: Perspektyvy ta tendentsii rozvytku», Kyiv: DP «UkrNDNTs», 2018, p. 32-33.

14. Problemni pytannia standartyzatsii v naftohazovomu kompleksi / Kohut H.M., Karpash O.M. X-ta mizhnarodna konferentsiia «Molodi vcheni 2019 – vid teorii do praktyky», 07 bereznia 2019 r., Natsionalna metalurhiina akademiia Ukrainy, m. Dnipro, p. 307-311.

15. Novyi pidkhid do kontroliu fizyko-mekhanichnykh kharakterystyk stalei iz zastosuvanniam koherentnykh metodiv ultrazvukovoho kontroliu / Myndiuk V.D., Chaban N.I., Karpash O.M., Kohut H.M. 9-ta Natsionalna naukovo-tekhnichna konferentsiia i vystavka “Neruinivnyi kontrol ta tekhnichna diahnostyka”, Ukrainske tovarystvo neruinivnoho kontroliu ta tekhnichnoi diahnostyky, m. Kyiv, 19-21 lystopada 2019 r., p. 158-162.