

ІВАНО-ФРАНКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
НАФТИ І ГАЗУ  
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Кваліфікаційна наукова  
праця на правах рукопису

РИБІЦЬКИЙ ІГОР ВОЛОДИМИРОВИЧ

УДК 621.643.053


**ДИСЕРТАЦІЯ**  
**НОВІТНІ МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ КОНТРОЛЮ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ**  
**ПАРАМЕТРІВ ГАЗОПРОВІДНИХ СИСТЕМ**

Спеціальність 05.11.13 – Прилади і методи контролю  
та визначення складу речовин

Галузь знань 15 – автоматизація та приладобудування

Подається на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук (доктора наук)

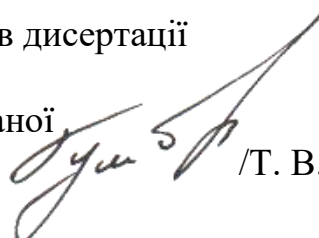
Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

 / І. В. Рибіцький/

Ідентичність всіх примірників дисертації

Засвідчую

Вчений секретар спеціалізованої  
вченої ради Д 20.052.03

 /Т. В. Гуменюк/

Підпис Т.В. Гуменюк засвідчую:

Учений секретар

/ В. Р. Процюк/

Науковий консультант: **Карпаш Олег Михайлович**, доктор технічних наук,  
професор

## АНОТАЦІЯ

Рибіцький І.В. – Новітні методи та засоби контролю експлуатаційних параметрів газопровідних систем.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.11.13 «Прилади і методи контролю та визначення складу речовин» (152 – Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка). – Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, Івано-Франківськ, 2021.

Дисертаційна робота присвячена вирішенню важливої науково-прикладної проблеми в галузі методів та приладів контролю експлуатаційних параметрів газопровідних систем, що досягається шляхом розроблення новітніх засобів контролю експлуатаційних параметрів газопровідних систем та дослідженням нових інформативних параметрів контролю як технічного стану так і режиму роботи газопровідних систем.

Подано результати аналізу сучасного стану та тенденцій розвитку методів, засобів та технологій неруйнівного контролю експлуатаційних параметрів трубопровідних систем з метою пошуку шляхів їх удосконалення з використанням нових інформативних параметрів, в тому числі за критеріями енергоефективності. Наведено характер залежності впливу дефектів трубопровідних систем, зокрема таких як негерметичність та порушення геометрії, на режими експлуатації та енергоефективність роботи трубопровідних системи.

Встановлено характер впливу не технологічних скупчень в порожнині трубопроводу на експлуатаційні показники та енергоефективність його роботи, удосконалено метод виявлення таких скупчень та подано результати його експериментального дослідження та промислових випробувань. Розкрито вид зв'язку впливу властивостей природного газу, що транспортуються в

трубопроводі, на експлуатаційні показники та енергоефективність роботи газопровідних систем. Подано результати аналізу існуючих методів, методик та технічних засобів контролю витоків з трубопроводних систем та обладнання, наведено методики вибору обладнання для контролю наявності та величини витоків вуглеводнів. Удосконалено технології та технічні засоби контролю властивостей природного газу, подано результати їх апробації та дослідження впливу фізико-хімічних властивостей природного газу на технічний стан, режими експлуатації та енергоефективність роботи трубопроводних систем та обладнання.

Ключові слова: технічна діагностика, контроль технічного стану, енергоефективність, методика, фізико-хімічні характеристики, дефекти, теплота згоряння природного газу, нормативний документ.

## АННОТАЦИЯ

**Рибицкий И.В. - Новейшие методы и средства контроля эксплуатационных параметров газопроводных систем.**

Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.11.13 «Приборы и методы контроля и определения состава веществ» (152 - Метрология и информационно-измерительная техника). - Иванов-Франковский национальный технический университет нефти и газа, Иванов-Франковск, 2021.

Диссертация посвящена решению важной научно-прикладной проблемы в области методов и приборов контроля эксплуатационных параметров газопроводных систем, достигается путем разработки новых средств контроля эксплуатационных параметров газопроводных систем и исследованием новых информативных параметров контроля как технического состояния так и режима работы газопроводных систем.

Представлены результаты анализа современного состояния и тенденций развития методов, средств и технологий неразрушающего контроля эксплуатационных параметров трубопроводных систем с целью поиска путей их совершенствования с использованием новых информативных параметров, в том числе по критериям энергоэффективности. Приведены характер зависимости влияния дефектов трубопроводных систем, в частности таких как негерметичность и нарушения геометрии, на режимы эксплуатации и энергоэффективность работы трубопроводных системы.

Установлен характер влияния не технологических скоплений в полости трубопровода на эксплуатационные показатели и энергоэффективность его работы, усовершенствован метод выявления таких скоплений и представлены результаты его экспериментального исследования и промышленных испытаний. Раскрыто вид связи влияния свойств природного газа, транспортируемых в трубопроводе, на эксплуатационные показатели и энергоэффективность работы

газопроводных систем. Представлены результаты анализа существующих методов, методик и технических средств контроля утечек из трубопроводных систем и оборудования, приведены методики выбора оборудования для контроля наличия и величины утечек углеводородов. Усовершенствована технологии и технические средства контроля свойств природного газа, представлены результаты их апробации и исследования влияния физико-химических свойств природного газа на техническое состояние, режимы эксплуатации и энергоэффективность работы трубопроводных систем и оборудования.

**Ключевые слова:** техническая диагностика, контроль технического состояния, энергоэффективность, методика, физико-химические характеристики, дефекты, теплота сгорания природного газа, нормативный документ.

## ABSTRACT

Ihor Rybitskyi. – The newest methods and devices for control of gas pipeline systems operational parameters.

The dissertation on reception of a scientific degree of the Doctor of Technical Sciences in the specialty 05.11.13 “Instruments and methods of control and composition of material determination” (152 - Metrology and information-measuring equipment). – Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, Ivano-Frankivsk, 2021.

The dissertation is devoted to the solution of an important scientific and applied problem in the field of methods and devices of control of operational parameters of gas pipeline systems, which is achieved by developing new means of control of operational parameters of gas pipeline systems and research of new informative parameters of control.

The results of the analysis of the current state and trends in the development of methods, tools and technologies of non-destructive testing of operational parameters of gas pipeline systems and equipment are presented. It is shown that determination of technical condition and diagnostics of pipeline systems is carried out mainly on separate informative parameters without their complex account, thus the conclusion on possibility of the further operation of the equipment is accepted on the basis only of results of control of a technical condition of material of pipelines.

The results of the developed theoretical bases and the received mathematical dependence of influence of the small size of through defects of walls of pipelines on process of gas transportation are resulted. It is proved that the presence of such defects not only creates dangerous emergencies with pipeline destruction and environmental damage, but also affects the efficiency of pipeline systems and equipment, creating local flow resistance and reducing the capacity and energy efficiency of pipeline systems.

Mathematical models of the influence of changes in the geometry of the cross section of the pipeline, non-technological accumulations in the pipeline cavity and physicochemical parameters of natural gas on the capacity of pipeline systems are obtained. Mathematical dependences make it possible to assess the impact of these changes on the energy efficiency of gas pipelines and equipment. The economic effect of the implementation of the measure taking into account the physics and chemical parameters of natural gas in the operation of gas distribution equipment is estimated.

The results of theoretical and experimental researches of advanced methods are presented: control of heat of combustion of natural gas, which consists in expansion of possibility, in particular increase of a range of measurements and increase of accuracy of measurements. Improvements have been made by using a number of circuit solutions that reduce the effect of half-wave loss error in ultrasonic measurements and the developed algorithm for finding the reference point of the acoustic signal, as well as the ability to measure not only lower but also higher heat of combustion of natural gas. from the content of carbon dioxide, the speed of propagation of ultrasonic vibrations in the sample of natural gas and the value of the lower heat of combustion; measurement of the level of accumulations in the cavity of the pipeline, which allowed to measure the level of various liquids separately in the operating modes of gas transportation by gas pipelines. The results of experimental researches of a new method of control of presence and measurement of volume of leaks of natural gas on crane knots and the equipment of the main pipelines are resulted. The method has passed successful industrial tests and has shown its effectiveness in detecting both micro and very large, pre-emergency leaks.

Experimental studies of a new informative parameter, namely the value of the integrated image density of acoustic structural noise, which are obtained using an ultrasonic flaw detector working with piezoelectric transducers with phased arrays, which allowed to develop a new method to prevent defects in steel pipelines at the stage of their nuclei microstructural level and determination of the yield strength of the metal of the pipeline.

New technical means have been developed and implemented (device for measuring higher heat of natural gas combustion, installation for measuring liquid levels in the gas pipeline cavity, installation for measuring natural gas leakage levels from gas pipelines and equipment) and technologies their industrial tests were carried out. A number of normative documents of various categories (measurement methods, methodological support for determining the volume of natural gas leaks, technical conditions for the manufacture of developed systems) and a standard regulating the measurement of heat of combustion of natural gas by correlation have been developed.

Keywords: technical diagnostics, control of technical condition, energy efficiency, technique, physical and chemical characteristics, defects, heat of combustion of natural gas, normative document.



### Список публікацій здобувача.

1. Карпаш М. О. Акустичний контроль конструкцій та устаткування у нафтогазовій галузі : монографія / М. О. Карпаш, І. В. Рибіцький, Т. Т. Котурбаш, О. Г. Бондаренко, О.М. Карпаш ; Івано-Франківськ : ІФНТУНГ, 2011. 420 с.

2. Природний газ: інноваційні рішення для сталого розвитку : монографія / загальна редакція: О. Карпаш. Редакційна колегія: Райтер П.М., Карпаш М.О., Яворський А.В., Тацакович Н.Л., Рибіцький І.В., Дарвай І.Я., Банахевич Р.Ю., Височанський І.І. Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2014. 398с.

3. Rybitsky I., Slobodyan M., Kogut G., Popovych V., Karpash M. Analysis of measures to enhance energy efficiency and sustainable development of the gas transmission system of Ukraine. *New Trends in Production Engineering. Monograph, Part 2. Warsawa. 2019, pp.76-84. <https://doi.org/10.2478/ntpe-2019-0046>.*

4. Doroshenko Ya.V., Karpash O.M., Rybitskyi I.V. Investigation of dispersed contaminates influence on the hydraulic energy consumption of elements of gas pipeline systems with complex geometry. *Topical scientific researcher into resource-saving technologies of mineral mining and processing. Multi-authored monograph. Sofia:Publishing House “St. Ivan Rilski”, 2020. P.182–207. ISBN978-954-353-408-1.*

5. Raiter P. Methods and system for non-separational evaluation of hydrocarbon flow composition. *Modernization and engineering development of resource-saving technologies in mineral mining and processing : Multi-authored monograph / Raiter P., Karpash O., Yavorskyi A., Rybitskyi I. ; Petrosani, Romania. UNIVERSITAS Publishing. 2019. 476p. pp. 304–326.*

6. Карпаш О. М., Слободян В. І., Опацький В. І., Яворський А. В., Рибіцький І. В. Система для оцінки рівня рідини в діючих газопроводах. *Нафтова і газова промисловість. 2009. №5–6. С. 41 – 43. (Фахове видання).*

7. Карпаш О. М., Карпаш М. О., Рибіцький І. В., Тацакович Н. Л.. Розвиток засобів неруйнівного контролю і технічної діагностики в нафтогазовій галузі.

*Техническая диагностика и неразрушающий контроль.* 2009. № 3. С. 35-41. **(Фахове видання).**

8. Яворський А. В., Карпаш О.М., Рибіцький І. В. Підходи до виявлення витоків газу з лінійної частини магістральних газопроводів у зонах геодинамічного ризику. *Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ.* 2011. №1(38). С. 113 – 119. **(Фахове видання).**

9. Rybitskyi I., Karpash O., Darvay I., Karpash M. New low-cost method for determination of heating value of natural gas. *Wiernictwo. Nafta. Gaz.* Vol. 28, Issue 1-2. Krakow, 2011, p.333-338.

10. Миндюк В. Д., Карпаш М. О., Яворський А. В., Рибіцький І. В., Доценко Є. Р. Досвід оцінки деградації матеріалу труб аміакопроводу за результатами неруйнівного контролю їх механічних характеристик. *Техническая диагностика и неразрушающий контроль.* 2012. №2. С. 30-35. **(Фахове видання).**

11. Котурбаш Т. Т., Карпаш М. О., Рибіцький І. В. Експериментальна перевірка безконтактного ультразвукового методу контролю товщини стінки газопроводів у процесі внутрішньотрубної діагностики. *Методи та прилади контролю якості.* 2012. №28. С.26-32. **(Фахове видання).**

12. Koturbash T., Karpash M., Darvai I., Rybitskyi I., Kutcherjv V. Development of new instant technology of natural gas quality determination. *Proceedings of the ASME 2013 Power Conference : Power 2013.* July 29-August 1, Boston, Massachusetts, USA, 2013. pp. 1-6. **(Scopus).**

13. Дарвай И. Я., Карпаш М. О., Рыбицкий И. В. Контроль качества природного газа - новое решение. *Литье и металлургия,* 3(67), 2012. с. 328-334.

14. Рибіцький І. В., Височанський І. І., Карпаш О. М., Карпаш М. О. Урахування температури природного газу при експрес-визначенні його теплоти згоряння. *Нафтогазова енергетика.* 2017. №2(28). С. 83-88. **(Фахове видання).**

15. Олійник А. П., Незамай Б. С., Рибіцький І. В. Математичне моделювання впливу силових факторів на характеристики трубопроводу в

процесі експлуатації. *Методи та прилади контролю якості*. 2018. №1(40). С. 105-107. **(Фахове видання)**.

16. Чабан Н. І., Рибіцький І. В., Миндюк В. Д. Розвиток акустичного виду контролю для виявлення та оцінювання структурних змін сталевих конструкцій. *Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ*. м. Івано-Франківськ, 2018. №3(68). С. 27-30. **(Фахове видання)**.

17. Рибіцький І. В., Карпаш М. О., Яворський А. В., Райтер П. М., Орлов І. О., Болховітін М. І. Виготовлення, налагодження та промислова апробація в умовах ПАТ «Укртрансгаз» приладу для експрес-контролю теплоти згоряння природного газу. *Нафтогазова галузь України*. 2018. №4. С. 32-37. **(Фахове видання)**.

18. Бакулін Є. М., Сидоренко С. П., Давай І. Я., Рибіцький І. В., Карпаш М. О. Досвід використання турбінного вимірювача швидкості потоку газу для експрес-перевірки побутових лічильників газу. *Методи та прилади контролю якості*. 2007. № 18. С. 54-58. **(Фахове видання)**.

19. Чабан Н. І., Рибіцький І. В., Карпаш М. О., Миндюк В. Д. Апробація та аналіз результатів експериментальних досліджень удосконаленого методу контролю фізико-механічних характеристик сталей. *Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ*. м. Івано-Франківськ, 2018. №4(69). С. 37-49. **(Фахове видання)**.

20. Rybitskyi I. V., Oliynyk A. P., Yavorskyi A. V., Karpash O. M., Karpash M. O., Tsykh V. S., Slobodyan M. B. Impact Assessment of Non-Technological Fluid Accumulations in the Cavity of an Existing Gas Pipeline on the Energy Efficiency of Its Operation. *Physics and chemistry of solid state*. Vasyl Stefanyk Precarpathian National University. V. 20, № 4. 2019. P. 457-466. **(Фахове видання категорії А, Web of Science)**.

21. Doroshenko, Y., Rybitskyi, I. Investigation of the influence of the gas pipeline tee geometry on hydraulic energy loss of gas pipeline systems. *Eastern-*

*European Journal of Enterprise Technologies*. Volume 1, Issue 8-103, 2020, P. 28-34. **(Scopus)**.

22. Okipnyi Igor, Poberezhny Lyubomyr, Zapukhliak Vasyl, Hrytsanchuk Andrii, Poberezhna Liubov, Stanetsky Andriy, Kravchenko Viktoria, Rybitskyi Ihor. Impact of long-term operation on the reliability and durability of transit gas pipelines. *Strojnícky časopis – Journal of mechanical engineering* vol. 70 (2020), no 1, p. 115-126. **(Scopus)**.

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

24. Акустичний спосіб безконтактного контролю глибини корозійного пошкодження трубопроводів. пат. 90007. Україна. №200802378. Заявл. 25.02.2008; опубл. 25.03.2010, Бюл. №6. 5 с.

25. Спосіб експрес-визначення теплоти згоряння природного газу: пат. 92846 Україна. №a200905201; заявл 25.05.2009. опубл. 10.12.2010, Бюл.№ 23, 4 с.

26. Прищепо О. О., Карпаш М. О., Рибіцький І. В. Аналіз характеру та причин відмов запірної арматури на газовому транспорті. Частина 2. *Нафтова і газова промисловість*. 2008. №3. С. 44–47. **(Фахове видання)**.

27. Яворський А. В., Тахар Айфа, Райтер П. М., Рибіцький І. В., Ващишак С. П. Методичне і технічне забезпечення попередження геодинамічної небезпеки в зоні пролягання нафтогазопроводів. *Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ*. 2012. №4(45). С.5-16. **(Фахове видання)**.

28. Способ определения теплоты сгорания природного газа: пат. 121938 Росія. №2011140504/28(060534); заявл. 05.10.2011; опубл. 10.11.2012. 9 с.

29. Пристрій для вимірювання рівня рідини в порожнині газопроводу: пат. 106840 Україна. № a201309982; заявл. 12.08.2013; опубл. 10.02.2014 р., Бюл. № 3. – 9 с.

30. Рибіцький І. В., Трофімчук В.І., Карпаш М.О. Основні чинники енергоємності газотранспортної системи України та роль управлінських заходів для їх зменшення. *Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ*. 2017. №4(65). С. 19-25. **(Фахове видання)**.

31. Чабан Н.І., Карпаш О. М., Рибіцький І. В., Миндюк В. Д. Аналіз методів акустичного контролю фізико-механічних характеристик металоконструкцій довготривалої експлуатації. *Методи та прилади контролю якості*. 2018. №1(41). С. 38-43. **(Фахове видання)**.

32. Карпаш М. О., Слободян М. Б., Рибіцький І. В. Аналіз організаційних заходів щодо підвищення енергоефективності на об'єктах газотранспортної системи України. *Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ*. 2017. №4(65). С. 111-115. **(Фахове видання)**.

33. Рибіцький І. В., Трофімчук В. І. Відбір тепла із лінії трубопроводів охолоджуючого масла газоперекачуючого агрегату та способи його ефективного використання. *Вісник КрНУ імені Михайла Остроградського. Випуск 6/2019 (119). Галузеве машинобудування*. С. 133-139. **(Фахове видання)**.

34. Спосіб експрес визначення теплоти згоряння природного газу з урахуванням температури: пат. 114212 . Україна. №а201500678; заявл. 28.01.2015. опубл. 10.03.2017, Бюл. № 5, 7с.

35. Миндюк В. Д., Чабан Н. І., Рибіцький І. В., Карпаш О. М.. Зв'язок між параметрами акустичних структурних шумів та механічними властивостями конструкційних сталей. *Фізико-хімічна механіка матеріалів*. 2020. № 3. С. 30-37. **(Фахове видання, Scopus та Web of Science)**.

36. Рибіцький І. В., Карпаш О. М., Карпаш М. О. Моделювання можливості вимірювання вищої теплоти згоряння природного газу за наявних інформативних параметрів. *Методи та прилади контролю якості*. N 1(44) 2020. С. 147-154. **(Фахове видання)**.

#### **Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:**

37. Яворський А.В., Карпаш О.М., Рибіцький І. В. Розроблення та

апробація системи для вимірювання рівня рідини в порожнинах діючих газопроводів. *Неруйнівний контроль та технічна діагностика – UkrNDT-2009* : 6-а національна науково-технічна конф., 9–12 червня 2009 р. : збірник доповідей. Київ : УТ НКТД, 2009. – 402с.

38. Яворський А. В., Карпаш О. М., Рибіцький І. В. Система для вимірювання рівня рідини в порожнинах діючих газопроводів. *Забезпечення експлуатаційної надійності систем трубопровідного транспорту* : науково-технічний семінар. 10-11 червня 2009 р. : збірник доповідей. м. Київ : НТК ІЭС ім. Е.О. Патона. 2009. 139с.

39. Карпаш О.М., Яворський А. В., Карпаш М. О., Рибіцький І. В., Тацакович Н. Л., Доценко Є. Р. Нові розробки в галузі технічної діагностики об'єктів довготривалої експлуатації нафтогазової галузі. *Механіка і фізика руйнування будівельних матеріалів та конструкцій* : VIII Міжнародний симпозіум, 5 – 8 жовтня 2009 р. Національна Академія наук України, МФРБМК, Київ. 2009.

40. Карпаш О.М., Давай І. Я., Рибіцький І.В., Карпаш М. О. Апробація нового методу визначення теплоти згоряння природного газу. *Електромагнітні та акустичні методи неруйнівного контролю матеріалів та виробів. Леотест-2010* : 15 Міжнародна науково-технічна конференція, 15-20 лютого 2010 р. Славське Львівської обл. Українське товариство неруйнівного контролю та технічної діагностики, 2010. с. 20.

41. Karpash O., Karpash M., Rybitsky I., Koturbash T. Experimental assembly for air-coupled ultrasonic hardware thickness control. *Proceedings of 5th International Symposium on Hydrocarbons and Chemistry (ISHC5)*, Sidi Fredj, Algeria, May 23-25, 2010, P.115.

42. Rybitskyi I. V., Yavorskyi A. V., Banahevych R. Yu. Stationary system of measuring the liquid level in the cavities of the existing gas pipeline. *NDT days 2011*. “Дни на безразрушителния контрол 2011. Научни известия на НТСМ. Sozopol. Republic of Bulgaria. 2011. №1 (121). С. 93-95.

43. Рибіцький І. В., Банахевич Р. Ю., Яворський А. В., Карпаш М.О. Чинники утворення гідратних накопичень в порожнинах труб газопроводів та способи їх моніторингу. *Сучасні прилади, матеріали і технології для неруйнівного контролю і технічної діагностики машинобудівного і нафтогазопромислового обладнання* : шоста Міжнародна науково-технічна конференція і виставка : збірник тез доповідей. 29 листопада – 2 грудня 2011 р. м. Івано-Франківськ : ІФНТУНГ. 2011. С. 150-155.

44. Банахевич Р. Ю., Карпаш О. М., Рибіцький І. В., Яворський А. В. Система моніторингу рівня жидкості в порожнині газопроводів. *Надежность и безопасность магистрального трубопроводного транспорта* : матеріали VII міжнародної науково-технічної конференції. 22-25 листопада 2011 г. Новополюк : ПГУ. 2011. С. 133-134.

45. Миндюк В. Д., Карпаш М. О., Яворський А. В., Доценко Є. Р., Рибіцький І. В. Оцінка ступеню деградації матеріалу труб аміакопроводу неруйнівними методами контролю. *Електромагнітні та акустичні методи неруйнівного контролю матеріалів та виробів. Леотест-2012* : матеріали 17 Міжнародної науково-технічної конференції, 20-25 лютого 2012р. м. Славське Львівська обл. С. 58 – 62.

46. Рибіцький І. В., Банахевич Р. Ю., Яворський А. В., Карпаш М. О. Моніторинг скупчень газоконденсату та рідини в порожнинах діючих газопроводів. *Електромагнітні та акустичні методи неруйнівного контролю матеріалів та виробів. Леотест-2012* : Матеріали 17 Міжнародної науково-технічної конференції , 20-25 лютого 2012р. м. Славське Львівська обл. С. 109 – 113.

47. Гвідо ван Баелен, Яворський А. В., Йенс Антонсон, Рибіцький І. В., Карпаш М. О. Методи та засоби виявлення витоків та втрат вуглеводневих енергоносіїв в системах транспортування та зберігання нафти і газу. *Проблеми і перспективи транспортування нафти і газу* : матеріали міжнародної науково-

технічної конференції, м. Івано-Франківськ, 15-18 травня 2012р. Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, 2012. С.282–289.

48. Банахевич Р. Ю., Карпаш О. М., Карпаш М. О., Яворський А. В., Рибіцький І. В. Експериментальні дослідження методу визначення рівня скупчення рідини в порожнині магістральних газопроводів. *Нафтогазова енергетика 2013* : міжнародна науково-технічна конференція, 7 – 11 жовтня 2013 р. м. Івано-Франківськ, 2013. С. 228 – 231.

49. Karpash M. O., Yavorsky A. V., Rybitsky I. V., Visochansky I. I., Daravay I. Y. Progress in the field of development of means for express control of natural gas combustion heat. *Proceedings of Scientific and Technical Union of Mechanical Engineering*. year XXIII. 2015. №2(165). P.p. 43-45.

50. Рибіцький І. В., Яворський А. В., Райтер П. М. Досвід виявлення та оцінки втрат природного газу на автомобільних газонаповнювальних компресорних станціях. *Неруйнівний контроль та технічна діагностика – UkrNDT-2016* : 8-а національна науково-технічна конф., 22 – 24 листопада 2016 р. : матеріали конференції. Київ : УТ НКТД, 2016. 380с. С.197-202.

51. Карпаш О. М., Яворський А. В., Рибіцький І. В. Технологія і устаткування для моніторингу нетехнологічних скупчень рідини в порожнинах діючих газопроводів. *Неруйнівний контроль в контексті асоційованого членства України в Європейському Союзі – NDT-UA 2017* : збірник доповідей 1-ої науково-технічної конференції з міжнародною участю. 24–27 жовтня 2017 р. м. Люблін, Польща : УТ НКТД, 2017. 91 с. с. 34-37.

52. Слободян М. Б., Карпаш М. О., Рибіцький І. В. Розроблення технічних рішень для забезпечення технологічної та екологічної безпеки на газовому транспорті. *Неруйнівний контроль в контексті асоційованого членства України в Європейському Союзі – NDT-UA 2017* : збірник доповідей 1-шої науково-технічної конференції з міжнародною участю. 24–27 жовтня 2017 року. м. Люблін, Польща: УТ НКТД, 2017. 91 с. с. 81-84.



53. Рибіцький І. В., Височанський І. І., Карпаш М. О., Райтер П. М., Яворський А. В. Удосконалення технології та розробка пристрою експрес-контролю теплоти згорання природного газу. *Сучасні прилади, матеріали і технології для неруйнівного контролю і технічної діагностики машинобудівного і нафтогазопромислового обладнання* : восьма Міжнародна науково-технічна конференція пам'яті професора Ігоря Кісіля : Збірник матеріалів доповідей (14 – 16 листопада 2017 р.). Івано-Франківськ : ІФНТУНГ. 2017. С. 171-173.

54. Рибіцький І.В., Карпаш О.М., Слободян М.Б. Технічне діагностування трубопровідних систем з врахуванням критеріїв їх енергоефективності. *Тези допов. міжнар. конф. під ред. Ю.М. Посипайко. Київ: Міжнародна Асоціація «Зварювання», 2018. – 66 стор. XXII Міжнародна конференція «Сучасні методи та засоби неруйнівного контролю і технічної діагностики»*. 10-14 вересня 2018р., м. Одеса. Присвячується 100-річчю Національної академії наук України. С. 15.

55. Рибіцький І. В., Чабан Н. І. Нова технологія удосконалення безпеки експлуатації газотранспортних систем. *Прикладні науково-технічні дослідження* : матеріали III міжнар. наук.-практ. конф., 3-5 квіт. 2019 р. Академія технічних наук України. Івано-Франківськ : Симфонія форте, 2019. 242 с.

56. Карпаш О. М., Карпаш М. О., Яворський А. В., Рибіцький І.В. Технологія і устаткування для моніторингу нетехнологічних скупчень рідини в порожнинах діючих газопроводів. *Сучасні прилади, матеріали і технології для неруйнівного контролю і технічної діагностики машинобудівного і нафтогазопромислового обладнання* : восьма Міжнародна науково-технічна конференція пам'яті професора Ігоря Кісіля : збірник матеріалів доповідей. 14 – 16 листопада 2017 р. м. Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2017. С. 139-141

57. Рибіцький І. В., Карпаш М. О., Яворський А. В., Райтер П. М., Карпаш О. М. Алгоритмічні та схемотехнічні рішення підвищення точності вимірювання теплотворної здатності природного газу пристроєм GAS-HI-Q.

*Вимірювання, контроль та діагностика в технічних системах (Measurement, control and diagnosis in technical systems) (ВКДТС-2019)* : п'ята міжнародна наукова конференція : збірник тез доповідей. 29 – 31 жовтня 2019 р. Вінниця : ВНТУ, 2019. С. 10-11.

58. Карпаш М. О., Рибіцький І. В., Яворський А. В., Райтер П. М. Експрес-контроль теплоти згоряння природного газу. *Неруйнівний контроль та технічна діагностика – UkrNDT-2019* : збірник доповідей 9-ї Національної науково-технічної конференції. м. Київ, УТ НКТД, 2019. 270 с. с.139-144.

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП.....</b>	<b>25</b>
<b>РОЗДІЛ 1</b>	
<b>АНАЛІЗ МЕТОДІВ ТА ЗАСОБІВ КОНТРОЛЮ ГАЗОПРОВІДНИХ СИСТЕМ ТА ОБЛАДНАННЯ .....</b>	<b>36</b>
<b>1.1 Аналіз стану об’єкта контролю .....</b>	<b>36</b>
<b>1.2 Аналіз методів та засобів контролю витоків .....</b>	<b>44</b>
<b>1.2.1 Аналіз причин виникнення витоків природного газу в системах газопостачання .....</b>	<b>44</b>
<b>1.2.2 Порівняння методів та технічних засобів визначення місць витоків природного газу .....</b>	<b>50</b>
<b>1.3 Вимірювання рівня нетехнологічних рідинних скупчень в порожнині газопроводу .....</b>	<b>60</b>
<b>1.4 Порівняльний аналіз номенклатури вітчизняних і зарубіжних стандартів на газопромислове обладнання .....</b>	<b>65</b>
<b>1.5 Документи, які використовуються при проведенні НК і ТД об’єктів газової промисловості.....</b>	<b>68</b>
<b>1.6 Вибір та обґрунтування напрямку досліджень.....</b>	<b>69</b>
<b>РОЗДІЛ 2</b>	
<b>МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ВПЛИВУ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ПАРАМЕТРІВ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ РОБОТИ ГАЗОПРОВІДНИХ СИСТЕМ.....</b>	<b>70</b>
<b>2.1 Моделювання впливу наскрізних дефектів та розгерметизації газопроводу.....</b>	<b>70</b>
<b>2.2 Моделювання впливу зміни геометричних характеристик перерізу трубопроводу .....</b>	<b>85</b>
<b>2.3 Моделювання впливу не технологічних скупчень в порожнині трубопроводу.....</b>	<b>89</b>

<b>2.4 Моделювання впливу якості природного газу на енергоефективність роботи газопроводу.....</b>	<b>98</b>
<b>Висновки до розділу 2.....</b>	<b>104</b>
<b>РОЗДІЛ 3</b>	
<b>УДОСКОНАЛЕННЯ ТА РОЗРОБЛЕННЯ НОВИХ МЕТОДІВ ТА МЕТОДИК КОНТРОЛЮ ГАЗОПРОВІДНИХ СИСТЕМ .....</b>	<b>106</b>
<b>3.1 Удосконалення методу вимірювання теплоти згорання природного газу .....</b>	<b>106</b>
<b>3.2 Удосконалення методу вимірювання рівня різного роду не технологічних скупчень в порожнині трубопроводу .....</b>	<b>117</b>
<b>3.3 Розроблення методу вимірювання об'ємів витоків природного газу на обладнанні газового комплексу.....</b>	<b>126</b>
<b>3.4 Дослідження методу попередження виникнення дефектів в сталевих трубопроводах .....</b>	<b>137</b>
<b>Висновки до розділу 3.....</b>	<b>146</b>
<b>РОЗДІЛ 4</b>	
<b>РОЗРОБЛЕННЯ УДОСКОНАЛЕНИХ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ КОНТРОЛЮ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ГАЗОПРОВІДІВ ТА ОБЛАДНАННЯ.....</b>	<b>147</b>
<b>4.1 Удосконалення приладу для контролю теплоти згорання природного газу .....</b>	<b>147</b>
<b>4.2 Удосконалення системи для виявлення та вимірювання рівня рідини в порожнинах газопроводів .....</b>	<b>161</b>
<b>4.3 Розроблення установки для контролю величини витоків на кранових вузлах та обладнанні.....</b>	<b>165</b>
<b>Висновки до розділу 4.....</b>	<b>166</b>

**РОЗДІЛ 5**

<b>ПРОМИСЛОВІ ВИПРОБУВАННЯ НОВИХ МЕТОДІВ, МЕТОДИК ТА ЗАСОБІВ КОНТРОЛЮ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ГАЗОПРОВІДНИХ СИСТЕМ ТА ОБЛАДНАННЯ.....</b>	<b>167</b>
<b>5.1 Виготовлення та промислова апробація приладу для контролю теплоти згоряння природного газу GAS-Hi-Q.....</b>	<b>167</b>
<b>5.2 Промислова апробація установки для контролю витоків на кранових вузлах та обладнанні.....</b>	<b>169</b>
<b>5.3 Промислова апробація установки для контролю витоків на кранових вузлах та обладнанні в умовах АГНКС.....</b>	<b>170</b>
<b>5.4 Промислова апробація системи для виявлення та вимірювання рівня рідини в порожнинах газопроводів.....</b>	<b>173</b>
<b>5.5 Досвід проведення робіт з визначення фізико-механічних характеристик та виявлення дефектів в сталевих трубопроводах.....</b>	<b>175</b>
<b>5.6 Досвід проведення робіт з контролю експлуатаційних параметрів та енергоефективності газопровідних систем промислових підприємств.....</b>	<b>179</b>
<b>Висновки до розділу 5.....</b>	<b>180</b>

**РОЗДІЛ 6**

<b>НОРМАТИВНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РОЗРОБЛЕНИХ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ТА МЕТОДІВ ДІАГНОСТИКИ ТРУБОПРОВІДНИХ СИСТЕМ.....</b>	<b>182</b>
<b>6.1 Розроблення нормативного забезпечення вимірювання теплоти згоряння природного газу кореляційним методом.....</b>	<b>182</b>
<b>6.2 Розроблення методичного забезпечення з оцінки втрат і витрат енергоносіїв при їх транспортуванні та зберіганні.....</b>	<b>184</b>
<b>6.3 Розроблення методичного забезпечення з визначення об'ємів витоків природного газу.....</b>	<b>185</b>

<b>6.4 Розроблення технічних умов на виготовлення системи моніторингу накопичень рідини в порожнині трубопроводу.....</b>	<b>187</b>
<b>6.5 Розроблення методики визначення фізико-механічних характеристик сталей.....</b>	<b>189</b>
<b>6.6 Створення банку даних фізико-хімічних характеристик природнього газу.....</b>	<b>190</b>
<b>Висновки до розділу 6.....</b>	<b>191</b>
<b>ВИСНОВКИ.....</b>	<b>192</b>
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....</b>	<b>195</b>
<b>ДОДАТОК А – Звіт про аварії та відмови на магістральних газопроводах ПАТ «УКРТРАНСГАЗ» у 2015-2016 роках.....</b>	<b>224</b>
<b>ДОДАТОК Б – Каталог нормативних документів .....</b>	<b>230</b>
<b>ДОДАТОК В – Перелік нормативних документів, які встановлюють вимоги до продукції, що контролюється, та методів її контролю.....</b>	<b>244</b>
<b>ДОДАТОК Г – Компонентний склад та фізико-хімічні показники газу обчислені на основі компонентного складу проби природнього газу .....</b>	<b>251</b>
<b>ДОДАТОК Д – Лист про проведення випробувань приладу GAS-Hi-Q на об'єктах Богородчанського ЛВУМГ .....</b>	<b>279</b>
<b>ДОДАТОК Е – СОУ. Метрологія. Природний газ. Вимірювання нижчої теплоти згоряння кореляційним методом .....</b>	<b>282</b>
<b>ДОДАТОК Ж – Програма та методика випробувань приладу для визначення теплоти згоряння природнього газу GAS-Hi-Q.....</b>	<b>306</b>
<b>ДОДАТОК И – Результати (Акти) випробувань приладу для визначення теплоти згоряння природнього газу GAS-Hi-Q.....</b>	<b>315</b>
<b>ДОДАТОК К – Акти виготовлення та оцінки технічної відповідності взірця приладу для контролю теплоти згоряння природнього газу.....</b>	<b>325</b>
<b>ДОДАТОК Л - Листи щодо проведення апробації, результати та методика випробувань на АГНКС ПАТ «Концерн Галнафтогаз».....</b>	<b>328</b>

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ ТА СКОРОЧЕНЬ

У роботі застосовано такі позначки та скорочення:

АГНКС	- автомобільна газонаповнювальна компресорна станція
ТД	- технічне діагностування;
НК	- неруйнівний контроль;
НД	- нормативний документ;
ГТС	- газотранспортна система;
ГРС	- газорозподільна станція;
ГПА	- газоперекачувальний агрегат;
ККД	- коефіцієнт корисної дії;
КС	- компресорна станція;
КЦ	- компресорний цех;
ЛВУ МГ	- лінійне виробниче управління магістральних газопроводів;
МГ	- магістральний газопровід;
ТО	- технічне обслуговування;
СПГГ	- спеціалізовані підприємства з газопостачання та газифікації;
АПО	- апарат повітряного охолодження;
СПГГ	- спеціалізовані підприємства з газопостачання та газифікації.

## ВСТУП

### **Актуальність теми.**

Трубопровідна система газотранспортної промисловості України є однією з найбільших і найпотужніших у Європі. Проте значний рівень спрацювання (понад 70%), низька енергоефективність обладнання, що використовується та відсутність фінансування на своєчасне його оновлення (частина обладнання експлуатується понад 30 років без повної заміни), призводить до появи значних ризиків його безпечного експлуатування та завдання шкоди життю людей, майну, навколишньому середовищу, чуттєвого зниження рівня енергобезпеки окремих галузей промисловості. Окрім того, слід взяти до уваги, що вітчизняна газотранспортна система входить в п'ятірку найбільш енергоємних виробництв в Україні і споживає більше 2% енергоресурсів.

Технічний стан трубопроводів, компресорних агрегатів, періодичність їх обслуговування та ремонту, якість транспортованого продукту, завантаженість системи в цілому впливають на надійність та ефективність роботи трубопровідного транспорту. Практика світового та вітчизняного досвіду свідчить, що найбільш раціональним виходом з ситуації, що склалася, є розроблення та впровадження систем та технологій комплексного контролю технічного стану об'єктів за сукупністю параметрів з одночасним їх врахуванням з метою виявлення дефектів, попередження аварійних ситуацій та завчасного проведення ремонтних робіт.



В розвиток методів та засобів контролю технічного стану трубопроводів та обладнання значний внесок вклали вітчизняні Патон Б.Є., Лобанов Л.М., Бабак В.П., Троїцький В.О., Назарчук З.Т., Скальський В.Р., Крижанівський Є.І., Карпаш О.М., Древецький В.В. Учанін В.М., Куц Ю.В., Карпаш М.О. Сучков Г.М. Маєвський С.М., Заміховський Л.М, Яцун М.А., Фомічов С.К., та зарубіжні вчені Richard Heinberg, Kydes A.S., Горкунов Е.С., Charles Hall, Мазур Н.И., Иванцов О.М., Щербінін В.Е., Гурвич А.К., Мужницький В.Ф., Мігун Н.П., Гумеров А.Г., Беднаж С., А. Мітра, Б. Венкатраман, Charles A. S. Hall та інші.

Дослідження згаданих вчених в основному зосереджувалися на розробленні окремо взятих технічних засобів та технологій контролю технічного стану, але в них не приділяли достатньої уваги комплексному підходу контролю технічного стану за сукупністю інформативних параметрів, а також впливу зміни цих параметрів на режими роботи газотранспортної системи.

Тому для газотранспортних систем дослідження новітніх методів контролю експлуатаційних параметрів з їх одночасним врахуванням та їх впливом на режим роботи газотранспортної системи є актуальною науково-технічною проблемою.

### **Зв'язок з науковими програмами, планами, темами.**

Дисертаційна робота виконана на кафедрі енергетичного менеджменту і технічної діагностики Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу.

Матеріали дисертації є складовою частиною більше 15 науково-дослідних робіт, що особисто виконувались здобувачем, як науковим керівником і виконавцем держбюджетних та госпдоговірних робіт, основними з яких за темами є: «Розроблення методів технічного діагностування енергетичних об'єктів та технологій контролю параметрів енергоресурсів» (номер державної реєстрації – 0114U000730, термін виконання – 2018–2021 рр.); договір №М/193 «Експрес метод контролю якості природного газу» згідно з наказом Державного агентства з питань науки, інновацій та інформатизації України від 12.04.2012р. №66 (номер держреєстрації - 0112U003624, термін виконання 2012 рік); Project using BPG funds provided by U.S. Civilian Research and Development Foundation, UKЕ1-9074-IF-12 «Express Method of Natural Gas Quality Control» (термін виконання 2012 рік); «Обстеження стану металу труб визначених ділянок переходу аміакопроводу через Тілігульський лиман з метою визначення механічних характеристик (ударна в'язкість, границя плинності)» (термін виконання – 2010–2011 рр.); договір №1611000599 (185/2016) «Розроблення СОУ «Метрологія. Природний газ. Визначення нижчої теплоти згоряння кореляційним методом» (термін виконання – 2016-2017рр.); договір №33/2016 «Розроблення методики визначення витоків природного газу на АГНКС ПАТ «КОНЦЕРН ГАЛНАФТОГАЗ. Вимірювання об'ємів витоків природного газу на АГНКС №1, с. Дем'янів» (номер держреєстрації 0116 U 005725, термін виконання – 2016р.); договір 5/2009 «Оцінка напружено-деформованого стану МПП "Союз" на переході р. Айдар (1239 км.), визначення активності зсуву ґрунтів на ділянці 1152-1154 км. та оцінка залишкового ресурсу досліджених ділянок» (№ держреєстрації 0109U004632, термін виконання – 2009–2010 рр.); держбюджетна Д-11-11-П «Розроблення новітніх неруйнівних методів

діагностики та моніторингу деградації матеріалів металоконструкцій довготривалої експлуатації» (№ держреєстрації 0111U002999, термін виконання – 2015р.).

**Мета і завдання дослідження.** Метою наукового дослідження є вирішення актуальної науково-прикладної проблеми в галузі методів та приладів контролю – розроблення новітніх засобів контролю експлуатаційних параметрів газопровідних систем шляхом дослідження нових інформативних параметрів контролю як технічного стану так і режиму роботи газопровідних систем.

Для досягнення поставленої мети необхідно було вирішити такі **наукові завдання:**

- проаналізувати сучасний стан та тенденції розвитку методів, засобів та технологій неруйнівного контролю параметрів експлуатації, обслуговування та ремонту газопровідних систем та обладнання, здійснити аналіз напрямків їх удосконалення з використанням нових інформативних параметрів;
- провести теоретичні та експериментальні дослідження фізичних процесів які відбуваються при експлуатації газопровідних систем з метою обґрунтування можливості використання нових інформативних параметрів контролю їх технічного стану;
- провести математичне моделювання процесу впливу дефектів трубопровідних систем, в тому числі таких як негерметичність та порушення геометрії, на експлуатаційні показники та ефективність роботи газопровідних систем;

- провести теоретичні дослідження процесу впливу накопичення нетехнологічних скупчень в порожнині газопроводу на експлуатаційні показники та ефективність його роботи, удосконалити метод виявлення таких скупчень та провести експериментальне його дослідження;

- провести математичне моделювання впливу властивостей природного газу, що транспортується в трубопроводі, на експлуатаційні показники та енергоефективність роботи газопровідних систем з метою вибору напрямку удосконалення методів та приладів контролю властивостей природного газу;

- розробити нові та удосконалити існуючі методи, технології та технічні засоби контролю наявності та величини витоків природного газу з газопровідних систем та обладнання, а також провести їх промислову апробацію;

- удосконалити технології та технічні засоби контролю нижчої та розробити технології оцінки вищої теплоти згоряння природного гагу та провести їх промислову апробацію з метою дослідження впливу якісних показників природного газу на енергоефективність роботи газопровідних систем та обладнання.

**Об'єктом дослідження** є газопровідні системи та обладнання.

**Предметом дослідження** є методи та засоби контролю параметрів технічного стану газопровідних систем та обладнання.

**Методи дослідження:** теоретичні дослідження виконано з використанням методів розв'язання нелінійних задач встановлення кореляційних зв'язків між інформативними параметрами технічного стану газопровідних систем та досліджуваними характеристиками (фізико-хімічними властивостями природного газу, наявності дефектів типу порушення геометрії, герметичності, наскрізні дефекти, нетехнологічні скупчення в порожнині газопроводів), а також методів аналітичного та чисельного розв'язання систем лінійних та диференціальних рівнянь у часткових похідних, що побудовані на основі математичного аналізу та експериментальних даних роботи багатопараметрових вимірювальних систем, методах відбирання та оброблення первинної інформації. Експериментальні дослідження розроблених технологій та удосконалених технічних засобів проведено із застосуванням теорії вимірювань і планування багатфакторного експерименту, кореляційного аналізу, математичної статистики, методів числового оброблення результатів експериментів. Результати експериментальних та теоретичних досліджень було проаналізовано із застосуванням спеціалізованого програмного забезпечення. Експериментальні дослідження проводилися із використанням стандартних та розроблених методик.

**Положення, що виносяться на захист:**

1) метод контролю експлуатаційних параметрів газопровідних систем за комплексом інформаційно-діагностичних критеріїв (наявність та рівень нетехнологічних скупчень в порожнині трубопроводу, теплотворна здатність транспортованого природного газу);

2) закономірності впливу дефектів типу порушення геометрії та наявності наскрізних дефектів малого розміру стінки трубопроводів на режим роботи газопровідних систем та обладнання;

3) закономірність впливу фізико-хімічних характеристик природного газу на енергоефективність та надійність роботи газопроводів;

4) новий метод визначення вищої теплоти згоряння природного газу, що базується на залежності її значення від вмісту діоксиду вуглецю, швидкості поширення ультразвукових коливань в природньому газі та значення його нижчої теплоти згоряння.

**Наукова новизна одержаних результатів** полягає у вирішенні важливої науково-прикладної проблеми забезпечення надійної та ефективної експлуатації газопровідних систем та обладнання шляхом розроблення наукових основ новітніх методів контролю параметрів їх експлуатації. У ході дисертаційних досліджень отримано наступні наукові результати.

1. Вперше встановлена залежність між експлуатаційними параметрами газопровідних систем та наявністю наскрізних дефектів малого розміру, через які відбувається витік, що є джерелом турбулентності, створеного локального опору потоку і зменшення пропускної здатності газопровідних систем, що дозволяє оцінити режим та ефективність роботи газопроводів.

2. Вперше встановлено взаємозалежності впливу раніше не врахованих параметрів (зміна геометричних характеристик перерізу газопроводу, наявність нетехнологічних скупчень в порожнині трубопроводу, теплотворна здатність транспортованого природного газу) на режим роботи (пропускну здатність)

трубопроводу, що доцільно використати при визначенні подальших заходів для забезпечення ефективної роботи газотранспортної системи.

3. Розроблено новий метод вимірювання теплоти згоряння природного газу, що дає змогу проводити вимірювання вищої теплоти згоряння природного газу шляхом застосування встановленої залежності значення вищої теплоти згоряння від вмісту діоксиду вуглецю, швидкості поширення ультразвукових коливань в пробі природного газу та значення нижчої теплоти згоряння, що забезпечує підвищення точності та розширення діапазону вимірювань, а також вимоги третього енергопакету ЄС.

4. Удосконалено метод вимірювання рівня скупчень рідини в порожнині трубопроводу шляхом застосування при обробці інформаційних сигналів фільтрів Савіцького-Голея, що дозволило проводити вимірювання рівня різних рідин окремо в робочих режимах транспортування газу газопроводами, підвищити інформативність та зменшити похибку вимірювань.

5. Удосконалено метод вимірювання об'ємів витоків природного газу в системах газопостачання шляхом розроблення конструкцій спеціальних вимірювальних ділянок та застосування встановленої залежності швидкості потоку через вимірювальну ділянку та об'єму витoku з газопроводу, що дало можливість застосування методу для вимірювання витоків широкому діапазоні, зокрема як мікро, так і дуже великих, перед аварійних витоків.

6. Отримали подальший розвиток класичні методи технічного діагностування та прогнозування технічного стану трубопровідних систем та обладнання з використанням структурних акустичних шумів як структурно чутливих інформативних параметрів, що створило передумови спрощення

виконання технічних засобів діагностики, розширення їх можливостей та підвищення достовірності контролю.

**Практичне значення одержаних результатів.** Розроблені нові та удосконалено існуючі технічні засоби, технології, методики та нормативні документи, що регулюють використання розроблених методів контролю технічного стану газопровідних систем та обладнання за комплексом діагностичних параметрів.

Розроблено, виготовлено, проведено промислові випробування (в умовах УМГ «Прикарпаттрансгаз» ПАТ «Укртрансгаз», ПАТ «Івано-Франківськгаз») та передано в експлуатацію новий прилад для контролю якісних параметрів, зокрема вищої та нижчої теплоти згоряння, природного газу GAS-Hi-Q, а також проект СОУ «Газ природний горючий. Експрес-контроль теплоти згоряння. Методика», який регламентує порядок проведення вимірювань з використанням розробленого приладу.

Розроблено, виготовлено та проведено багаторічні лабораторні та промислові випробування системи моніторингу накопичувань рідини в порожнинах газопроводів, а також розроблено та затверджено технічні умови на її виготовлення (ТУ У 26.5-02070855-001:2016 Система моніторингу накопичень рідини. Технічні умови).

Розроблено та впроваджено нормативний документ СОУ 49.5-30019801-137:2017 Метрологія. Природний газ. Вимірювання нижчої теплоти згоряння кореляційним методом.



Розроблено Методику визначення об'ємів витоків природного газу на АГНКС та проведено з використанням зазначеної методики вимірювання об'ємів витоків на обладнання АГНКС ПАТ «КОНЦЕРН ГАЛНАФТОГАЗ».

Розроблено та погоджено із ДП «Івано-Франківськстандартметрологія», ННЦ «Інститут метрології» та Карпатським експертно-технічним центром «Методику виконання вимірювань границі плинності конструкційних (трубопровідних) сталей» та «Методику виконання вимірювань ударної в'язкості сталей трубопровідного сортаменту» та проведено з використанням зазначеної методики обстеження стану металу труб визначених ділянок переходу аміакопроводу через Тілігульський лиман з метою визначення механічних характеристик (ударна в'язкість, границя плинності).

Розроблено проект Стандарту організацій України «Магістральні нафтопроводи. Лінійна частина. Методи ремонту ділянок нафтопроводів діаметром до 1220 мм».

Матеріали дисертаційної роботи використовуються у навчальному процесі для навчання студентів за спеціальностями «Нафтогазова інженерія та технології» та «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу.

**Особистий внесок здобувача.** Основні наукові положення та результати, які становлять суть дисертації, отримані автором самостійно. У роботах, опублікованих у співавторстві, здобувачу належить:

- методологія контролю технічного стану газопровідних систем та обладнання за комплексом діагностичних критеріїв [1, 10, 11, 15, 16, 19, 22, 24, 31, 35, 39, 41, 45, 54, 55];

- спосіб контролю якісних характеристик природного газу, зокрема вищої теплоти згоряння та підвищення точності контролю нижчої теплоти згоряння природного газу, алгоритм роботи вимірювального засобу, спосіб отримання первинних інформативних параметрів [2, 9, 12 – 14, 17, 25, 28, 34, 36, 40, 49, 53, 57, 58];

- методологія визначення втрат пропускної здатності та ефективності роботи газопровідних систем спричинених наявністю нетехнологічних скупчень в порожнинах трубопроводу, дефектів негерметичності та порушення геометрії, якості та фізико-хімічних характеристик природного газу [3 – 6, 8, 18, 20, 21, 23, 26, 29, 30, 32, 33, 37, 38, 42 – 44, 46 – 48, 51, 52];

- шляхи інформаційного та нормативного забезпечення в галузі контролю технічного стану газопровідних систем та обладнання [7, 27, 50, 56].

Зі спільних експериментальних досліджень і публікацій використано, за згодою співавторів, власну частину результатів.

**Апробація результатів дисертації.** Основні результати дисертаційного дослідження доповідались і отримали позитивну оцінку на понад 15 міжнародних і вітчизняних конференціях, зокрема: 6-й, 8-й та 9-й національній науково-технічній конференції і виставці «Неруйнівний контроль та технічна діагностика – UkrNDT», 2009р., 2016р. та 2019р., м. Київ; науково-технічному семінарі «Забезпечення експлуатаційної надійності систем трубопровідного транспорту», 2009р., м. Київ; міжнародній науково-технічній конференції «Нафтогазова енергетика: проблеми та перспективи», 2013р., м. Івано-Франківськ; VIII міжнародному симпозиумі «Механіка і фізика руйнування будівельних матеріалів та конструкцій», 2009р., м. Київ; 15-й, та 17-й

міжнародній науково-технічній конференції «Електромагнітні та акустичні методи неруйнівного контролю матеріалів та виробів. Леотест», 2010р. та 2012р., м. Славське Львівської області; 5th International Symposium on Hydrocarbons and Chemistry (ISHC5), 2010, Sidi Fredj, Algeria; міжнародній науково-технічній конференції «Non-Destructive Testing 2011», (3 секційні доповіді), «Non-Destructive Testing 2015», Sozopol, Republic of Bulgaria; 6-й, та 8-й міжнародній науково-технічній конференції і виставці «Сучасні прилади, матеріали і технології для неруйнівного контролю і технічної діагностики машинобудівного і нафтогазопромислового обладнання», 2011р. та 2017р., м. Івано-Франківськ; VII международной научно-технической конференции «Надежность и безопасность магистрального трубопроводного транспорта», 2011г., г. Новополоцк, Белоруссия (2 секційні доповіді); міжнародній науково-технічній конференції «Проблеми і перспективи транспортування нафти і газу», 2012р., м. Івано-Франківськ; Scientific and Technical Union of Mechanical Engineering, year XXIII, 2015; 1-й науково-технічній конференції з міжнародною участю «Неруйнівний контроль в контексті асоційованого членства України в Європейському Союзі – NDT-UA 2017», 2017 р., Люблін, Польща (2 секційні доповіді); XXII міжнародній конференції «Сучасні методи та засоби неруйнівного контролю і технічної діагностики», 2018р., м. Одеса; 3-й міжнародній науково-практичній конференції «Прикладні науково-технічні дослідження», 2019р., м. Івано-Франківськ; 5-й міжнародній науковій конференції «Вимірювання, контроль та діагностика в технічних системах», 2019р., м. Вінниця.

**Публікації.** За темою дисертаційної роботи опубліковано 58 наукових праць, серед них: 26 статей у наукових фахових виданнях України та у періодичних виданнях інших держав (із них 6 у виданнях, що входять до наукометричних баз даних Scopus та WEB of Science); по одному розділу у співавторстві в 3 наукових колективних монографіях, виданих в Європейському Союзі; 2 наукові монографії, видані у співавторстві в Україні; 22 у збірниках праць та тезах міжнародних та вітчизняних конференцій; 5 патентів на винаходи та корисні моделі (в т.ч. 1 закордонний).

**Структура та обсяг дисертації.** Дисертаційна робота викладена на 365 сторінках, із них 194 сторінки основного тексту, складається із вступу, шести розділів, висновків, списку використаних джерел із 207 позицій, із них 57 латиницею, містить 14 таблиць, 65 рисунків, 59 формул та 10 додатків.

## РОЗДІЛ 1

### АНАЛІЗ МЕТОДІВ ТА ЗАСОБІВ КОНТРОЛЮ ГАЗОПРОВІДНИХ СИСТЕМ ТА ОБЛАДНАННЯ

#### 1.1 Аналіз стану об'єкта контролю

На сьогоднішній день Україна є одним з найбільших у світі транзитером природного газу, володіючи найбільшою в Європі газотранспортною системою. До неї входять 37 тисяч км газопроводів, 121 компресорна станція, в яких встановлено 800 газоперекачувальних агрегатів загальною потужністю 5.5 млн. кВт, 1324 газорозподільчі станції, 13 підземних газосховищ з активною ємністю 43 млрд. м<sup>3</sup>.

Системами магістральних газопроводів, що перебувають у користуванні НАК "Нафтогаз України", природний газ надходить до країн Західної, Центральної та Східної Європи. Ці системи трубопроводів технологічно пов'язані з аналогічними магістральними газопроводами Росії, Білорусії, Молдови, Румунії, Угорщини, Словаччини та Польщі, а через них - і з газопроводами всього Європейського континенту. Пропускна спроможність газотранспортної системи України на вході становить 290 млрд. м<sup>3</sup>, а на виході (до країн Західної, Центральної та Східної Європи, а також до Молдови) вона складає майже 170 млрд. м<sup>3</sup> на рік.

Безперебійне та надійне транспортування та постачання безпосереднім споживачам природного газу системою магістральних газопроводів безпосередньо залежить від технічного стану газопроводів, дотримання параметрів їх експлуатації в встановлених межах та ефективності роботи системи в цілому. Експлуатація газопроводів в силу впливу різного роду факторів супроводжується виникненням пошкоджень, дефектів, змінюються фізико-механічні характеристики металу трубопроводу,

що в свою чергу зменшує час безпечної експлуатації (залишковий ресурс) і підвищує ймовірність небезпечної ситуації чи виникнення аварій.

України бере участь в Енергетичному співтоваристві, що несе за собою зобов'язання пришвидшити проведення реформ в енергетичному секторі, зокрема це забезпечення вимог Третього Енергопакету ЄС.

З метою досягнення згаданих цілей Парламентом України у 2015 році було прийнято Закон України «Про ринок природного газу» та низку інших нормативних документів, зокрема ДСТУ ISO 15112:2009 «Природний газ. Визначення енергії», Постанови Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг №2498 від 30.09.2015р. «Про затвердження типового договору розподілу природного газу» та ін., які зобов'язують суб'єктів газового ринку під час здійснення господарських операцій використовувати якісні (енергетичні) характеристики природного газу. Ця ситуація зумовлена тим, що фізико-хімічні показники природного газу мають серйозний вплив на ефективність роботи газових приладів, особливо тих, що використовуються для одержання тепла в газових котлах шляхом спалювання природного газу.

Взяті зобов'язання накладають на підприємства, що транспортують газ, ряд вимог, в першу чергу до безпосередніх постачальників природного газу, зокрема необхідність застосування нових підходів до розрахунку газових мереж високого, середнього та низького тисків, вимірювання витрати і властивостей газу, визначення енергії, підвищення ефективності роботи системи, а також контролю та перевірки достовірності і точності одержаних результатів.

У світі відбуваються постійні зміни у підходах до формування енергетичної політики держав: здійснюється перехід від застарілої моделі функціонування енергетичного сектору, в якому домінували великі виробники, викопне паливо, неефективні мережі, недосконала конкуренція на ринках природного газу, електроенергії, вугілля до нової прогресивної моделі, в якій створюється більш конкурентне та відкрите середовище, вирівнюються

можливості для розвитку й мінімізується чи законодавчо обмежується домінування одного з видів виробництва енергії або джерел та/або шляхів постачання палива. З огляду на це перед Україною стоять нові економічні та технологічні виклики, але водночас відкриваються нові можливості для пошуку та впровадження інноваційних розробок у галузі видобутку, переробки викопних видів палива, виробництва, трансформації, постачання і споживання енергії, що зумовлює потребу у формуванні нової енергетичної політики держави. На забезпечення паливно-енергетичного комплексу високоефективними технічними засобами і технологіями та кваліфікованими фахівцями робиться наголос в Енергетичній стратегії України до 2035 року [1].

На початку 2000-их років 60% загального постачання первинної енергії в Україні забезпечувалося за рахунок внутрішніх ресурсів, з яких 21,8–25,6 відсотків за рахунок вугілля, 9,2–11,3 відсотків — природного газу, 2,6–2,8 відсотків — нафти та нафтопродуктів і 11,5–16,0 відсотків — енергії, виробленої на атомних та гідроелектростанціях. На даний час структура загального постачання первинної енергії не відповідає ресурсному потенціалу України. Незважаючи на те, що показники первинної енергоємності та кінцевої енергоємності в Україні швидко зменшувалися, на даний час вони залишаються на значно вищому рівні порівняно з країнами-членами ЄС [2].

Згідно зі статистичними звітами Міжнародного енергетичного агентства і органів державної статистики, енергоємність ВВП в Україні становить 0,4 т.у.п. на 1 дол. США, він у 2,6 разів вищий ніж у розвинутих країнах світу. Трубопровідна система України є однією з найбільших і найпотужніших у Європі. Зокрема діяльність трубопровідного транспорту із транспортування природного газу входить в п'ятірку найбільш енергоємних виробництв в Україні. Газопровідний транспорт є найбільш ефективним та єдиним видом транспорту в Україні для транспортування природного газу. Загальна протяжність газопроводів України складає 38 тис. км. Проте газотранспортна система (ГТС) України споживає близько 2% від всього споживання енергоресурсів України

[3, 4]. Нафтопровідний транспорт України включає в себе 12 основних нафтопроводів загальною протяжністю більше 3,0 тис. км.

Тому питання зменшення енергоспоживання в різних галузях промисловості, зокрема трубопровідній, шляхом удосконалення методів її експлуатації, обслуговування та ремонту з врахуванням параметрів експлуатації, та з метою підвищення надійності обладнання є актуальним.

Національний план дій передбачає для промисловості провадження заходів з енергоефективності шляхом збільшення частки енергоефективних технологій та обладнання [2]. Україна до 2020 року має скоротити кінцеве енергоспоживання на 20%, прогноз до 2030 року – на 30%.

Основними енергоспоживачами трубопровідного транспорту є насосно-компресорні станції (КС). Окрім цього на енергоефективність роботи трубопровідного транспорту в цілому впливають:

- технічний стан трубопроводів (наявність дефектів, порушення геометрії, наявність відкладень в порожнині, витоки);
- технічний стан насосно-компресорних агрегатів, періодичність його контролю, обслуговування та ремонту;
- якість транспортованого продукту та постійний її контроль;
- стан та надійна робота систем доведення якості продукту до необхідного рівня;
- завантаженість системи та наявність системи енергоефективного управління при її зміні;
- споживання енергоресурсів допоміжним обладнанням, цехами, приміщеннями.

Потрібно зауважити, що технічний стан та залишковий ресурс металоконструкцій та обладнання основних галузей господарства в Україні загрозливий, обладнання та конструкцій, які відпрацювали свій нормативний термін і надалі залишаються в експлуатації. Спрацювання більшої частини обладнання та машин у вітчизняній промисловості перевищує 52%. В



нафтогазовій галузі ця частка становить більше 60%. Лише на об'єктах базових галузей експлуатується понад 35 млн.т несучих металевих конструкцій і понад 250 млн. м залізобетонних конструкцій, значна частина яких вичерпала свій ресурс [5].

Більшість трубопроводів в Україні експлуатуються понад 25 років. Технічний стан даних об'єктів підвищеної небезпеки не може гарантувати безпечної і тривалої роботи. Необхідно вжити невідкладних заходів щодо запобігання виникненню надзвичайних ситуацій, пов'язаних з експлуатацією об'єктів, які працюють на межі вичерпання свого ресурсу.

Основною причиною аварій і відмов на об'єктах нафтогазового комплексу та трубопроводному транспорті є механічні пошкодження і корозія. Частка відмов у зв'язку із корозією металу після 20 років експлуатації сягає 35-45% від загальної кількості відмов. Правила безпеки та технічної експлуатації об'єктів вимагають проведення комплексного діагностичного контролю за станом технологічного обладнання та трубопроводів. Діючі на даний час нормативні документи застаріли і не відповідають сучасним вимогам щодо безпечної експлуатації технологічних об'єктів і надійного захисту від корозії [6].

Вирішення проблем безпечної і надійної експлуатації існуючого фонду металевих конструкцій потребують здійснення оцінки технічного стану споруд і устаткування, проведення їх паспортизації, розробки відповідного нормативного забезпечення, фахової підготовки інженерно-технічного персоналу, забезпечення постійного моніторингу технічного стану.

Враховуючи наявність в нафтогазовій галузі потреби подальшої експлуатації енергоємних об'єктів та об'єктів, що вичерпали свій нормативний ресурс, або близькі до його повного вичерпання, їх високу вартість та незаперечну важливість галузі для енергетичної та економічної безпеки України, основною ідеєю роботи є максимально можливе підвищення ефективності використання енергії на енергоємних об'єктах нафтогазової галузі

шляхом впровадження енергоощадних технологій та максимальне продовження ресурсу безпечної експлуатації зазначених об'єктів.

Фактор енергозбереження є одним із визначальних для енергетичної стратегії України. Від його рівня залежить ефективне функціонування національної економіки [7].

*Технічний фактор* відображає вплив технічного (технологічного) стану та рівня устаткування і обладнання на обсяги споживання енергоресурсів при виробництві продукції (послуг).

*Структурний фактор* відображає вплив структурних змін у галузевій або міжгалузевій діяльності на обсяги споживання палива та енергії.

Станом на сьогодні основним фактором зниження енергоємності продукції (послуг) в усіх галузях економіки є формування ефективно діючої системи державного управління сферою енергозбереження (рисунок 1.1). Це дозволить, в першу чергу, удосконалити структуру кінцевого споживання енергоресурсів, зокрема, за рахунок подальшого розширення та поглиблення електрифікації в усіх сферах економіки шляхом заміщення дефіцитних видів палива з одночасним підвищенням ефективності виробництва.



Рисунок 1.1 – Структура потенціалу енергозаощадження.

Технічна (технологічна) складова потенціалу енергозбереження: підвищення ефективності виробництва (видобутку), перетворення, транспортування та споживання енергоресурсів і відповідно зниження енергоємності продукції та надання послуг за рахунок впровадження новітніх енергоефективних технологій та енергозберігаючих заходів.

Структурна складова потенціалу енергозбереження:

- зміна макроекономічних пропорцій в економіці з метою зниження рівнів енергоспоживання;
- зменшення питомої ваги енергоємних галузей і виробництв промисловості та транспорту за рахунок розвитку наукомістких галузей і виробництв з низькою енергоємністю та матеріаломісткістю [8].

З іншої сторони структурний та технічний (технологічний) фактори залежать від міжгалузевих та внутрішньогалузевих зрушень в економіці країни.

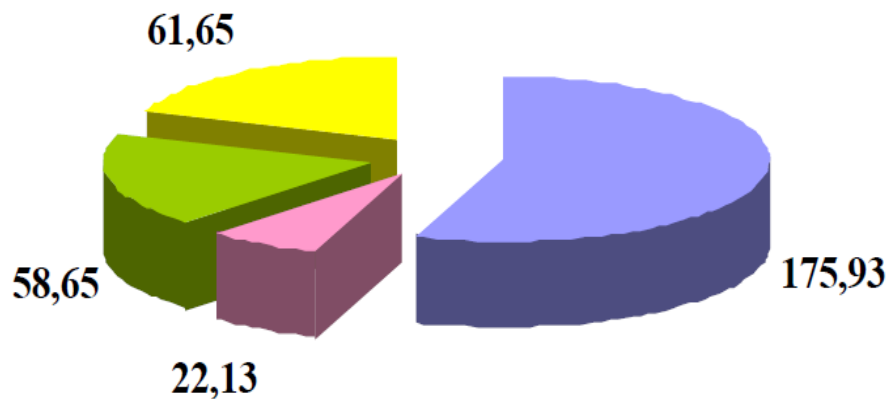
Сумарний потенціал енергозбереження за рахунок технічного (технологічного) та структурного факторів в економіці України у 2030 році за базовим сценарієм розвитку економіки та її сфер складатиме 318,36 млн. т у.п., у тому числі з урахуванням (рисунок 1.2):

- галузевого технічного (технологічного) фактора — 175,93 млн. т.у.п.;
- міжгалузевого технічного (технологічного) фактора — 22,13 млн. т.у.п.;
- галузевого структурного фактора — 61,65 млн. т у.п.;
- міжгалузевого структурного фактора — 58,65 млн. т у.п.

За рахунок реалізації потенціалу енергозбереження енергоємність ВВП у 2030 році складе 0,24 кг у.п./грн., що у 2 рази менше сучасного рівня – 0,48 кг у.п./грн.

Найбільш ефективним і масштабним напрямком енергозбереження за рахунок технічного (технологічного фактора), що суттєво впливає на рівень енергоспоживання, є впровадження галузевого енергозбереження за такими основними напрямками:

- впровадження нових енергозберігаючих технологій та обладнання;
- удосконалення існуючих технологій та обладнання;
- скорочення втрат енергоресурсів;
- підвищення якості продукції, вдосконалення та скорочення втрат сировини та матеріалів;
- заміщення і вибір найбільш ефективних енергоносіїв.



- Потенціал галузевого енергозбереження за рахунок технічних (технологічних) зрушень
- Потенціал міжгалузевого енергозбереження за рахунок технічних (технологічних) зрушень
- Потенціал міжгалузевого енергозбереження за рахунок структурних зрушень
- Потенціал галузевого енергозбереження за рахунок структурних зрушень

Рисунок 1.2 – Загальний потенціал енергозбереження в 2030 році, млн. тон умовного палива (у.п.).

У зв'язку із цим особливого значення набувають питання, що пов'язані з впровадженням енергоефективних технологій та обладнання у всіх галузях національної економіки, зокрема в газовій промисловості. Впровадження у газотранспортній системі газоперекачувальних агрегатів з відцентровими нагнітачами з модернізованою конструкцією робочих коліс. Модернізація конструкції робочих коліс нагнітачів дозволить підвищити коефіцієнт корисної дії нагнітачів ГПА на 8-10 %.

Газотурбінними та газокompресорними газоперекачувальними агрегатами газотранспортної системи України на власні потреби споживається близько 8 млрд. м<sup>3</sup> природного газу на рік. Впровадження зазначеної технології контролю експлуатаційних параметрів на діючих ГПА дозволить зменшити щорічні витрати природного газу на власні потреби газотранспортної системи.

## **1.2 Аналіз методів та засобів контролю витоків**

### **1.2.1 Аналіз причин виникнення витоків природного газу в системах газопостачання**

Багаторічний досвід експлуатації об'єктів газового господарства показує, що найбільш великі аварії з важкими наслідками виникають через несвоєчасне виявлення та усунення витоків газу на підземних газопроводах.

У системі газопостачання завдяки несприятливим факторам можуть виникнути відмови в роботі системи газопостачання з відключенням споживачів

- у цьому випадку їм завдається матеріальний і моральний збиток. Зі збільшенням системи розподільних газопроводів надійність системи падає.

Разом з тим, вимоги до надійності системи ростуть, але різко збільшується економічний і соціальний збиток, викликаний відмовами.

Системи газопостачання - це споруди тривалого користування, які піддаються старінню, тому зі збільшенням терміну експлуатації відмови системи зростають.

Досвід свідчить, що вирішення проблеми безпеки систем газопостачання першорядним завданням і силами тільки одних газових господарств вирішити його неможливо [9].

Газові господарства на стадії експлуатації повинні передбачати заходи з контролю за станом системи газопостачання з метою проведення технічної діагностики і підтримування мереж, споруд на них і устаткування в технічно справному стані. Аналогічне завдання повинно стояти перед власниками житлового фонду, комунально-побутових об'єктів і промислових підприємств.

Особливої уваги потребують останні, де системи електропостачання є джерелом блукаючих струмів (лінії електропередач, залізниця). З'являються додаткові проблеми з безпечної експлуатації газопроводів, викликані новим будівництвом, реконструкцією і розширенням населених пунктів. У таких випадках газопроводи, прокладені багато років тому, попадають у зону нової забудови. Існуючими нормами відстань від газопроводу високого тиску до фундаменту будинків повинна бути 10 м, що при відмові газопроводу великого діаметра з виходом газу в атмосферу може призвести до великого матеріального збитку. Тому проектним організаціям необхідно при проектуванні враховувати ці обставини, передбачаючи збільшення відстаней від газопроводів до фундаментів будинків або винос газопроводів за межі забудов .

Незважаючи на заходи, що попереджують виникнення аварій, вони все ж трапляються і навіть дуже часто.

Спеціалізовані підприємства з газопостачання та газифікації (СПГГ) повинні завжди концентрувати увагу на проведенні комплексу заходів разом із проектними, будівельно-монтажними організаціями, органами місцевого самоврядування і житловими органами для поліпшення стану газопроводів.

Причин, що викликають витoki газу на підземних газопроводах, декілька. Розглянемо найбільш характерні з них [11].

Це, по-перше, електрохімічна корозія металу труб в тих місцях, де газопроводи знаходяться в анодній зоні і де існують пошкодження ізоляційного покриття газопроводу.

Пошкодження ізоляційного покриття можуть виникнути:

- при будівництві – від механічних пошкоджень, при транспортуванні й монтажі газопроводів або при неякісній підготовці подушки під трубопровід;
- у процесі експлуатації внаслідок механічного і хімічного впливу ґрунту, ґрунтових вод, а також дефектів ізоляції, пов'язаних з порушенням технології при виготовленні й нанесенні ізоляційного покриття (відсутність адгезії при порушенні технологічних режимів або неякісного очищення поверхні труби, порушень технології приготування мастики та ін.).

Пошкодження підземних газопроводів електрохімічною корозією виявляють за витокami газу при розкритті газопроводів. Через порівняно повільну дію корозії пошкодження газопроводів звичайно виявляють, коли вони ще не досягли великих розмірів, хоча є окремі випадки, коли їхні розміри досягають значної величини. Як правило, ліквідувати пошкодження ділянки через електрохімічну корозію можна локалізацією без відключення пошкодженої ділянки. І тільки великі наскрізні отвори (більше 20 мм) викликають необхідність негайного відключення частини газопроводу. Такі випадки можна вважати раптовими відмовленнями системи газопостачання.

Ізоляція підземних газопроводів піддається процесу старіння, що викликає розвиток електрохімічної корозії і, як результат, старіння всієї конструкції газопроводу, незважаючи на те, що газ, який транспортується, на процес старіння

матеріалу труби не впливає. У результаті старіння ізоляції збільшується вплив корозійних процесів на матеріал (сталь) газопроводу. Тому чим більший термін експлуатації газопроводу, тим більшою буде імовірність відмовлення через електрохімічну корозію. Витоки газу, викликані електрохімічною корозією, збільшуються поступово в міру корозії тіла труби, тому ці витоки можна заздалегідь передбачати, виявляючи, в яких місцях корозійний ґрунт і утворилися анодні зони.

Проблемою витоків газу у великих містах внаслідок дії електрохімічної корозії є їхнє несвоєчасне виявлення за умов наявності великих площ асфальтних покриттів. Тому газ певний час під ними накопичується і, поширюючись під покриттям, виходить на поверхню на значній відстані від місця витoku. При цьому одорант фільтрується у ґрунті і визначити витік за запахом важко. У такому випадку знайти витік газу можна тільки за допомогою спеціалізованих приладів. Усе це призводить до того, що основний обсяг робіт по усуненню витоків приходить на відшукування місця витoku газу. У цьому випадку необхідно проводити шурфування в місцях виявлення витоків з метою визначення напрямків поширення максимальної загазованості. Вектор загазованості спрямований у бік шурфу, в якому концентрація газу після дегазації залишається найбільшою. Аналогічна картина може спостерігатися в зимовий період при промерзанні ґрунту, коли місце витoku не збігається з виходом газу на поверхню.

По-друге, причиною, що викликає витоки газу, є незадовільна якість зварювальних робіт. У результаті температурних напружень і динамічних навантажень відбувається розрив на підземних газопроводах, які неякісно зварені. Прокладений у ґрунті газопровід зазнає впливу зовнішніх сил, що збільшують напруження в тілі труби, особливо в місцях з'єднання встик. Вплив зовнішніх факторів на газопровід є дуже складним і не дозволяє однозначно визначити навантаження на трубу, а високий ступінь випадкових збігів впливу зовнішніх факторів може призвести до виникнення напружень у тілі труби або



звареному стику вище межі текучості, що викликає руйнування (рисунок 1.3). Короткий звіт про аварії та відмови на магістральних газопроводах ПАТ «Укртрансгаз» у 2015-2015рр. подано в додатку А.



Рисунок 1.3 – Наслідки аварії на газопроводі спричинені витоками газу, магістральний газопровід «Комарно-Дроздовичі» Ду500 на 6 км.

Витоки газу, викликані розривом зварених стиків, виникають, як правило, раптово, тому їх важко вчасно виявити й усунути. Особливу небезпеку ці два види витоків газу викликають у зимовий період, тому що в зв'язку із замерзанням верхніх шарів ґрунту ускладнюється вихід газу в атмосферу. Саме в цей період року може збільшитися кількість випадків проникнення газу в підвали будинків та інші інженерні комунікації.

По-третє, це механічні пошкодження підземних газопроводів при виконанні земляних робіт механізмами поблизу газових мереж. Вони складають значну частину від загальної кількості пошкоджень. Це пов'язано з збігом

декількох помилок і неточностей у проектно-виконавчій документації, помилковими діями технічних і адміністративних працівників, які здійснюють підземні роботи поблизу газопроводів. При належній роботі служби технічного нагляду кількість механічних пошкоджень можна істотно зменшити. Найменші наслідки аварій у тих випадках, коли витoki газу, викликані механічними пошкодженнями газопроводів, не приховуються і вчасно проводяться необхідні заходи з безпеки та ремонту газопроводу. Аналіз наслідків аварій свідчить, що найважчі аварії зі значними наслідками відбувалися в результаті розриву зварюваних стиків, механічних пошкоджень газопроводів та корозії.

Однією з найважливіших характеристик надійності елементів системи газопостачання є інтенсивність відмов  $\lambda$ , що визначається як імовірність того, що елемент, який пропрацював безвідмовно певний час  $t$ , відмовить у наступний момент  $\Delta t$ , тобто інтенсивність відмов можна вважати функцією часу  $\lambda(t)$ . Численні дослідні дані показують, що функція  $\lambda(t)$  для багатьох елементів систем має три характерних періоди (рисунок 1.4) [10, 11].

Перший період від 0 до  $T_p$  є періодом припрацювання, коли відмовляють ті елементи, що мали приховані дефекти. Цей період характеризується високою інтенсивністю відмов, які, однак, швидко зменшуються і після моменту  $T_p$  зберігаються постійними. Другий період - це період нормальної роботи. Він є основним і характеризується постійною інтенсивністю відмов  $\lambda$ .

Після певного періоду експлуатації, починаючи з моменту  $T_n$ , на відмовах елементів починають позначатися їхні знос та старіння і елемент переходить у третій період - період старіння. У цей період інтенсивність відмови  $\lambda$  елементів зростає.

Оскільки елементи систем газопостачання підлягають ремонту і до пуску в експлуатацію проходять випробування та налагодження, період прироблення системи (0 -  $T_p$ ) можна не враховувати (за умови високої якості технічного нагляду при будівництві й прийманні в експлуатацію). Через небезпеку, що виникає при відмовах, за термін служби елементів газопроводів приймають

менше значення  $T_n$ . Тому в розрахунках надійності систем газопостачання за інтенсивність відмов можна приймати величину, постійну для даної системи.

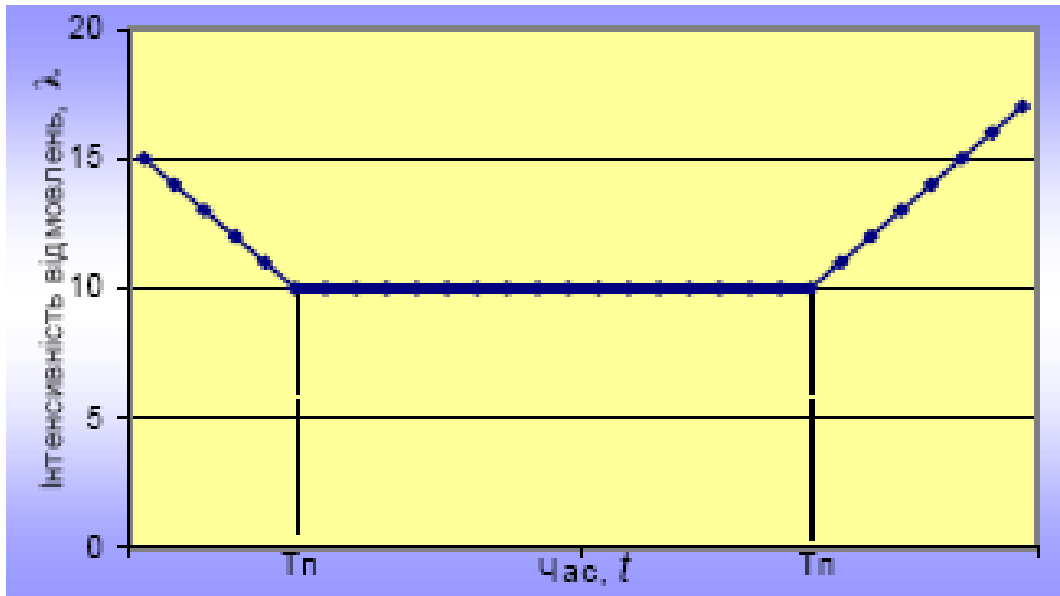


Рисунок 1.4 – Залежність інтенсивності відмов від терміну експлуатації

Робота елементів системи газопостачання триває до їх відмови. Після відмови ці елементи виключають із системи, ремонтують (заміняють) і знову включають у роботу, тобто в будь-який момент часу  $t$  елемент може знаходитися або в стані справності, або в стані відмови. Послідовність відмов елемента у часі складає потік відмов, що є аналогом інтенсивності відмов.

### 1.2.2 Порівняння методів та технічних засобів визначення місць витоків природного газу

Існує декілька методів визначення місць та об'єму витоків природного газу на магістральних газопроводах. Всі вони базуються на різних фізичних методах

з використанням різни принципів взаємодії фізичних полів з газоповітряною сумішшю.

За час існування та розвитку газотранспортної системи розвивались і методи визначення місця витоків природного газу від найпростіших, таких як патрулювання газопроводу, до найскладніших з використанням спектрального аналізу, від контактних до дистанційних, від активних до пасивних. Проведемо аналіз існуючих методів визначення місць витоків природного газу та принципів їх дії [12].

Метод патрулювання газопроводу (контактний).

Метод базується на використанні портативних переносних газоаналізаторів. Оператор з переносним газоаналізатором проходить по поверхні землі фіксуючи значення концентрації природного газу над поверхнею землі. Місця витоків газу з газопроводу визначаються за найбільшими значеннями концентрацій природного газу в повітрі [13].

Даний метод також може бути застосований без застосування газоаналізаторів. В такому випадку місце витoku газу виявляється на основі аналізу рослинності над трубопроводом на поверхні ґрунту. В місцях витоків газу певні рослини можуть бурно розвиватися, оскільки в ґрунті в місці витoku газу, розвиваються певний тип бактерій, що живиться газоподібним метаном. Ці бактерії живлять рослини продуктами своєї життєдіяльності, в результаті чого певний тип рослин може бурно розвиватись, інший навпаки зникати. Також продукти життєдіяльності бактерій, що живиться газоподібним метаном і самі бактерії можуть приваблювати різних комах, скупчення яких в певних місцях судитиме про наявність витоків газу.

Технічні засоби та обладнання.

Засоби вимірювання та контролю витоків газу серії **EX-TEC: HS680, 660, 650, 610** (рисунок 1.5) з детектором метану. Прилади серії EX-TEC дають можливість з високою точністю виявляти витoki з газопроводів, що прокладені під землею. З метою зменшення вартості та часу на проведення робіт з

розкопування газопроводу для його ремонту, необхідно з високою точністю знати місце витoku газу з магістрального газопроводу, тому що газ може накопичуватись в певних місцях під землею та переміщуватись на великі відстані. Додатковий детектор концентрації кисню, який визначає ділянки з низьким значенням концентрації кисню, дозволяє комплексно підвищити точність місцезнаходження витoku природного газу з газопроводу [14].



Рисунок 1.5 – Засоби контролю витоків газу серії EX-TEC.

При дослідження місць витоків природного газу з магістральних газопроводів, прокладених через болотисті території, точне визначення місцезнаходження витoku газу утруднюється. Вбудований детектор метану дозволяє полегшати ідентифікацію місця витoku природного газу з газопроводу, який прокладений через болотисті місцевості. Для виявлення витоків природного газу, користувачеві не потрібні будь-які додаткові засоби та спеціальні знання.

GasCheck – прилад для швидкого і точного вимірювання витоків газу (рисунок 1.6). Прилад для пошуку наявності та місця витоків легкозаймистих газів, розроблений фірмою АТЕХ по суті є газовим детектором. Це технічний засіб виявляє витoki всіх відомих газів та сумішей.



Рисунок 1.6 – Газовий детектор GasCheck.

Використаний в приладі давач вимірювання мікрозначень електропровідності та теплопровідності здатен виявляти мікро витіки природного газу. Прилад обладнаний рідкокристалічним дисплеєм та звуковим сигналізатором і світлодіодним індикатором мінімально допустимої концентрації газу.

Аналізатор Gas Pup розроблений спеціально для використання в польових умовах. Аналізатори Gas Pup володіють високою чутливістю до домішок природного газу в атмосфері та поєднує роботу двох моніторів в одному. Прилад обладнаний єдиним каталітичним сенсором і володіючи можливістю автоматичного калібрування, газоаналізатор не тільки з легкістю визначає витіки природного газу, але і вимірює тиск (рисунок 1.7).



Рисунок 1.7 – Аналізатор Gas Pup.

Дані аналізатори є простими в експлуатації і мають міцний та надійний захищений корпус.

Метод патрулювання газопроводу з використанням спеціально-тренованих собак.

Для пошуку місць витоків природного газу при патрулюванні магістральних газопроводів можуть використовуватись і собаки. До дресирування мають здатність різні собаки всіх порід, а їх дресирування проводять спеціальні служби, зокрема служба для визначення місць витоків компанії The Sniffers. Метод виявлення місць витоків природного газу з магістральних газопроводів з використанням спеціально-тренованих собак є більш гнучким, швидким і надійним у порівнянні з використанням пошукового обладнання [15].

Буровий огляд (контактний).

Полягає в тому, що вздовж газопроводу (через декілька метрів) на відстані 0,3 – 0,5 м від стінки газопроводу пробивають (пробурюють) отвори – свердловини. Глибина свердловини визначається глибиною залягання газопроводу. Діаметр свердловини не має практичного значення і рівний 20 – 40 мм. Свердловина призначена для створення шляху виходу газу з ґрунту в атмосферу. Газ часто виявляється в декількох свердловинах і місце його визначають за свердловиною з найбільшою концентрацією газу, бо концентрація залежить від величини витoku і відстані до місця витoku газу з газопроводу. Концентрація газу визначається за допомогою приладів – газоаналізаторів. Раніше загазованість свердловини визначали перевіркою «на вогонь» [11].

В газоаналізаторах використовуються: напівпровідникові, термо-каталітичні, електрохімічні, спектрально-оптичні, плазмово-індикаторні та інші типи здавачів.

Прилади та обладнання.

GasClam перша автоматична система моніторингу витоків природного газу (в тому числі з магістральних газопроводів), яка дає можливість проводити



довготривалі автономні вимірювання (до 3 місяців) та отримувати достовірні значення в режимі реального часу (рисунок 1.8).



Рисунок 1.8 – Автоматична система моніторингу витоків природного газу

Стаціонарна система визначення витоків природного та інших газів GMA 36 Pro (рисунок 1.9).



Рисунок 1.9 – Стаціонарна система визначення витоків газу GMA 36 Pro.



GMA 36 Pro є новою інтелектуальною системою з гнучким управлінням та настінним кріпленням. Система здатна фіксувати витoki різних токсичних газів, в тому числі і природного газу та його компонентів і передавати результати вимірювань в режимі реального часу на пульти операторів. Система володіє світловою та звуковою сигналізацією наявності витoku та перевищення концентрації природного газу та інших токсичних газів в навколишньому середовищі.

Акустичний (контактний).

Акустичний метод визначення місць витоків газу з газопроводів полягає в наступному. До поверхні труби газопроводу прикріплюється оди або найчастіше два акустичні перетворювачі на відстані один від одного, так що б спектральна чутливість їх перекривала діапазон, в якому випромінюються акустичні шуми, що виникли внаслідок витoku газу [16]. Оскільки при виході газу з трубопроводу через наявні дефекти в тілі труби (ерозійні та корозійні пошкодження, наскрізні тріщини) утворюються шуми зі спектральною густиною, яка знаходиться в діапазоні звукового та ультразвукового.

Акустичні шуми, що виникають внаслідок витоків газу, поширюються в стінці трубопроводу у всіх напрямках з відомою швидкістю. Провівши запис акустичних шумів, які приймаються двома перетворювачами та розрахувавши взаємакореляційну функцію за двома вибірками сигналу та обчислюють місце знаходження витoku газу.

Даний метод можна використовувати як для визначення місць витоків газу, так і для визначення місць витоків нафтопродуктів, рідин, води та ін. [17].

За тепловими зображеннями місцевості (дистанційний).

Визначення місця витoku газу з газопроводу здійснюється методом аналізу теплового поля випромінювання земної поверхні. В основному температура газу, який перекачується газопроводом є завжди вищою за температуру ґрунту, і в такому випадку проходить нагрівання ґрунту в місцях прокладання газопроводу [17 -20].

При наявності витоків температура в місці витoku буде вищою. Тріщини в газопроводі розміром (1x0,1) мм<sup>2</sup> можуть створювати на поверхні ґрунту теплові аномалії з температурним контрастом більше 10 °С при розмірах плями порядку 10 м<sup>2</sup>.

При використанні тепловізійних приладів чи пірометрів місця витоків газу можна знаходити з використанням пересувних лабораторій, гелікоптерів чи літаків в режимі неперервного сканування.

Прилади та обладнання

ThermaCAM GasFindIR – інфрачервона камера для швидкого виявлення витоків природного газу (рисунок 1.10).



Рисунок 1.10 – Інфрачервона камера ThermaCAM GasFindIR.

Дана інфрачервона камера дозволяє проводити сканування декількох тисяч промислових об'єктів за одну зміну, виявляти незначні витoki природного газу з відстані декількох метрів та виявляти значні витoki газу на великих відстанях безпечних для оператора, визначати витoki з рухомих цистерн.

Використовуючи новітні технології, тепловізор GasFindIR дозволяє отримати зображення витoku газу, з метою архівування, документування або подальшої відправки по електронній пошті.

GasFindIR працює в режимі реального часу. Це істотно збільшує ефективність виявлення витоків, оскільки дозволяє фахівцям обстежити

трубопровід довжиною декілька кілометрів з (рухомого транспортного засобу або здійснювати ширококутне панорамне сканування трубопроводу без спотворення чи розмивання зображення.

Інтервал робочих температур: від  $-15^{\circ}\text{C}$  до  $+50^{\circ}\text{C}$ ; стійкість до ударних навантажень 40 g.

Тепловізор GasFindIR може детектувати витік з відстані до 10 метрів з використанням стандартної оптики. Камери, обладнані об'єктивами зі збільшеним фокусною відстанню, застосовуються на гелікоптерах для виявлення витоків з барж, газопроводів і резервуарів-сховищ. За допомогою інфрачервоної камери можна обстежити понад 100 проблемних місць протягом однієї години.

Для виявлення витоків використовується технологія, реалізована в газоаналізатор (зокрема, в аналізаторах токсичних парів). Використовуючи газоаналізатор, фахівець може обстежити в середньому 500 клапанів за восьмигодинний робочий зміну. Однак, значна частина такої роботи може бути витрачена даремно [17].

#### Оптичний (оптико-акустичний) метод (контактний)

Визначення місць витоків газу за допомогою даного методу полягає в наступному. На поверхні землі над трубопроводом розміщуються блок випромінювача оптичного випромінювання (також використовується лазерне випромінювання на частотах поглинання його повітряно-метановою сумішшю) та відбивач на відстані від 50 м до 250 м.

Для проведення вимірювань використовується оптичне випромінювання з такою довжиною хвилі випромінювання, при якій воно найбільше поглинається (розсіюється) газоповітряною сумішшю. Таким чином, при появі витоків газу в напрямку поширення променя, інтенсивність випромінювання змінюватиметься, що реєструватиметься приймачем і слугуватиме вхідною інформацією про наявність місць витоків газу та його концентрацію, оскільки пропорційною до концентрації газу в повітрі є інтенсивність випромінювання.

В якості приймача випромінювання використовуються різного роду детектори: напівпровідникові, фотопомножувачі, оптико-акустичні та інші.

Лазерний метод (метод диференційного поглинання, дистанційний)

Лазерний метод визначення місць витоків газу з газопроводу та вимірювання величини витоків за своєю суттю схожий до оптичного і базується на опроміненні місцевості висококогерентним високоенергетичним (лазерним) випромінюванням [21].

В ході сканування місцевості використовують паралельно два лазери з різними довжинами хвиль. Довжина хвилі випромінювання першого лазера попадає в діапазон поглинання природного газу (при такій довжині хвилі лазерного випромінювання воно найбільше поглинається чи розсіюється природним газом). Довжина хвилі другого лазера вибирається такою, при якій лазерне випромінювання практично не поглинається природним газом.

Аналізуючи інтенсивності відбитого від поверхні землі лазерного випромінювання двох лазерів з різними довжинами хвиль визначають місця витоків та величину витоку природного газу з трубопроводів.

Лазерний метод є дистанційним і його можна використовувати для визначення місця витоків газу та концентрації при використанні пересувних лабораторій, гелікоптерів чи літаків в режимі неперервного сканування. Також можливе використання даного методу для проведення сканування поверхні землі з орбітальних космічних апаратів (довжини хвиль використовуваних лазерів як правило не сприймаються людськими органами зору).

Радіолокаційний метод (дистанційний)

Метод визначення місця витоку газу з трубопроводу та вимірювання концентрації витоку на основі радіолокації є схожим до лазерного, тільки в даному випадку для опромінення місцевості пролягання газопроводу використовується радіовипромінювання.

Даний метод базується на різних електричних властивостях (ступінь поглинання, величина іонізації) повітря та газу.

Результати радіолокаційного методу з застосуванням аерокосмічного моніторингу використовуються як для визначення місць та величини витоків природного газу з трубопроводів, так і для виявлення потенційно небезпечних ділянок, особливо в сейсмічно активних зонах, а також для контролю процесів заболочування, підтоплення, надлишкового зволоження ґрунту з подальшим прогнозуванням стану трубопроводу і можливих його пошкоджень, які можуть призвести до технологічних викидів та витоків газу [22].

Спектральний метод (дистанційний).

Спектральний метод визначення місця витоку газу з трубопроводу та вимірювання концентрації витоку на відміну від попередніх дистанційних методів є пасивним (опромінення території не використовується).

В основі методу спектрального сканування покладена інтерпретація спектрів випромінювання теплового інфрачервоного (ІЧ) випромінювання в умовах безхмарної атмосфери з використанням інтерферометрів та спектрометрів, а також Фур'є-інтерферометрів.

За результатами спектральних досліджень місцевості з використанням літальних апаратів та орбітальних супутників визначається місця витоків та величина витоку газу з газопроводу, прокладеного як наземно так і під землею [23 - 25]. Даний метод дозволяє визначати не тільки концентрацію природного газу в повітрі, але й вміст інших газів в повітрі.

### **1.3 Вимірювання рівня нетехнологічних рідинних скупчень в порожнині газопроводу**

Задача забезпечення високоефективного функціонування газотранспортної системи є надзвичайно складною і має враховувати багато різних чинників та впливів [26].

Наявність вологи в транспортованому продукті є одним із факторів, які знижують ефективність функціонування системи, не дивлячись на існуючі системи осушування природного газу.

Під час експлуатації газопроводів наявність вологи в продукті що транспортується суттєво ускладнює нормальний режим їх роботи. Крім того, що волога збільшує сірководневу корозію (рисуну 1.11), вона також і викликає різні експлуатаційні ускладнення, погіршує якісні показники природного газу, тощо.



Рисунок 1.11 – Корозійні пошкодження внутрішньої поверхні газопроводу

Волога в пароподібному стані здатна конденсуватися, порушуючи нормальний рух природного газу по газопроводу. На горизонтальних і низхідних ділянках трубопроводу рідинні скупчення рухаються у вигляді плівки по стінкам труби. Наявність такої рідкої плівки значно підвищує гідравлічний опір газового потоку [27 - 28]. Значна кількість рідини накопичується на висхідних ділянках газопроводу, що викликає утворення гідравлічного затору, що частково чи повністю перекриває січення труби. Окрім цього наявність в трубопроводі гідратуутворювача (газ, газовий конденсат) і вільної води (рідка вода, лід, вода диспергована в об'ємі газу чи рідкого гідратуутворювача, плівки води на внутрішній поверхні трубопроводу і т.д.) при відповідній температурі і тиску сприяють утворенню гідратів.

Перелічені причини спричиняють зростання гідравлічного опору і гідростатичного перепаду тиску [29 - 31]. Також наявність води в газопроводі значно ускладнює процедуру внутрішньотрубного діагностування трубопроводу, оскільки в такому випадку можливе пошкодження чи руйнування очисного та діагностичного поршнів, що піддаватимуться гідравлічним ударам. На ділянках повітряних та річкових переходів очисний поршень, рухаючись в газопроводі, накопичуватиме попереду себе значний об'єм води, що може стати причиною росту внутрішніх напружень у стінці газопроводу та, як наслідок, його руйнування. Враховуючи цю небезпеку, газотранспортні підприємства в основній більшості випадків не здійснюють внутрішньотрубне діагностування ділянок повітряних та річкових переходів. Тому з метою зниження енергетичних затрат на транспорт газу необхідно здійснювати ефективний експлуатаційний контроль і управління режимами перекачування, особливо на ділянках трубопроводу, де виникають умови для прояву ефектів багатофазності середовища і експлуатаційних ускладнень.

Одним з найефективніших напрямків у вирішенні задач експлуатаційної надійності і ефективності роботи трубопровідних систем є використання систем моніторингу стану трубопроводу газу, в тому числі визначення наявності та рівня рідини в газопроводі.

З врахуванням умов експлуатації газотранспортної системи та вимог техніки безпеки, система вимірювання рівня рідини повинна відповідати наступним вимогам:

- можливість вимірювання рівнів рідини без втручання в роботу газопроводу та порушення режимів перекачування;
- встановлення системи, її налагодження та робота не повинні призводити до порушення суцільності стінки газопроводу чи виникнення будь-якого роду дефектів;
- необхідна точність вимірювання, всесезонність системи, простота в експлуатації;

- низька вартість встановлення, налагодження та експлуатації.

Проведений аналіз стану проблеми визначення місць скупчення рідини та рівня конденсату в газопроводах показав, що на даний час не існує приладів чи систем, які б давали можливість вирішити дану проблему відповідно до встановлених вимог. Наявність місць скупчення конденсату в порожнині трубопроводу на певній ділянці виявляється за зростанням різниці вхідного та вихідного тисків [32, 33]. За допомогою карти прокладання газопроводу на ділянках пониження кривої газопроводу можна знайти місцезнаходження таких скупчень рідини. Проте здатність конденсату мігрувати по порожнині трубопроводу, не дає можливість точно визначити місце скупчення рідини та її рівень. До цього ж складність рельєфу прокладання газопроводів, особливо в західних регіонах, необхідність проведення великого об'єму земляних робіт та транспортування ємностей для збору конденсату з газопроводу, такі помилки у визначенні місць знаходження рідини в газопроводі призводять до значних матеріальних затрат, зменшують продуктивність ГТС в цілому, збільшують ризик її безпечного експлуатування.

З метою вирішення даної проблеми науковцями лабораторії неруйнівного контролю та технічної діагностики об'єктів нафтогазового комплексу Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу була розроблена система для вимірювання рівня рідини в порожнинах газопроводу.

Система призначена для оцінки рівня рідини, що може накопичуватись в діючих газопроводах. Визначення рівня рідини проводиться в польових умовах без втручання в газопровід. Точність визначення рівня води в газопроводі складає  $\pm 0,5$  мм при температурі навколишнього середовища від  $-10$  до  $+35$  °С.

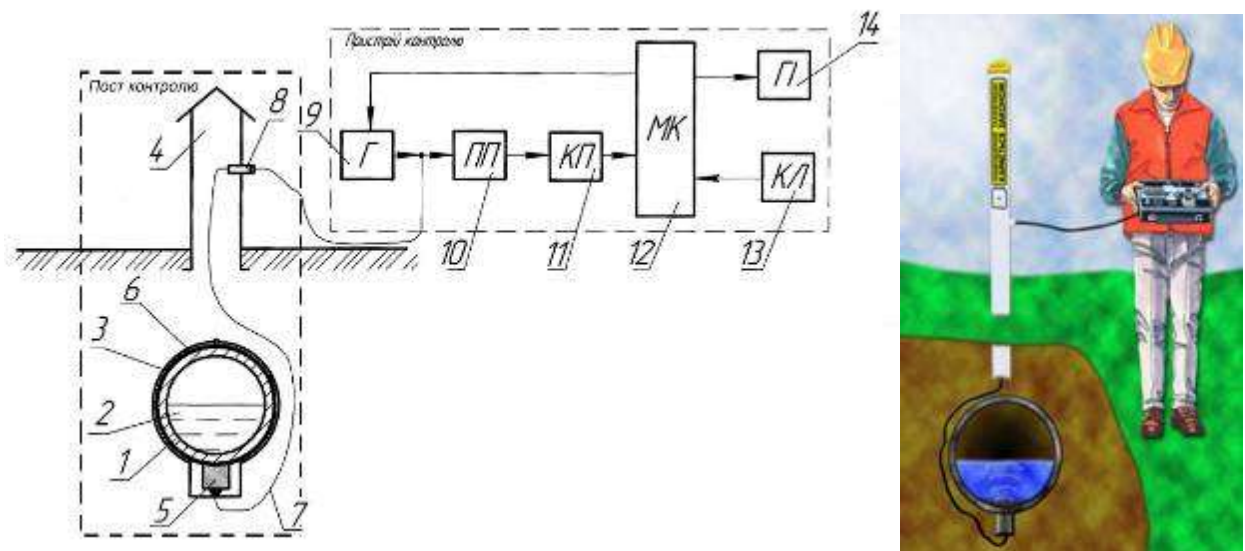
Система складається з контрольних постів, які встановлюють в місцях де існує загроза накопичення рідини в газопроводі та портативного пристрою контролю. Визначення рівня рідини засновано на акустичному ехо-імпульсному методі визначення глибини [34 - 36]. Процес контролю полягає у



почерговому вимірюванні рівня рідини в газопроводі шляхом підключення пристрою контролю до кожного контрольного поста (рисунок 1.12).

Пристрій контролю є портативним з автономним живленням і обладнаний великоформатним графічним індикатором з підсвіткою.

Контрольні пости пропонується виготовити на базі колонки електрозахисту ПВЕК.305431.005 виробництва ТзОВ „Технотек” м. Рівне. Згадана колонка виготовляється з міцного пластику стійкого до дії зовнішнього середовища і обладнана „антивандальним” пристроєм для попередження несанкціонованого вилучення контрольного поста з ґрунту. Колонка контрольного поста може бути одночасно використана в якості інформаційно-попереджувального знаку (для позначення охоронної зони і траси підземного газопроводу) і в якості контрольно-вимірювального пункту електрозахисту [37 - 39].



1-газопровід; 2-рідина; 3-ізоляція; 4-контрольна колонка; 5-суміщений ультразвуковий перетворювач; 6-утримуючий хомут; 7-з'єднувальний кабель; 8-з'єднувач; 9-генератор; 10-попередній підсилювач; 11-компаратор; 12-мікроконтролер; 13-клавіатура; 14-графічний індикатор.

Рисунок 1.12 – Реалізація системи для оцінки рівня рідини в діючих газопроводах

На основі розробленої структурної схеми системи контролю рівня рідини було виготовлено експериментальну установку, яка складається з пристрою контролю та розробленого п'єзоелектричного ультразвукового перетворювача (рисунок 1.13). Станом на сьогодні на даний пристрій та спосіб контролю рівня рідини отримано патент України на винахід.



Рисунок 1.13 – Загальний вигляд експериментальної установки

В ході проведених лабораторних досліджень було отримано позитивні результати та доведено можливість проведення такого роду вимірювань, експериментально визначено дійсне значення похибки вимірювань.

#### **1.4. Порівняльний аналіз номенклатури вітчизняних і зарубіжних стандартів на газопромислове обладнання.**

Визначення номенклатури документів з кожного об'єкту, незалежно від переслідуваної мети, є обов'язковим і необхідним для співставлення

нормативних баз різних систем. Тому, співставлення необхідно розпочинати з кількісного аналізу номенклатури документів систем ДСТУ, ГОСТ Р, API, ISO, CEN і провідних європейських країн [40].

Використовуючи відомі і загальноприйняті методики і засоби, було ідентифіковано більше 2600 документів ISO, CEN, DIN, BSI і AFNOR, які відносяться до сфери нафтогазового комплексу. Співставивши отримані результати з покажчиком державних стандартів України, міждержавних стандартів, стандартів РФ і каталогом публікацій API та виділивши в цих джерелах документи, які регламентують проектування, виробництво і експлуатацію нафтогазового обладнання, був сформований порівняльний каталог нормативних баз документів [41].

Каталог оформлений у вигляді таблиць (Додаток Б) і має рубрикацію, яка відповідає класифікації нафтогазового обладнання.

Узагальнена статистична інформація по номенклатурі нормативних документів представлена в таблиці Додатку Б.

Узагальнюючи результати проведеного порівняння вітчизняної номенклатури нормативних документів на класи нафтогазового обладнання і аналогічної номенклатури міжнародних і зарубіжних організацій і систем стандартизації необхідно відзначити наступні характерні особливості.

По ряду позицій (Арматура), (Труби для нафто- і газопроводів), (Компресори і насоси) – відповідні нормативні вимоги до даних видів обладнання пред'являються у семи вказаних системах (окрім ДСТУ).

Вимоги за видами обладнання (Геофізичне обладнання), (Компресори для газліфтною експлуатації), (ГПА і ГРС) представлені тільки в ГОСТ і ГОСТ Р, 2.2 (Вибійні двигуни) – тільки в ГОСТ, ГОСТ Р і ДСТУ.

Такий стан справ пояснюється, зокрема, різницею і територіальною специфікою виробництва і застосування кожного конкретного виду обладнання, а також (що характерно, в першу чергу, для більшості виробників в Україні)

практикою розроблення технічної документації (технічних умов) замість прийняття відповідних стандартів на державному рівні.

Порівняльний аналіз (якісне співставлення наповнення стандартів, аналіз закладених в них вимог і їх значення) на декілька видів нафтогазового обладнання, які представляють різні класи: бурове обладнання, обладнання для розробки і видобутку, обладнання для транспортування вуглеводнів, представлено у Додатку Б.

Роблячи висновки з порівняльного аналізу вимог, які пред'являються до бурильних труб ГОСТ і API, в першу чергу необхідно відзначити різницю в підходах до об'єктів стандартизації по ГОСТ і по API. Якщо в API встановлені вимоги безпосередньо до бурильних труб, то в ГОСТ більш широка область застосування – це готові вироби – труби бурильні з замками. При цьому в обох випадках є і окремі нормативні документи, які встановлюють відповідні вимоги до замків. Зважаючи на це, зокрема, в специфікації API на бурильні труби відсутні ряд важливих вимог до зварного з'єднання труби з замком.

Ще одна важлива різниця – вимоги до міцнісних характеристик. Основні групи міцності по ГОСТу (Е, Л, М, Р) відповідають групам E-75, X-95, G-105, S-135 API, крім найнижчої групи міцності “Д”, аналог якої був свого часу виключений з API. Збереження групи міцності “Д” в ГОСТі обґрунтовано тим, що труби цієї групи мають широке застосування у вітчизняній практиці. Крім того, в ГОСТ внесено дві перспективні групи міцності “Т” і “У” з більш високим рівнем вимог і які не мають аналога в API. За кордоном аналогічними є групи V-150 і U-170.

Також необхідно вказати на різницю вимог до випробувань на ударну в'язкість – в плані вимог до температури проведення таких випробувань. Так, API обмежує нижній поріг температури випробувань величиною  $-10^{\circ}\text{C} \pm 2,8^{\circ}\text{C}$ , що неспівставно з реальними умовами експлуатації бурильних труб у вітчизняній практиці.

### **1.5. Документи, які використовуються при проведенні НК і ТД об'єктів газової промисловості**

В ході підготовки та атестації фахівців, кандидати повинні володіти знаннями про вимоги до об'єкту контролю, про методи та методики здійснення технічного діагностування і прогнозування залишкового ресурсу. Такі відомості викладені у чинних нормативних документах (ДСТУ, ГСТУ, СОУ, інструкціях та методиках).

Перелік таких документів наведений у розробленому Додатку В.

Перелік включає нормативні документи, які встановлюють вимоги до обладнання, механізмів, металоконструкцій та трубопроводів, що експлуатуються у нафтогазовій промисловості, а також нормативні документи, що регламентують методи цих об'єктів.

Перелік надасть допомогу персоналу, що проводить сертифікацію, при складанні навчальних програм, лабораторних робіт, практичних занять та екзаменаційних питань. Одночасно перелік допоможе фахівцям з неруйнівного контролю як при підготовці до атестації, так і в подальшій практичній діяльності орієнтуватися у виборі нормативних документів для визначення критеріїв відбракування продукції та виборі методів контролю.

Для зручності у користуванні перелік розділений на три частини.

У першій частині наведено перелік нормативних документів, що стосуються бурового та нафтогазопромислового обладнання.

У другій частині – перелік нормативних документів, що стосуються трубопроводів.

У третій частині – перелік нормативних документів, що стосуються сталевих зварних конструкцій резервуарів.

У процесі використання цей перелік повинен постійно актуалізуватися.

## 1.6 Вибір та обґрунтування напрямку досліджень

Проведений аналіз об'єкта досліджень показав, що для забезпечення безвідмовної експлуатації та технологічної безпеки газопровідних систем та обладнання необхідно проводити їх періодичний контроль з використанням сучасних технічних засобів та методик, при цьому ефективність роботи даного обладнання відіграє також велику роль при визначенні технічного стану та надійності експлуатації. Існуючі технічні засоби та методики не вирішують в повній мірі питання комплексного вирішення питання технічного діагностування, а дозволяють оцінити технічний стан за найгіршим варіантом окремо взятого інформативного параметра.

Метою наукового дослідження є вирішення актуальної науково-прикладної проблеми в галузі методів та приладів контролю експлуатаційних параметрів газопровідних систем за комплексом діагностичних параметрів.

Тому за напрямком подальших досліджень необхідно взяти:

- аналітичне та математичне моделювання фізичних процесів, які відбуваються при експлуатації газопровідних систем з метою пошуку нових інформативних параметрів комплексного контролю їх технічного стану;
- розробити нові та удосконалити існуючі технічні засоби контролю технічного стану газопровідних систем, робота яких базуватиметься на нових інформативних параметрах;
- розробити нові методики та нормативні документи, які регламентуватимуть використання розроблених технічних засобів та процесу контролю технічного стану.

## РОЗДІЛ 2

### МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ВПЛИВУ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ПАРАМЕТРІВ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ РОБОТИ ГАЗОПРОВІДНИХ СИСТЕМ

#### 2.1 Моделювання впливу наскрізних дефектів та розгерметизації газопроводу

При вирішенні задач технічної діагностики систем дослідники, як правило, мають справу з малими збуреннями впливів на вказані системи, що дозволяє продовжити експлуатацію об'єктів без порушення технологічних режимів.

До параметрів, які змінюються мало, але при цьому впливають на ефективність роботи нафтогазотранспортних підприємств, слід віднести малі витоки вуглеводнів, зміну характеристик продуктів, що транспортуються, наприклад, їх динамічної в'язкості, а також зміну геометрії поперечного перерізу – його овалізація або зменшення внутрішнього радіусу внаслідок відкладання супроводжуючих продуктів.

Малі витоки мають місце у випадку експлуатації трубопроводів – викривлення осей, дія силових факторів різної природи, які впливають на зміну напружено - деформованого стану аж до виникнення зон, потенційно небезпечних з точки зору виникнення зон можливого порушення суцільності матеріалу [42, 43], наявність дефектів поверхонь, через які можливим є виток рідини. При цьому втрата продукту транспортування є порівняно невеликою – до 0.1-0.5 %.

Дефекти такого роду визначаються експериментальними методами, проте дедалі більшого значення набуває використання методів математичного моделювання явищ такого характеру – зокрема, через складність реалізації

апаратних засобів через важко доступність поверхонь для реалізації контактних методів дослідження.

В роботі розглядається течія в'язкої рідини в технологічних трубопроводах за наявності дефектів поверхні – наскрізних отворів, через які здійснюється відтік продукту, що може призводити до серйозних екологічних та економічних наслідків. Задача технічної діагностики може бути зведена до задачі моделювання течії з витоками для розроблення методик та ідентифікації дефектів, виявлення інформативних параметрів та меж застосування моделей.

При дослідженні технічного стану складних механічних систем, що тривалий час експлуатуються, зокрема в задачах їх технічної діагностики, часто зустрічаються випадки, коли виникнення аварійних ситуацій обумовлене наявністю малих збурень, що діють на систему.

При математичному моделювання такого роду явищ, як правило, виникають задачі, в яких або системи рівнянь, або граничні та початкові умови зазнають певних збурень, характеристики яких є малими в порівнянні з характерними значеннями величин, які досліджуються, оскільки великі збурення початкових умов, як правило, викликають необхідність вибору інших моделей для опису явищ – коментарем до цього можуть слугувати моделі оцінки параметрів течії з малими витоками [44 - 46] та моделі течії при розриві трубопроводів [47 - 50]. Тому задачі технічної діагностики, відповідні їм математичні моделі тісно пов'язані зі стійкістю відповідних фізичних процесів [50, 51].

Існує багато робіт стосовно математичної теорії стійкості, ґрунтовний огляд яких наведено в роботі [52, 53]. З математичної точки зору виділяють поняття:

1. стійкості відносно малих та скінчених збурень параметрів основного руху, зовнішніх, початкових даних та геометрії області (широкий клас механічних задач);



2. стійкості процесів деформування відносно збурень матеріальних функцій (задачі теорії пружних систем);
3. стійкості матеріалу по відношенню до зміни його внутрішньої структури (задачі механіки композитів);
4. стійкості при чисельному моделюванні процесу (широкий клас задач чисельного моделювання реальних фізичних процесів).

Слід зазначити, що дослідження стійкості гідродинамічних процесів в зоні малих витоків є важливим з двох аспектів, що впливають на енергоефективність – по-перше, оцінюється величина втрати вуглеводнів, що транспортуються, а, по-друге, вивчається структура течії за наявності малих витоків різної інтенсивності з точки зору виникнення зон турбулентної течії, що може призводити до фактичного зменшення корисного діаметру трубопроводу.

Стійкість чисельних схем при реалізації широкого класу задач досліджується в роботах [54 – 56], зокрема для методу кінцевих різниць.

В роботі [57] наведено результати дослідження рівняння пограничного шару для симетричних та осесиметричних течій в околі точки зупинки  $u = 0$ , запропоновано способи побудови розв'язків рівнянь пограничного шару до точки відриву, вказано випадки безвідривної течії, доведено, що розв'язок системи рівнянь пограничного шару може бути продовжено за точку відриву, але при цьому втрачається фізичний зміст. В цій же роботі вивчено вплив вдуву та відбору через границю тіла, що обтікається, на положення точки відриву. Точні аналітичні результати досліджень окремого випадку течії з відбором через поверхню наведено в роботі [58], проте вони носять в більшій мірі теоретичний характер.

Пропонується розглянути підходи до використання параметрів стійкості процесів для вирішення конкретної технічної задачі оцінки технічного стану трубопровідних систем з урахуванням того, що при реалізації вказаних моделей використовуються чисельні методи, при цьому виникають питання про можливість чисельного виявлення критичних параметрів, при яких деякий

фізичний процес втрачає стійкість, якщо характеристики цього процесу не є відомими і самі є розв'язком деякої крайової задачі та питання про розділення причин втрати стійкості при чисельному моделюванні, якими можуть бути або некоректність дискретизованої задачі, зокрема, нестійкість різницевої схеми, або ж певні явища, що відбуваються в досліджуваному фізичному тілі. Таким чином, фактично будь-яка задача технічної діагностики систем, що зазнала малих збурень, з математичної точки зору може розглядатись як задача дослідження різних аспектів стійкості відповідних математичних моделей, причому по кожному із вказаних чотирьох аспектів. Задача оцінки напружено-деформованого стану трубопровідних систем при зміні їх просторової конфігурації розглянуто в роботі [53], встановлено умови, при яких тіло залишається в рамках пружних деформації – фактично розглянуто аспекти стійкості, які можуть бути охарактеризовані пунктами 1-3.

Таким чином, метою дослідження є математичне моделювання течії технологічної рідини в трубопроводі за наявності витоків через поверхню при різних їх конфігураціях, для чого чисельно інтегрується система рівнянь Нав'є – Стокса, досліджуються параметри стійкості чисельних схем, вибираються інформативні параметри для визначення зон впливу витoku та встановлюються межі використання моделі до переходу течії в турбулентний режим.

В загальному випадку течія продуктів в трубопроводах може бути описана з використанням системи рівнянь Нав'є – Стокса, записаної в циліндричній системі координат [59, 60], проте особливості трубопровідних систем з точки зору їх геометрії, симетричність течії, локальний характер зони малих витоків дозволяє понизити розмірність задачі – а саме вважати, що розглядається двовимірною течією в'язкої рідини в каналі зі стінкою, в якій присутній витік рідини через поверхню, в допущенні, що течія вважається стаціонарною – це справедливо, зокрема, для квазістаціонарних процесів, коли вважається, що характеристики модельованої течії мало змінюється з часом (рисунок 2.1).



де  $[x_1; x_2]$  – зона витоку,  $\mu$  – динамічна в'язкість продуктів, що транспортуються,  $R$  – радіус каналу. Для компоненти швидкості  $U|_{x=0}$  вважається, що вона обчислюється як у відомій моделі Пуазейля [61], яка описує стаціонарну течію в'язкої рідини в трубі круглого поперечного перерізу.  $V_{leak}$  – швидкість витоку рідини через область. Граничні умови (2.2) можуть бути іншими в залежності від того, як розташовані зони витоку рідини – якщо вони розташовані на різних границях каналу, то для компоненти швидкості  $V$  ненульовими будуть значення швидкості на певних відрізках як при  $y=0$ , так і при  $y=2R$ . Методика розв'язання вказаної задачі є відомою [58], особливістю при її розв'язанні є наявність розривних граничних умов (2.2) та відсутність коректних граничних умов для тиску. Диференціюючи перше з рівнянь системи (2.1) по змінній  $x$ , а друге – по змінній  $y$ , та приймаючи до уваги третє рівняння системи (2.1), одержується рівняння Пуасона для визначення тиску:

$$\frac{\partial^2 p}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 p}{\partial y^2} = -2 \cdot \rho \left( \frac{\partial V}{\partial x} \cdot \frac{\partial U}{\partial y} - \frac{\partial U}{\partial x} \cdot \frac{\partial V}{\partial y} \right). \quad (2.3)$$

Подальша схема розв'язку є наступною:

1. задається деяке початкове наближення тиску  $p_0(x, y)$ ;
2. за даним розподілом  $p_0(x, y)$  розв'язується система (2.1) з граничними умовами (2.2);
3. після знаходження компонент швидкості  $U$  і  $V$  обчислюються праві частини рівняння (2.3);
4. рівняння (2.3) розв'язується з граничними умовами:
 
$$p|_{\partial G} = p_0(x, y) \quad (2.4)$$
5. після одержання нового розподілу тиску вказаний алгоритм повертається в пункт 1.

Вказана процедура повторюється до досягнення збіжності ітераційного процесу. Система (2.1) з граничними умовами (2.2) розв'язується з використанням абсолютно збіжних неявних схем методу змінних напрямків, а

рівняння (2.3) – методом послідовної верхньої релаксації. Збіжність та стійкість вказаного ітераційного методу доведено в роботі [56].

Початкове наближення розподілу тиску вибиралось в допущенні проте, що існує лінійний перепад тиску по довжині каналу, яким моделюється труба з витокком:

$$p = p_0 - k \cdot x. \quad (2.5)$$

Використання залежності (2.5) для розрахунку поля швидкостей дозволяє встановити залежності між інтенсивністю витоків та зміною конфігурації течії.

Моделювання течії в трубопроводі з дефектами, через які відбувається відтік рідини, проводиться для наступних параметрів течії, геометрії труби, властивостей рідин та газів, лінійного перепаду тиску по довжині труби:

1. середня швидкість рідини в трубопроводі – 2 – 8 м/с;
2. характерна швидкість малого витокку – до 50 см/с;
3. динамічна в'язкість рідини – 0.001 кг/м / с;
4. кінематична в'язкість – 0.000001 м.кв./сек;
5. характеристика перепаду тиску  $K = 0.064 - 0.096$ ;
6. крок по повздожній координаті – 0.08 м;
7. крок по повздожній координаті – 0.025 м, що відповідає трубопроводу діаметром 1.25 м при 50 контрольних точках по поперечній координаті;
8. кількість кроків по повздожній координаті – 90000, що дозволяє провести розрахунок поля швидкостей для труби довжиною труби довжиною 7,2 км з кроком 8 см.

За результатами проведених розрахунків можна зробити наступні висновки: швидкість витокку суттєво впливає на конфігурацію течії.

Аналізуючи поведінку повздожньої компоненти швидкості в пристіночній зоні, можна відмітити закономірність, яка залежить від швидкості витокку: чим більша швидкість витокку, тим скоріше відбувається порушення монотонності

поля швидкостей на стороні витоку (рис. 2.2). Крім того, виявлено наступну закономірність: порушення монотонності, яке може бути визначене як різниця швидкості у двох точках сітки, що знаходяться найближче до стінки:

$$\Delta V_m = V(N) - V(N-1), \quad (2.6)$$

де  $N+1$  – кількість точок розрахункової сітки по поперечній координаті, відбувається за наступною закономірністю – спочатку відбувається перше порушення монотонності, потім монотонність відновлюється і наступна її втрата веде втрати стійкості обчислювальним процесом, що схематично зображено на рисунку 2.2.

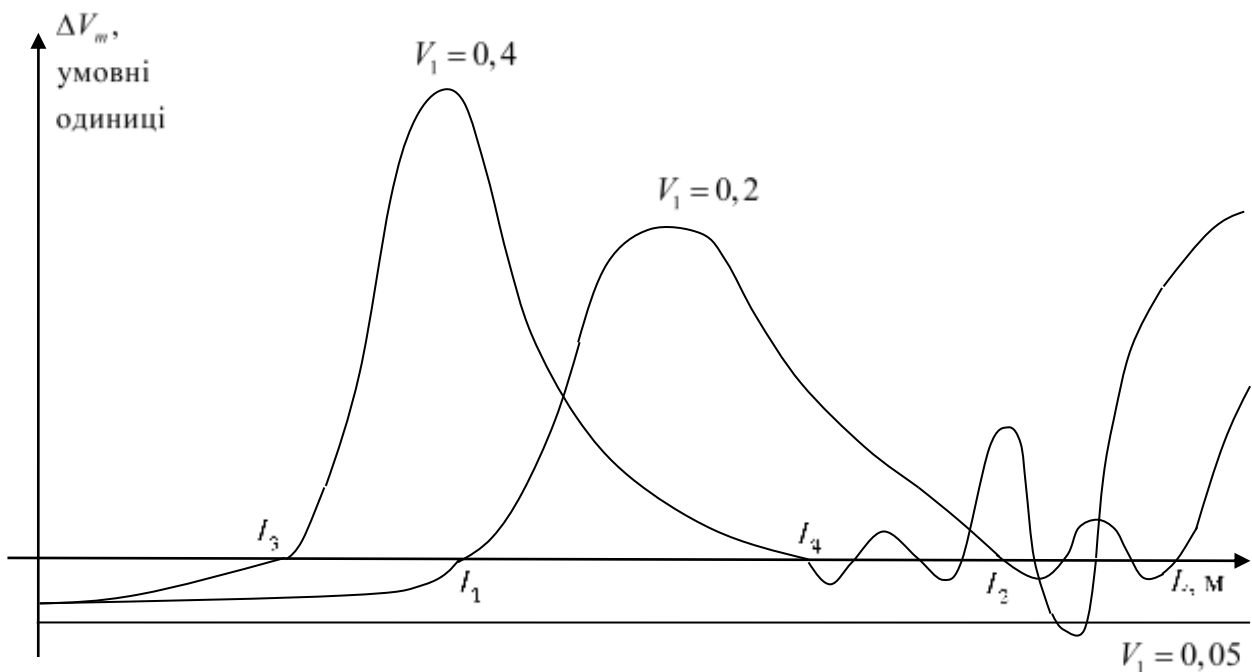


Рисунок 2.2 – Залежність між  $\Delta V_m$  та відстанню від дефекту при різних модельних значеннях швидкості витіку, поданої в умовних одиницях

Точки  $L_3$  і  $L_1$  можуть слугувати реакцією течії на мале збурення, вони відповідають мінімальній відстані, на якій дія збурення вже відчутна, а точки  $L_4$  і  $L_2$  – точки втрати стійкості різницевої схеми. В такому випадку точки  $L_3$  і  $L_1$  можуть слугувати діагностичною ознакою, а  $L_4$  і  $L_2$  – ні, причому зміст процесів,

що відбуваються після цих точок, може бути наступним – або втрачається стійкість обчислювальної процедури, або ж змінюється фізична картина течії – з ламінарного вона переходить в турбулентний режим, і для подальшого опису течії необхідно використовувати інші моделі. З технічної точки зору така поведінка знаходить пояснення у факті того, що при сповільненні рідини по довжині труби необхідно підкачувати її для забезпечення певного тиску, швидкості течії та відповідно заданих об'ємів постачання. Це призводить до зниження енергоефективності трубопровідної системи. Який саме зміст необхідно виявити пріоритетним в кожному конкретному випадку завідомо невідомо, необхідні подальші дослідження вказаних течій. Важливим результатом, який наводиться на рис. 2.2 та 2.3, є те, що при певних значеннях швидкості витoku – на рис. 2.2 це значення складає  $V=0.05$  – втрати монотонності швидкості взагалі не відбувається, тобто течія залишається стійкою до такого збурення швидкості.

Чим більша швидкість витoku, тим швидше потік реагує на неї зміною монотонності швидкості в пристіночній зоні (рисунок 2.3).

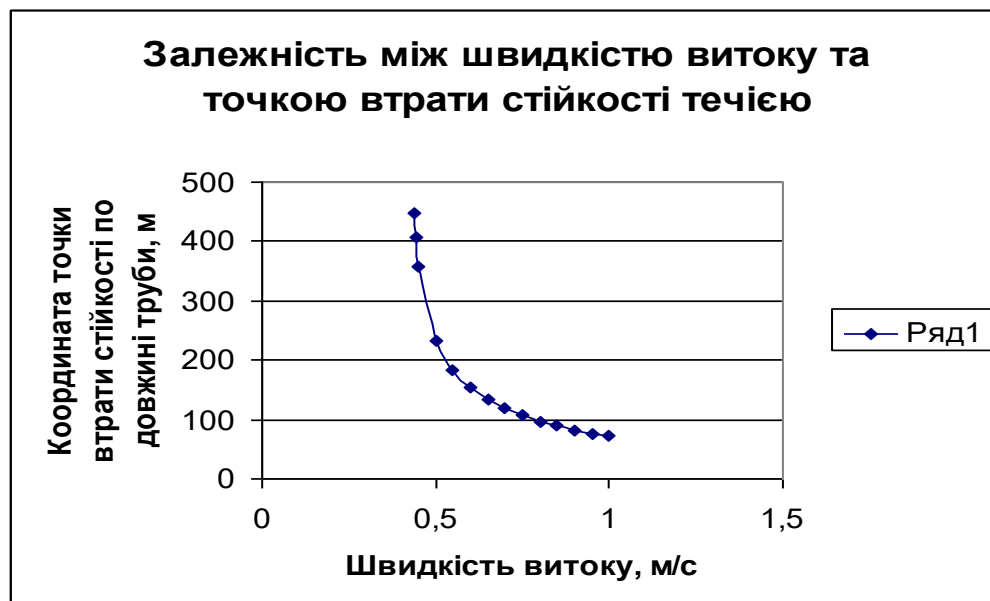
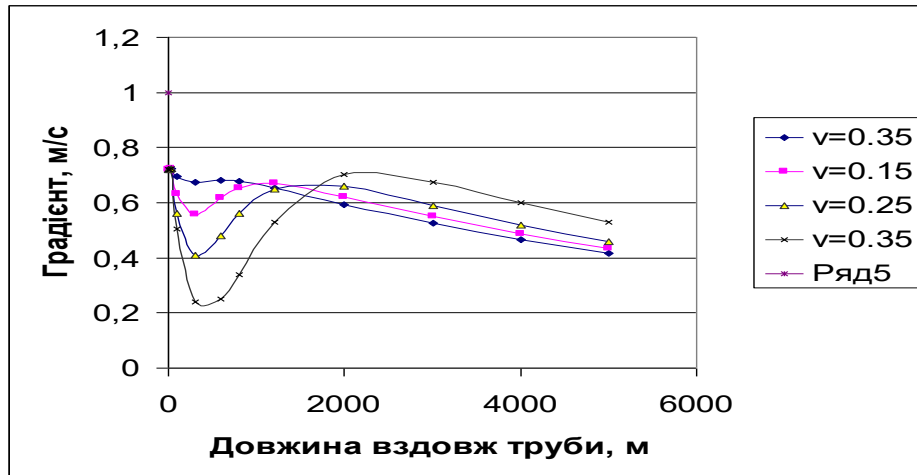
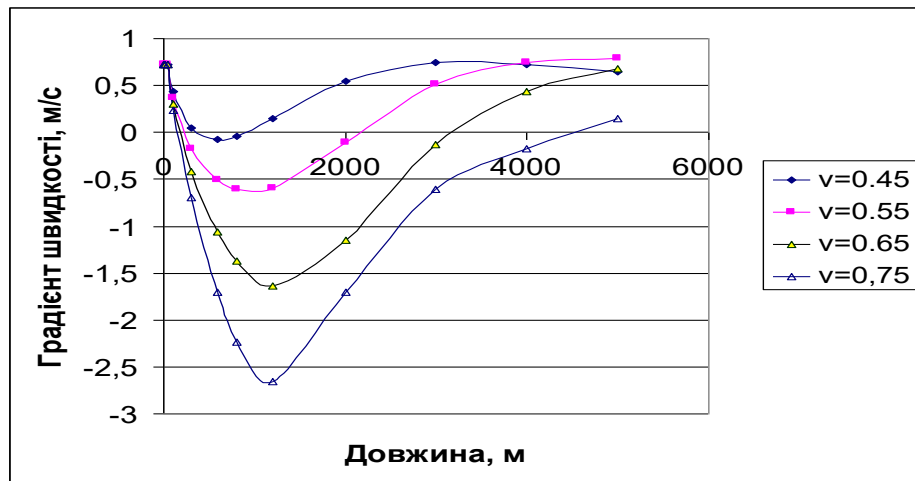


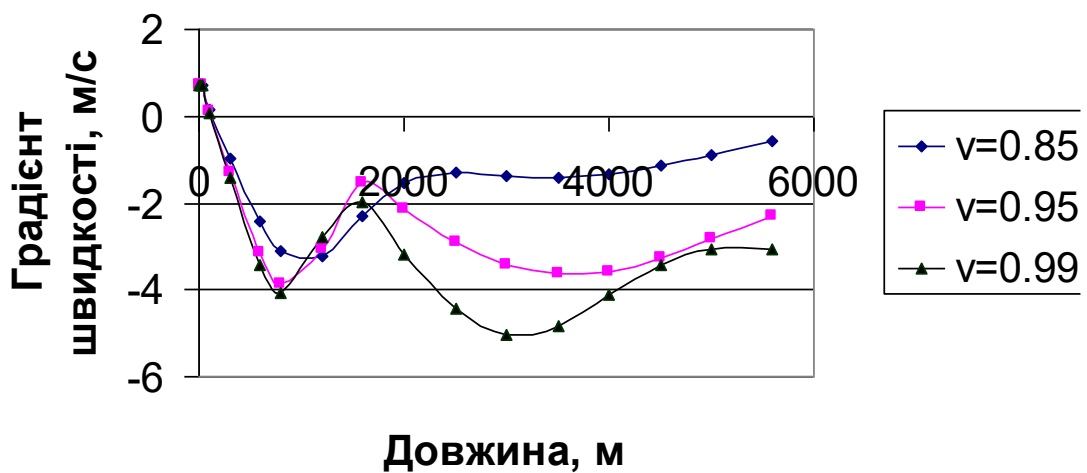
Рисунок 2.3 – Залежність між швидкістю витoku та точкою втрати монотонності для різних швидкостей витoku



а)



б)



в)

Рисунок 2.4 – Залежність між величиною зони впливу збурень та координатою вздовж труби при малих а) , середніх б) та великих в) значеннях швидкості витoku



Проведеними розрахунками підтверджено, що при вказаних на рис. 2.4 значеннях швидкостей витоків ( $v = 0.05 - 0.15$ ) течія зберігає стійкість – тобто, має місце як стійкість гідродинамічного процесу, так і стійкість чисельної схеми. Проте при зростанні швидкості витоків картина розподілу градієнта повздовжньої компоненти швидкості в пристіночній зоні при різних швидкостях витоків набуває іншого характеру – стійкість течії втрачається, що може бути пояснено втратою стійкості течії внаслідок виникнення турбулентних ефектів течії та можливою втратою стійкості різницевого методу.

На рисунках 2.5, 2.6 показано, що розроблена модель та чисельна схема її реалізації може бути використана при діагностуванні малих витоків, які розташовані на певній відстані один від одного.

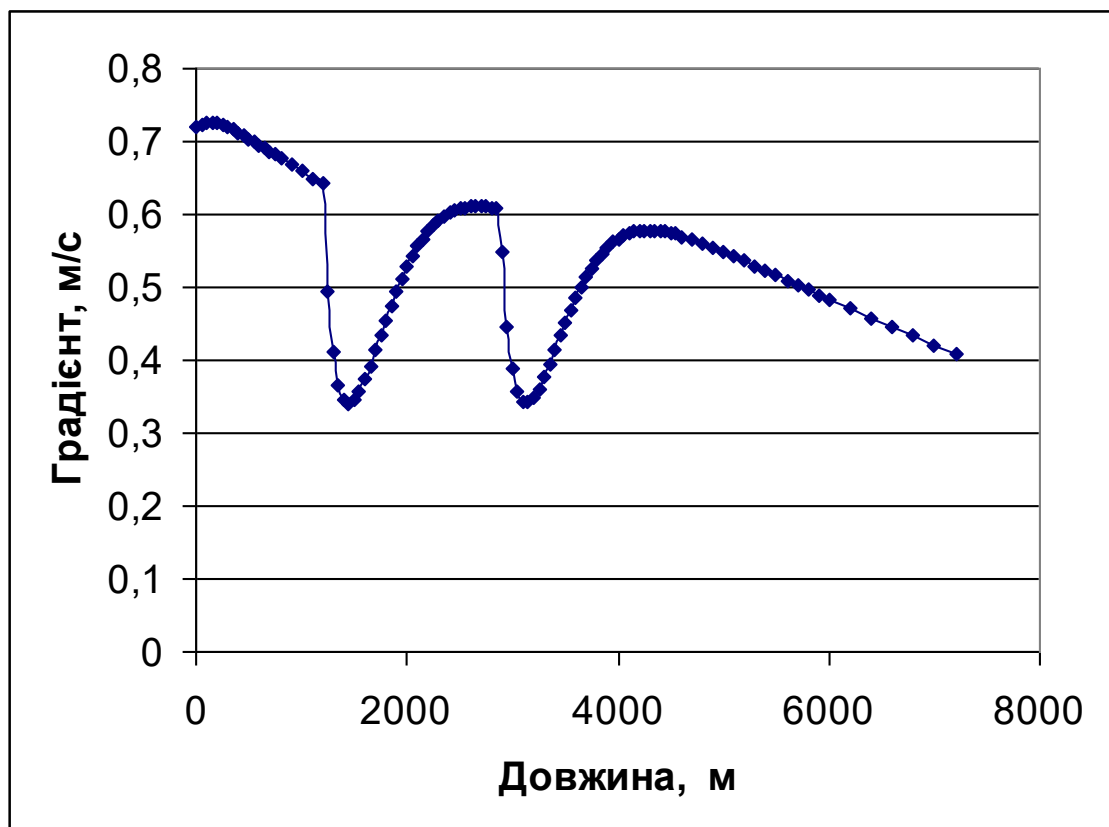


Рисунок 2.5 - Залежність між величиною зони впливу малих збурень при наявності кількох витоків різної інтенсивності – координати витоків  $x=1,2$  км та  $x=2,88$  км при швидкості 0,2 м/с.

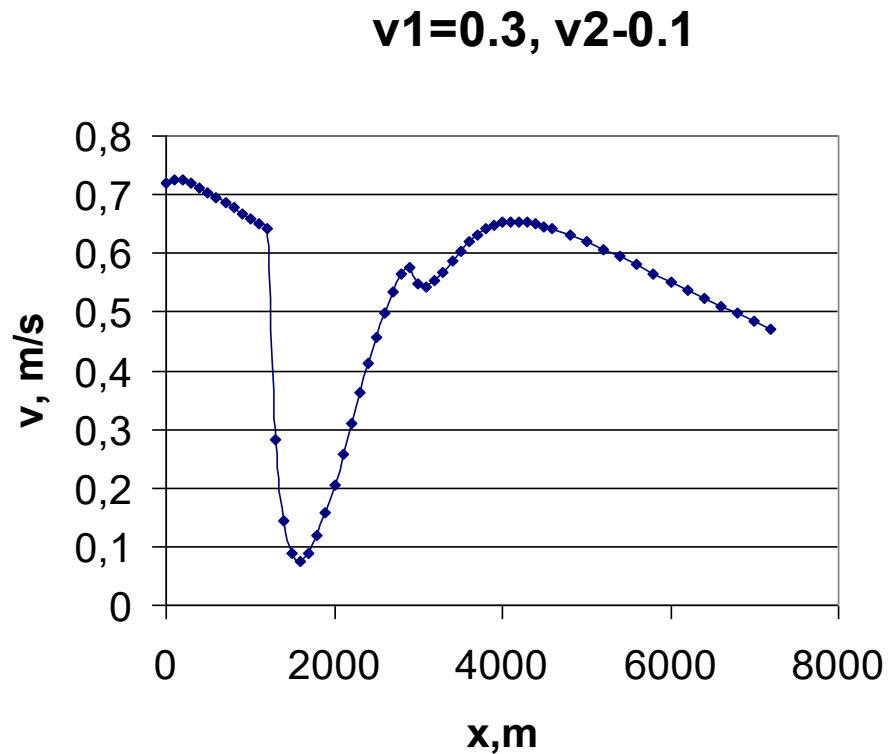


Рисунок 2.6 - Залежність між величиною зони впливу малих збурень при наявності кількох витоків різної інтенсивності – координати витоків  $x=1,2$  км та  $x=2,88$  км при швидкостях  $0,3$  м/с та  $0,1$  м/с відповідно.

Стійкість схеми при цьому не порушується, хоча питання виявлення кількох витоків вимагає більш детального вивчення.

При розрахунку поля швидкостей в трубопроводі без дефектів поперечна компонента швидкості відсутня, при цьому течія рідини в трубі характеризується лише однією компонентою швидкості – поперечною. На рис.2.7 представлена залежність максимальної та середньої швидкості течії рідини в трубі за відсутності дефектів. Одержаний числовий розв'язок задачі відрізняється від класичного результату розв'язання задачі Пуазейля, оскільки при розв'язанні задачі про течію Пуазейля вважається, що профіль швидкості не залежить від повздовжньої координати, фактично це означає, що на рисунку 2.7 обидві лінії повинні бути горизонтальними, паралельними осі  $Ox$ . Одержані числові

результати розв’язання системи (1) з граничними умовами (2) показують, що значення швидкості залежить від повздовжньої координати, що відповідає реальній технологічній ситуації – величина тиску в трубопроводі і, як наслідок, величина швидкості спадають по довжині труби, що і обумовлює необхідність насосних та компресорних станцій на об’єктах такого роду.

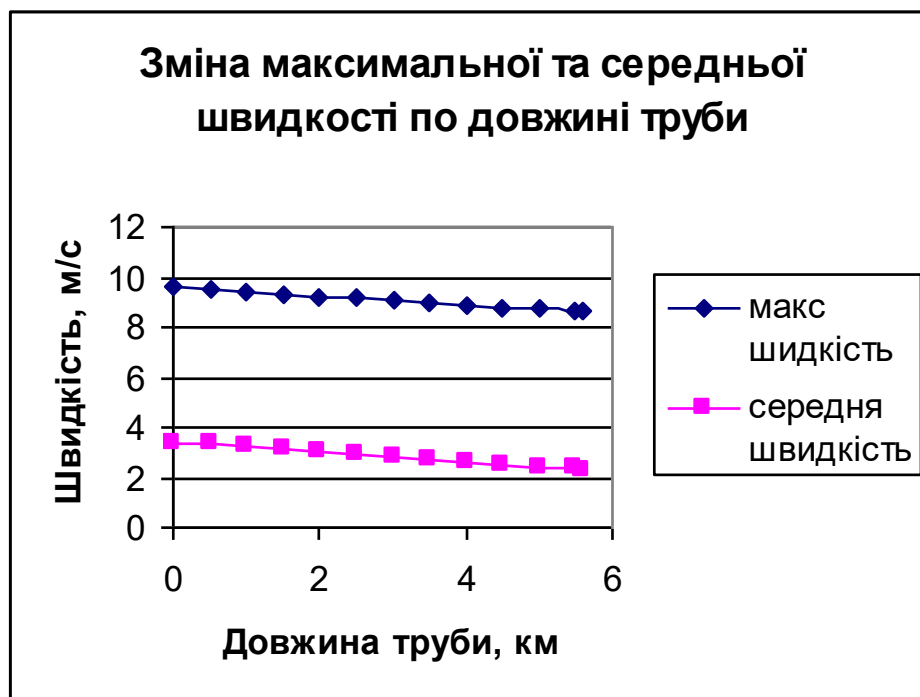


Рисунок 2.7 – Розподіл максимальної та середньої швидкості рідини по довжині труби за відсутності дефекту.

Для підвищення ефективності роботи газотранспортної системи необхідно здійснювати заходи, які б сприяли зменшенню опору стінок труби - в такому випадку можна зменшити затрати на підтримування такого рівня тиску, який би гарантував необхідну пропускну здатність системи.

На рисунку 2.8 наведена залежність швидкості по довжині труби в пристіночній зоні – вона змінюється по координаті інтенсивніше, ніж максимальна та середня швидкості.

При реалізації моделі (2.1) – (2.4) виконано всі необхідні математичні формальності [54, 55]: постановка задачі та доведення її коректності; дискретизація задачі та дослідження стійкості відповідних різницевих схем; вибір чисельного метода розв’язання; програмування у відповідному середовищі та аналіз одержаних чисельних результатів шляхом порівняння їх з іншими експериментальними та теоретичними результатами.

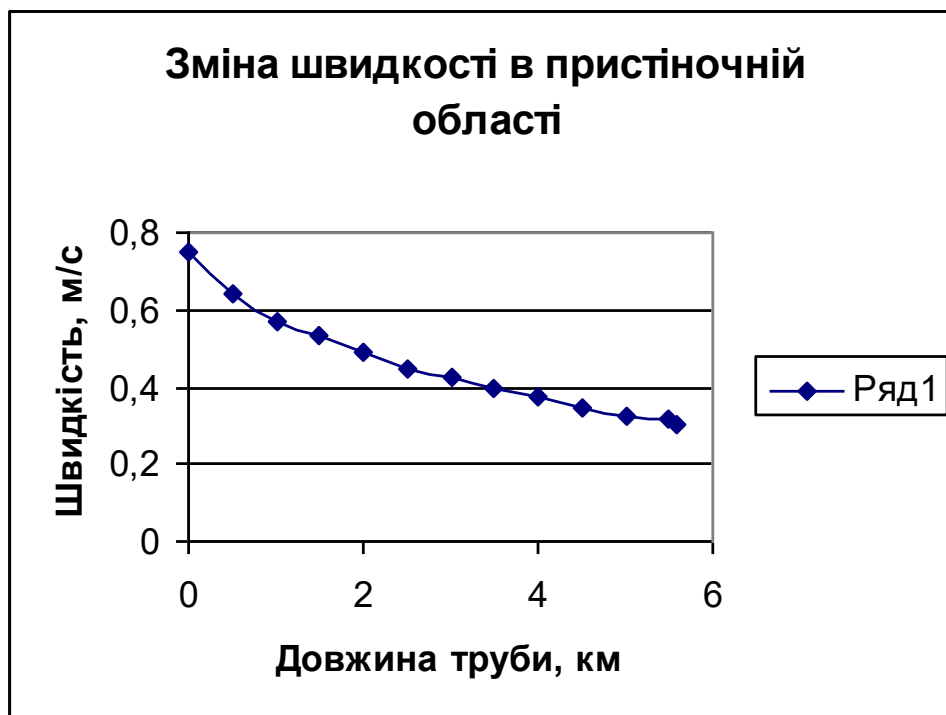


Рисунок 2.8 – Розподіл швидкості рідини в пристіночній зоні по довжині труби за відсутності дефекту за наявності витоків картина течії суттєво змінюється.

Разом з тим, як відмічено в [52], основною вимогою, яка висувається на практиці до розв’язків задач механіки, є їх стійкість до тих чи інших збурень – в даному випадку це наявність малих витоків – точок порушення суцільності стінок та перехід течією точки, в якій  $u = 0$ . Для аналізу стійкості важливо знати осереднені характеристики, безрозмірні параметри та числа, з досягненням якими своїх критичних значень пов’язаний перехід системи в якісно інший стан,

при якому втрачають зміст основні рівняння моделі (наприклад, втрачають зміст рівняння Нав'є-Стокса).

При реалізації розробленої моделі виникають наступні типові запитання: чи можливим є виявлення критичних параметрів, при яких досліджуваний фізичний процес втрачає стійкість за умови того, що характеристики цього процесу невідомі і самі визначаються шляхом розв'язання деякої крайової задачі. Необхідно також визначити, що означає втрата стійкості при чисельному моделюванні – некоректність дискретизованої задачі чи певний процес, що відбувається в досліджуваному фізичному тілі (відрив пограничного шару, гідроудар, виникнення турбулентних ефектів).

За результатами чисельного моделювання течії рідини по каналу з витоками її через поверхню встановлено спосіб оцінки координати точки витоку та її залежність від швидкості витоку. Підтверджено, що задачі технічної діагностики систем різного призначення з математичної точки зору є задачами дослідження стійкості відповідних процесів та чисельних схем реалізації моделей таких процесів.

Наявність малих витоків на енергоефективність системи обумовлює наступні негативні моменти:

- втрати продуктів, що транспортуються;
- втрата стійкості течії в трубопроводі, виникнення зон турбулентної (нестійкої) течії, внаслідок чого фактично зменшується реальний корисний діаметр труби, а відповідно – її реальна пропускна здатність.

## 2.2. Моделювання впливу зміни геометричних характеристик перерізу трубопроводу

Розглядається задача оцінки впливу зміни геометричних характеристик перерізу трубопроводу та властивостей речовини, що транспортується, на енергоефективність трубопровідної системи. В допущенні, що труба має круглий поперечний переріз, а рідина рухається під дією сталого перепаду тиску по довжині труби, профіль швидкості визначається за формулою Пуазейля [62 - 64]:

$$w = \frac{i}{4\mu}(a^2 - r^2) \quad (2.7)$$

де  $w$  - повздовжня швидкість течії в'язкої рідини;  $\mu$  - в'язкість рідини;  $a$  - радіус труби в якій тече рідина;  $i$  - питомий перепад тиску на одиницю довжини труби;  $r$  - радіальна координата. При цьому профіль швидкості рідини представляє собою параболоїд обертання.

Обчислена за (2.7) об'ємна витрата рідини визначається за формулою:

$$Q = \int_0^a w 2\pi r dr = \frac{i\pi a^4}{8\mu}, \quad (2.8)$$

при цьому слід відмітити, що об'ємна витрата дуже залежить від радіусу труби і є пропорційною четвертій степені радіуса. Аналізуючи (2.7) та (2.8), можна зробити наступні висновки: при зміні радіусу труби, який може мати місце при відкладенні осадів на внутрішні стінки труби, як було зазначено, найбільше на неї реагує об'ємна витрата; нехай  $a_1$  - проектний радіус трубопроводу,  $a_2$  - радіус після тривалого його експлуатації,  $a_1 > a_2$ , тоді в кожній точці  $r = r_1$  перепад швидкості  $\Delta w$  буде рівним:

$$\Delta w = \frac{i}{4\mu}(a_1^2 - a_2^2) \quad (2.9)$$

при умові незмінності в'язкості рідини. При цьому виникає дефіцит в пропускній здатності, яка може бути оцінена з використанням (2.8) наступним чином:

$$\Delta Q = \frac{i\pi}{8\mu} (a_1^4 - a_2^4). \quad (2.10)$$

Перетворенням (2.10) значення  $\Delta Q$  можна подати у вигляді:

$$\Delta Q \approx \frac{i\pi}{8\mu} \cdot 4R^3 \Delta\delta, \quad (2.11)$$

де  $\Delta\delta$  - зміна радіусу поперечного перерізу.

Для компенсації такої недостачі рідини, що транспортується, необхідно збільшити відносний перепад тиску, який може бути визначений зі співвідношення:

$$i_1 = \frac{i(R - 4\Delta\delta) \cdot R^3}{(R - \Delta\delta)^4}. \quad (2.12)$$

Очевидно, що  $i_1 > i$ , при цьому слід зазначити, що збільшення перепаду тиску зменшує енергоефективність роботи трубопровідної системи. Для усунення даної проблеми необхідно проводити дослідження реального значення площі поперечного перерізу, проводити заходи щодо його очищення, зняття шару речовини (відкладів), що відкладаються на внутрішній поверхні трубопроводу.

Іншим важливим моментом є контроль в'язкості речовини, що транспортується. Якщо початковий момент часу динамічна в'язкість рідини складає  $\mu$ , а в певний момент часу вона зросла до значення  $\mu_2$ , то з урахуванням (2.7) та (2.8) отримаємо:

$$\Delta w = \frac{i}{4\mu_1} (a^2 - r^2) - \frac{i}{4\mu_2} (a^2 - r^2) = \frac{i}{4} \cdot \frac{\mu_2 - \mu_1}{\mu_2\mu_1} (a^2 - r^2), \quad (2.13)$$

$$\Delta Q = \frac{i\pi a^4}{8\mu_1} - \frac{i\pi a^4}{8\mu_2} = \frac{i\pi a^4}{8} \cdot \frac{\mu_2 - \mu_1}{\mu_2\mu_1}. \quad (2.14)$$

Для компенсації цієї неоднозначності продукту по аналогії з (2.12) можна отримати необхідне для компенсації недостачі значення певного перепаду тиску:

$$\frac{i_1 \pi a^4}{8\mu_2} = \frac{i \pi a^4}{8\mu_1} - \frac{i \pi a^4}{8} \cdot \frac{\mu_2 - \mu_1}{\mu_2 \mu_1}, \quad (2.15)$$

$$\frac{i_1}{\mu_2} = \frac{i}{\mu_1} - i \cdot \frac{\mu_2 - \mu_1}{\mu_2 \mu_1}. \quad (2.16)$$

$$\frac{i_1}{\mu_2} = \frac{i(\mu_2 - \mu_2 + \mu_1)}{\mu_2 \mu_1} = \frac{i}{\mu_1}$$

Остаточно після перетворення отримуємо:

$$i_1 = i \frac{\mu_2}{\mu_1}. \quad (2.17)$$

Очевидно, що  $i_1 > i$ , бо  $\frac{\mu_2}{\mu_1} > 1$ .

Знову ж таки, підвищення перепаду тиску по довжині трубопроводу веде до зменшення енергетичної ефективності трубопровідної системи.

Взагалі кажучи з урахуванням (2.7) та (2.8) можна одержати загальну формулу:

$$\Delta w = \frac{a^2 - r^2}{4\mu} \delta i - \frac{i}{4\mu^2} (a^2 - r^2) \delta \mu + \frac{i}{4\mu} 2a \delta a \quad (2.18)$$

де  $\delta a$ ,  $\delta i$ ,  $\delta \mu$  - варіації відповідних величин.

Аналогічно:

$$\Delta Q = \frac{\pi a^4}{8\mu} \delta i - \frac{i \pi a^4}{8\mu^2} \delta \mu + \frac{i \pi 4a^3}{8\mu} \delta a \quad (2.19)$$

Формули (12) та (13) дозволяють оцінювати недостачу вуглеводнів в тих випадках, коли однозначно визначаються і недостатній відносний перепад тиску і зміна геометрії перерізу трубопроводу в наслідок відкладення технологічних речовин на його стінках і зміна в'язкості рідини.

В багатьох при дослідженні реальної геометрії трубопровідних систем виявляється, що переріз трубопроводу набуває форму еліпса. Це обумовлюється



дією рідинно-силових факторів (дія згинального моменту при зсувах, технологічні дефекти).

Розглядаючи задачу течії рідини по трубці, що в перерізі має форму еліпса, виявляється, що формули (2.7) та (2.8) можуть бути записані у наступному вигляді [65].

$$w(y, z) = A\left(1 - \frac{y^2}{a^2} - \frac{z^2}{b^2}\right), \quad (2.20)$$

$$A = \frac{i}{2\mu} \frac{a^2 b^2}{a^2 + b^2}, \quad (2.21)$$

Для об'ємної витрати:

$$Q = \iint_G w dy dz = \frac{\pi i}{4\mu} \frac{a^3 b^3}{a^2 + b^2}, \quad (2.22)$$

де константи  $a$  та  $b$  - кривої еліпса  $\frac{y^2}{a^2} + \frac{z^2}{b^2} = 1$ , який моделює деформований переріз.

Розглядаючи функцію

$$f(x, y) = \frac{x^3 y^3}{x^2 + y^2} \quad (2.23)$$

як функцію двох змінних, проводиться її дослідження на екстремум. Із системи:

$$\begin{cases} \frac{\partial f}{\partial x} = 0 = -\frac{x^3 y^3 \cdot 2x}{(x^2 + y^2)^2} + \frac{3x^2 y^3}{x^2 + y^2} = 0 \\ \frac{\partial f}{\partial y} = 0 = -\frac{x^3 y^3 \cdot 2y}{(x^2 + y^2)^2} + \frac{3x^3 y^2}{x^2 + y^2} = 0 \end{cases}, \quad (2.24)$$

можна показати, що вказана функція має критичні точки:  $x = 0$ ;  $y = 0$ ;  $x = -y$ ;  $x = y$ . Очевидно, що перші три умови не відповідають фізичним умовам задачі. Отже функція має окремий екстремум, який досягається при  $x = y$ . Ця умова означає, що функція (2.23) набирає екстремального значення (омінаючи математичні викладки приходимо до висновку, що його головний – максимум).

З практичної точки зору це означає, що пропускна здатність трубопроводу зменшується при набутті еліптичної конфігурації її перерізу. Аналогічно до

попередніх висновків, встановлюється, що для покриття недостачі вуглеводнів, необхідно підвищувати відносний перепад тиску, що знову ж таки призводить до зниження енергоефективності трубопровідної системи. Основним висновком є наступні положення:

- зміна поперечного перерізу трубопровідної системи за рахунок відкладень технологічних речовин, зміни динамічної в'язкості речовини, що транспортується та питомого перепаду тиску веде до зменшення пропускної здатності трубопровідної системи;

- аналогічний ефект спостерігається при набутті перерізом трубопровідної системи еліптичної конфігурації, оскільки максимальна пропускна здатність відповідає еліпсу з однаковими півсями, тобто при круговому перерізі;

- компенсація недоподачі речовини, що транспортується, здійснюється за рахунок підвищення технологічного перепаду тиску;

- підвищення питомого перепаду тиску обумовлює зменшення енергетичної ефективності системи, тому заходами, які сприяють підвищенню енергоефективності трубопровідних систем можуть бути: зменшення в'язкості рідини, що транспортується, не допущення відкладення технологічних речовин, контроль за еліптичністю поперечних перерізів трубопроводів.

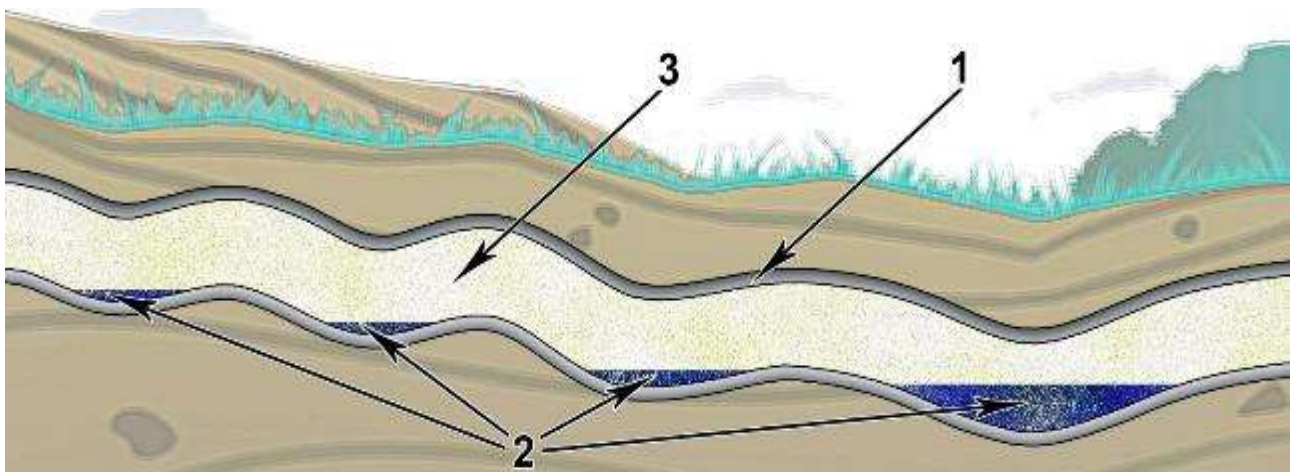
### **2.3 Моделювання впливу не технологічних скупчень в порожнині трубопроводу**

Відомо, що основним показником, що визначає роботу газопроводу є коефіцієнт його ефективності, який визначається як відношення фактичної пропускної здатності газопроводу до розрахункової або як корінь з відношення розрахункового значення гідравлічного опору газопроводу до фактичного [69, 70]. Відповідно задачею дослідження, яке висвітлюється в даному розділі, є

отримання залежності між таким інформаційним параметром, як максимальний рівень нетехнологічних скупчень рідини в порожнині газопроводу (визначається за допомогою контрольно-вимірювальних постів) і коефіцієнтом ефективності газопроводу, як основного параметру енергетчної ефективності транспорту природного газу, для оперативного прийняття рішення, щодо вилучення критичних обсягів накопиченої рідини з порожнини газопроводу для підтримання його енергетичної та експлуатаційної ефективності на належному рівні.

При розв'язанні задачі оцінки зміни енергоефективності роботи ділянки газопроводу, спричиненої накопиченням в його порожнині на окремих ділянках нетехнологічних скупчень (рідини) [66 - 68] розглянемо наступну схему (рисунку 2.9):

Нехай на ділянці трубопроводу довжиною  $L_0$  виявлено  $N$  місць накопичення рідини. Необхідно встановити загальний об'єм рідини на ділянці  $L_0$  та очікувану втрату пропускної здатності.



*1- повздовжній профіль газопроводу; 2 - нетехнологічні скупчення (рідини); 3 – природній газ, що транспортується.*

Рисунок 2.9 – Схема трубопроводу, в якому накопичується рідина внаслідок конденсації та інших причин

Для ділянки трубопроводу відомими є внутрішній та зовнішній  $R_{кр}^i$  радіуси в кожному із секторів (окремих дрібніших ділянок), в якому виявлена рідина, також, як сказано вище, відомою є максимальна висота рідини  $H_i$ , яка визначена експериментальним шляхом. Кожен із секторів, в якому накопичується рідина, можна змодельювати наступним чином: розглянемо повздовжній переріз трубопроводу в секторі, в якому виявлено накопичення рідини (рисунок 2.10) .

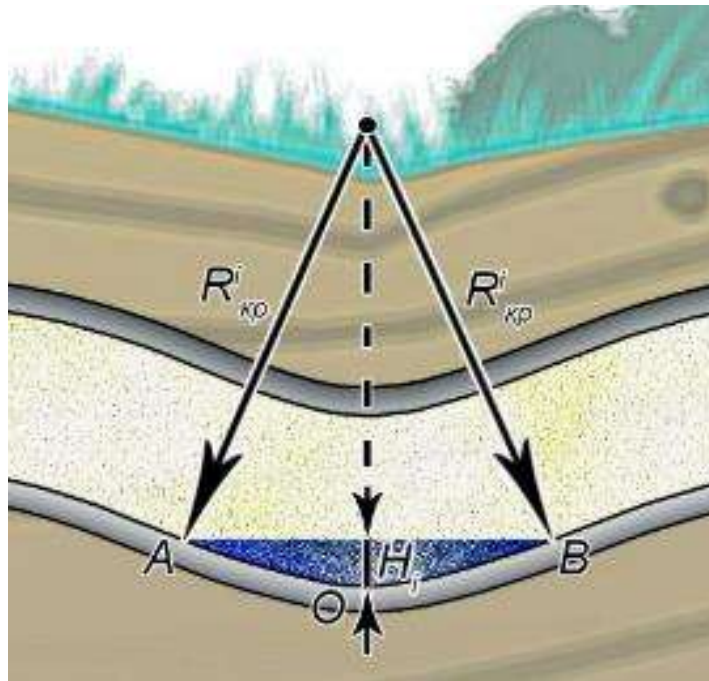


Рисунок 2.10 – Повздовжній переріз сектора трубопроводу, в якому накопичується рідина

Для визначення середини довжини зони  $AB$  необхідно знати радіус кривизни осі трубопроводу. Нехай координати точок  $A$ ,  $B$  та  $O$  є заданими:  $A(x_1; y_1)$ ,  $B(x_2; y_2)$ ,  $C(x_3; y_3)$ . Тоді, радіус кривизни осі трубопроводу можна визначити шляхом розв'язання наступної системи рівнянь:

$$\begin{cases} (x_1 - x_0)^2 + (y_1 - y_0)^2 = R^2 \\ (x_1 - x_0)^2 + (y_1 - y_0)^2 = (x_2 - x_0)^2 + (y_2 - y_0)^2 \\ (x_1 - x_0)^2 + (y_1 - y_0)^2 = (x_3 - x_0)^2 + (y_3 - y_0)^2 \end{cases} \quad (2.25)$$

В системі рівнянь (2.25) невизначеними є координати центра кола радіуса  $R_{кр}(x_0; y_0)$  та власне величина  $R_{кр}$ . Розв'язуючи дану систему рівнянь за правилом Крамера [23] одержимо:

$$x_0 = \frac{2(x_2^2 - x_1^2 + y_2^2 - y_1^2) \cdot (y_3 - y_1) - 2(x_3^2 - x_1^2 + y_3^2 - y_1^2) \cdot (y_2 - y_1)}{4(x_2 - x_1) \cdot (y_3 - y_1) - 4(x_3 - x_1) \cdot (y_2 - y_1)} \quad (2.26)$$

$$y_0 = \frac{2(x_3^2 - x_1^2 + y_3^2 - y_1^2) \cdot (x_2 - x_1) - 2(x_2^2 - x_1^2 + y_2^2 - y_1^2) \cdot (x_3 - x_1)}{4(x_2 - x_1) \cdot (y_3 - y_1) - 4(x_3 - x_1) \cdot (y_2 - y_1)},$$

звідки:

$$R_{кр}^2 = (x_1 - x_0)^2 + (y_1 - y_0)^2 \quad (2.27)$$

Таким чином вважається, що в кожному секторі накопичення рідини величина  $R_{кр}$  є заданою. В такому випадку відкривається пов'язана з сектором система координат, в якому повздовжній переріз схематизується наступним чином (рисунок 2.11):

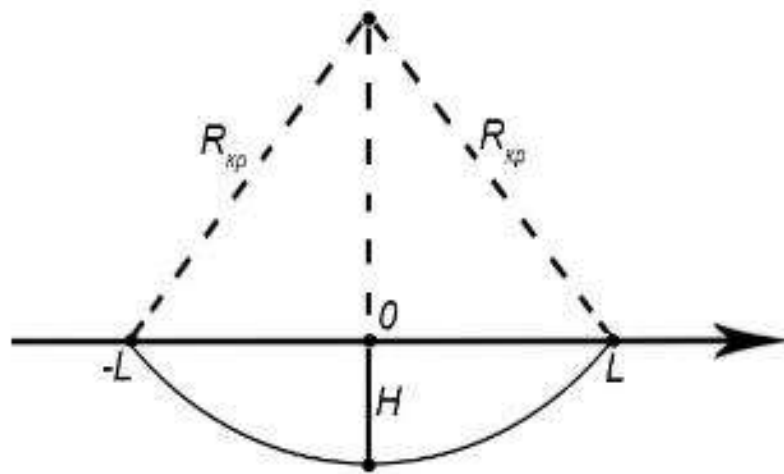
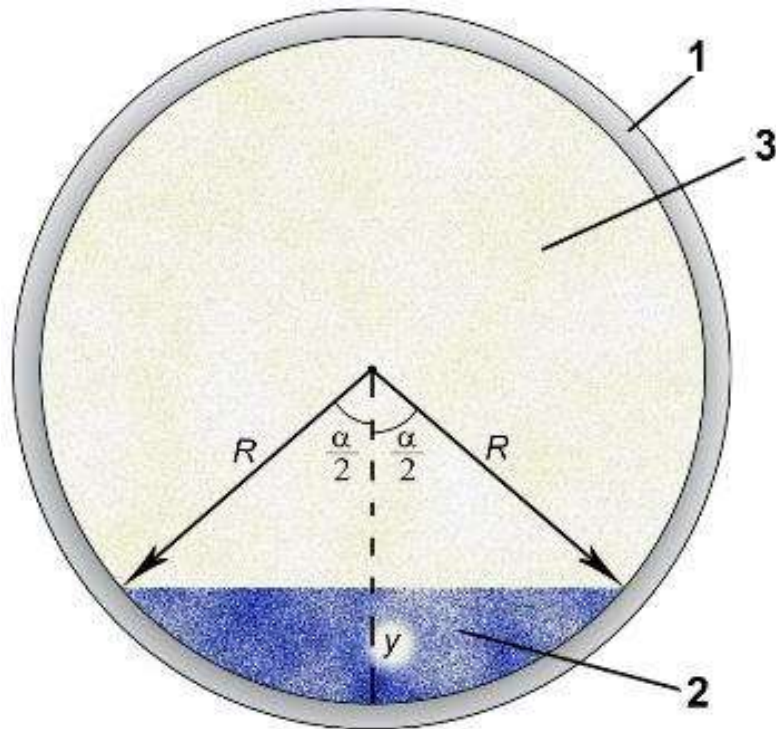


Рисунок 2.11 – Схема повздовжнього перерізу в пов'язаній з сектором системі координат

Величина  $L$  знаходиться за формулою:

$$L = \sqrt{R_{кр}^2 - (R_{кр} - H)^2} = \sqrt{2R_{кр}H - H^2}. \quad (2.28)$$

При розгляді поперечного перерізу ділянки газопроводу, на якій виявлені нетехнологічні скупчення, геометричний параметр, який необхідно знати є радіус трубопроводу  $R$  (рисунок 2.12):



1- поперечний профіль газопроводу; 2 - нетехнологічні скупчення (рідина);  
3 – природній газ, що транспортується.

Рисунок 2.12 – Схема поперечного перерізу сектора трубопроводу, в якому накопичується рідина в наслідок конденсації та інших причин

В такому випадку в кожному поперечному перерізі його площа виражається за формулою:

$$S(y) = \frac{1}{2} \arcsin \frac{R-y}{R} \cdot R^2 - \frac{1}{2} (R-y) \sqrt{R^2 - (R-y)^2} \quad (2.29)$$

де:

$$y = -R_{кр} + H + \sqrt{R_{кр}^2 - x^2} \quad (2.30)$$

Фактично це означає, що рідина повністю заповняє деяку частину еліпсоїда обертання виду (рисунок 2.13):

$$\frac{x^2}{R^2} + \frac{y^2}{R^2} + \frac{z^2}{L^2} = 1 \quad (2.31)$$

де  $R$  – радіус трубопроводу, а  $L$  – обчислюється за (2.28).

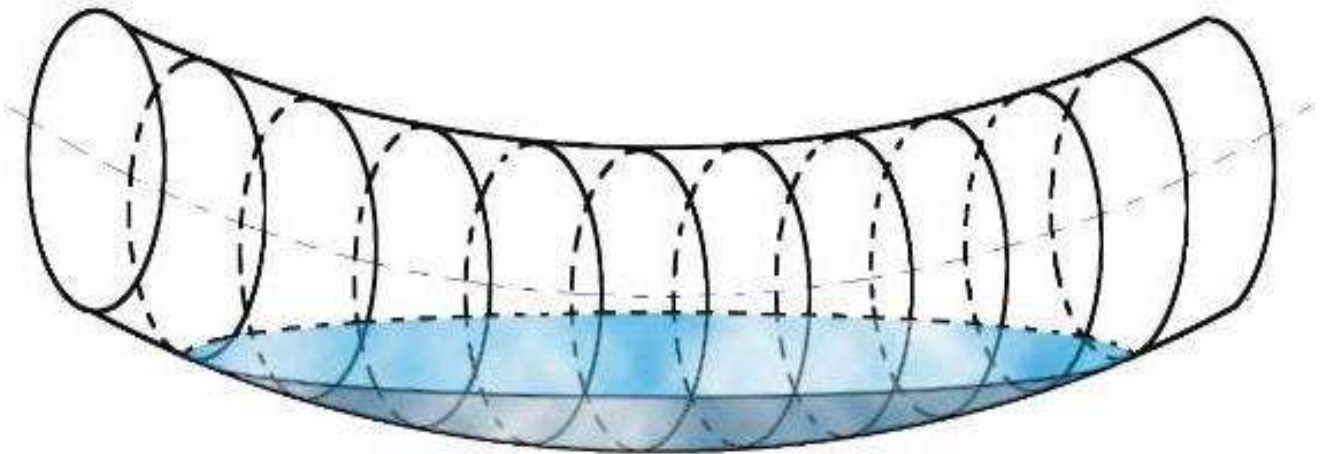


Рисунок 2.13 – Схематичне зображення заповнення порожнини трубопроводу рідиною.

Таким чином, замінюючи у виразі (2.26) величину  $y$  за виразом (2.27), одержуємо в нашому перерізі сектора, заповненого рідиною, його площу:

$$S(x) = \frac{1}{2} \arcsin \left[ \frac{R + R_{кр} - H - \sqrt{R_{кр}^2 - x^2}}{R} \right] \cdot R^2 - \frac{1}{2} (R + R_{кр} - H - \sqrt{R_{кр}^2 - x^2}) \sqrt{R^2 - (R + R_{кр} - H - \sqrt{R_{кр}^2 - x^2})^2} \quad (2.32)$$

Таким чином, об'єм сектора, заповненого рідиною, обчислюється за формулою:

$$\begin{aligned} V &= \int_{-L}^L S(x) dx = \\ &= \int_{-L}^L \frac{1}{2} \arcsin \left[ \frac{R + R_{кр} - H - \sqrt{R_{кр}^2 - x^2}}{R} \right] \cdot R^2 dx - \\ &\quad - \int_{-L}^L \frac{1}{2} (R + R_{кр} - H - \sqrt{R_{кр}^2 - x^2}) \cdot \sqrt{R^2 - (R + R_{кр} - H - \sqrt{R_{кр}^2 - x^2})^2} dx \end{aligned} \quad (2.32)$$

Формула (2.32) дозволяє отримати втрату корисного об'єму трубопроводу внаслідок накопичення рідини.

Нехай  $V_0$  – початковий об'єм трубопроводу,  $L_0$  – його довжина. Припустимо, що на досліджуваній ділянці виявлено  $N$  секторів накопичення

рідини, в кожному з яких максимальна висота шару рідини становить  $H_i$ . Таким чином, сумарна втрата об'єму в наслідок накопичення рідини складає:

$$V_{em} = \sum_{i=1}^N V_i, \quad (2.33)$$

де  $V_i$  - обчислена за (2.30) величина об'єму, який займає рідина в  $i$ -тому секторі:

$$V_i = \int_{-L_i}^{L_i} S_i(x) dx, \quad (2.34)$$

де:  $\pm L_i$  – повздовжній розмір  $i$ -ого сектора;  $S_i(x)$  обчислюється за виразом (2.30), при умові задання  $R_{кр}^i$  - радіуса кривизни  $i$ -ого сектора та  $H_i$  – глибини рідини в  $i$ -ому секторі.

Таким чином сумарна втрата об'єму на ділянці трубопроводу довжиною  $L_0$  складає  $V_{BT}$  і обчислюється за (2.31).

Для оцінки втрати ефективності ділянки трубопроводу можна запропонувати наступну схему: вважаючи, що довжина трубопроводу  $L_0$  залишається сталою, а, за відсутності рідини в трубі, його площа поперечного перерізу складає  $\pi R^2$  – де  $R$  – сталий радіус трубопроводу, об'єм досліджуваної ділянки можна обчислити за формулою:

$$V_0 = L_0 \cdot \pi R^2. \quad (2.35)$$

Після заповнення деякої частини трубопроводу рідиною, його об'єм, придатний для транспортування продукту, зменшується і складає:

$$V_H = V_0 - V_{BT}, \quad (2.33)$$

де  $V_0$  обчислюється за виразом (12), а  $V_{BT}$  – за виразом (2.34).

Вводячи поняття ефективної площі поперечного перерізу  $S_H$ , можна зробити висновок, що вона складає:

$$S_H = \frac{V_0 - V_{BT}}{L_0} \neq \pi R^2, \quad (2.36)$$

де зрозуміло, що  $S_H < \pi R^2$ .

Згідно з цією оцінкою, для забезпечення сталого значення витрати продукту (забезпечення необхідного об'єму перекачування природного газу)  $Q_0$



через трубопровід з рідиною, необхідно затратити додаткову енергію, наприклад, для збільшення швидкості потоку природного газу, що транспортується, на величину, яка може бути визначена за формулою:

$$Q_0 = V_0 \cdot S_0 = V_0 \cdot \pi R^2 = V_1 S_H, \quad (2.37)$$

звідки:

$$V_1 = \frac{S_0 \cdot V_0}{S_H}, \quad (2.38)$$

при цьому очевидно, що  $V_1 > V_0$ .

Вказана схема має наближений характер, збільшення швидкості перекачування продукту здійснюється за рахунок збільшення різниці тиску між двома компресорними станціями, які є початковою та кінцевою станціями досліджуваної ділянки.

Інший підхід може бути наступним: якщо початковий радіус трубопроводу складає  $R_0$ , а швидкість течії продукту в найпростішому випадку описується течією Пуазейля за формулою [71, 72]:

$$V = \frac{i}{4\mu} (R_0^2 - r^2). \quad (2.39)$$

В трубопроводі з ділянками, де накопичується рідина, зменшення  $R_0$  змінюється, в такому випадку для інженерних розрахунків можна прийняти, що:

$$S_H = \frac{V_0 - V_{BT}}{L_0} \approx \pi R_1^2, \quad (2.40)$$

маючи на увазі, що форма поперечного перерізу мало відрізняється від форми кола:

$$R_1 \approx \sqrt{\frac{S_H}{\pi}} < R_0, \quad (2.41)$$

тоді:

$$V_1 = \frac{i}{4\mu} (R_1^2 - r^2) < V_0. \quad (2.42)$$

Отже, величину градієнта тиску, необхідну для забезпечення рівня прокачування  $Q_0$ , можна наближено визначити з формули:

$$Q_0 = \frac{iR_0^4\pi}{8\mu} = \frac{i_1R_1^4\pi}{8\mu}, \quad (2.43)$$

$$i_1 = i \cdot \frac{R_0^4}{R_1^4}, \quad (2.44)$$

де  $i$  - різниця тисків на кінцях трубопроводу,  $\mu$  – коефіцієнт динамічної в'язкості природного газу, очевидно  $i_1 > i$ , оскільки  $\frac{R_0^4}{R_1^4} > 1$ .

З технічних параметрів роботи компресорної станції відомо, скільки енергії необхідно затратити для підвищення тиску в трубопроводі, який гарантував би збереження сталого  $Q_0$ .

Різноманітні накопичення та забруднення в порожнині діючих магістральних газопроводів зменшують робоче січення ділянок газопроводів, що в свою чергу призводить до зниження їх пропускної здатності, збільшення падіння тиску та зростання енергетичних втрат при транспортуванні природного газу магістральними газопроводами. Окрім цього, конденсована в порожнині трубопроводу рідина, що покриває шар твердих відкладів, спричиняє значне корозійне ураження стінки газопроводу і може стати причиною аварійних ситуацій на ділянка магістральних газопроводів.

На даний час існує ряд підходів для ліквідації скупчень нетехнологічних відкладень та рідин в порожнині газопроводів, проте здатність рідини мігрувати порожниною газопроводу, не дає можливості точно визначити місце скупчення рідини та її рівень. Описана в роботі стаціонарна система для вимірювання рівня рідини в порожнині газопроводу та методика визначення місць потенційних скупчень нетехнологічних відкладень та рідин в порожнині газопроводів, значно зменшує необхідність проведення великого об'єму земляних робіт та транспортування ємностей для збору рідини з газопроводу [73 - 75].

Отримана залежність між максимальним рівнем нетехнологічних скупчень рідини в порожнині газопроводу та коефіцієнтом ефективності газопроводу, як основним параметром енергетчної ефективності транспорту природного газу, дозволяє оперативно приймати рішення, щодо необхідності вилучення критичних обсягів накопиченої рідини з порожнини газопроводу і підтримувати його енергетичну та експлуатаційну ефективність на належному рівні [76 - 78]. Показано, що навіть відносно незначне зменшення внутрішнього радіусу трубопроводу, спричинене наявністю нетехнологічних скупчень, може призвести до значного зростання енергетичних затрат задля забезпечення необхідного об'єму перекачування природного газу.

#### **2.4 Моделювання впливу якості природного газу на енергоефективність роботи газопроводу.**

При проведенні теплотехнічних розрахунків та визначенні витрат природного газу на підприємствах нафтогазового комплексу України, згідно [101] користуються спрощеною методикою за якою густину газу за стандартних умов розраховують за компонентним складом газу (за результатами хроматографічного дослідження), а нижчу об'ємну теплоту згоряння приймають на рівній  $34541,1 \text{кДж/м}^3$  [101 - 105]. Тобто методика не враховує зміну теплоти згоряння, а також доступні дані фізико-хімічних параметрів газу, які суттєво впливатимуть на об'єм використаного газу [106 - 109].

Густину газу за стандартних умов розраховують за компонентним складом газу за результатами хроматографічного дослідження компонентного складу проб природного газу, проте, у Формулі (1) [101], нижчу об'ємну теплоту згоряння приймають на рівній  $34541,1 \text{кДж/м}^3$  (Таблиця 1 [101]).

Хоча, якщо проводиться хроматографічні дослідження, крім компонентного складу, за яким в протоколі отримують як і густину газу за стандартних умов так і нижчу об'ємну теплоту згоряння.

Пропонується в формулі (1) [101] брати з результатів хроматографічного дослідження густину газу за стандартних умов так і нижчу об'ємну теплоту згоряння.

Проведемо порівняльні розрахунки.

Обсяги витрат газу вогневим підігрівником  $Q_{ВП}$  визначаються за формулою (1) [101], м<sup>3</sup>:

$$Q_{ВП} = \frac{C_p \cdot V \cdot \rho_c \cdot \Delta T}{\eta \cdot Q_H^P} \quad (2.45)$$

де:

$C_p$  – теплоємність газу за постійного тиску ( $C_p \cong 2,2$  кДж / (кг·град.));

$V$  – об'єм газу, що підігрівають за звітний період, м<sup>3</sup> (середнє значення об'єму за замірами на ГРС за місяць);

$\rho_c$  – густина газу за стандартних умов, кг/м<sup>3</sup> – берем з хроматографічних даних;

$\Delta T$  – перепад температури газу на вході та виході підігрівника, град.;

$\eta = 0,85$  (85%) – ККД підігрівника;

$Q_H^P$  – нижча об'ємна теплота згоряння газу, кДж/м (беремо рівною 34541,1 кДж/м<sup>3</sup>, як пропонується в Таблиці 1 [101], значення є фіксованим для проведення теплотехнічних розрахунків).

Формула (1) [101] не враховує зміну теплоти згоряння, а також доступні дані фізико-хімічних параметрів газу, які суттєво впливатимуть на об'єм використаного газу.

Виразимо теплоту згоряння через число Воббе, яке краще описує процес горіння з врахуванням густини газу та повітря (число Воббе, густина газу та відносна густина газу визначаються хімлабораторіями). Тоді удосконалена

формула для визначення обсягів витрат технологічного газу вогневим підігрівником матиме вигляд:

$$Q_H^P = \frac{C_p \cdot V \cdot \Delta T \cdot \sqrt{\rho_c \cdot \rho_{СП}}}{\eta \cdot W_H}, \quad (2.46)$$

де:  $W_H$  – число Воббе нижче,  $\rho_{СП}$  - густина повітря за стандартних умов.

Проведено порівняльний розрахунок на прикладі визначення витрат технологічного газу вогневим підігрівником на газорозподільчій станції за методикою (формулою), яка запропонована в [101] та за удосконаленою формулою.

В першому випадку розрахунок проводимо згідно [101].

В другому випадку розрахунок проводимо за удосконаленою формулою (3.4), взявши з протоколів фізико-хімічних показників природного газу значення числа Воббе нижче, реальної густини повітря та газу.

В третьому розрахунок проводимо взявши з протоколів фізико-хімічних показників природного газу значення числа Воббе нижче, реальної густини газу, значення густину повітря відповідно до [101].

Для проведення порівняльного розрахунку з бази з 1040 наборів даних (Додаток Г) різних сумішей природного газу з даними про їх хімічний склад, фізичні параметри, вищої/нижчої теплоти згоряння та вищого/нижчого значення числа Воббе відберемо окремі проби, значення яких перекриває весь діапазон фізико-хімічних показників, які розмітимо рівномірно за зміною нижчої теплоти згоряння природного газу (таблиці 2.1).

За результатами порівняльного розрахунку побудуємо графіки залежності витрат технологічного газу вогневим підігрівником на газорозподільчій станції від значення теплоти згоряння природного газу (рисунок 2.14). Розрахунок проведено для середнього значення об'єму переданого споживачам природного газу за 1 день лютого місяця.

Таблиця 2.1 – Відібрана база даних фізико-хімічних показників природного газу, та результат проведених порівняльних розрахунків

№ проби	Фізико-хімічні показники газу обчислені на основі компонентного складу, 101,325 кПа												Реальна густина повітря, кг/м <sup>3</sup>	Визначення обсягів витрат технологічного газу вогневим підігрівником, м <sup>3</sup>			
	Густина абсолютна кг/м <sup>3</sup> при 20 °С,	Температура вимірювання/згоряння при 20/25°С									СОУ 60.3-100	Число Воббе нижче, густина газу та реальна повітря		Число Воббе нижче, густина повітря 1,20445 кг/м <sup>3</sup> та газу			
		Теплота згоряння нижча			Теплота згоряння вища			Число Воббе нижче							Число Воббе вище		
		ккал/м <sup>3</sup>	МДж/м <sup>3</sup>	кВт·год/м <sup>3</sup>	ккал/м <sup>3</sup>	МДж/м <sup>3</sup>	кВт·год/м <sup>3</sup>	ккал/м <sup>3</sup>	МДж/м <sup>3</sup>	кВт·год/м <sup>3</sup>					ккал/м <sup>3</sup>	МДж/м <sup>3</sup>	кВт·год/м <sup>3</sup>
1	0,7804	8 907	37,29	10,359	9 843	41,21	11,447	11 065	46,33	12,87	12 228	51,20	14,22	1,204463	461,63	427,58	427,58
2	0,8443	8 880	37,18	10,33	9 802	41,04	11,40	10 607	44,41	12,34	11 708	49,02	13,62	1,204561	499,43	463,98	463,98
3	0,7831	8 869	37,13	10,31	9 804	41,05	11,40	10 998	46,05	12,79	12 159	50,91	14,14	1,204428	463,22	430,92	430,92
4	0,7817	8 853	37,07	10,30	9 788	40,98	11,38	10 989	46,01	12,78	12 149	50,87	14,13	1,204448	462,40	430,91	430,91
5	0,7810	8 843	37,02	10,28	9 777	40,93	11,37	10 981	45,98	12,77	12 141	50,83	14,12	1,204461	461,98	431,01	431,01
6	0,7656	8 821	36,93	10,26	9 750	40,82	11,34	11 064	46,32	12,87	12 229	51,20	14,22	1,204470	452,87	423,58	423,57
7	0,7706	8 809	36,88	10,245	9 738	40,77	11,325	11 013	46,11	12,81	12 175	50,97	14,16	1,204506	455,83	426,91	426,90
8	0,8561	8 766	36,70	10,19	9 676	40,51	11,25	10 397	43,53	12,09	11 477	48,05	13,35	1,204445	506,41	476,62	476,62
9	0,8395	8 720	36,51	10,14	9 630	40,32	11,20	10 444	43,73	12,15	11 534	48,29	13,41	1,204187	496,59	469,81	469,86
10	0,7750	8 704	36,44	10,12	9 623	40,29	11,19	10 851	45,43	12,62	11 997	50,23	13,95	1,204574	458,43	434,54	434,52
11	0,7547	8 663	36,27	10,08	9 580	40,11	11,14	10 944	45,82	12,73	12 102	50,67	14,08	1,204400	446,42	425,14	425,15
12	0,7491	8 620	36,09	10,03	9 537	39,93	11,09	10 932	45,77	12,71	12 095	50,64	14,07	1,204838	443,11	424,09	424,03
13	0,7513	8 601	36,01	10,00	9 516	39,84	11,07	10 889	45,59	12,66	12 047	50,44	14,01	1,204273	444,41	426,29	426,32
14	0,7455	8 584	35,94	9,98	9 499	39,77	11,05	10 911	45,68	12,69	12 074	50,55	14,04	1,204422	440,98	423,82	423,82
15	0,7462	8 570	35,88	9,97	9 487	39,72	11,03	10 888	45,59	12,66	12 052	50,46	14,02	1,204439	441,40	424,91	424,92
16	0,7996	8 532	35,72	9,92	9 432	39,49	10,97	10 472	43,84	12,18	11 577	48,47	13,46	1,204605	472,98	457,37	457,34
17	0,7739	8 508	35,62	9,89	9 411	39,40	10,94	10 613	44,43	12,34	11 739	49,15	13,65	1,204313	457,78	443,92	443,94
18	0,7791	8 470	35,46	9,85	9 374	39,25	10,90	10 532	44,10	12,25	11 655	48,80	13,56	1,204483	460,86	448,87	448,86
19	0,8173	8 469	35,46	9,85	9 360	39,19	10,89	10 283	43,05	11,96	11 364	47,58	13,22	1,204703	483,45	470,93	470,88
20	0,7264	8 438	35,33	9,81	9 344	39,12	10,87	10 865	45,49	12,64	12 031	50,37	13,99	1,204265	429,68	420,09	420,12
21	0,7399	8 402	35,18	9,77	9 300	38,94	10,82	10 721	44,89	12,47	11 867	49,68	13,80	1,204526	437,67	429,74	429,72
22	0,7216	8 381	35,09	9,75	9 282	38,86	10,79	10 829	45,34	12,59	11 992	50,21	13,95	1,204679	426,85	420,17	420,13
23	0,7404	8 357	34,99	9,72	9 266	38,75	10,76	10 659	44,63	12,40	11 806	49,43	13,73	1,204487	437,97	432,37	432,37
24	0,7237	8 321	34,84	9,68	9 217	38,59	10,72	10 734	44,94	12,48	11 890	49,78	13,83	1,204256	428,09	424,41	424,45
25	0,7133	8 300	34,75	9,65	9 195	38,50	10,69	10 786	45,16	12,54	11 949	50,03	13,90	1,204528	421,94	419,38	419,37
26	0,7536	8 295	34,73	9,65	9 188	38,47	10,69	10 486	43,90	12,20	11 615	48,63	13,51	1,204218	445,77	443,35	443,39
27	0,7375	8 270	34,63	9,62	9 162	38,36	10,65	10 569	44,25	12,29	11 708	49,02	13,62	1,204460	436,25	435,18	435,18
28	0,7056	8 245	34,52	9,59	9 136	38,25	10,63	10 773	45,11	12,53	11 938	49,98	13,88	1,204726	417,38	417,64	417,59
29	0,7271	8 228	34,45	9,57	9 114	38,16	10,60	10 589	44,34	12,32	11 730	49,11	13,64	1,204252	430,10	431,24	431,27
30	0,7227	8 221	34,42	9,56	9 107	38,13	10,59	10 612	44,43	12,34	11 756	49,22	13,67	1,204399	427,50	429,03	429,04
31	0,7028	8 200	34,33	9,54	9 088	38,05	10,57	10 734	44,94	12,48	11 897	49,81	13,84	1,204358	415,72	418,28	418,30
32	0,7592	8 185	34,27	9,52	9 062	37,94	10,54	10 310	43,17	11,99	11 414	47,79	13,28	1,204580	449,09	452,64	452,61
33	0,7316	8 181	34,25	9,51	9 060	37,93	10,54	10 497	43,95	12,21	11 625	48,67	13,52	1,204418	432,76	436,40	436,41
34	0,6967	8 160	34,16	9,49	9 049	37,89	10,52	10 729	44,92	12,48	11 898	49,82	13,84	1,204389	412,12	416,67	416,68
35	0,6967	8 139	34,08	9,47	9 023	37,78	10,49	10 702	44,81	12,45	11 864	49,67	13,80	1,204503	412,12	417,72	417,71
36	0,7159	8 120	34,00	9,44	9 001	37,69	10,47	10 532	44,09	12,25	11 675	48,88	13,58	1,204385	423,47	430,27	430,28
37	0,7115	8 099	33,91	9,42	8 976	37,58	10,44	10 539	44,12	12,26	11 680	48,90	13,58	1,204700	420,87	428,70	428,66
38	0,6873	8 080	33,83	9,40	8 960	37,52	10,42	10 696	44,78	12,44	11 861	49,66	13,79	1,204383	406,56	415,10	415,11
39	0,6864	8 070	33,79	9,39	8 950	37,47	10,41	10 690	44,76	12,43	11 855	49,64	13,79	1,204449	406,02	415,07	415,07
40	0,7850	8 059	33,74	9,37	8 921	37,35	10,38	9 981	41,79	11,61	11 049	46,26	12,85	1,204203	464,35	475,37	475,42
41	0,6824	8 040	33,66	9,35	8 917	37,33	10,37	10 681	44,72	12,42	11 847	49,60	13,78	1,204484	403,66	414,22	414,22
42	0,6842	8 023	33,59	9,33	8 902	37,27	10,35	10 645	44,57	12,38	11 811	49,45	13,74	1,204472	404,72	416,18	416,18
43	0,6774	8 000	33,49	9,30	8 875	37,16	10,32	10 667	44,66	12,41	11 833	49,54	13,76	1,204366	400,70	413,24	413,25
44	0,7732	7 980	33,41	9,28	8 833	36,98	10,27	9 959	41,70	11,58	11 024	46,16	12,82	1,204379	457,37	472,87	472,88
45	0,6727	7 963	33,34	9,26	8 836	36,99	10,28	10 655	44,61	12,39	11 823	49,50	13,75	1,204532	397,92	412,27	412,26
46	0,6782	7 951	33,29	9,25	8 825	36,95	10,26	10 596	44,36	12,32	11 761	49,24	13,68	1,204384	401,17	416,25	416,26
47	0,7697	7 932	33,21	9,23	8 782	36,77	10,21	9 923	41,55	11,54	10 987	46,00	12,78	1,204620	455,30	473,55	473,51
48	0,6740	7 913	33,13	9,20	8 781	36,76	10,21	10 578	44,29	12,30	11 738	49,14	13,65	1,204400	398,69	415,67	415,67
49	0,6747	7 897	33,06	9,18	8 763	36,69	10,19	10 552	44,18	12,27	11 709	49,02	13,62	1,204513	399,10	416,94	416,93
50	0,6867	7 845	32,84	9,12	8 703	36,44	10,12	10 389	43,50	12,08	11 525	48,25	13,40	1,204374	406,20	427,19	427,21
51	0,6808	7 800	32,66	9,07	8 655	36,24	10,07	10 374	43,44	12,07	11 512	48,20	13,39	1,204362	402,71	425,94	425,96
52	0,6814	7 790	32,61	9,06	8 644	36,19	10,05	10 357	43,36	12,04	11 492	48,12	13,37	1,204429	403,07	426,87	426,88
53	0,6817	7 782	32,58	9,05	8 636	36,16	10,04	10 345	43,31	12,03	11 479	48,06	13,35	1,204480	403,24	427,48	427,47
54	0,6822	7 776	32,56	9,04	8 629	36,13	10,04	10 332	43,26	12,02	11 465	48,00	13,33	1,204385	403,54	428,15	428,16
55	0,6795	7 760	32,49	9,02	8 615	36,07	10,02	10 315	43,19	12,00	11 451	47,94	13,32	1,200628	401,94	427,34	428,02

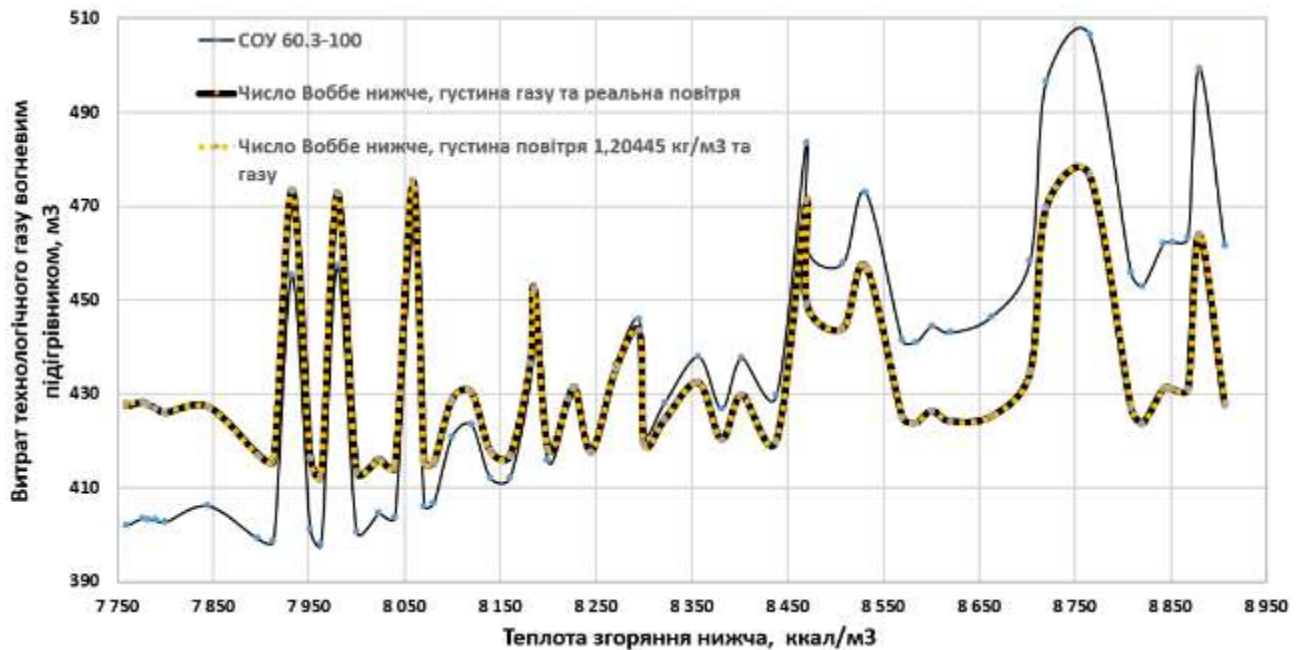


Рисунок 2.14 – Витрати технологічного газу вогневим підігрівником від значення теплоти згоряння природного газу

Для порівняльного розрахунку взято дані по одній з 161, що входять до складу Центрального регіону ТОВ «Оператор ГТС України» і які споживають природний газ для його підігрів за допомогою вогневих підігрівників.

Середнє значення температури природного газу по днях на окремовзятій ГРС в 2018 році на вході згаданих газорозподільчих станцій становило  $+8,6^{\circ}\text{C}$ , на виході  $-4,8^{\circ}\text{C}$  (перепад температур на вході та виході ГРС становить  $13,4^{\circ}\text{C}$ ), при цьому середній об'єм природного газу, що підігрівається та передається споживачам за день складає  $589\,117,1\text{ м}^3$ .

Експлуатаційні параметри 161 із 199 ГРС, що входять до складу Центрального регіону ТОВ «Оператор ГТС України» за 2018 рік подано в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Експлуатаційні параметри функціонування ГРС

Дата	Кількість газу переданого споживачу м <sup>3</sup>	Температура газу; фактична (°C)		Тиск газу (кг/см <sup>2</sup> )	
		вхід	вихід	вхід	вихід
01.01.2018	439 348	9	-4,5	27,1	2,5
03.01.2018	488 220	9,1	-4,05	27	2,5
05.01.2018	536 523	9,2	-4,11	27	2,5
07.01.2018	469 539	9,4	-3,8	27,5	2,5
09.01.2018	645 190	8	-4,46	26,1	2,5
11.01.2018	677 904	9	-3,78	26,5	2,5
13.01.2018	756 138	9	-4,05	26	2,5
15.01.2018	861 825	9,2	-3,95	27,3	2,5
17.01.2018	625 184	9,2	-4,54	28,4	2,5
19.01.2018	522 778	8,2	-5,78	28	2,5
21.01.2018	500 650	8	-6,08	27,5	2,5
23.01.2018	645 110	8,1	-6,66	27,7	2,5
25.01.2018	676 110	8	-5,91	27,1	2,5
27.01.2018	638 018	8	-4,98	26,6	2,7
29.01.2018	423 737	8	-4,55	26	2,7
31.01.2018	519 599	8	-4,99	26	2,7
<b>Середнє значення</b>	<b>589 117,1</b>	<b>8,6</b>	<b>-4,8</b>	<b>27,0</b>	<b>2,5</b>

Пропонована удосконалена формула (2.46) краще враховує процеси горіння, та доводить необхідність врахування якісних показників природного газу [110, 111]. Реальні значення обсягів газу, які використовуються вогневим підігрівником, будуть меншими, якщо враховувати значення теплоти згоряння природного газу, зокрема для обраної газорозподільчої станції воно менше на 44,1 м<sup>3</sup> за добу, або 1234,8 м<sup>3</sup> за місяць.

Згідно з даними НАК «Нафтогаз України» середня ціна газу для промисловості за 2018 рік становила 11096 грн.



Проведемо розрахунок вартості перевитраченого природного газу на роботу підігрівачів газу для однієї газорозподільчої станції за місяць на за формулою:

$$B = Q * P \quad (2.47)$$

де:

*P*- середня ціна газу для промисловості за 2018 рік,

*Q* - витрата природного газу

Таким чином економія грошей однієї газорозподільчої станції, якщо б було враховано теплотворну здатність та фізико-хімічні характеристики природного газу, який використовується на роботу підігрівачів газу, становитиме  $1234,8 * 11096 / 1000 = 13\ 701,34$  грн.

Якщо врахувати, що до центрального регіону ТОВ «Оператор ГТС України», які споживають природний газ для його підігрів за допомогою вогневих підігрівників входять 161 газорозподільча станція, то економія грошей всіх газорозподільчих станцій за лютий місяць 2018 року складала б **2 205 915 грн.** на місяць тільки по одному регіону.

## Висновки до розділу 2

1. Проведено математичне моделювання впливу наскрізних дефектів (наявності витоків різної інтенсивності) на ефективність роботи газопровідних систем та втрату пропускну здатності газопроводу.

2. Здійснено теоретичні дослідження впливу зміни геометрії поперечного січення ділянки газопроводу на втрату тиску природного газу на даній ділянці та енергоефективності роботи даної ділянки газопроводу.

3. Проведено теоретичні дослідження впливу не технологічних скупчень в порожнині газопроводу на його пропускну здатність, розроблено модель оцінки потенційних місць появи таких не технологічних скупчень та їх загального об'єму в порожнині газопроводу.

4. Досліджено вплив якісних показників природного газу, зокрема теплоти його згоряння, на ефективність роботи газоапроводу та обладнання. Визначено економічну ефективність заходу з врахування фізико-хімічних показників природного газу.

### **РОЗДІЛ 3**

## **УДОСКОНАЛЕННЯ ТА РОЗРОБЛЕННЯ НОВИХ МЕТОДІВ ТА МЕТОДИК КОНТРОЛЮ ГАЗОПРОВІДНИХ СИСТЕМ**

У попередньому розділі було подано результати математичного моделювання впливу різних факторів, таких як властивості речовини, що транспортується, форма перерізу трубопроводу, наявність дефектів порушення суцільності та присутність сторонніх накопичень в порожнині трубопроводу, на ефективність роботи газопровідної системи та можливість контролю даних параметрів, а також необхідність розроблення відповідних систем контролю. В даному розділі будуть подані шляхи удосконалення методів та пристроїв контролю, а також результати їх лабораторних випробувань.

### **3.1 Удосконалення методу вимірювання теплоти згорання природного газу**

Верховною Радою України в 2015 році був прийнятий Закон України «Про ринок природного газу» [79]. Цей закон запроваджує засади функціонування ринку природного газу в Україні на принципах вільної конкуренції, захисту прав споживачів та безпеки постачання природного газу, а також створення регіональних ринків природного газу. Підписання в 2014 році Україною Угоди про асоціацію з ЄС передувало прийняттю цього Закону, наслідком якої стали зобов'язання взяті нашою державою про імплементацію Третього енергетичного пакету, зокрема актів законодавства Енергетичного Співтовариства у сфері енергетики, а саме: Директиви 2009/73/ЄС про спільні правила внутрішнього ринку природного газу [80]; Регламенту (ЄС) 715/2009

про умови доступу до мереж транспортування природного газу та яким скасовується Регламент (ЄС) 1775/2005; Директиви 2004/67/ЄС про здійснення заходів для забезпечення безпеки постачання природного газу.

Перелічені реформи спрямовані на інтегрування нашого ринку газу до європейського ринку та, що важливо, підсилення енергетичної безпеки нашої держави. Окрім того одним із позитивних нововведень даних реформ є запровадження використання енергетичних одиниць при розрахунках за природний газ. Згадане запровадження створює передумови подолання численних проблем, які існують в українській газовій сфері, зокрема: відсутність у споживачів реальної інформації про кількість та вартість спожитої енергії; розбаланси на газовому ринку, які пов'язані з різною якістю газу та її зміною в часі; труднощі при подальшому розвитку оптового ринку газу в Україні; зміна якості природного газу, який видобувається в Україні. Отже, таким чином для забезпечення функціонування українського ринку газу потрібно переглянути та удосконалити існуючі способи вимірювання кількості природного газу як енергетичного товару.

Отримання значень якісних показників природного газу (його теплотворної здатності) є складним та дорогим процесом. Вона на даний час, як правило, вимірюється тільки самими газотранспортуючими та газопастачаючими компаніями на точка входу та виходу газотранспортної системи, а також в окремих точках на рівні газорозподільчих станцій. На сьогодні вимірювання здійснюється за допомогою потокових промислових чи лабораторних стаціонарних хроматографів, вартість яких сягає сотень тисяч євро. До того ж слугування таких хроматографів є дорівартісним, а їхня робота вимагає наявності висококваліфікованих працівників [81, 82]. Пересічному побутовому споживачеві такі вимірювання є недоступними в основному через вартість заміру однієї проби природного газу, яка може сягати десятків тисяч гривень і тому він може користуватись тільки інформацією, яку йому надає газопостачальна організація. В таких умовах взаємовідносин

постачальник – споживач закладений конфлікт інтересів, оскільки організація, яка продає газ сама і вимірює (встановлює) його якість.

Враховуючи вищесказане, проблема розроблення, реалізації та впровадження простих та недорогих систем вимірювання якості (теплоти згорання) природного газу є актуальною.

В зв'язку з актуальністю проблеми визначення якості природного газу, було сформульовано наступні цілі:

- здійснити аналіз існуючих методів та технічних засобів контролю якості природного газу;

- провести удосконалення існуючих методів та засобів контролю якості природного газу, а також провести математичні моделювання їх удосконалених можливостей для забезпечення ринку відносно дешевими та доступними різним споживачам технічними пристроями контролю якості природного газу.

Завдання пошуку нових методів та розроблення технічних засобів контролю якості природного газу достатньо широко досліджується багатьма науковцями, а алгоритм визначення енергії природного газу прийнятий в міжнародному стандарті ISO 15112, який в 2009 році набув чинності і в Україні [83]. Вимірювання якості (теплоти згорання) природного газу в Україні регламентується стандартом, який гармонізований з міжнародним, ДСТУ ISO 15971:2014 [84], в якому визначення теплоти згорання природного газу здійснюється за трьома методами: прямим, непрямим та кореляційним.

Методи прямого вимірювання базуються на вимірюваннях за допомогою термометричних вимірювань виділеної теплоти під час повного спалювання природного газу [84]. Незважаючи на те, що прилади, які реалізують даний метод відносяться до приладів 1-го класу і відповідно володіють високою точністю, вони не дають можливість визначення енергії потоку природного газу, оскільки через теплову інерцію повільно реагують на зміну реального значення теплоти згорання природного газу, потребують спалювання газової

проби, організації відводу продуктів горіння та мають значну масу та габаритні характеристики.

Визначення теплоти згоряння проби природного газу непрямыми методами основане на розрахунковому підході з використанням хроматографічних вимірювань з метою визначення компонентного складу проби природного газу [85]. Не враховуючи домінування даних методів в газовій промисловості на даний час та їх високу точність вимірювання, вони володіють декількома недоліками, найперший з яких це їх вартість, що пов'язана з потребою створення необхідної інфраструктури та періодичне технічне обслуговування висококваліфікованим персоналом.

Методи кореляційні вимірювань теплоти згоряння природного газу базуються на процесах вимірювання окремої чи групи фізико-хімічних показників природного газу і використанні отриманої в результаті експериментальних досліджень залежності між окремою чи частіше групою фізико-хімічних властивостей газу і теплою його згоряння [81]. Технічні засоби, які реалізують кореляційні методи є порівняно негабаритними, помітно дешевшими у порівнянні з приладами, що реалізують прямі та непрямі методи, є достатньо швидкодійними та не потребують спалювання газової проби. На сьогодні є декілька зразків приладів, що реалізують даний метод вимірювання, проте жоден з них не розрахований на роботу в газових мережах низького тиску, тобто на рівні побутового споживання.

Проведений аналіз останніх досліджень в сфері контролю якості природного газу, зокрема його теплотворної здатності, показав, що найбільш перспективними з точки зору вартості та можливості застосування на різних ділянках транспортування газу, від видобування до споживання, є кореляційні методи.

На враховуючи те, що на сьогодні за кордоном існують приладові реалізації згаданих методів, проте вони не забезпечують можливості проводити

вимірювання на всіх ділянках транспортування газу, зокрема на мережах побутового споживання.

Цю проблему намагаються вирішити колектив науковців Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу (ІФНТУНГ). Зокрема з 2009 року і по даний час на кафедрі «Енергетичного менеджменту та технічної діагностики» проводяться дослідження з розроблення нового кореляційного методу та методології контролю енергетичних характеристик природного газу. З цього часу дослідження пройшли шлях від розроблення лабораторного стенду [81] до промислового взірця приладу [82]. Виготовлений зразок приладу реалізує комплексний кореляційний підхід до контролю теплоти згоряння (якості) природного газу. Базуючись на багаточисельних експериментальних дослідженнях вдалось отримати, реалізовану за допомогою штучних нейронних мереж, взаємозалежність між такими фізико-хімічними властивостями природного газу як швидкість поширення ультразвукових коливань в пробі природного газу, вмістом в ньому діоксиду вуглець та значення нижчої теплоти згоряння природного газу [86 - 90]. Додатково для розширення можливостей використання приладу як в побутових умовах, так і в умовах промислу за різних температур навколишнього середовища та природного газу, а також з метою підвищення точності вимірювання нижчої теплоти згоряння, були проведені дослідження взаємозалежностей зміни швидкості поширення ультразвукових коливань в пробі природного газу від його температури [91 - 93]. Здійснені дослідження та проведені удосконалення дозволили забезпечити проведення вимірювання теплоти згоряння природного газу за допомогою розробленого взірця приладу з зведеною до діапазону похибкою 5,1%. Алгоритм розрахунку теплоти згоряння природного газу з використанням технології штучних нейронних мереж, яка використовується в даному методі, подано на рисунку 3.1.

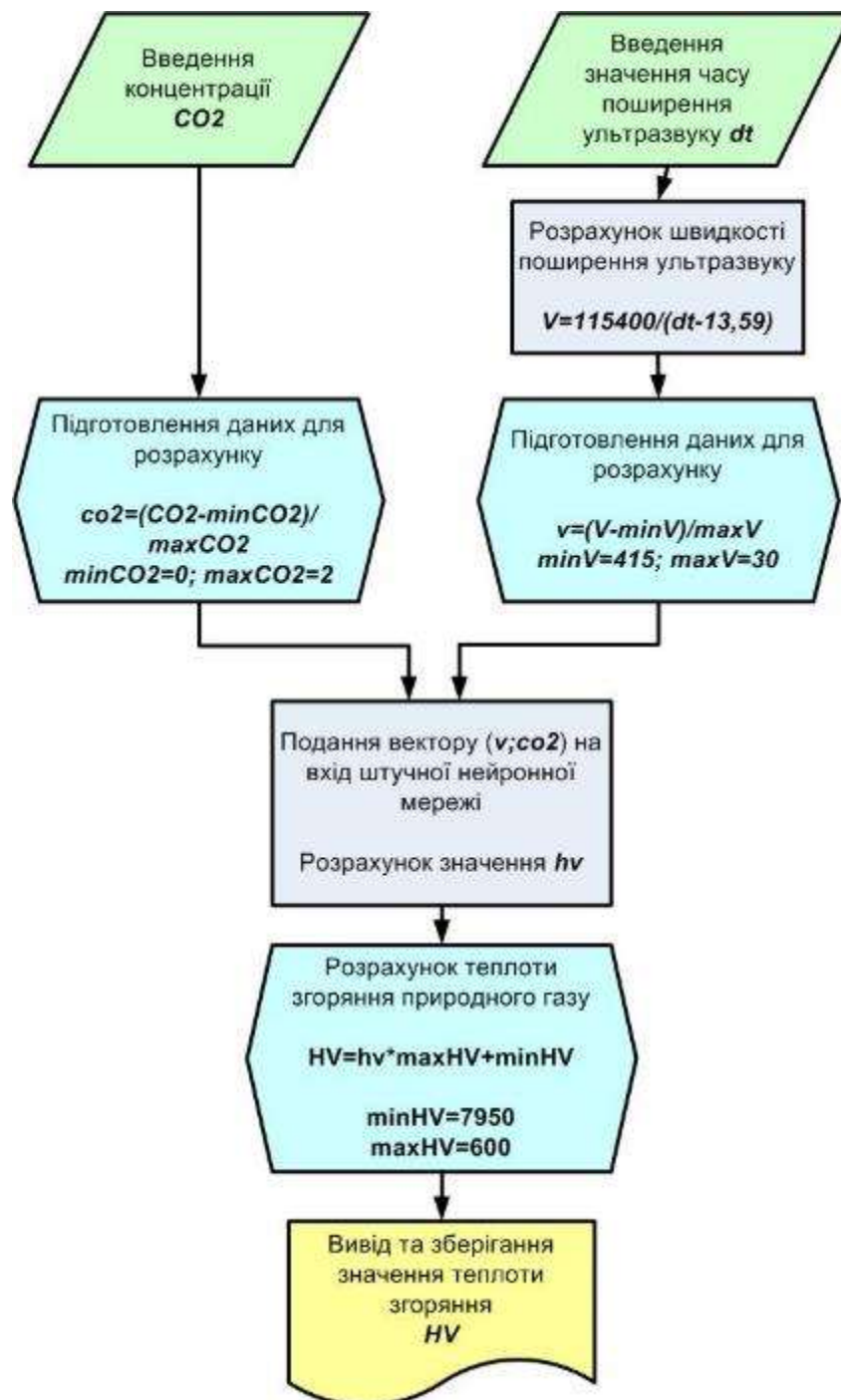


Рисунок 3.1 – Алгоритм розрахунку теплоти згоряння природного газу

Проте на стадії розроблення приладу основною метою було тільки отримання кореляційної залежності між згаданими фізико-хімічними властивостями та тільки значенням нижчої теплоти згоряння природного газу.



Далі висвітлено результати моделювання можливості визначення вищої теплоти згоряння природного газу шляхом пошуку нових кореляційних залежностей між досліджуваними фізико-хімічними властивостями природного газу (швидкістю поширення ультразвукових коливань та вмістом діоксиду вуглецю в пробі природного газу) та вищою теплотою згоряння природного газу.

З метою підвищення точності вимірювань та розширення можливостей приладу було проведено моделювання можливості виведення нової кореляційної залежності між значенням вищої теплоти згоряння природного газу та значеннями швидкості поширення ультразвукових коливань в ньому та вмістом діоксиду вуглецю. Вибір тільки двох фізико-хімічних параметрів природного газу (швидкість поширення ультразвукових коливань та вміст діоксиду вуглецю) пов'язаний з технічними особливостями розробленого приладу для контролю нижчої теплоти згоряння [91 - 93].

Вимірювання фізико-хімічних параметрів природного газу за допомогою згаданого приладу відбувається в спеціально розробленій герметичній вимірювальній камері, в якій розміщені: давач визначення вмісту діоксиду вуглецю газу (CO<sub>2</sub>), який працює по принципу недеспергованої інфрачервоної спектроскопії (NDIR), виробництва компанії Daynament з чутливістю вимірювання концентрації діоксиду вуглецю в газовій суміші 0,01%; давач температури, для приведення фізико-хімічних параметрів природного газу до стандартних умов за експериментально дослідженою залежністю; два ультразвукові п'єзоелектричні перетворювачі з частотою збудження 1 МГц, які розміщені на певній відстані один від одного та виготовлені за оригінальною технологією, що містить елементи know how та обладнані багат шаровим узгоджуючим шаром для забезпечення вводу ультразвукового сигналу з частотою 1 МГц в газове середовище вимірювальної камери [94 - 97].

Отримана залежність, за якою приладом відбувається розрахунок значення нижчої теплоти згоряння природного газу за виміряними параметрами таких фізико-хімічними властивостей природного газу як швидкість поширення

ультразвукових коливань в природному газі, вмістом в ньому діоксиду вуглецю стала результатом довготривалих та багаточисельних експериментальних випробувань на різних реальних сумішах (пробах) природного газу. Введення додаткових вимірювальних параметрів, вимагає внесення конструктивних змін в прилад, пошуку необхідних давачів, що потягне за собою збільшення вартості та складності виготовлення приладу, а також проведення нових довготривалих та дороговартісних випробувань на нових сумішах природного газу.

З огляду на вищесказане, було прийнято рішення проведення моделювання можливості визначення вищої теплоти згоряння природного газу шляхом пошуку нових кореляційних залежностей між досліджуваними фізико-хімічними властивостями природного газу (швидкістю поширення ультразвукових коливань та вмістом діоксиду вуглецю в пробі природного газу) та вищою теплотою згоряння природного газу. Вища теплота згоряння - це повна кількість енергії, що виділяється при повному згорянні 1 кг або 1 м<sup>3</sup> природного газу за умови, що водень, який міститься в ньому, згоряє з утворенням води.

На основі аналізу протоколів фізико-хімічних показників природного газу [98, 99], які розміщені у вільному доступі, було створено базу з 1040 наборів даних різних сумішей природного газу з даними про їх хімічний склад, фізичні параметри, вищої/нижчої теплоти згоряння та вищого/нижчого значення числа Воббе (повна база даних протоколів подана в Додатку Г). Ці протоколи фізико-хімічних показників природного газу отримані за допомогою хроматографічного методу на різних ділянках відбору різними філіями, а також компаніями, що не входять в структуру АТ «Укртрансгаз». Всього було проаналізовано більше 5000 протоколів за більш ніж 400-ми маршрутами в всіх областях України (крім ОРДЛО та АР «Крим»). Варто зазначити, що вимірювання за допомогою хроматографів в АТ «Укртрансгаз» в основному здійснюється шляхом відбору на окремих маршрутах проб газу в пробовідбірники з подальшим їх перевезенням до хроматографічних лабораторій, які розміщені в управліннях. Тобто такий процес є затратним за часом та коштами.

Сформована база містить різні набори фізико-хімічних показників природного газу, зокрема діапазон зміни (рисунок 3.2). В базу даних на кожну пробу входять наступні вуглеводневі компоненти в % мол. природного газу:

- метан;
- етан;
- пропан;
- ізо-бутан;
- н-бутан;
- нео-пентан;
- ізо-пентан;
- н-пентан;
- гексани;
- кисень;
- азот;
- діоксид вуглецю.

На основі даного компонентного складу природного газу також подано розраховані за ним фізико-хімічні показники, зокрема:

- густина природного газу;
- вища та нижча теплота згоряння природного газу;
- вище та нижче число Воббе.

Діапазон значень:

- нижчої теплоти згоряння складає від 8907ккал/м<sup>3</sup> до 7760ккал/м<sup>3</sup>;
- вмісту метану від 99,3% до 75,2%;
- вмісту діоксиду вуглецю від 0% до 4,8%.

Дана база буде корисним інструментом при розробці нових методів та методик контролю теплоти згоряння природного газу.

Для розрахунку швидкості поширення ультразвукових коливань в природному газі скористаємось рівнянням, яке подане в ISO 20765-1:2005 (рівняння AGA8) [98]. Метод базується на відомих термодинамічних



Шляхом проведення регресійного аналізу залежностей між досліджуваними фізико-хімічними властивостями природного газу (швидкістю поширення ультразвукових коливань  $v$  та вмістом діоксиду вуглецю  $X_{CO_2}$  в пробі природного газу) та вищою теплотою згоряння природного газу  $Q_B$  з використання методу найменших квадратів, було отримано наступне рівняння:

$$Q_B = 108 + Q_H \cdot \left( 1,052434 + 10^{-4} \cdot v - \frac{\sqrt{6 - X_{CO_2}}}{6500} \right), \quad (3.2)$$

З використанням встановленої залежності (2) було розраховано значення вищої теплоти згоряння природного газу в залежності від значення його нижчої теплоти згоряння, швидкості поширення ультразвукових коливань та вмісту в ньому діоксиду вуглецю, які можна виміряти за допомогою вищезгаданого приладу для контролю нижчої теплоти згоряння.

За результатами проведених моделювань, було побудовано порівняльні графіки зміни нижчої, вищої (за даним протоколів) та вищої розрахованої теплоти згоряння для всього діапазону наборів даних (рисунок 3.3).

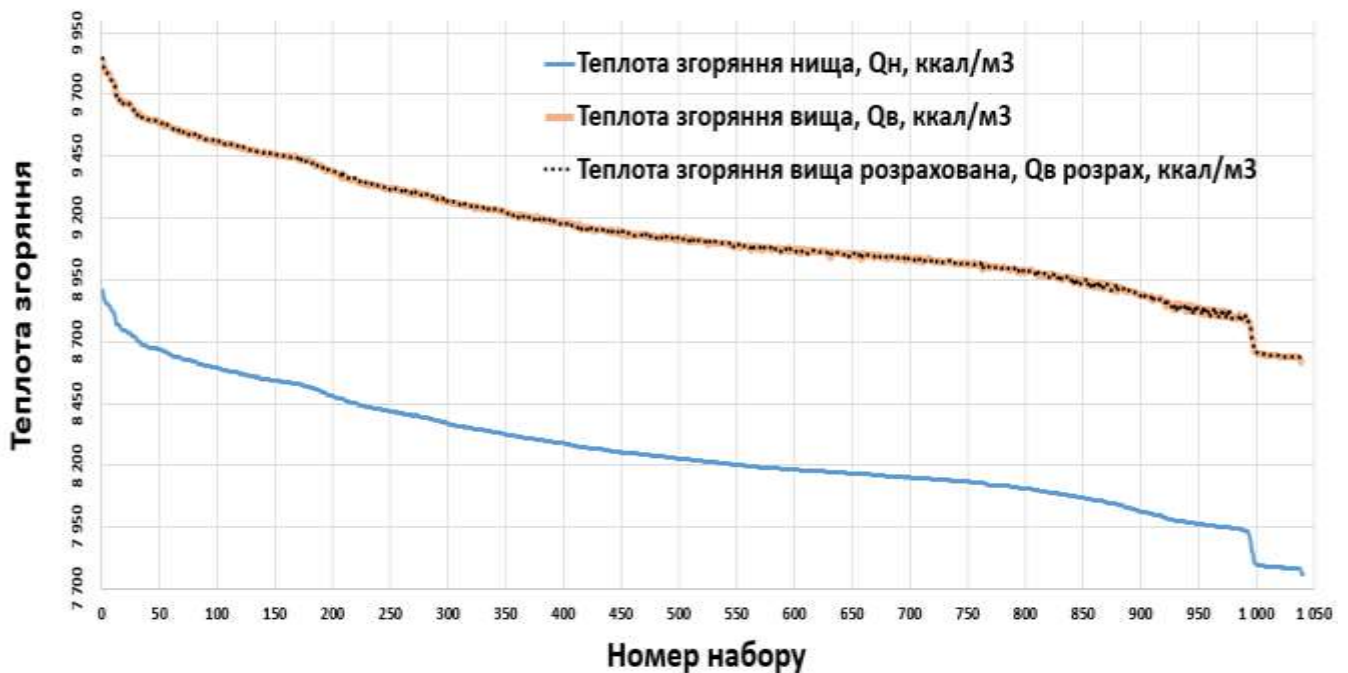


Рисунок 3.3 – Зміни нижчої, вищої (за даним паспортів) та вищої розрахованої теплоти згоряння від номера набору даних

Аналіз отриманих результатів проведеного моделювання показує, що максимальне розходження значень вищої теплоти згоряння природного газу за даними протоколів фізико-хімічних показників та значень, отриманих за допомогою отриманої залежності (3.2) складає не більше  $\pm 4$  ккал/м<sup>3</sup>, а приведена до діапазону 1147 ккал/м<sup>3</sup> похибка вимірювань складає не більше 0,7% [100].

За результатами проведеного моделювання з метою пошуку нових кореляційних залежностей між досліджуваними фізико-хімічними властивостями природного газу (швидкістю поширення ультразвукових коливань та вмістом діоксиду вуглецю в пробі природного газу) та вищою теплотою згоряння природного газу, можемо зробити наступні висновки:

- розроблення нових високоточних та недорогих приладів для контролю якості природного газу, зокрема його теплоти згоряння є актуальною задачею, особливо для газових мереж низького тиску;
- отримана залежність для визначення вищої теплоти згоряння дозволяє використовувати можливості розробленого приладу для контролю якості природного газу без зміни його конструкції та збільшення вартості виготовлення;
- проведені моделювання дозволять удосконалити метод контролю теплоти згоряння природного газу та розширити діапазон вимірювання приладу, який його реалізує.

### **3.2 Удосконалення методу вимірювання рівня різного роду не технологічних скупчень в порожнині трубопроводу**

В ході експлуатації газопроводів в їх порожнині цтворюються різноманітні забруднення у вигляді твердих і рідинних фракцій, що, накопичуючись в понижених ділянках траси прокладання, зменшують корисне січення

газопроводу, що в свою чергу призводить до зниження його ефективності роботи та пропускну здатності. Проведені дослідження показують, що для усього обсягу забруднення до 2,5% від загальної маси складають масла та механічні домішки, а решта - це пластова, конденсаційна вода і різної густини газовий конденсат [112, 113]. Рідина що накопичилась в газопроводі, як основна завада для транспортування газу, спричиняє збільшення падіння тиску природного газу на ділянці і, як наслідок, до зростання енергетичних витрат на його транспортування [114]. Також встановлено, що склад накопичень в порожнині газопроводу залежить від швидкості руху потоку газу. Об'єм накопичень залежить в часі від величини, що відповідає стану відносного спокою відкладення (нормальний обсяг), до величини, що відповідає залповому викиду рідини (критичний обсяг) [115, 116].

Відомо також, що, як правило, проходить розшарування потоку на водяну емульсію твердих частинок та легку фракцію, яка за властивостями схожа на газовий конденсат. Зрозуміло, що наявність таких значень дозволить оцінити приблизний об'єм рідини, що накопичилась в порожнині газопроводу.

Удосконалення методу вимірювання рівня рідини, принцип роботи, можливості та характеристики якого було описано в розділі 1, полягає у вирішенні проблеми визначення рівня нетехнологічних рідинних відкладень в трубопроводі, що складається із рідин з різними густинами, значення яких близькими. Проблема полягає в тому, що значення густин різних рідин не значно відрізняють, тому на границі розділу таких рідин при контролі їх рівня за допомогою ехо-імпульсного ультразвукового методу, енергія відбитого ультразвукового імпульсу буде надто малою. В такому випадку згаданий ехо-імпульс буде маскуватися власними шумами ультразвукового п'єзоелектричного перетворювача та шумами генераторно-підсилювального блоку.

З метою пошуку можливостей удосконалення методу було сконструйовано експериментальну установку, загальний вигляд якої показано на рисунок 3.4.



Установка складається з:

- ділянки трубопроводу довжиною якої 500 мм та діаметр 219 мм, яка встановлена на металічній основі;
- суміщеного п'єзоелектричного ультразвукового перетворювача з резонансною частотою 2,5МГц, встановленого в нижній частині ділянки трубопроводу;
- ультразвукового серійного дефектоскопа DiO562 (чи аналога), призначеного для генерації та приймання і ультразвукових відкликів;
- попереднього підсилювача ультразвукових коливань власного виготовлення на основі інструментального підсилювача AD605;
- цифрового осцилографа RIGOL DS1000E, який забезпечує реєстрацію та запис ультразвукових відкликів;
- цифрового термометра Fluke 54 II;
- лінійки для вимірювання дійсного значення рівнів рідини;
- блока живлення попереднього підсилювача та з'єднювальних кабелів.



Рисунок 3.4 – Загальний вигляд експериментальної установки.



Ділянка трубопроводу герметизована з однієї сторони привареною металічною шайбою, з іншої – заглушкою виготовленою з органічного скла для забезпечення можливості візуалізації та вимірювання рівнів рідини.

Експериментальні дослідження було виконано наступним чином [117]:

1) На горизонтальну поверхню встановлено установку. З використанням рівня підкориговано положення установки з метою забезпечення паралельності нижньої твірної ділянки трубопроводу до горизонталі.

2) Заповнено установку на 2/3 об'єму. Налаштування швидкості поширення ультразвукових коливань в технічній воді (емульсії) встановлено на рівні 1400м/с (рисунок 3.5).



Рисунок 3.5 – Лабораторні дослідження удосконаленого методу вимірювання рівня нетехнологічних скупчень в порожнині трубопроводу

3) Змонтовано п'єзоелектричний ультразвуковий перетворювач зовні в нижній частині труби (рисунок 3.6). Проведено налаштування положення перетворювача, шляхом його повертання на кут до  $5^\circ$  відносно горизонтальної та вертикальної осі. Процедура налаштування положення перетворювача проводилось до моменту отримання максимальної амплітуди відклику акустичних коливань від донної (внутрішньої) поверхні ємності. Налаштування

підсилення дефектоскопу проводилось до моменту досягнення амплітуди відліку акустичних коливань від донної поверхні ємності до рівня 85% вертикальної розгортки екрану дефектоскопа. Після цього проводилась фіксація положення акустичного ультразвукового п'єзоперетворювача.



Рисунок 3.6 – Закріплений ультразвуковий перетворювач

4) Проведено налаштування розгортки дефектоскопу. Ехо-імпульс відклику від поверхні рідини, шляхом підстроювання розгортки дефектоскопу, встановлено на позначці біля 1/3 горизонтальної розгортки. Видалено рідину з порожнини – налаштування завершено.

5) В ході поступового заповнення ємності технічною водою, проведено зчитування значень часового інтервалу між зондуючим імпульсом та першим ехо-імпульсом відбитим від поверхні рідини.

6) Одночасно через прозору заглушку за допомогою лінійки здійснювалось зчитування дійсного значення рівня рідини з одночасним вимірюванням значення її температури. Було проведено вимірювання окремо технічної води, відпрацьованого моторного мастила (як модельних середовищ) та їх сукупності після відстоювання (рисунок 3.3).

7) Вимірювання було проведено тричі за різних температур навколишнього середовища (+10°C, +15°C, +20°C). За допомогою ультразвукового дефектоскопа проходило зчитування значень часового

інтервалу між зондуєчим імпульсом та першим відбитим від поверхні рідини ехо-імпульсом. В ході експериментальних досліджень за допомогою цифрового осцилографа RIGOL DS1000E відбувався запис форми відкликів ультразвукових сигналів від границь розподілу вода - моторне масло та моторне масло-повітря з метою подальшого їх оброблення.

В ході проведених досліджень отримано наступні результати, які подані в таблиці 3.1.

Відносна похибка при проведенні вимірювання рівня технічної води приведена до діапазону 103,7 мм та складає не більше 6,2 %, а при вимірюванні рівня відпрацьованого моторного мастила приведеа до діапазону 85,7 мм та складає не більше 5,72%. Така різниця в точності визначення рівня та нижніх меж діапазонів вимірювання пояснюється значно нижчою (до 30%) швидкістю поширення звуку в маслі (легшій фракції скупчень) порівняно із технічною водою [118].

Наступний етап експериментальних досліджень проходив після одночасного заповнення установки технічною водою та моторним мастилом. Вимірювання проводились після появи границі розділу згаданих рідин (рисунок 3.5)

Як згадано було вище, значною проблемою, що виникла на етапі оброблення результатів вимірювання в промислових умовах, постає наявність шумів в інформаційному сигналі на границі розділу двох рідких фаз, що може призвести до значних неточностей на етапі визначення об'єму скупчень, а від цього залежить прийняття рішення щодо ліквідації ситуації, що склалась.

Ще однією складністю, що була помічена під час промислових досліджень [119-121] постала гребінка на поверхні рідини, що також ускладнює визначення дійсного значення рівня рідини.

В ході вимірювань суміші технічна вода та моторне мастило, після появи границі розділу згаданих рідин, виконанні вимірювань не дозволили виявити сигнал, відбитий від границі розділу вода-мастило (рисунок 3.7).

Таблиця 3.1 - Результати вимірювань рівнів рідини окремо

№	Вимірювання рівня технічної води				Вимірювання рівня відпрацьованого моторного мастила			
	Дійсне значення, мм	Виміряне значення, мм	Абсолютна похибка, мм	Відносна похибка, %	Дійсне значення, мм	Виміряне значення, мм	Абсолютна похибка, мм	Відносна похибка, %
1	6,5	10,8	-4,3	4,15	9,5	9,3	0,2	0,23
2	7,7	12,9	-5,2	5,01	13,6	13,9	-0,3	0,35
3	8,9	12,6	-3,7	3,57	17,4	17,7	-0,3	0,35
4	10,2	13,2	-3	2,89	21	21	0	0,00
5	11	16,6	-5,6	5,40	26,8	26,6	0,2	0,23
6	13,5	11,4	2,1	2,03	31,1	33,1	-2	2,33
7	14,2	12,2	2	1,93	35,1	37,6	-2,5	2,92
8	15,3	13,5	1,8	1,74	40,1	44,3	-4,2	4,90
9	18,3	16,2	2,1	2,03	45	46,5	-1,5	1,75
10	23,5	21,7	1,8	1,74	48,6	52,6	-4	4,67
11	25,1	24,9	0,2	0,19	52,8	56,1	-3,3	3,85
12	36,6	33,3	3,3	3,18	53,8	57,8	-4	4,67
13	46,9	42,8	4,1	3,95	60,7	65,6	-4,9	5,72
14	53,6	49,3	4,3	4,15	63,2	68,3	-5,1	5,95
15	62,1	57,6	4,5	4,34	67,7	72,1	-4,4	5,13
16	67,3	63,2	4,1	3,95	77,2	80,3	-3,1	3,62
17	73,5	71,3	2,2	2,12	82,7	86,6	-3,9	4,55
18	78,7	76,1	2,6	2,51	88,9	90,5	-1,6	1,87
19	87,5	88,6	-1,1	1,06	92,6	96,7	-4,1	4,78
20	110,2	104	6,2	5,98	95,2	99,1	-3,9	4,55

Для пошуку вирішення поставленої проблеми було запропоновано використати згладжувальні поліноміальні фільтри Савіцького-Голя [122, 123] з мінімальною квадратичною похибкою. Основною позитивною особливістю використання даних фільтрів є те, що вони не відфільтровують високочастотні компоненти сигналу, при цьому здійснюють поліноміальну апроксимацію

окремих кадрів вхідного сигналу за критерієм мінімуму квадратичної похибки [124, 125].

Алгоритм реалізації фільтрів методом Савіцького-Голя полягає в тому, що здійснюють розрахунок функції в точці  $x_m$  за формулою:

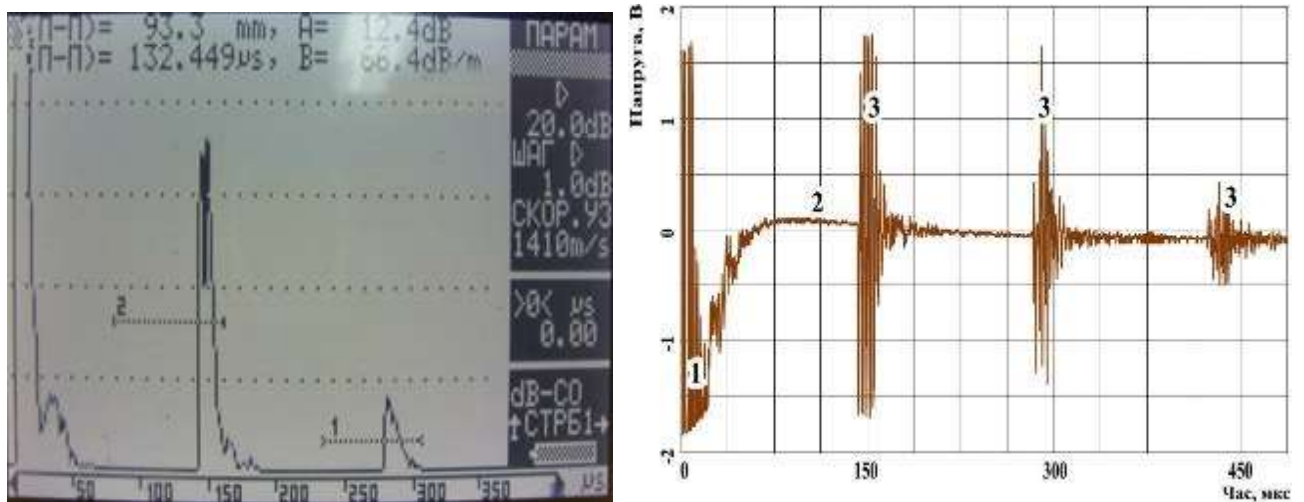
$$SG(x_m) = \sum_{i=\frac{N-1}{2}}^{\frac{N-1}{2}} \frac{p_{N,i} \cdot x_{m+i}}{h_N}, \quad (3.1)$$

де  $N$  – ширина вікна фільтру,  $p_N$  та  $h_N$  – встановлені вагові параметри:

$$p_3 = \{11, 6, -2\}, h_3 = 31, p_5 = \{5, 3, -3\}, h_5 = 19.$$

Вагові параметри було встановлено експериментальним шляхом методом послідовного перебору значень для конкретного випадку обробки сигналів.

У результаті використання процедури фільтрування вдалось суттєво підвищити інформативність ехо-сигналів, що відбиті від границі розділу вода-мастило (рисунок 3.8).

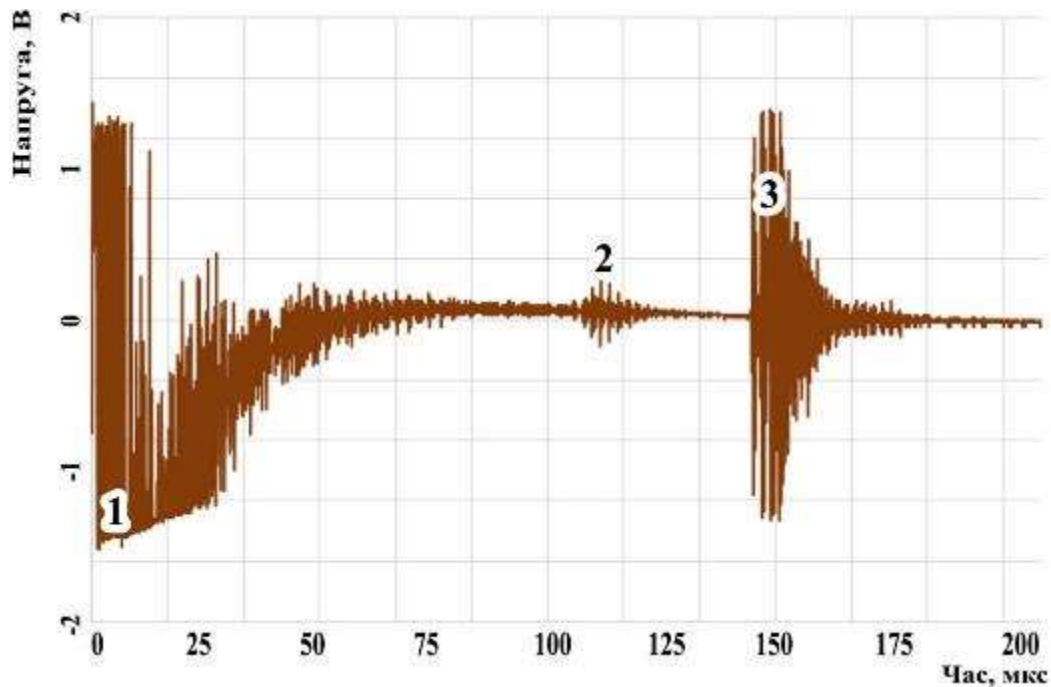


а)

б)

*1 – зондуєчий імпульс, 2 – ехо-імпульс відбитий від границі розділу вода-мастило (не виявляється, маскований шумом), 3 – серія ехо-імпульсів відбитий від границі розділу мастило-повітря.*

Рисунок 3.7 - Осцилограма ехо-сигналів відбитих від границь розділу середовищ, а) дефектоскоп DiO562, б) осцилограф RIGOL DS1000E



*1 – зондувальний імпульс; 2 – ехо-імпульс відбитий від границі розділу вода-мастило – чітко виявляється; 3 – ехо-імпульс відбитий від границі розділу мастило-повітря.*

Рисуну 3.8 – Осцилограма ехосигналів відбитих від границь розділу середовищ після застосування процедури фільтрації.

Відносна похибка при проведенні вимірювання рівня технічної води приведена до діапазону 58,9 мм та складає не більше 4,1 %, а при вимірюванні рівня відпрацьованого моторного мастила приведеа до діапазону 39,2 мм складає не більше 3,73%., відносна похибка при проведенні вимірювання сумарних рівнів технічної води та відпрацьованого моторного мастила приведеа до діапазону 98,1 мм складає не більше 3,97%. що доводить переваги використання фільтрів та спроможності реалізації запропонованого способу [126, 127].

### **3.3 Розроблення методу вимірювання об'ємів витоків природного газу на обладнанні газового комплексу**

В розділі 1 описано методи, методики та технічні засоби контролю наявності та вимірювання об'ємів витоків природного газу з працюючого обладнання. Проте згадані методи дозволяють тільки виявити наявність витoku та надто не точно оцінити їх об'єм. В даному розділі запропоновано не стандартний підхід до вимірювання об'ємів мікро та великих витоків з використанням спеціалізованих високоточних вимірювачів швидкості потоку, розроблено експериментальну установку, проведено її експериментальні та метрологічні випробування.

В даний час розроблено значну кількість методів та способів проведення діагностики витоків [128-130]. Проте всі вони мають ті чи інші недоліки: невисока точність, нетехнологічність, недостатня безпечність та ін.

Для досягнення завдань розділу пропонується використати вимірювальний прилад „Hontzsch HFA-Ex”, який призначений для промислового використання та складається з турбінно-потокowego сенсора та блоку оброблення результатів (рисунок 1). Турбінно-потоковой сенсор являє собою циліндричний зонд діаметром 25 мм, виготовлений з алюмінію. Турбінка сенсора виготовлена з того самого матеріалу, що й зонд, і розміщена на голкових підшипниках. Вісь виготовлена з гартованої сталі, п'яти підшипників – із синтетичного сапфіра [131].

Даний сенсор відноситься до турбінних перетворювачів витрати з аксіальною турбінкою [132]. Швидкість обертання турбінки є пропорційною швидкості потоку газу на вимірювальній ділянці, тобто, вимірюючи швидкість руху турбінки на протязі визначеного проміжку часу, можна визначити об'єм газу, що пройшов через дані ділянку. Суттєвими перевагами турбінних перетворювачів витрати є швидкодія, висока достовірність у визначеному

діапазоні витрати та тисків, а також порівняно великий діапазон вимірювання. До недоліків слід віднести зношування опор, тому вони є непридатними для речовин, які містять механічні домішки. Крім того, зі збільшенням в'язкості досліджуваних речовин діапазон лінійної характеристики взаємозалежності швидкості потоку і швидкості обертання турбінки зменшується, що виключає їх використання для дуже в'язких середовищ (рисунок 3.9).



Рисунок 3.9 – Пристрій для вимірювання швидкості потоку „Hontzsch HFA-Ex”

Турбінка сенсора є співвісною з напрямом потоку, а лопасті розміщені за гвинтовою лінією. Число обертів лопастей турбінки не залежить від густини, тиску та температури вимірюваного середовища, а завдяки своїй малій масі та високій чутливості до зміни швидкості потоку турбінку можна використовувати в газах. Характерною особливістю приладу, що використовувався в ході досліджень, є широкий діапазон вимірювання швидкості потоку - від 0,2 м/с до 120 м/с. Дані, отримані під час вимірювання, перераховують з врахуванням поправочного коефіцієнта, що залежить від діаметру труби, в якій вимірюють швидкість потоку газу. Також слід зазначити, що даний прилад є портативним, вибухо- та пожежозахисним і сертифікований для використання в вибухонебезпечних середовищах.



Враховуючи вищенаведені характеристики приладу НФА-Ех, для перевірки можливості його використання для контролю та вимірювання об'ємів витоків, було виготовлено спеціалізовану експериментальну вимірювальну ділянку, яка увійшла до складу експериментальної установки [133, 134].

Експериментальну установку зображено на рисунку 3.10. Вона складається з турбінно-потокowego сенсора 1, який через втулку 3 з'єднаний з вимірювальними ділянками 2 внутрішнім діаметром  $d$  та довжиною  $5d$  і  $18d$  (за вказівками із керівництва з експлуатації пристрою НФА-Ех). Вимірювальна ділянка під'єднується безпосередньо до ділянки витoku через гнучкі шланги при контролі витоків на кранових вузлах [135, 136]. Для проведення досліджень було виготовлено вимірювальні ділянки з внутрішніми діаметрами вимірювальних ділянок 18 мм і 40 мм.

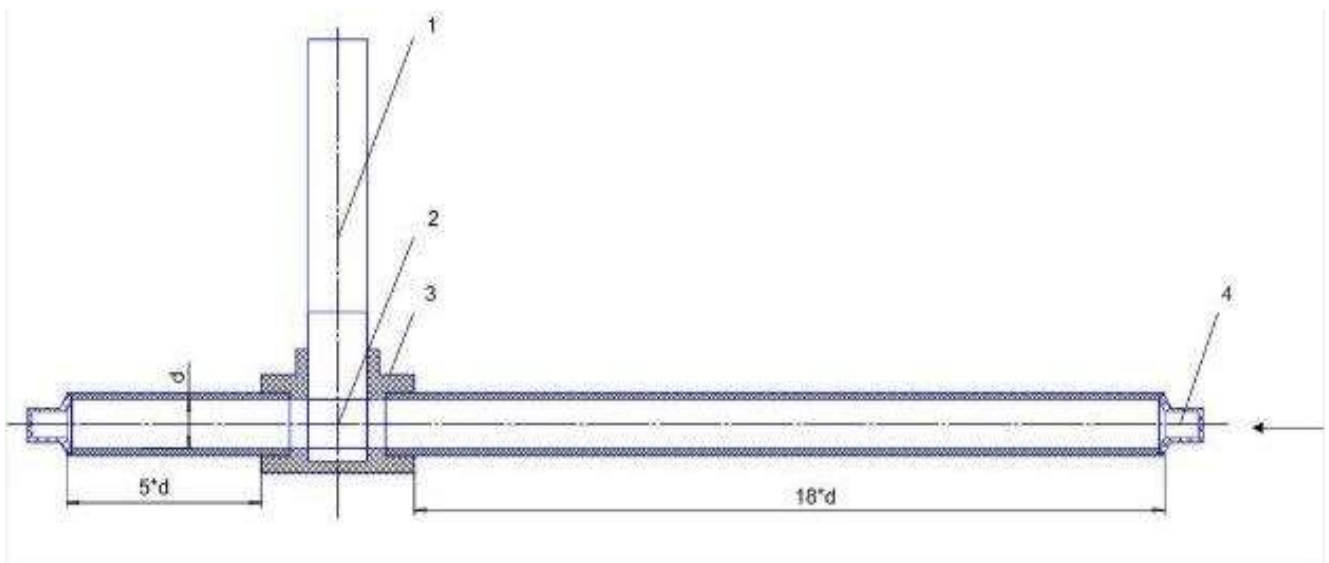


Рисунок 3.10 – Експериментальна установка для контролю витоків

Дослідження експериментальної установки було проведено в два етапи. На першому етапі випробування проводились з метою вивчення, визначення та перевіряння метрологічних характеристик приладу у метрологічній лабораторії ДП „Івано-Франківськстандартметрологія”.

Дослідження було проведено по чергово, шляхом під'єднання вимірювальної ділянки з сенсором до повірочної установки за допомогою

перехідних штуцерів. Схему підключення та схему повірочної установки зображено на рисунок 3.11.

При проведенні випробувань на вимірювальній ділянці з внутрішнім діаметром 18 мм настроювання приладу „Hontzsch HFA-Ex” проводилось на початку досліджуваного діапазону витрат. На ділянці 40 мм настроювання проводилось в середині досліджуваного діапазону. В першому випадку витрату збільшували за допомогою системи регулювання витрати з меншого значення до більшого, а в другому – в зворотному напрямку.

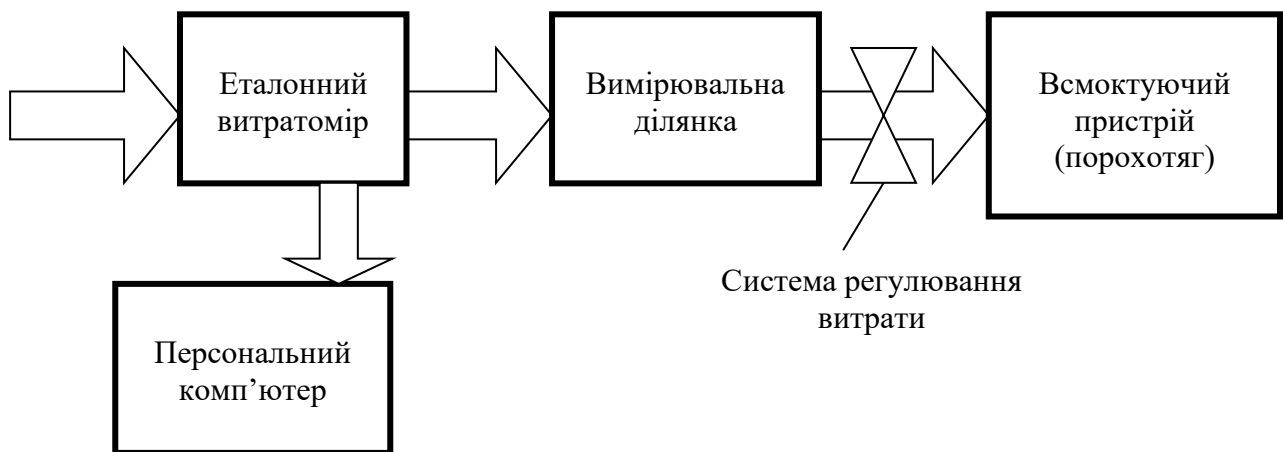


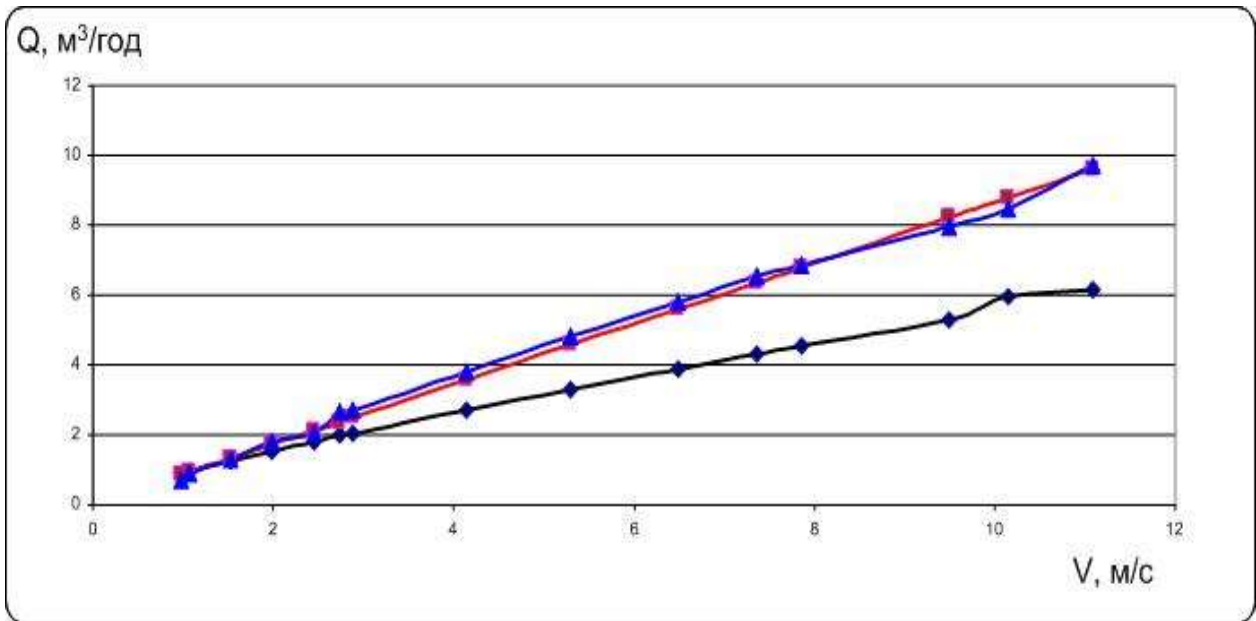
Рисунок 3.11 – Схема підключення експериментальної установки

Результати вимірювань, отримані на вимірювальних ділянках з внутрішніми діаметрами 18 мм та 40 мм, подані в таблиці 3.2.

На основі даних результатів вимірювання отримано графічне зображення залежності витрати, обчисленої експериментальною установкою на базі приладу „Hontzsch HFA-Ex” та отриманої за допомогою еталонного витратоміра, від швидкості потоку на вимірювальній ділянці з внутрішнім діаметром 18 мм (рисунок 3.12). На рисунку 3.13 представлена аналогічна залежність для ділянки з внутрішнім діаметром 40 мм.

Таблиця 3.2 - Результати, отримані на вимірювальних ділянках

Діаметр вимірю- вальної ділянки, мм	№ з/п	Витрата, м <sup>3</sup> /год	Швидкість потoku, м/с	Витрата, м <sup>3</sup> /год	Швидкість потoku, м/с
		Прилад „Hontzsh HFA- Ех”		Еталонний витратомір	
<b>18</b>	1	0,888	0,97	0,85	0,982
	2	0,93	1,08	0,99	1,143
	3	1,245	1,35	1,32	1,525
	4	1,52	1,67	1,72	1,987
	5	1,8	1,83	2,12	2,449
	6	2	2,22	2,37	2,738
	7	2,033	2,24	2,5	2,888
	8	2,7	2,95	3,58	4,136
	9	3,3	3,59	4,58	5,291
	10	3,88	4,23	5,62	6,493
	11	4,32	4,71	6,37	7,360
	12	4,56	4,9	6,8	7,857
	13	5,313	5,6	8,22	9,497
	14	5,95	5,95	8,78	10,144
	15	6,17	6,75	9,6	11,092
<b>40</b>	1	2,488	0,55	1,98	0,437
	2	3,348	0,73	2,8	0,619
	3	5,022	1,1	4,56	1,008
	4	6,2	1,37	6,03	1,333
	5	6,877	1,52	6,82	1,508
	6	7,737	1,72	7,98	1,764
	7	8,28	1,83	8,6	1,901
	8	8,596	1,92	9,45	2,089
	9	8,96	1,93	9,73	2,151
	10	9,4	2,1	10,38	2,295
	11	10,1	2,22	11,3	2,499



- ▲ – покази приладу „Hontzsch HFA-Ex” (перераховані значення витрати);
- – еталонний витратомір;
- ◆ – прилад „Hontzsch HFA-Ex” (отримані значення)

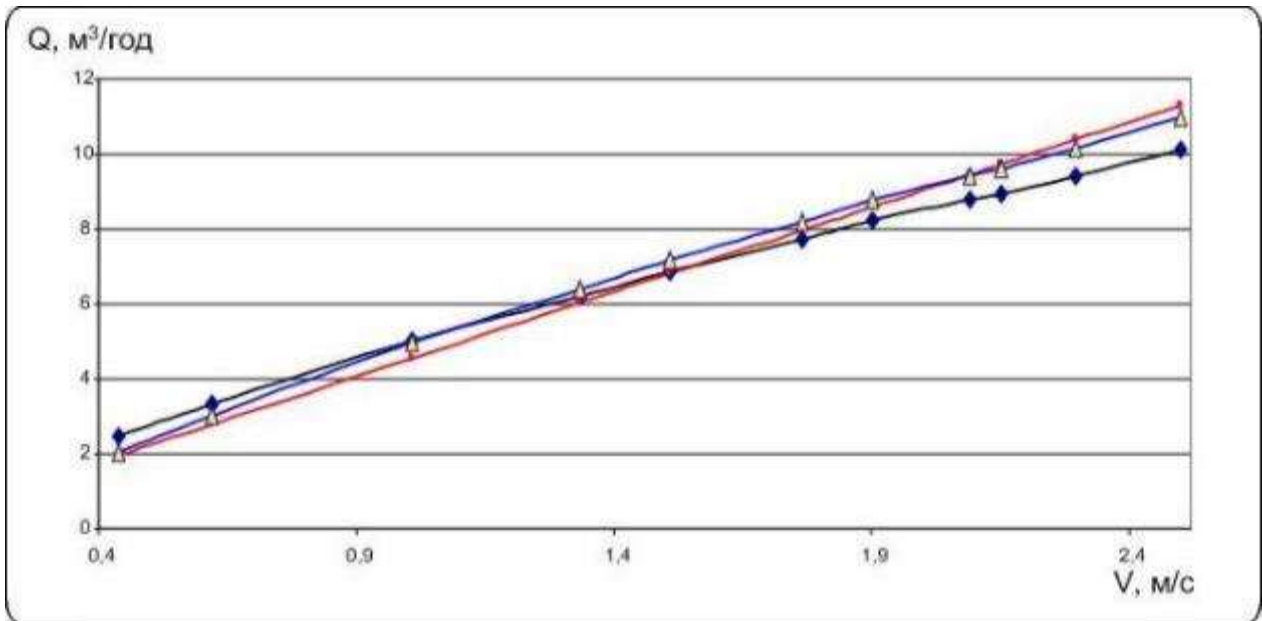
Рисунок 3.12 – Графік залежності витрати від швидкості потоку для вимірювальної ділянки з внутрішнім діаметром 18 мм.

Виконаний аналіз отриманих даних виявив, що функція залежності дійсної витрати та витрати, що виміряна за допомогою експериментальної установки, містить залежність, яку можна в обох випадках описати рівнянням:

$$Q_R = Q_H \cdot a + b, \quad (3.2)$$

де  $Q_R$  - дійсне значення витрати;  $Q_H$  - значення витрати, виміряної приладом;  $a$ ,  $b$  - деякі сталі коефіцієнти.

Перерахування отриманих (дійсних) значень витрати здійснено з врахуванням поправочних коефіцієнтів, які залежать від діаметру вимірювальної ділянки. З рисунків 3.12, 3.13 видно, що графік, який побудований за перерахованими значеннями витрати практично збігається з графіком, що побудований за показами еталонного витратоміра.



- ▲ - прилад „Hontzsch HFA-Ex” (перераховані значення витрати);
- – еталонний витратомір;
- ◆ – прилад „Hontzsch HFA-Ex” (отримані значення)

Рисунок 3.13 – Графік залежності витрати від швидкості потоку для вимірювальної ділянки з внутрішнім діаметром 40 мм.

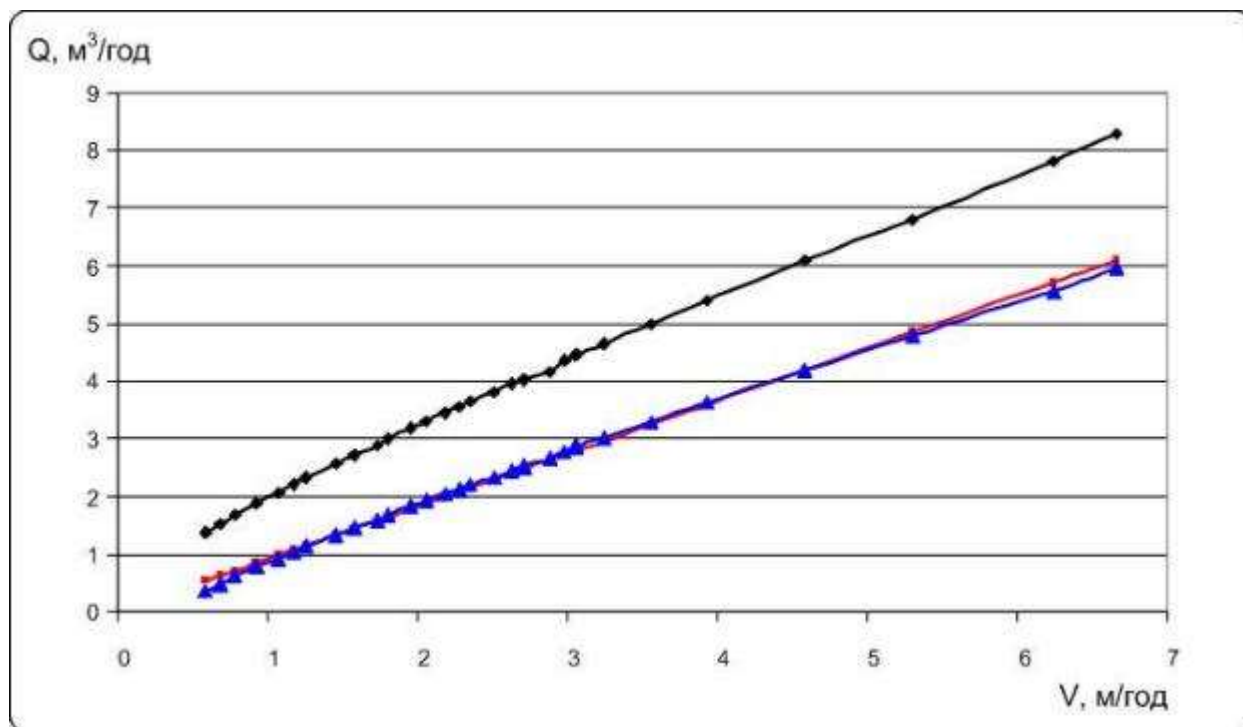
Для перевірки отриманих результатів були проведені додаткові випробування у лабораторіях ДП „Івано-Франківськстандартметрологія” з меншим кроком зміни витрати. Дослідження здійснено на двох витратах: 1,18 м³/год та 6,1 м³/год.

Отримані результати наведено в таблиці 3.5 та графічно зображено на рисунку 3.12. Результати досліджень на Державному еталоні об'єму та об'ємної витрати газу представлено в таблиці 3.4.

Як видно з рисунку 3.13, попередні висновки за результатами перших досліджень (таблиця 3.3) підтвердилась залежність дійсних значень витрати газу (покази еталону) від дійсних значень показів експериментальної установки може бути описана функцією лінійного виду.

З метою визначення коефіцієнтів функції (1)  $a$  та  $b$ , а також для перевіряння попередніх результатів проведено повторні випробування експериментальної установки (другий етап).

Другий етап випробувань проведено на території ВАТ „Промприлад” за допомогою Державного еталона об'єму та об'ємної витрати газу на вимірювальній ділянці діаметром 18 мм [137].



▲ - прилад „Hontzsch HFA-Eх” (перераховані значення витрати);

■ – еталонний витратомір;

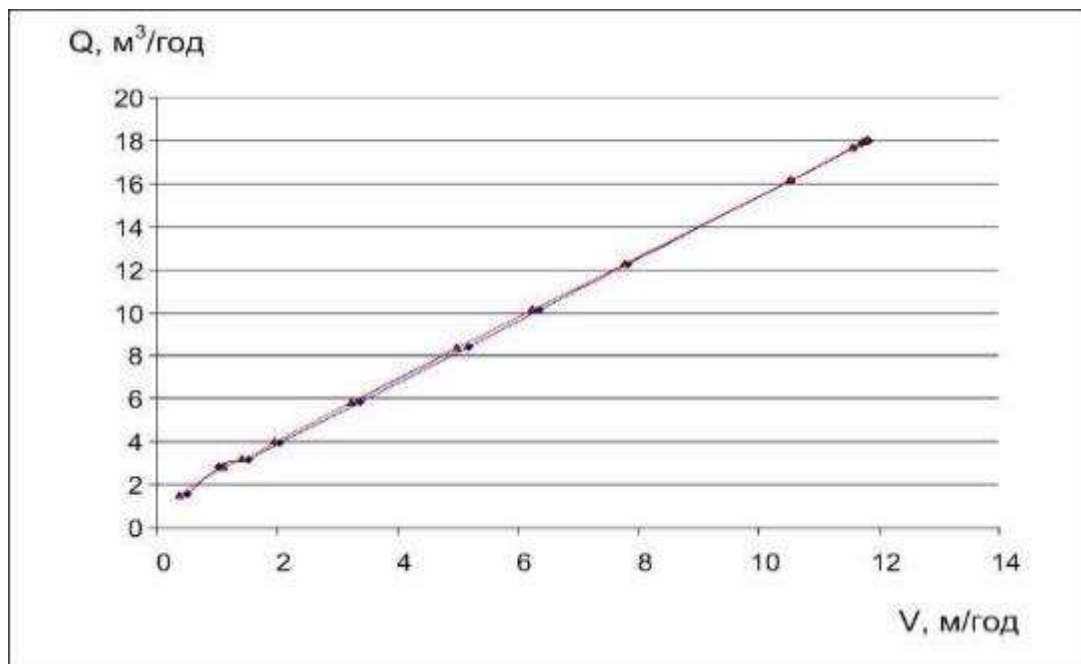
◆ – прилад „Hontzsch HFA-Eх” (отримані значення)

Рисунок 3.14 – Графік залежності витрати від швидкості потоку.

Таблиця 3.3 - Результати досліджень

№ з/п	Швидкість потоку, м/с	Витрата, м <sup>3</sup> /год	
		Hontzsch HFA-Eх	Установка
1	1,5	1,373	0,54
2	1,65	1,52	0,625
3	1,86	1,685	0,72
4	2,07	1,896	0,85
5	2,27	2,079	0,983
6	2,41	2,209	1,078
7	2,54	2,327	1,152
8	2,82	2,583	1,34
9	2,98	2,73	1,444
10	3,15	2,885	1,586
11	3,28	3,013	1,653
12	3,49	3,196	1,792
13	3,61	3,316	1,885
14	3,78	3,453	1,999
15	3,88	3,564	2,082
16	3,99	3,654	2,155
17	4,15	3,82	2,296
18	4,32	3,957	2,407
19	4,39	4,03	2,479
20	4,42	4,04	2,486
21	4,59	4,17	2,635
22	4,76	4,36	2,73
23	4,86	4,452	2,795
24	4,9	4,461	2,799
25	5,09	4,645	2,964
26	5,45	4,992	3,255
27	5,9	5,405	3,6
28	6,65	6,101	4,199
29	7,46	6,806	4,853
30	8,5	7,814	5,714
31	9,05	8,282	6,101

На даному етапі отримано результати вимірювань, які наведені в таблиці 3.3, та графічно зображені на рисунку 3.14 у вигляді залежності витрати, обчисленої приладом „Hontzsch HFA-Ex” та отриманої за допомогою Державного еталону об'єму та об'ємної витрати газу, від швидкості потоку для даного випадку.



◆ – покази приладу „Hontzsch HFA-Ex”;

▲ – покази еталонної установки

Рисунок 3.15 – Графік залежності перерахованої витрати від швидкості потоку.

За даними, наведеними в таблиці 3.5, було встановлено вид та характер залежності показів еталонної установки від показів експериментальної установки на базі приладу „Hontzsch HFA-Ex”. Із узгодженням із попередніми припущеннями, дана залежність описується рівнянням виду (3.4). Коефіцієнти  $a$  та  $b$  було знайдено за методом найменших квадратів та виявлено, що вони рівні за абсолютною величиною та протилежні за знаком.



Для здійснених експериментальних вимірювань було обчислено абсолютну похибку та похибку приведену до діапазону вимірювання еталону (0,5047-11,8215 м<sup>3</sup>/год). Результати обчислення похибок наведено у таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 - Результати досліджень на Державному еталоні об'єму та об'ємної витрати газу.

№ з/п	Витрата, м <sup>3</sup> /год	Швидкість потоку, м/с	Витрата, м <sup>3</sup> /год	Абсолютна похибка, м <sup>3</sup> /год	Приведена до діапазону похибка, %
	Еталон	Hontzsch HFA-Ex			
1	0,5047	1,565	0,393	-0,1117	-0,99
2	1,0228	2,58	1,099	0,0762	0,67
3	1,4065	3,185	1,520	0,1135	1,00
4	1,9342	3,94	2,046	0,1118	0,99
5	3,2399	5,845	3,372	0,1321	1,17
6	5,0166	8,43	5,170	0,1534	1,36
7	6,2373	10,135	6,357	0,1197	1,06
8	7,7887	12,26	7,836	0,0473	0,42
9	10,533	16,135	10,532	-0,001	-0,01
10	11,5495	17,65	11,586	0,0365	0,32
11	11,7217	17,9	11,7603	0,0386	0,34
12	11,8215	18,01	11,837	0,0155	0,14

Визначена функція має вигляд:

$$Q_R = 0,76Q_H - 0,76 \quad (3.3)$$

Абсолютна похибка вимірювань даного приладу є найбільшою на початку діапазону витрат і зменшується зі збільшенням витрати. В діапазоні витрати від 0,5 до 11 м<sup>3</sup>/год при визначенні витрати через залежність (3.3) відносна похибка вимірювань не перевищує 1,36 %, що дає змогу стверджувати про можливість використання запропонованого методу для експрес-перевірки лічильників газу без їх демонтажу. Похибка вимірювання витрати запропонованим методом може

бути зменшена шляхом зменшення діаметру турбінки (підвищенням її чутливості).

Проведена серія експериментальних досліджень з допомогою пристрою *Hontzsch HFA-Ex*, показала, що на його базі може бути створена переносна установка для витоків природнього газу та вимірювання їх об'єму в широкому діапазоні витрат [138]. Спеціальне виконання дозволяє використовувати запропоновану установку для якісного і кількісного контролю стану промислових кранів на предмет наявності в них перетоків, які виникають через пошкодження ущільнень. Комплектування установок запропонованого типу пристроями для визначення теплотворної здатності газу створить технічні передумови для достовірного і економічно обґрунтованого обліку енергоресурсів.

### **3.4 Дослідження методу попередження виникнення дефектів в сталевих трубопроводах**

В підрозділі подано опис та результати дослідження нового методу виявлення дефектів сталевих трубопроводів на ранній стадії їх зародження. Показано, що поява такого роду дефектів призводить до зменшення значень фізико-механічних характеристик сталей (зокрема границі плинності), що може призвести появи макродефектів, розгерметизації та руйнування металу трубопроводу.

Високий рівень зносу трубопроводів та обладнання в різних галузях промисловості викликає необхідність удосконалення методів виявлення дефектів на початкових стадіях та оцінювання їх фактичного технічного стану. Через великий термін між випробуваннями і ремонтами не завжди вдається виявляти пошкодження трубопроводів на ранній стадії. Основними причинами появи дефектів та втомного руйнування трубопроводів та обладнання є

механічні пошкодження, дія агресивного середовища, значних навантажень різного характеру, порушення умов експлуатації та недостатній об'єм контрольно-діагностичних робіт [139 - 141].

Процедура технічного діагностування під час експлуатації трубопровідного транспорту, в основному, дозволяє виявляти і моніторити розвиток дефектів типу тріщин, зумовлених експлуатаційними чинниками. Проте відбуваються локальні структурні перетвореннями в об'ємі металу, що призводить до змін просторового розподілу його фізико-механічних характеристик, ще задовго до їх появи та розвитку у часі експлуатації. Деградація властивостей сталей пов'язана з накопиченням мікропошкоджень, які, об'єднуючись, викликають появу макродефекту та втрату початкових характеристик металу [142 - 144]. Одним зі напрямків підвищення інформативності оцінювання фактичних технічних і граничних станів елементів трубопроводів з урахуванням мікроструктури, особливо в період їх експлуатації, є акустична мікроскопія, що ґрунтується на тому, що у полікристалічному середовищі та в сплавах з пружною анізотропією загасання амплітуди ультразвукових коливань залежить від розсіяння енергії коливань зернами металу. В різних кристалах вона різна залежності від напряму поширення ультразвукових коливань до осей симетрії. Через це в ході переходу ультразвукової хвилі з одного кристала в інший та через різну їх орієнтацію ця величина може значно змінюватися. Через це може виникати часткове чи повне віддзеркалення, заломлення ультразвукових коливань і взаємна трансформація типів хвиль. Ультразвукові коливання поступово розсіюються в різних напрямках, при цьому інтенсивність розсіяння визначається відношенням довжини пружної хвилі  $\lambda$  до середнього діаметра зерен-кристалів  $\bar{d}$ , а також анізотропією металу. При  $\lambda \leq \bar{d}$ , ультразвукові коливання зазнають поглинання в кожному зерні, як в одному великому кристалі і загасання залежить, в основному, від поглинання [145 - 148].

Далі наведено результати пошуку нових інформативних параметрів акустичних структурних шумів з допомогою перспективних акустичних когерентних методів. Новітні ультразвукові дефектоскопи на фазованих ґратках дозволяють отримувати результати ультразвукового сканування об'єктів у вигляді двовимірного зображення внутрішньої структури, що розширює можливості аналізу даних.

З метою проведення досліджень для виявлення та обґрунтування нових параметрів акустичних структурних шумів сталюого зразка було використано плоский зразок зі сталі марки 40Г площею 400×300 mm та товщиною 18,7 mm, вирізаний з експлуатованого трубопроводу. Дану марку сталі широко застосовують для виготовлення обладнання підвищеної міцності [149] – трубопроводів, посудин, що працюють під тиском, механічні властивості яких суттєво змінюються під час експлуатації. Експериментальні дослідження було проведено в два етапи.

В ході першого етапу зразок було проскановано дефектоскопом SIUI CTS-602 з використанням перетворювача 5.0L-64-1.0-10 та перехідної призми 64N00L-40. За результатами досліджень на першому етапі отримано секторну розгортку області сканування на екрані дефектоскопа, де амплітуду ехо-сигналу від відбивача кодують кольором [150, 151]. Зміна забарвлення відповідає збільшенню амплітуди луно-імпульсу відбитого сигналу. Через заломлення та трансформацію ультразвукових коливань від груп зерен відбувається збільшення амплітуди ехо-імпульсу відбитого сигналу, що проявляється в структурних неоднорідностях у вигляді темно-червоних плям. У місцях, де значення ехо-імпульсів максимальні, утворюються плями червоного кольору, які вказують на присутність неоднорідності (рисунок 3.16). Інтенсивність яскравості та кольору цих зон пропорційна амплітуді відбитих акустичних коливань [152].

Подання результатів ультразвукового сканування у вигляді двовимірного кольорового зображення внутрішньої структури досліджуваного зразка значно полегшило їх аналіз та опрацювання, оскільки візуально локалізували

ділянку металу з найбільшою кількістю неоднорідностей мікроструктури. На першому етапі аналізу зображень в якості кількісного показника структурних шумів було використано фактичну сумарну площу ділянок неоднорідностей  $S$  на зображенні.

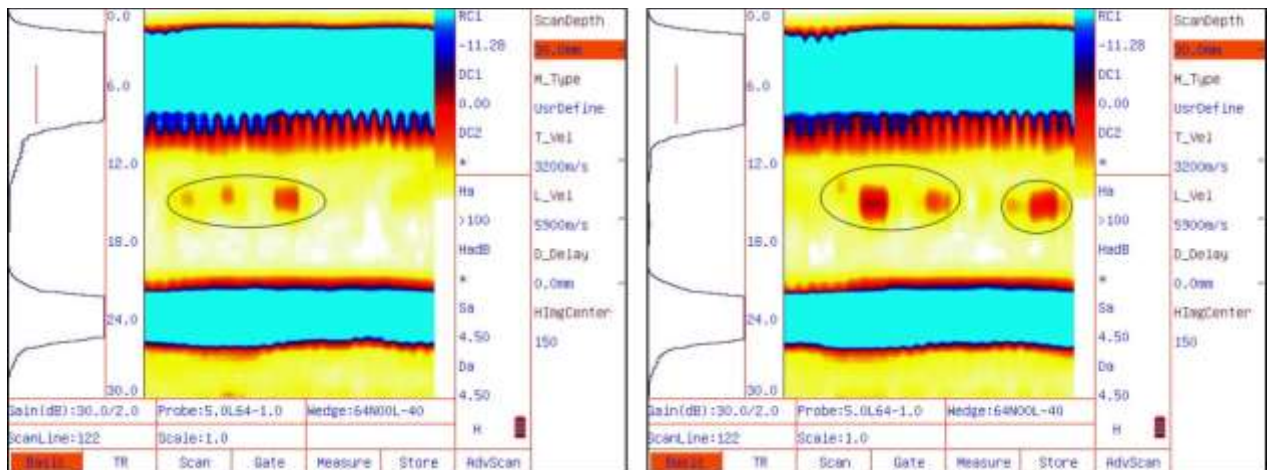


Рисунок 3.16 - Акустичні зображення структурних неоднорідностей на екрані дефектоскопа з технологією УЗФГ.

Необхідно додати, що зображення містять також блоки інформації про параметри ультразвукових коливань та налаштування приладу, зону затримки сигналу перехідною призмою, а також певну кількість відбиттів ультразвукового сигналу. Тому для подальшого аналізу зображення через засоби зв'язку передавали в ПК, де його обтирали програмно, щоб виділити ділянки тільки т. зв. першого відбиття ультразвукових коливань. Для визначення сумарної площі неоднорідностей мікроструктури на зображенні використовували спеціальне програмне забезпечення ImageJ, яке індивідуально встановлює рівень чутливості вимірювання параметрів зображення, тобто оператор виділяє межі зони неоднорідностей та контрастність зображення “вручну” [153, 154]. Оскільки різниця між відтінками кольору зон неоднорідності мікроструктури металу на загальному фоні зображенні після його бінаризації незначна, то

запропонований спосіб визначення сумарної площі зон неоднорідностей доволі трудомісткий та залежить від суб'єктивних дій оператора.

Тому, враховуючи недоліки вказаного способу, для подальшого аналізу зображень було прийнято рішення використовувати інтегральну густину зображення акустичних структурних шумів  $R_o$  – амплітуду (енергію) відбитих від неоднорідностей ультразвукових акустичних коливань. З метою хх розрахунку зображення з дефектоскопа обробляли в програмному середовищі *MatLab Image Processing Toolbox* [155, 156], яке конвертувало графічні зображення в матрицю чисел, де кожне число відповідало градієнту кольору кожного окремого пікселя зображення. Тобто кожному пікселю присвоювали число, що залежить від кольору зображення. Інтегральна густина зображення характеризує суму цих чисел і є безрозмірною величиною.

В ході другого етапу досліджень було виготовлено 18 стандартних циліндричних зразків, які були вирізані із окремих ділянок плоского зразка трубної сталі 40Г для випробування на одновісний розтяг згідно з ГОСТ 1497-84, а також проводили вимірювання твердості переносним контактним-резонансним твердоміром типу ТКР-35. Слід зазначити, що вибирали зони вирізання, враховуючи результати ультразвукового сканування, яке було проведено на першому етапі випробувань.

За даними механічних випробувань отримано індивідуальні діаграми розтягу для кожного зразка, за якими визначено фактичні значення механічних характеристик окремих ділянок плоского зразка: границі міцності та плинності, показники пластичності, а також зафіксовані результати вимірювання твердості.

Результати визначення показників з помітними відмінностями абсолютних значень зведені в таблиці 3.5. Для визначення взаємозв'язку між інформативними параметрами зображень акустичних структурних шумів досліджуваної сталі і її фізико-механічними характеристиками використано методи математичного аналізу, зокрема графічний та кореляційний аналізи.

Таблиця 3.5 - Зведені результати експериментальних досліджень

№ зразка	Границя плинності $\sigma_T$ , МПа	$HV$	Сумарна площа структурних неоднорідностей $S$ , pxls	Інтегральна густина зображення акустичних структурних шумів $R_o \cdot 10^5$
1	440	221	5220	8,43853
2	400	226	7407	15,15736
3	415	223	6963	12,69751
4	425	226	152	11,73415
5	435	224	207	11,58939
6	485	226	6404	7,69845
7	420	225	9965	13,86568
8	425	218	6719	11,06315
9	435	217	5038	11,57082
10	465	230	8724	7,87664
11	380	212	209	14,81317
12	455	223	5044	9,68726
13	435	225	15124	11,59324
14	405	215	10536	15,15478
15	420	225	9853	14,17472
16	430	218	6842	11,89456
17	420	222	7952	12,14123
18	410	215	7154	12,96452

Кореляційний зв'язок між досліджуваними параметрами визначено за результатами попарного кореляційного аналізу параметрів акустичних структурних шумів  $N$  та виміряних механічних  $M$  [157]:

$$R(N, M) = \frac{\left[ \sum_{i=1}^n (N_i - \bar{N}) \cdot (M_i - \bar{M}) \right]}{(n-1) \cdot \sigma_N \cdot \sigma_M}, \quad (3.4)$$

де  $R(N, M)$  – коефіцієнт кореляції;  $\sigma_N$  та  $\sigma_M$  – стандартні відхилення відповідних величин;  $n$  – кількість спостережень окремих пар параметрів.

Виявлено, що показник сумарної площі структурних неоднорідностей  $S$  не корелює з границею плинності  $\sigma_T$  ( $R(S, \sigma_T) = 0,0576$ ), тому далі його використовувати недоцільно. Натомість встановлено хорошу кореляцію між інтегральною густиною зображення акустичних структурних шумів та границею плинності  $\sigma_T$  ( $R(R_o, \sigma_T) = -0,9018$ ), тому їх вживали як інформативні характеристики стану металу. Високе значення коефіцієнта кореляції свідчить про близькість до лінійного зв'язку між границею плинності та інформативним параметром інтегральної густини акустичних шумів, а отже, про доцільність уведення останнього в регресійну модель для визначення границі плинності як аргументу. Мінусове значення коефіцієнта кореляції вказує на обернену залежність між цими параметрами. Це зумовлено тим, що за високих значень інтегральної густини ультразвукові коливання відбиваються від великої кількості неоднорідностей у структурі металу [158, 159], які часто концентруються в зоні найбільших напружень. Фактично інтегральна густина  $R_o$  опосередковано відображає інтегральну суму розмірів зерен сталі [160-162]. Залежність границі плинності та твердості від інтегральної густини зображення акустичних структурних шумів подано на рисунку 3.16.

Аналіз підходів до визначення границі плинності як параметра, зі зниженням якого найсуттєвіше зменшується ресурс тривало експлуатованих сталевих конструкцій [163, 164], виявив, що у більшості методик для цього використовують емпіричні рівняння переходу від твердості до границі плинності (див. ГОСТ 10006-80):

$$\sigma_T = 0,2 \cdot HB \quad (3.5)$$



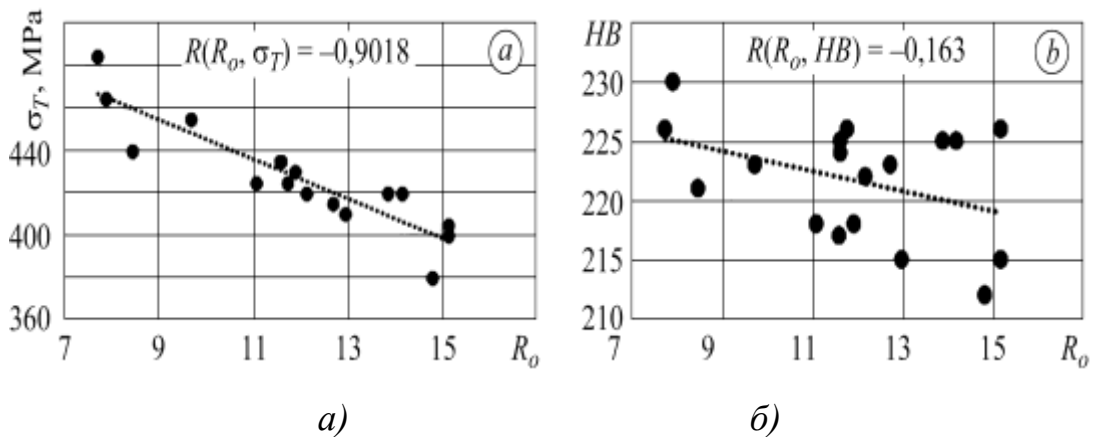


Рисунок 3.16 - Залежність границі плинності (а) та твердості (б) від інтегральної густини зображення акустичних структурних шумів.

Однак, застосовуючи тільки твердість, отримують досить наближені значення границі плинності без достовірної інформації про фізико-механічні характеристики матеріалу загалом. Тому, використовуючи твердість разом з параметром, що характеризує властивості металу по об'єму, вдається підвищити достовірність результатів вимірювання. В нашому випадку через високу кореляцію між значеннями інтегральної густини та твердості їх одночасне використання недоцільне [165 -173]. Оскільки коефіцієнт кореляції між ними лише  $-0,16$  (рисунок 3.16), то можна вважати їх некорельованими і обидві змінні вводити в модель як незалежні аргументи.

Для визначення характеру і виду залежності границі плинності сталі від твердості та інтегральної густини зображення акустичних структурних шумів використали регресійний аналіз.

Для побудови регресійної моделі виду

$$\sigma_T = f(HB, R_o) \quad (3.6)$$

застосували програмне забезпечення *Curve Fitting Tool MatLab*.

Рівняння лінійної регресії для моделі має вигляд

$$\sigma_T = f(HB, R_o) = a_0 + a_1 \cdot HB + a_2 \cdot R_o, \quad (3.7)$$

де  $a_0$ ,  $a_1$ ,  $a_2$  – коефіцієнти регресії:  $a_0 = 240,7$ ;  $a_1 = 1,381$ ;  $a_2 = -10,11$ .

Тут коефіцієнт детермінації  $R^2$  (наближення цього значення до одиниці свідчить про краще моделювання) становить 0,8543, що вказує на тісний зв'язок між досліджуваними параметрами.

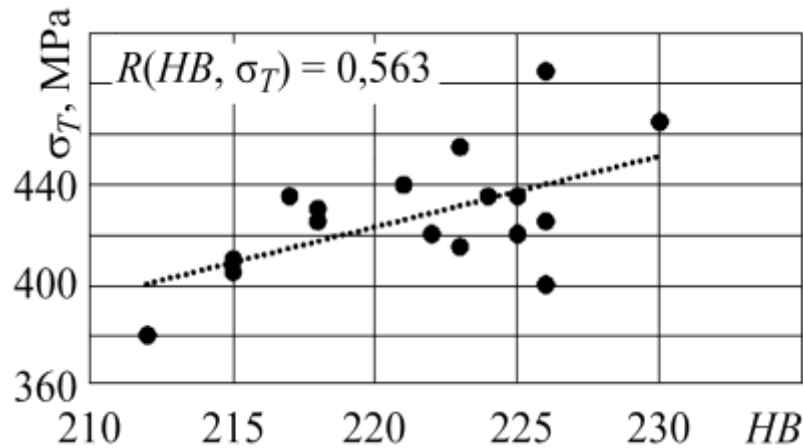


Рисунок 3.16 – Залежність границі плинності від твердості

Низький коефіцієнт кореляції між границею плинності і твердістю (рисунок 3.16) також свідчить про нелінійний характер взаємозв'язку між ними. Тому тут доцільна регресійна модель, де аргумент твердості виражений нелінійно. З підвищенням степеня аргументів рівняння збільшується кількість коефіцієнтів регресії, що ускладнює обчислення. Аналіз вигляду рівнянь регресії виявив, що оптимальним є другий степінь для аргументу твердості, оскільки з подальшим його збільшенням кількість коефіцієнтів зростає, а коефіцієнт детермінації змінюється несуттєво. Остаточо прийняли таке рівняння:

$$\sigma_T = a_0 + a_1 \cdot HB + a_2 \cdot R_o + a_3 \cdot HB^2 + a_4 \cdot HB \cdot R_o, \quad (3.8)$$

де  $a_0, a_1, a_2, a_3, a_4$  – коефіцієнти регресії:  $a_0 = 13890$ ;  $a_1 = -123,1$ ;  $a_2 = 11,64$ ;  $a_3 = 0,2835$ ;  $a_4 = -0,09933$ . Коефіцієнт детермінації  $R^2$  тут становить 0,8779. Середньоквадратична помилка RMSE становить 9,672, у той час як залишкова сума квадратів дорівнює 1216, що вказує на високу достовірність моделі. Слід відмітити, що модель достовірна за значень границі плинності 380...500 МПа.

На основі експериментальних результатів підтверджено можливість застосування інтегральної густини зображень акустичних структурних шумів на

екрані ультразвукового дефектоскопа з п'єзоперетворювачами на фазованих ґратках для виявлення зміни мікроструктурної неоднорідності сталей [174-181]. Встановлено, що вона проявляється у суттєвому підвищенні коефіцієнта кореляції з границею плинності сталі 40Г. Отримано залежність виду  $\sigma_T = f(R_o, HB)$ , що є інструментом для оцінювання технічного стану конструкцій зі сталі 40Г на основі удосконаленого методу визначення границі плинності металу за вимірними значеннями твердості та інтегральної густини зображень акустичних структурних шумів. Похибка визначення границі плинності за отриманим регресійним рівнянням не перевищує 5% у діапазоні значень границі плинності 380...500 МПа.

### **Висновки до розділу 3**

1. Подано удосконалений метод вимірювання теплоти згоряння природного газу суть якого полягає в забезпечення можливості вимірювання як нажчого так і вижчого значення теплоти згоряння за наявних інформативних параметрів.

2. Здійснено удосконалення методу вимірювання рівня різного роду не технологічних скупчень, суть якого полягає в використанні сучасних методів оброблення вимірювальних сигналів, що дозволило здійснити вимірювання окремо рівнів схожих за фізичними властивостями рідин.

3. Наведені результати експериментальних досліджень розробленого методу вимірювання об'ємів витоків природного газу на газопроводах та обладнанні, подано його метрологічну оцінку.

4. Проведено дослідження нового методу попередження виникнення дефектів в сталевих трубопроводах, суть якого полягає в використанні ультразвукових структурних шумів в якості інформативного параметра, що корелює з фізико-механічними характеристиками сталевих елементів.

## РОЗДІЛ 4

### РОЗРОБЛЕННЯ УДОСКОНАЛЕНИХ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ КОНТРОЛЮ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ГАЗОПРОВІДІВ ТА ОБЛАДНАННЯ

На основі поданих в попередніх розділах теоретичних досліджень можливості удосконалення методів контролю технічного стану трубопровідних систем та якісних характеристик продукту, що транспортується, в даному розділі буде описано рішення удосконалення технічних засобів, що реалізують удосконалені методи контролю.

#### **4.1 Удосконалення приладу для контролю теплоти згоряння природного газу.**

Проведений аналіз існуючих засобів вимірювання теплоти згоряння природного газу показав, що основним недоліком згаданих технічних засобів є те, що їх подекуди неможливо, а в інших випадках занадто дорого використовувати для вимірювання в побутових умовах, оскільки одні з них потребують для роботи розхідні матеріали, інші необхідність спалювання газової проби, треті не дають змогу проводити вимірювання теплоти згоряння природного газу в мережах низького тиску [182-184].

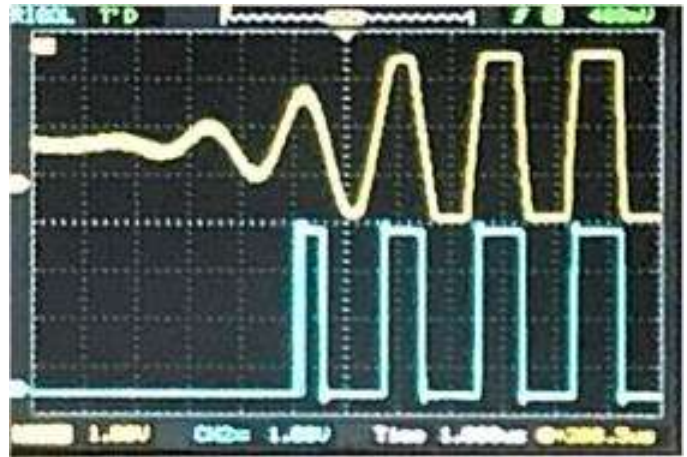
Розробленням нового пристрою, який реалізує кореляційний метод, ще з 2009 року були розпочаті на кафедрі «Енергетичного менеджменту і технічної діагностики» ІФНТУНГ. Пропонований експрес метод вимірювання теплотворної здатності природного газу базується на алгоритмах штучних нейронних мереж та використання таких фізичних параметрів природного газу як швидкість поширення ультразвукових коливань та вміст діоксиду вуглецю у пробі [185-188]. Підтвердження даного методу було неодноразово здійснено

численними експериментальними дослідженнями, які виконувались спільно з ПАТ «Укртрансгаз» та ПАТ «Івано-Франківськгаз».

Реалізацію удосконаленого методу здійснено у вигляді дослідного взірця приладу для експрес контролю нижчої теплоти згоряння природного газу [189, 190]. Прилад для експрес контролю теплоти згоряння природного газу (рисунок 4.1) виконаний у зручному для транспортування пило-волого захисному корпусі з класом захисту IP67. За допомогою розробленого приладу теплоту згоряння природного газу можливо контролювати в експрес режимі з зведеною до діапазону похибкою 4,1%.



а)

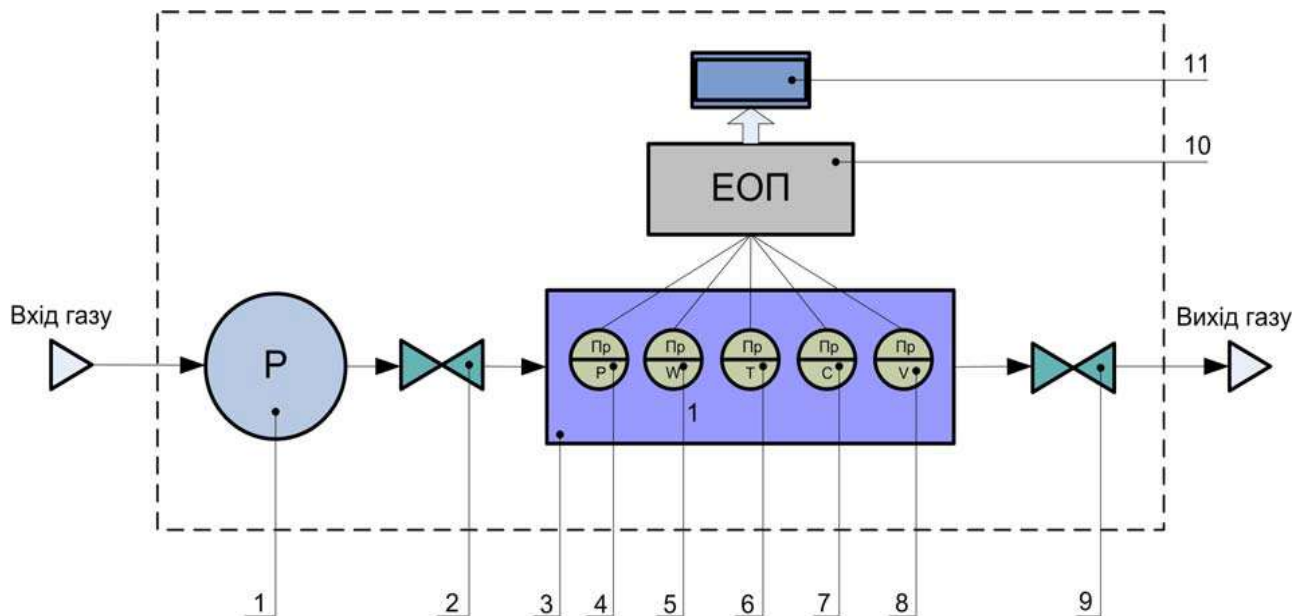


б)

Рисунок 4.1 - Зовнішній вигляд удосконаленого приладу для експрес-контролю теплоти згоряння природного газу а), та осцилограма ультразвукового ехо-імпульсу для визначення швидкості поширення ультразвукових коливань в пробі природного газу

В приладі реалізований принцип опосередкованого визначення нижчої та вищої теплоти згорання природного газу на основі комплексного використання результатів вимірювання швидкості поширення ультразвукових коливань і концентрації діоксиду вуглецю у відібраній пробі природного газу за допомогою

алгоритмів штучних нейронних мереж, які реалізовані програмно в приладі. Функціонально-структурна схема приладу наведена на рисунку 4.2.



*1 – редуктор; 2 – вхідний електроклапан; 3 – вимірювальна камера; 4 – датчик надлишкового тиску газу; 5 – датчик вологості газу; 6 – датчик температури газу; 7 – датчик концентрації діоксиду вуглецю в газі; 8 – модуль визначення швидкості поширення ультразвуку в газі; 9 – вихідний електроклапан; 10 – модуль обробки інформації та визначення нижчої теплоти згорання природного газу; 11 – рідкокристалічний сенсорний дисплей*  
Рисункок 4.2 – Функціональна схема пристрою для визначення теплоти згорання природного газу

З метою удосконалення приладу та підвищення точності вимірювань, наукові дослідження розробленого методу було продовжено, в ході яких було встановлено, що таке відносно велике значення похибки вимірювань теплоти згорання природного газу за допомогою розробленого дослідного взірця приладу пов'язане з частковим нехтуванням реального значення температури природного газу та не врахування класичної похибки, яка виникає при вимірюванні часу проходження ультразвукових хвиль в середовищі, такої як «втрата півхвилі».

В перших варіантах приладу здійснювались вимірювання тільки двох параметрів, таких як швидкість поширення ультразвукових коливань та вміст діоксиду вуглецю у пробі природного газу [191, 192]. Такі параметри природного газу як значення тиску та температура, приводились до нормальних умов. Це збільшувало час вимірювання однієї проби та похибку вимірювань, а також унеможлиблювало використання методу за температури навколишнього середовища, що значно (більш ніж на 10<sup>0</sup>С) відрізняється нормальних умов. Здійснені експериментальні дослідження показали, що значення швидкості поширення ультразвукових коливань в одній і тій же газовій пробі може змінюватись від 400 м/с до 420 м/с (тобто на 5%) при зміні температури природного газу від +5<sup>0</sup>С до +40<sup>0</sup>С [193, 194].

Для виявлення характеру залежності швидкості ультразвукових коливань в природному газі від температури та значення самого температурного коефіцієнту, було проведено багатократні вимірювання на різних пробах газу. Для цього було розроблено спеціальну експериментальну установку, яка дозволяла змінювати температуру проби природного в діапазоні +2<sup>0</sup>С ... +80<sup>0</sup>С (рисунок 4.3, Таблиця 4.1).

Проведені експериментальні дослідження дозволили визначити температурний коефіцієнт швидкості ультразвукових коливань в природному газі, який складає 0,53 та встановити залежність приведення швидкості ультразвукових коливань в природному газі до нормальних умов за температурою:

$$v_0 = v - 0,53 \cdot (20^0C - t_0), \quad (4.1)$$

де:  $v_0$  - швидкість ультразвукових коливань в пробі природного газу з температурою  $t_0$ ,  $v$  - швидкість ультразвукових коливань в тій же пробі природного газу за нормальних умов.

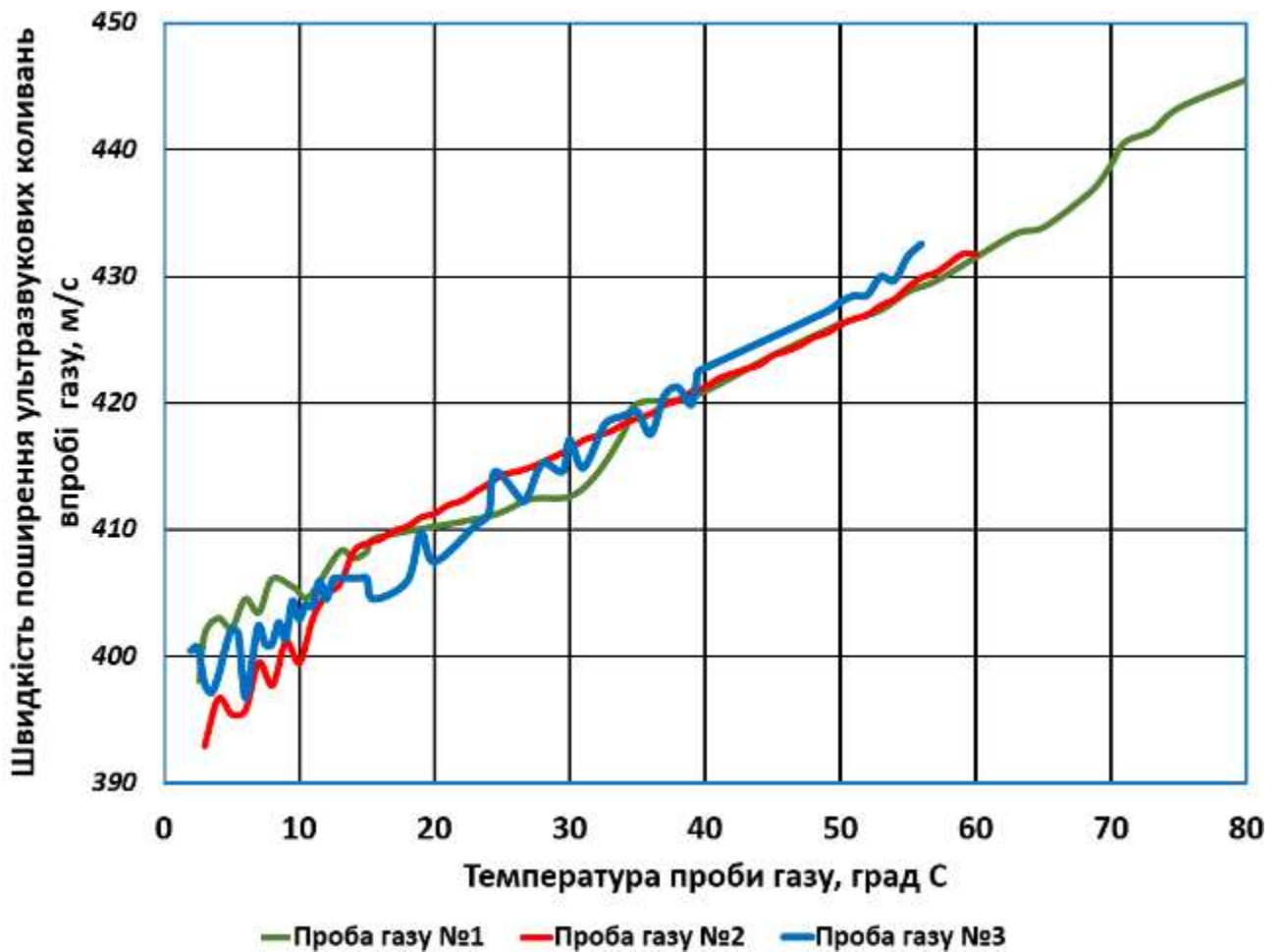


Рисунок 4.3 - Залежності швидкості поширення ультразвукових коливань від температури газу для трьох проб газу

Подальші дослідження було здійснено з метою зменшення впливу похибки, спричиненої «втратою півхвилі». Частота ультразвукових коливань, які генеруються в пробі природного газу за допомогою спеціально розроблених п'єзоелектричних перетворювачів, складає 1 МГц, а самий ехо-імпульс, який пройшов через пробу природного газу, має форму синусоїди, амплітуда якої на початку наростає до певного максимального значення, яке залежить від коефіцієнта затухання ультразвукових коливань в природному газі, а потім спадає до нуля (рисунок 4.1б). Відлік моменту проходження ультразвукового імпульсу в природному газі здійснюється по фронту, коли амплітуда синусоїди при наростанні досягає певного значення. При цьому в перших варіантах



приладу відлік здійснювався тільки по додатних значеннях синусоподібного ехо-імпульсу.

Таблиця 4.1 - Зведені результати вимірювань швидкості поширення ультразвукових коливань в пробах природнього газу

Час поширення ультразвукових коливань, мкс	Температура проби газу, °C	Швидкість поширення ультразвукових коливань, м/с	Відносна вологість, %	Час поширення ультразвукових коливань, мкс	Температура проби газу, °C	Швидкість поширення ультразвукових коливань, м/с	Відносна вологість, %	Час поширення ультразвукових коливань, мкс	Температура проби газу, °C	Швидкість поширення ультразвукових коливань, м/с	Відносна вологість, %
Проба газу №1				Проба газу №2				Проба газу №3			
232,237	2	400,45	70	221,812	60	431,764	55	216,849	80	441,82	38
233,462	4	398,35	70	222,749	56	429,917	62	217,924	75	439,6	44
230,799	10	402,95	71	224,249	52	426,993	65	220,112	70	435,16	47
230,224	11	403,95	73	224,432	51	426,639	66	222,83	63	429,76	53
229,915	12	404,5	74	224,665	50	426,189	66	223,787	60	427,89	56
228,986	15	406,14	73	225,937	45	423,749	67	224,762	57	426	58
228,24	20	407,47	69	227,249	40	421,262	71	227,812	45	420,2	63
224,324	24	414,58	68	228,562	35	418,802	72	229,562	39	416,95	64
223,982	28	415,21	66	229,874	30	416,372	75	229,847	35	416,42	65
224,162	31	414,88	66	230,437	28	415,338	75	231,049	34	414,22	65
221,962	34	418,99	65	230,999	25	414,311	75	232,874	32	410,92	65
221,124	37	420,58	65	231,737	23	412,97	74	233,874	30	409,14	66
221,499	39	419,87	64	232,687	20	411,256	75	233,999	27	408,91	67
219,984	40	422,76	64	232,847	19	410,969	76	236,649	14	404,26	73
217,687	49	427,22	63	233,999	15	408,913	76	236,317	13	404,84	73
217,312	50	427,96	61	235,813	13	405,717	75	238,374	10,7	401,29	74
217,062	51	428,45	61	239,437	10	399,479	75	239,107	7	400,04	73
217,031	52	428,51	60	238,474	9	401,118	75	238,487	6	401,1	74
216,299	53	429,96	60	240,499	8	397,687	76	239,812	5	398,84	73
216,441	54	429,68	59	239,437	7	399,479	75	239,368	4	399,6	73
215,499	55	431,56	59	241,876	5	395,388	75	240,112	3	398,34	71
215,012	56	432,53	58	243,374	3	392,916	75	242,437	2,6	394,46	71

Оскільки різний газ володіє різним значенням коефіцієнта затухання ультразвукових коливань, то швидкість наростання амплітуди синусоподібного ехо-імпульсу буде різною, а отже момент відліку може розпочатись не від першої півхвилі, а уже від другої. В такому випадку похибка вимірювання швидкості складає більше  $\pm 2$  м/с (або більше 6%). На рисунку 4.4 подана залежність похибки «втрати півхвилі» від відстані до ультразвукових п'єзоперетворювачів робочою частотою 1 МГц, при вимірювання швидкості ультразвукових коливань в пробі природнього газу.

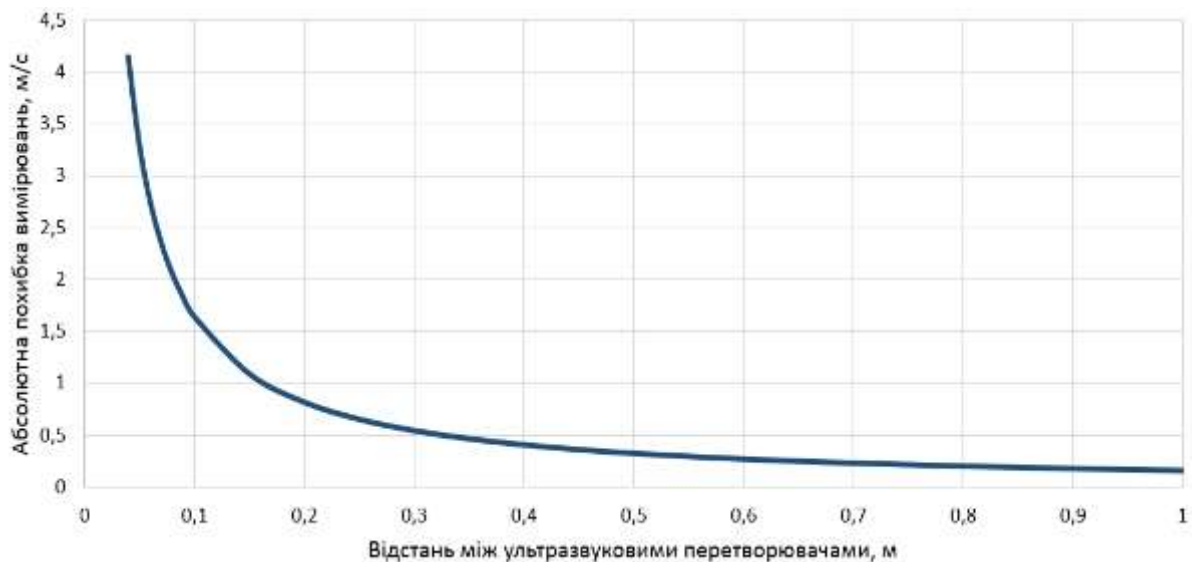


Рисунок 4.4 – Залежність похибки втрати півхвилі від відстані між перетворювачами.

Як бачимо з рисунка 4.4, збільшення відстані між п'єзоперетворювачами веде до зменшення похибки втрати півхвилі. Проте, оскільки величина затухання ультразвукових коливань в природному газі залежить від його густини та шляху проходження коливань, то при певних значеннях відстані між п'єзоперетворювачами, корисний ехо-сигнал маскується шумами і виявити його практично не можливо. Проведені математичні моделювання та багатократні експериментальні випробування показали, що вже при відстанях більше 100 мм

досить важко провести вимірювання швидкості поширення ультразвукових коливань в пробах природного газу, густина якого є меншою  $0,7 \text{ кг/м}^3$ .

Тому з метою зменшення впливу похибки спричиненої «втратою півхвилі» [195-198], було прийнято ряд схемотехнічних та алгоритмічних заходів. Суть схемотехнічних рішень полягає в удосконаленні блоку підсилення та формування ехо-імпульсу шляхом врахування при обробці як додатних так і від'ємних значень синусоподібного ехо-імпульсу, розробленні алгоритму змінного в часі коефіцієнту підсилення ультразвукових коливань [199 - 201], що пройшли крізь досліджувану пробу природнього газу, а також алгоритму пошуку максимуму амплітуди синусоподібного ехо-імпульсу (рисунок 4.5).

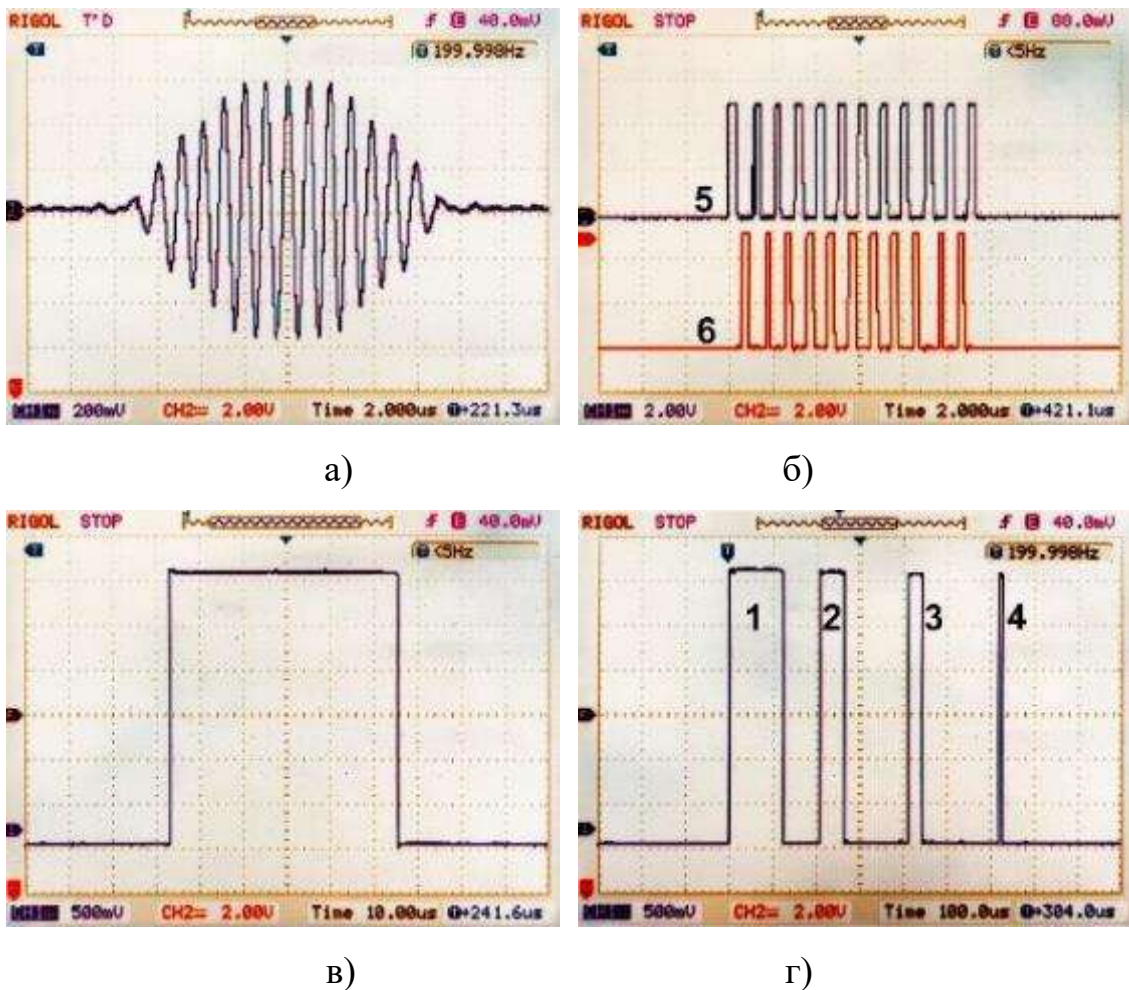


Рисунок 4.5 – Осцилограми, які ілюструють методику опрацювання інформаційних сигналів.

На рисунку 4.5: а) зображено осцилограму ехо-сигналу ультразвукових коливань, які пройшли через пробу природного газу та були підсилені за допомогою інструментального підсилювача з низьким рівнем власних шумів; б) осцилограми ехо-сигналу ультразвукових коливань, які пройшли через пробу природного газу та були оброблені за допомогою тригерів Шмітта ( позначка 5 – додатні значення синусоїди, позначка 6 – від’єні значення синусоїди ехо-сигналу а) ); в) – осцилограма після проведення сумування та інтегрування сигналів 5 та 6; г) 2, 3, 4 серія ехо-сигналів, яка виникає через часткове відбиття від поверхні п’єзоперетворювача, 1 – збуджуючий імпульс.

Розглянемо детальніше роботу функціональної схеми обробки ехо-сигналів (рисунок 4.6).

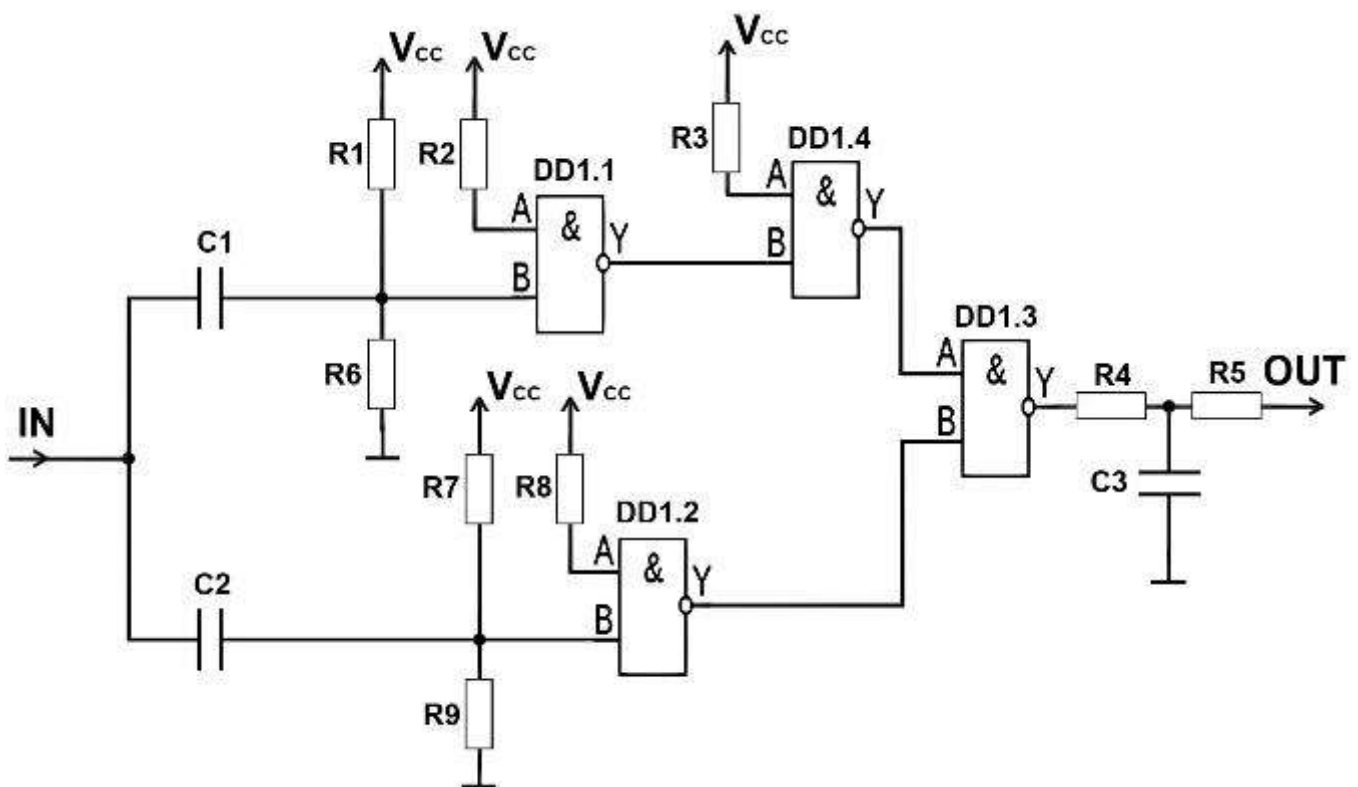
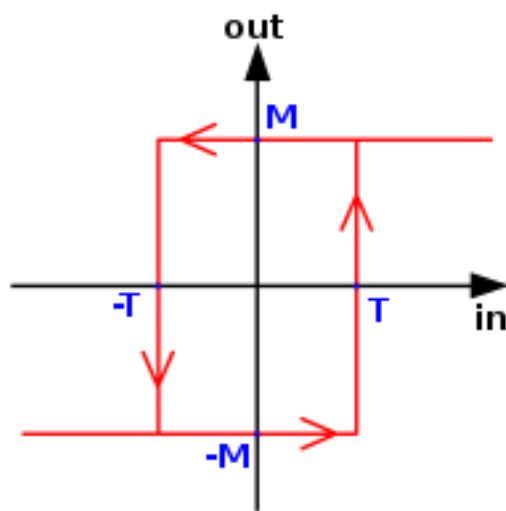


Рисунок 4.6 – Функціональна схема блоку інверсії, сумування та інтегрування ехо-сигналу.

Блок інверсії, сумування та інтегрування ехо-сигналу виконано на інтегральній мікросхемі 74HC00 фірми Philips Semiconductors та являє собою збірку чотирьох двохвходових тригерів Шмітта з елементи типу I-HE: DD1-1 – DD1.4 (рисунок 4.6).

Тригер Шмітта являє собою електронну модель двопозиційного релейного елемента, статична характеристика якого має зону неоднозначності (петлю гістерезиса, рисунок 4.7, а). Перевагою тригера Шмітта є те, що він володіє прямокутною петлею гістерезису та дозволяє формувати чіткі прямокутні імпульси.

Елемент (або вентиль) I-HE (англ. Not AND, NAND) являє собою логічний вентиль, який реалізує операцію кон'юнкція з інверсією результату. Ця операція також носить назву штрих Шефера. Активний сигнал («логічна 1», «істина») на виході цього вентиля присутній тоді, коли на хоча б на одному його вході присутній пасивний сигнал («логічний 0», «хиба»). Лише коли на обох входах сигнал активний, на виході буде пасивний сигнал (рисунок 4.7, б).



а)



б)

Рисунок 4.7 – Петля гістерезису тригера Шмітта а) та функціональна таблиці елемента I-HE.

Принцип роботи розробленого блоку інверсії, сумування та інтегрування ехо-сигналу полягає в наступному. Ехо-сигнал ультразвукових коливань, які пройшли через пробу природного газу та були підсилені за допомогою інструментального підсилювача з низьким рівнем власних шумів потрапляють на вхід блоку інверсії, сумування та інтегрування. Сигнал проходить паралельно два конденсатори С1 та С2 (рисунок 4.6), які призначені для віднімання від нього постійної складової напруги. Після конденсаторів сигнал паралельно поступає на два логічних елементи DD1.1 та DD1.2, які, за допомогою резисторів R1, R6 та R7, R9, що задають рівень спрацьвання тригерів, налаштовані таким чином, що елемент DD1.1 реагує на появу додатньої півхвилі ехо-сигналу, а елемент DD1.2 на появу від'ємної півхвилі. Оскільки при цьому відбувається інверсія сигналу елементами тригера Шмітта, то рівень відсутності сигналу для елемента DD1.1 буде мати значення 0V, а рівень наявності сигналу Vcc. Для елемента DD1.2 навпаки - рівень відсутності Vcc, рівень наявності сигналу 0V. Щоб привести рівні сигналу до одного логічного значення, було введено логічний елемент DD1.4, який в даному випадку відіграє роль інвертора.

Після приведення рівнів сигналу до одного логічного значення сигнали паралельно поступають на логічний елемент DD1.3, який в даному випадку виконує роль інвертора та суматора.

Після інверсії та сумування, сигнал поступає на інтегратор, виконаний за допомогою елементів R4 C3 R5, осцилограма сигналу на виході з блоку інверсії, сумування та інтегрування ехо-сигналу показана на рисунку 4.5 в.

Детальні осцилограми ехо-сигналів на всіх етапах їх обробки за допомогою елементів DD1.1 - DD1.4 блоку інверсії, сумування та інтегрування ехо-сигналу подано на функціональній блок схемі – рисунок 4.8.

На рисунку 4.9 подано зображення виготовленого та змонтованого у прилад блоку підсилення та інверсії, сумування та інтегрування ехо-сигналу

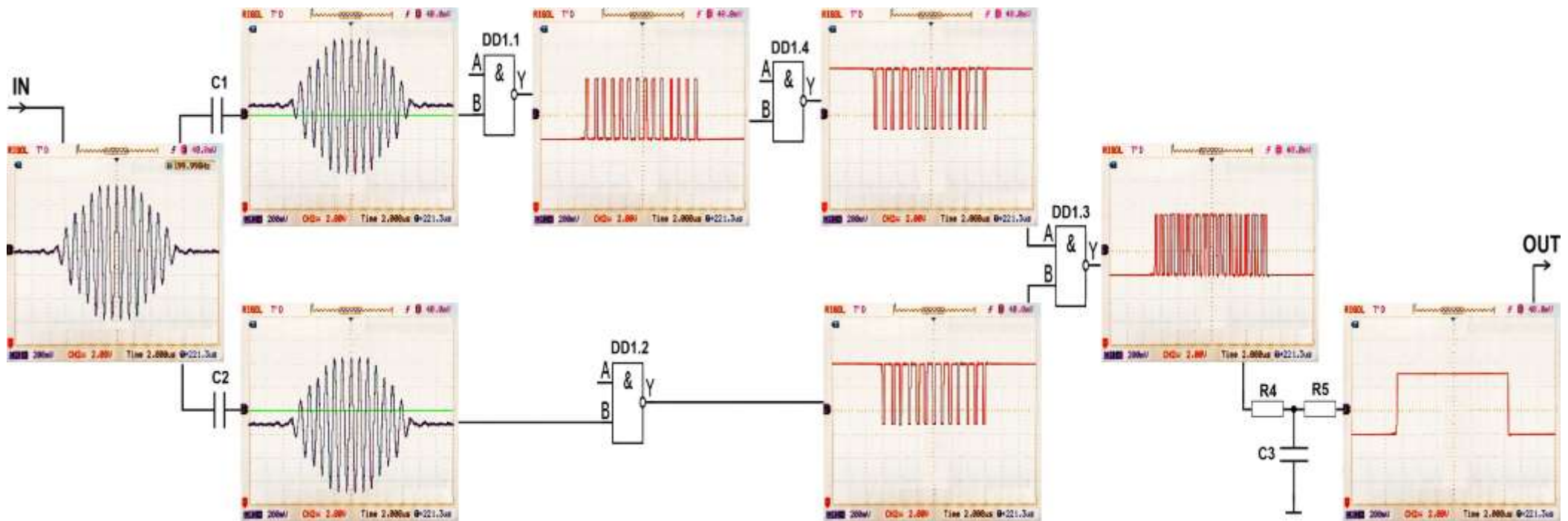


Рисунок 4.8 – Функціональна блок-схема блоку інверсії, сумування та інтегрування ехо-сигналу.





Рисунок 4.8 – Блок підсилення та інверсії, сумування та інтегрування ехо-сигналу.

Також удосконалення зазнав і генераторний блок приладу для вимірювання якісних характеристик природного газу (рисунок 4.9), який ризначений для формування високовольтного та високочастотного імпульсу напруги для збудження п'єзоелектричного ультразвукового перетворювача.



Рисунок 4.9 – Генераторний блок приладу для вимірювання якісних характеристик природного газу.



Суть удосконалення генераторного блоку приладу для вимірювання якісних характеристик природного газу полягає в розробці схемотехнічних рішень, які забезпечили його роботу в імпульсному режимі та тільки на момент проведення вимірювання, що значно скоротило енергоспоживання приладу та забезпечило можливість його довготривалої роботи автономно від акумуляторних батарей.

Врахування залежності швидкості ультразвукових коливань в природньому газі від його температури в алгоритм розрахунку теплоти згорання природного газу, прийняті схемотехнічні та алгоритмічні заходи дозволили удосконалити технологію вимірювання та сам прилад: зокрема зменшився час вимірювання однієї проби, оскільки немає потреби догрівати чи охолоджувати пробу, розширились можливості використання приладу при різних діапазонах температури газу та навколишнього середовища, а також значно зменшилась похибка вимірювань (до 1%) та стабільність і повторюваність результатів.

В ході дисертаційних досліджень було суттєво удосконалено технологію, підвищено точність, розширено діапазон та параметри вимірювання, виготовлено та підготовлено до технічних випробувань прилад для визначення теплоти згорання газу природного GAS–HI–Q. Зокрема, за допомогою приладу можна проводити вимірювання не тільки значення нижчої, але і вищої теплоти згорання природного газу (описано в розділі 3), виведена та введена в алгоритм вимірювань залежність компенсації температури проби природнього дозволяє проводити вимірювання в побутових та промислових умовах, а запропонована методика опрацювання інформативних сигналів дозволила підвищити точність вимірювання [202].

Запропонована методика опрацювання інформативних сигналів базується на ряді скомо-технічних рішень, які зменшують вплив похибки «втрати півхвилі» при ультразвукових вимірюваннях, а також на розробленому алгоритмі пошуку точки відліку акустичного сигналу.

#### **4.2 Удосконалення системи для виявлення та вимірювання рівня рідини в порожнинах газопроводів.**

В попередніх розділах шляхом теоретичних досліджень та лабораторних випробувань було доведено можливість та розроблено шляхи удосконалення системи контролю рівня рідини в порожнині газопроводів. Також було показано, що шляхом встановлення постів контролю на визначених ділянках, можна за результатами окремих вимірювань оцінити енергоефективність роботи досліджуваної ділянки. Доведено, що застосувавши певні алгоритми фільтрації інформаційних сигналів можна підвищити точність вимірювань та досягти можливості вимірювання рівнів різних рідин окремо.

Фактором, який визначає найбільш ймовірні місця в яких найбільш доцільно встановлювати систему контролю рівня рідини в порожнині газопроводу, є критична швидкість виносу рідини. За умови швидкості руху газорідинного потоку нижче критичної в певних термобаричних умовах і геометрії газопроводу здійснюється перехід від режиму виносу рідини до режиму її накопичення («Зависання»). На ділянках газопроводу що опускаються реалізується розшарований режим, при цьому рідина стікає по дну трубопроводу, потік газу рухається над нею, в такому випадку швидкість руху рідини практично близька до швидкості руху газу в трубопроводі. На ділянках що піднімаються проходить накопичення рідини, а в момент повного перекриття рідиною січення газопроводу виникає корковий режим течії (з генерацією низькочастотних пульсацій витрати рідини). В такому випадку виникає на ділянках газопроводу що піднімаються режим накопичення рідини, що призводить до значного зниження ефективної швидкості течії рідкої фази щодо швидкості газу [203]. У загальному випадку на величину критичної швидкості газового потоку в впливають наступні параметри: внутрішній діаметр трубопроводу, густина рідинного скупчення, в'язкість рідинного

скупчення, густина газу, кут нахилу ділянки газопроводу що піднімається до горизонту.

Проте здатність рідини мігрувати порожниною газопроводу (так звані рухомі «слаги»), не дає можливості точно визначити місце скупчення рідини та її рівень. Враховуючи складність рельєфу прокладання газопроводів, особливо в гірських регіонах, необхідність проведення великого об'єму земляних робіт та транспортування ємностей для збору рідини з газопроводу, такі помилки у визначенні місць знаходження рідини в газопроводі призводять до значних матеріальних затрат, зменшуючи продуктивність ГТС в цілому, та призводять до збільшення ризику появи відмов чи аварійних ситуацій.

Для вирішення даної проблеми була розроблена удосконалена система для вимірювання рівня рідини в порожнині газопроводу. Визначення рівня рідини проводиться в польових умовах без втручання в роботу газопроводу. Основні параметри системи моніторингу рівня рідини в порожнині трубопроводу подано в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Основні параметри системи моніторингу

№	Основні параметри	Значення
1	Зовнішній діаметр трубопроводів на які монтується система моніторингу, мм	530; 630; 720; 820; 1020; 1220; 1420
2	Точність вимірювання рівня нетехнологічної рідини в порожнині трубопроводу, мм	±0,1
3	Точність вимірювання товщини стінки трубопроводу в нижній точці (для діапазону вимірювання від 5 до 100 мм), мм	±0,1
4	Номінальна робоча частота акустичного блоку, МГц	2,5
6	Діапазон температур навколишнього середовища, °С	+1 ÷ +35

Виготовлена система складається з контрольних постів, які встановлюються в місцях з найбільш ймовірним накопиченням рідини в газопроводі, блоку узгодження та портативного пристрою контролю, в якості якого може слугувати звичайний ультразвуковий дефектоскоп. Вимірювання здійснюється по чергово шляхом підключення пристрою контролю до кожного контрольного поста (рисунок 4.10).



Рисунок 4.10 – Система моніторингу накопичення рідини в порожнині трубопроводу

Монтаж та апробація (яка триває вже більше 10 років) дослідного взірця системи для вимірювання рівня рідини в порожнині газопроводу проводилась на

Навчально-науковому полігоні кафедри Енергетичного менеджменту та технічної діагностики (рисунок 4.11). Наявність рідини чітко визначалася, при цьому похибка вимірювань не перевищує  $\pm 0,1$  мм.



Рисунок 4.11 - Налагодження, монтаж та апробація удосконаленої експериментальної системи.

Впровадження вище наведеної системи моніторингу рідинних скупчень з точки зору експлуатації ГТС дозволяє вирішити задачі:

- ідентифікація найбільш ймовірних місць виникнення значних водяних скупчень на основі виміряного рівня рідини;
- розрахунок об'єму накопиченої рідини в порожнині газопроводу за результатами вимірювань.

#### 4.3 Установа для контролю величини витоків на кранових вузлах та обладнанні.

Схематичну конструкцію, результати лабораторних та метрологічних досліджень експериментального зразка установки для контролю величини витоків було подано в попередніх розділах.

Розроблена установка для контролю об'ємів витоків природнього газу на кранових вузлах та обладнанні газопровідних систем в промислових умовах складається з обчислювального пристрою, турбінно-потокowego сенсора, який через втулку з'єднаний з вимірювальними ділянками. Параметри ділянок складають: діаметр  $d$  та довжина  $18d$ , для запобігання утворення турбулентного потоку (рисунок 4.12).



Рисунок 4.12 - Установка для контролю величини витоків

Вимірювальна ділянка під'єднується безпосередньо до імпульсних трубок на кранових вузлах через гнучкі шланги. Для забезпечення широкого

діапазону вимірювань було виготовлено вимірювальні ділянки діаметрами 18 мм і 40 мм [204, 205].

Для забезпечення широкого діапазону вимірювань було виготовлено вимірювальні ділянки діаметрами 18 мм і 40 мм.

#### **Висновки до розділу 4**

1. Описано способи удосконалення приладу для контролю теплоти згоряння природного газу, що дозволило підвищити його точність вимірювання та забезпечити повторюваність результатів.

2. Подано результати лабораторних вимірювань рівня рідини в порожнинах трубопроводів за допомогою удосконаленої системи та доведено можливість проведення одночасного вимірювання рівнів рідин зі схожими фізичними характеристиками.

3. Здійснено розроблення установки для контролю величини витоків на кранових вузлах та обладнанні, подано її технічні параметри.

## **РОЗДІЛ 5**

### **ПРОМИСЛОВІ ВИПРОБУВАННЯ НОВИХ МЕТОДІВ, МЕТОДИК ТА ЗАСОБІВ КОНТРОЛЮ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ГАЗОПРОВІДНИХ СИСТЕМ ТА ОБЛАДНАННЯ**

З метою перевірки технічних, метрологічних та функціональних характеристик, а також можливість використання розроблених установок контролю, було проведено їх промислові випробування.

#### **5.1 Виготовлення та промислова апробація приладу для контролю теплоти згоряння природного газу GAS-Ni-Q**

Виготовлення та промислова апробація приладу для контролю теплоти згоряння природного газу GAS-Ni-Q, було проведено на базі Богородчанського ЛВУМГ УМГ «ПРИКАРПАТТРАНСГАЗ» в ході виконання науково-дослідних та дослідно конструкторських робіт в рамках договору між ПАТ "УКРТРАНСГАЗ" та ІФНТУНГ (Додаток Д).

Випробування проводились у три етапи згідно з розробленої програми та методики випробувань приладу для визначення теплоти згоряння природного газу GAS-Ni-Q (Додаток Ж).

Впродовж першого етапу, вимірювання проводились на попередньо відібраних пробах газу представниками лабораторії, з зазначеними значеннями ТЗПГ проби, визначеними з використанням хроматорграфа Кристал-2000. Випробування проводились на базі Івано-Франківського національного технічного університету. До складу комісії увійшли представники ПАТ «ПРИКАРПАТТРАНСГАЗ» (додаток К), представники кафедри «Енергетичного менеджменту і технічної діагностики» та співробітники НДІ НГЕіЕ.



Випробування було проведено згідно розробленої та затвердженої методики (Додаток Ж).

Результати проведення випробувань оформлені у вигляді протоколу випробувань відповідно до ДСТУ 3974-2000 та представлені в Додатку И.

Другий етап проходив на ГРС Угринів (рисунок 5.1).



Рисунок 5.1 - Відбір проби на ГРС Угринів та використання потокового хроматографа Danaluxer 370 ХА

Значення теплоти згорання проби, відібраною з ГРС Угринів, визначалось в процесі вимірювання приладом і потоковим хроматографом Danaluxer 370 ХА. Результати вимірювань підтвердили необхідну точність вимірювання приладу. Виміряні значення занесені в протокол (Додаток К).

Впродовж третього етапу відбиралась проба з мережі ГРС Богородчани. Результати вимірювань підтвердили необхідну точність вимірювання приладу, та перейти до етапу оцінки технічної відповідності.

В результаті проведення оцінки технічної відповідності встановлено необхідні параметри експлуатування приладу та підтверджено його можливість до застосування при проведенні експрес контролю НТЗПГ, що підтверджується відповідним актом (Додаток К).

## 5.2 Промислова апробація установки для контролю витоків на кранових вузлах та обладнанні.

В процесі експлуатації часто відбуваються різні порушення нормального функціонування окремих вузлів, зокрема запірної та регулюючої арматури. Також негерметичність запірної арматури та байпасування призводить до зниження ефективності компресорних станцій та перевитрати технологічного газу. Перевитрата паливного газу в 10 %, яка виникає внаслідок негерметичності на кранових вузлах та байпасування, це надлишкове спалювання 2,2 млрд. м<sup>3</sup> паливного газу в рік, і це тільки по одній компресорній станції. З метою виявлення негерметичності на кранових вузлах та проведення промислової апробації розробленої установки для контролю витоків було проведено її промислові випробування в умовах ДК «Укртрансгаз», Бібрське ЛВУМГ (рисунок 5.2).



Рисунок 5.2 - Промислові випробування установки для контролю витоків.

В ході проведення випробувань були виявлені місця витоків природного газу на кранових вузлах магістральних трубопроводів та запірно-регулюючій арматурі, а також виміряно їх об'єм (Таблиця 5.1).

Таблиця 5.1 – Результати випробувань в умовах ДК «Укртрансгаз», Бібрське ЛВУМГ

Об'єкт/ділянка вимірювання	Швидкість витоку, м/с	Витрата, м <sup>3</sup> /год
Кран №35 (імпульсні трубки)	0,81	0,86
Кран №17 (імпульсні трубки)	1,3	1,22
Свічка камери запуску поршня №3	2,51	2,23
Кран № 21 (імпульсна трубка)	Витоку не виявлено.	
Муфта для підключення манометра (на крані №17)	0,57	0,49
Свічка камери запуску поршня №4	Витоку не виявлено.	

Багаторічний досвід експлуатації об'єктів газового господарства показує, що найбільш великі аварії з важкими наслідками виникають через несвоєчасне виявлення та усунення витоків газу.

### **5.3 Промислова апробація установки для контролю витоків на кранових вузлах та обладнанні в умовах АГНКС.**

Автомобільна газонаповнювальна компресорна станція (АГНКС) №1 на базі компресорного блоку «Microbox» виробництва “Galileo S.A.” розташована в с. Дем'янів, Галицького району, Івано-Франківської області та належить до об'єктів ПАТ «КОНЦЕРН ГАЛІНАФТОГАЗ» (рисунок 5.3).



Рисунок 5.3 – АГНКС №1, с. Дем'янів

АГНКС складається з блоку, в якому монтується компресорна установка, вологомасловідділювачі, апарат повітряного охолодження (АПО), секція із 10 балонів загальним об'ємом  $1\text{м}^3$  акумуляторів газу, електродвигун, електрощитова. Блок встановлюється поза приміщенням, складається з металевої рами, на якому монтується обладнання. Конструкція обшита сталевим листом товщиною 12 мм. Компресорний блок складається із трьох відсіків розділених металевими перегородками: компресорної kabіни, моторної kabіни, та електрощитової (рисунок 5.4). Електрощитова та моторна kabіна знаходиться постійно під надлишковим тиском повітря.



Рисунок 5.4 – Блок компресора



Дослідження технологічних і нетехнологічних витоків природного газу при експлуатації АГНКС включає в себе основні види і стадії роботи: пошук витоків природного газу з обладнання, визначення загазованості закритих приміщень; визначення об'єму витоків газу з негерметичного обладнання АГНКС (рисунок 5.5).



а)

б)

Рисунок 5.5 - Виявлення нетехнологічного витoku природного газу на елементах обладнання АГНКС: а) дренаж замірного вузла; б) індикаторний пристрій одоризації газу.

В ході апробації було проведено такі роботи: дослідження технологічних і нетехнологічних втрат природного газу при експлуатації; вимірювання втрат природного газу при експлуатації; вимірювання втрат природного газу при щодобовому обслуговуванні; вимірювання втрати газу при дренажу фільтрів газозаправної колонки; вимірювання втрати газу при дренажу компресорної установки; вимірювання втрати газу при дренажу вхідних фільтрів-сепараторів компресорної установки; вимірювання втрат природного газу при щодобовому обслуговуванні ГРС; визначення об'єм втрат газу при аварійному скиді.

При проведенні вимірювань були виявлені наступні витoki та технологічні втрати газу:

- на продувній свічці №1, які складають 1,8 м<sup>3</sup> на добу;
- на дренажному патрубку замірного пункту, які складають 0,5 м<sup>3</sup> на добу;
- при дренажу фільтрів газозаправної колонки – 12,5 м<sup>3</sup> на операцію;
- при дренажу компресорної установки – 10,5 м<sup>3</sup> на операцію;
- при дренажу вхідних фільтрів-сепараторів – 3,1 м<sup>3</sup> на операцію;
- при щодобовому обслуговуванні – 13,62 м<sup>3</sup> на добу;
- при аварійному скиді – 744,4 м<sup>3</sup> за операцію;
- при проведенні технічного обслуговування та ремонту - 1039,928м<sup>3</sup>.

За результатами проведених вимірювань, та на основі розробленої методики, проведено визначення втрат природного газу на АГНКС, а також розроблено відповідні форми актів втрат природного газу при проведенні робіт з щоденного обслуговування, технічного обслуговування (ремонт) та втрат при виникненні аварійних ситуаціях.

#### **5.4 Промислова апробація системи для виявлення та вимірювання рівня рідини в порожнинах газопроводів**

Промислова апробація системи для виявлення та вимірювання рівня рідини в порожнинах газопроводів проводились на ділянці газопроводу «Пасічна-Промисел-Тисмениця» діаметром 325 мм та 525мм Богородчанського ЛВУМГ та на газопроводі «Долина-Ужгород-Держкордон» (800мм) та Компресорній станції «Росош» Закарпатського ЛВУМГ з метою пошуку та вимірювання рівня води (конденсату) в порожнинах газопроводу (рисунок 5.6).



Рисунок 5.6 - Промислова апробація системи для виявлення та вимірювання рівня рідини в порожнинах газопроводів

В ходів випробування практично на всіх відкритих ділянках газопроводів було виявлено накопичення рідини, який складав від 35ти до 205 мм (Таблиця 5.2).

Таблиця 5.2 – Результати промислової апробації.

№	Об'єкт	Рівень рідини, мм
1	Газопровід «Пасічна-Промисел-Тисмениця», діаметром 525 мм	205
2		160
3		35
4		20
5	Газопровід «Пасічна-Промисел-Тисмениця», діаметром 325 мм	15
6		8
7	Газопровід «Долина-Ужгород-Держкордон», діаметром 800 мм	34
8		28
9		21

Виявлені ділянки з накопиченою рідиною в порожнині газопроводу є потенційно небезпечним, оскільки рівень води в окремих місцях займає більше 40% внутрішнього січення трубопроводу.

### **5.5. Досвід проведення робіт з визначення фізико-механічних характеристик та виявлення дефектів в сталевих трубопроводах.**

Роботи було проведено в два етапи на потенційно небезпечних ділянках магістрального газопроводу «Союз» на переході р. Айдар (1239 км, Луганська обл.) та на магістральному трубопроводі рідкого аміаку (рис. 17 на ділянці № 15 (Одеська обл.). Згідно з календарним планом робіт за відповідними договорами було проведено: візуально-інструментальний та оптичний контроль стану трубопроводу опор та місць входу в землю; вимірювання товщини стінки трубопроводу; вимірювання твердості; вимірювання ударної в'язкості; вимірювання коерцитивної сили; вимірювання рівня рідини в порожнинах газопроводу (рисунок 5.7).



Рисунок 5.7 – Визначення фізико-механічних характеристик та виявлення дефектів в сталевих трубопроводах.



Було розроблено відповідну методику розрахунку механічних характеристик за результатами вимірювань, яка передбачала:

1) Визначення ударної в'язкості було здійснено за шкалою КСV при температурі 0 °С;

2) За сертифікатами середні значення границі плинності  $\sigma_T = 331,4$  МПа та границі витривалості  $\sigma_B = 516,5$  МПа для сталі Х.42, а для сталі Х.46 ці значення складають – границя плинності  $\sigma_T = 362,3$  МПа та границя витривалості  $\sigma_B = 466$  МПа;

3) За сертифікатами середні значення ударної в'язкості КСУ 70,54 кДж/см<sup>2</sup> для сталі Х.42, а для сталі Х.46 це значення складає 139,20 кДж/см<sup>2</sup> при температурі -40 °С

4) Значення ударної в'язкості визначені за Методикою виконання вимірювань ударної в'язкості сталей трубопровідного сортаменту;

5) Межа витривалості  $\sigma_B$  розраховувалась за значеннями твердості по Брінелю та за значеннями коерцитивної сили:

а. за значеннями твердості НВ,  $\sigma_B = \text{НВ}(\text{МПа}) * k$ , де  $\text{НВ}(\text{МПа}) = \text{НВ} * 9,81$ ,  $k = 0,345$  ( $\text{НВ} < 1500$ ),  $k = 0,36$  ( $\text{НВ} > 1500$ );

б. за значеннями коерцитивної сили за табличними значеннями (рисунок 5.8)

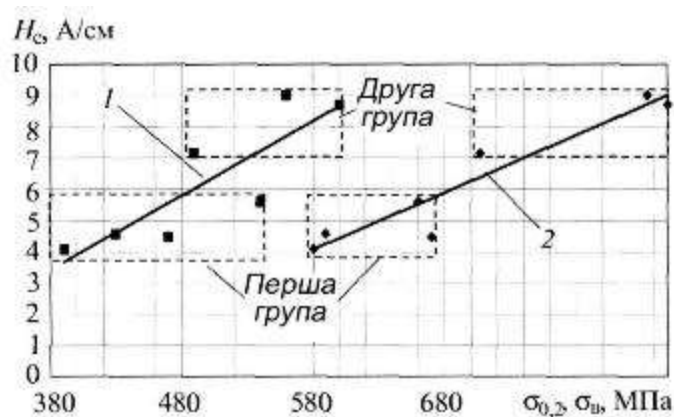


Рисунок 5.8 – Залежність коерцитивної сили від межі плинності (1) та витривалості (2) для сталі марки 17Г1С

б) Границя плинності  $\sigma_T$  та границя витривалості  $\sigma_B$  була визначена за Методикою виконання вимірювань границі плинності конструкційних (трубопровідних) сталей.

7) Напружений стан за значеннями коерцитивної сили встановлено за номограмами (рисунок 5.9);

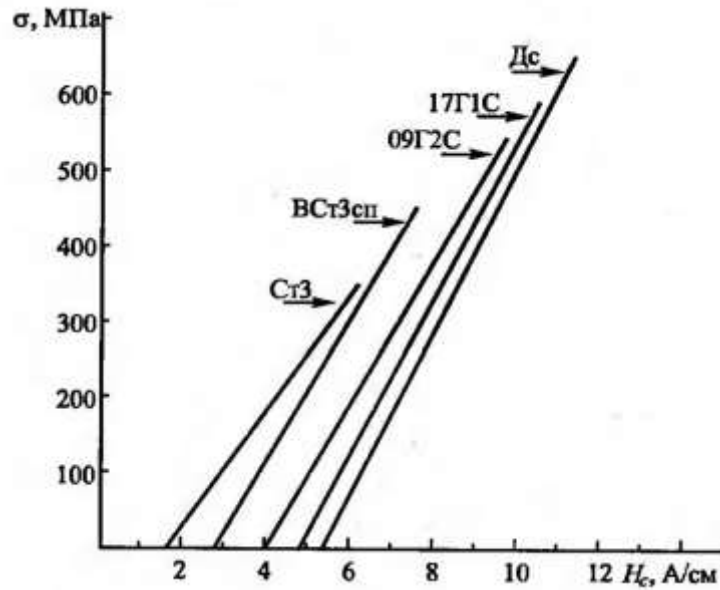


Рисунок 5.9 – Номограми для контролю напружень за коерцитивною силою при одноісному розтягуванні плоских зразків із конструкційних сталей

Результати оброблення замірів приведені в таблиці 5.3.

Таблиця 5.3 – Результати оброблених замірів на одній із ділянок.

Сталь	Нормативна $\sigma_B$ /запас	Нормативна $\sigma_T$ /запас	$\sigma_B$ (за НВ)	$\sigma_B$ (за методикою)	$\sigma_T$ (за методикою)	$\sigma_T$ (за коерц.силою)
Х.42	516,5/399,7	331,4/245,7	476,5	438,3	276,6	380

Результати ж самих проведених замірів на окремій з ділянок подано в таблиці 5.4.

Таблиця 5.4 – Результати замірів на одній із ділянок.

№ Точки контролю по перерізу труби	Твердість, Нь	Коерцетивна сила, Нс (А/см)			Ударна в'язкість, КСВ (кДж/см <sup>2</sup> )		Електричний опір, R <sub>т</sub> (мкОм)	Товщина, мм	σ <sub>т</sub>	σ <sub>в</sub>
		0°	90°	45°	Покази По ІВС-12, Частота, Гц					
1	124	2,9	4,0	3,5	21200 21206 21204	65,88556	12,42	12,7	244	400
2	122	2,8	3,6	3,1	20764 20808 20778	90,56632	12,40	12,2	240	397
3	119	2,8	2,9	2,6	21250 21238 21238	76,17384	12,28	12,6	235	386
4	139	2,8	2,7	2,9	21270 21258 21254	46,86913	11,65	12,7	275	435
5	121	4,2	2,4	3,1	21632 21616 21498	53,72210	12,30	12,7	239	391
6	175	4,5	2,5	3,6	21398 21394 21330	56,6084	12,35	12,7	347	524
7	171	3,9	2,4	3,0	21460 21458 21450	60,08019	11,79	12,3	340	515
8	148	2,7	2,7	2,6	21424 21452 21518	52,22088	11,94	12,7	293	458

Дослідження було проведено згідно з розробленою методикою випробувань з використанням розроблених технічних засобів та приладів, які виготовляються серійно. За результатами проведених досліджень на магістральному газопроводі було виявлено ділянки з аномально великим розкидом значення границі плинності металу труби, що може свідчити про деградацію механічних властивостей матеріалу (рисунок 5.10).

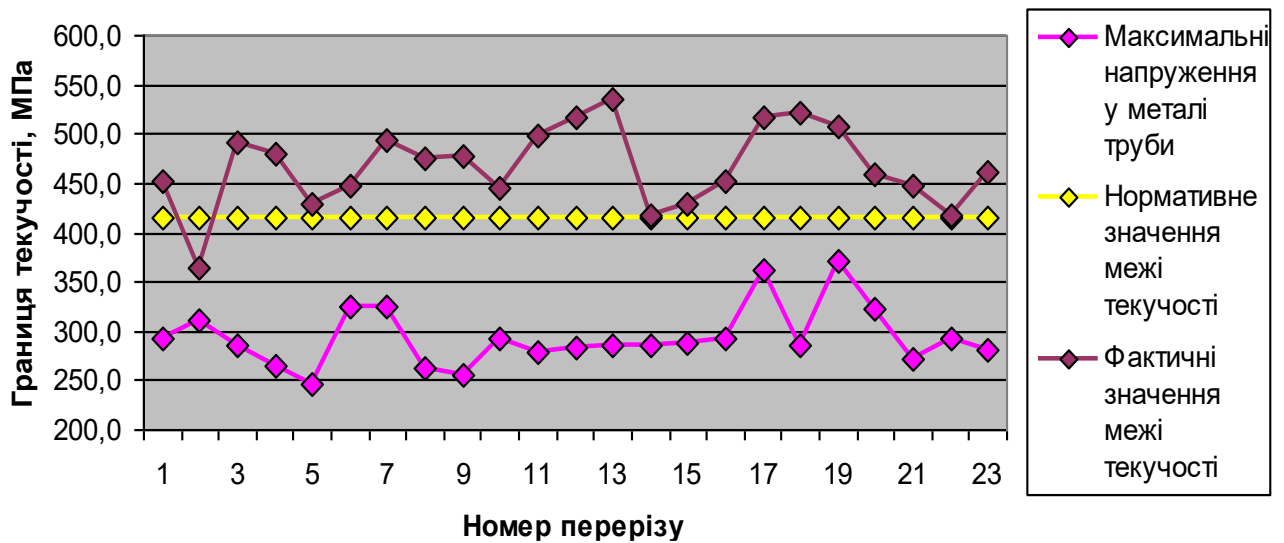


Рисунок 5.10 – Розподіл значень межі текучості та напружень на обстеженій ділянці газопроводу.

Дослідження проведені на магістральному трубопроводі рідкого аміаку та проведені розрахунки навпаки не виявили процесів деградації фізико-механічних характеристик металу, що дозволило не проводити роботи з ремонту даної ділянки.

## 5.6 Досвід проведення робіт з контролю експлуатаційних параметрів та енергоефективності газопровідних систем промислових підприємств.

Відповідно до угоди між ПАТ «УКРТРАНСГАЗ та ІФНТУНГ в 2016р. – 2017р. було проведено роботи з енергоаудиту, моніторингу та аналізу енергоспоживання, визначення показників енергоефективності, розробка пропозицій щодо енергозбереження для об'єктів ПАТ «УКРТРАНСГАЗ» (рис. 5.6). Метою науково-технічної роботи було визначення та аналіз показників енергоефективності лінійної частини магістральних газопроводів, компресорних станцій, цехів, газорозподільчих та газовимірювальних станцій та

технологічних процесів, складання енергетичних балансів за всіма видами енергетичних ресурсів, а також проведення інструментального контролю за ефективністю витрат паливно-енергетичних ресурсів на об'єктах Долинського ЛВУМГ [206, 207].

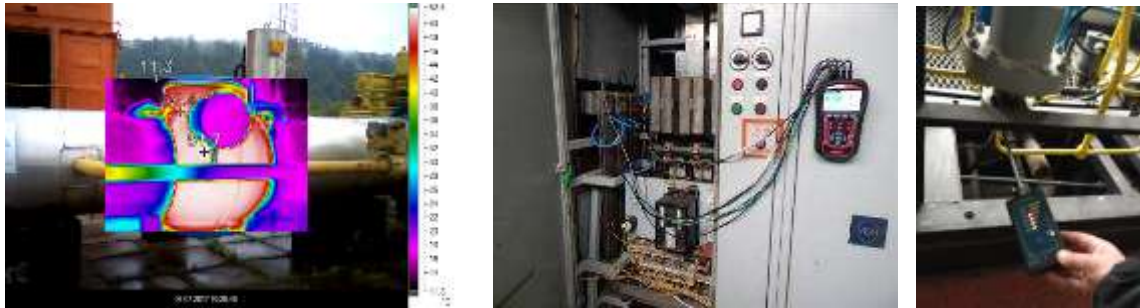


Рисунок 5.8 - Проведення обстеження газопровідних систем та обладнання промислових підприємств.

За результатами виконання робіт було здійснено розробка організаційно-технічних заходів щодо підвищення ефективності використання паливно-енергетичних ресурсів, визначення переліку робіт, необхідних для реалізації конкретних енергозберігаючих заходів, проведена кількісна оцінка факторів, що впливають на економічну ефективність заходів, виконана оцінка вартості запропонованих заходів і їх ранжування по енергетичній ефективності.

## Висновки до розділу 5

1. Подано результати промислової апробації виготовленого приладу для контролю теплоти згорання природного газу. За результатами апробації складено відповідні акти та протоколи, що підтвердили можливість використання розробленого приладу в промислових умовах а також необхідний рівень точності вимірювань.

2. Описано результати випробувань в промислових умовах установки для контролю витоків на кранових вузлах та обладнанні. Дослідження проводились на різних промислових майданчиках та різному обладнанні.

3. Подано результати промислових випробувань системи для вимірювання рівня рідини в порожнинах діючих газопроводів. В ході випробувань були виявлені ділянки трубопроводів, в яких накопичена рідина майже на половину перекриває січення трубопроводу. За результатами випробувань зроблено відповідні висновки та надано рекомендації.

4. Розкрито досвід проведення контролю технічного стану та експлуатаційних параметрів газопровідних систем в експлуатаційних умовах.

## РОЗДІЛ 6

### НОРМАТИВНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РОЗРОБЛЕНИХ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ТА МЕТОДІВ ДІАГНОСТИКИ ТРУБОПРОВІДНИХ СИСТЕМ

#### **6.1 Розроблення нормативного забезпечення вимірювання теплоти згоряння природного газу кореляційним методом.**

Розроблення даного нормативного документу стало наслідком успішного виконання науково-дослідної роботи, проведення промислового випробування та передачі приладу для вимірювання теплоти згоряння природного газу в ПАТ «УКРТРАНСГАЗ».

Розроблений стандарт (СОУ 49.5-30019801-137:2017 Метрологія. Природний газ. Вимірювання нижчої теплоти згоряння кореляційним методом, Додаток Е) установлює методику вимірювання об'ємної теплоти згоряння природного газу кореляційним методом, який не вимагає вимірювання компонентного складу газу, або обчислень, що ґрунтуються на складі газу для використання у вимірювальних хіміко-аналітичних лабораторіях, діагностичних лабораторіях і підрозділах метрологічної служби ПАТ «УКРТРАНСГАЗ», що контролюють і використовують у своїй виробничій діяльності фізико-хімічні показники якості газу.

Робочий діапазон для нижчої теплоти згоряння міститься між 31,81 МДж/м<sup>3</sup> (7600 ккал/м<sup>3</sup>) і 37,68 МДж/м<sup>3</sup> (9000 ккал/м<sup>3</sup>) за стандартних умов. Стандарт прийнято та надано йому чинності наказом ПАТ "УКРТРАНСГАЗ" від 28.12.2017 № 906.

Стандарт вводить поняття експрес – контроль теплоти згоряння природного газу, зокрема це стандартизований (атестований) або нестандартизований метод контролю, що дає змогу за більш короткий час визначити теплоту згоряння природного газу та говорить що природний газ, що

призначений для промислового та комунально-побутового призначення, підлягає періодичному контролю якості, зокрема, це визначення теплоти згоряння природного газу.

Даний нормативни документ також встановлює вимоги до фахівців, які можуть проводити контроль якості природного газу та подає методіку проведення експрес-контролю теплоти згоряння природного газу.

Згідно з цією методикою для визначення теплоти згоряння природного газу використовують пристрій для експрес-контролю теплоти згоряння газу (далі за текстом – пристрій), схема якого наведена та принцип роботи подані в розділі 4. Температура навколишнього середовища при проведенні експрес-контролю повинна бути в межах від 15 °С до 35 °С. Пробовідбірник з пробом природного газу, відібраною згідно з ГОСТ 18917, під'єднують до входу пристрою.

За результатами проведення експрес-контролю якості природного газу повинен бути оформленим протокол, форма якого наведена у додатку.

Результати експрес-контролю теплоти згоряння природного газу можуть бути використані з метою попереднього оцінювання якості природного газу у польових та виробничих умовах. У випадку виявлення значних відхилів значення теплоти згоряння від базових (нормативних) доцільно провести хроматографічний аналіз відібраних проб газу.

Результати експрес-контролю теплоти згоряння природного газу можуть бути використані для визначення енергії природного газу відповідно до вимог ДСТУ ISO 15112.

При проведенні експрес-контролю якості природного газу необхідно строго дотримуватися норм, правил, положень та інструкцій з техніки безпеки, пожежної безпеки, охорони праці та довкілля, які чинні у нафтогазовій та нафтопереробній промисловості.



## **6.2 Розроблення методичного забезпечення з оцінки втрат і витрат енергоносіїв при їх транспортуванні та зберіганні.**

В ході виконання науково-дослідної роботи з розроблення та впровадження енергоефективних технологій на діючих енергоємних об'єктах нафтогазового комплексу була розроблена методика з оцінки втрат енергоносіїв при зберіганні та транспортуванні.

Методика оцінки втрат і витрат енергоносіїв при їх транспортуванні та зберіганні передбачає:

- розрахунок питомого енергоспоживання залежно від обсягів виробництва;
- визначення питомих витрат природного газу під час його транспортування магістральними газопроводами;
- визначення витрат і втрат паливного газу під час експлуатації компресорних станцій;
- визначення витрат природного газу на продування дріпів, конденсатозбірників і конденсатоуловлювачів;
- визначення технологічних витрат природного газу під час експлуатації газорозподільних станцій;
- визначення виробничо-технологічних витрат природного газу під час експлуатації газовимірювальних станцій;
- визначення виробничо-технологічних витрат і втрат природного газу під час експлуатації підземних сховищ газу;
- визначення виробничо-технологічних витрат природного газу під час експлуатації установок підготування газу;
- визначення обсягів втрат газу під час експлуатації магістральних газопроводів;
- розрахунок технічних втрат газу внаслідок негерметичності обладнання;
- визначення витрат газу на продування свердловин.

Дана методика призначена для визначення питомих виробничо-технічних витрат природного газу під час експлуатації компресорних станцій магістральних газопроводів, дожимних компресорних станцій підземних сховищ газу, які обладнані різними типами газоперекачувальних агрегатів, лінійної частини магістральних газопроводів, підземних сховищ газу з метою визначення рівня найбільш раціонального використання та економного споживання газу, відповідно з структурою його витрат, на цих об'єктах на рівні газотранспортних підприємств (Управління МГ та ін. організаційних структур).

### **6.3 Розроблення методичного забезпечення з визначення об'ємів витоків природного газу.**

На замовлення ПАТ «КОНЦЕРН ГАЛНАФТОГАЗ» в 2016 р. були проведені науково-дослідні роботи з вимірювання об'ємів та розроблення методики (Додаток Л) визначення витоків природного газу на АГНКС ПАТ «КОНЦЕРН ГАЛНАФТОГАЗ». Розроблена методика поширюється на роботи: по експериментальному визначенню наявності витоків газу з обладнання, встановленого на комунікаціях і об'єктах газорозподільчих станцій; по вимірюванню та розрахунку об'ємів виявлених витоків газу; по визначенню загазованості приміщень.

Розроблена методика складається з наступних розділів:

- Галузь використання;
- Нормативні посилання;
- Загальні положення;
- Розрахунок об'ємів втрат природного газу;
- Вимірювання об'ємів втрат природного газу;
- Оформлення результатів вимірювань;
- Вимоги техніки безпеки;

- Додатки.

Визначення об'ємів включає розрахунок, перегляд, узгодження та затвердження норм втрат при експлуатації АГНКС, а також організацію контролю за їх дотриманням.

Визначення місць витоків та дослідження герметичності обладнання АГНКС включає в себе наступні основні види і стадії робіт:

- пошук місць витоків природного газу з обладнання та елементів АГНКС;
- вимірювання та розрахунок об'ємів витоків природного газу з негерметичного обладнання;
- визначення загазованості закритих приміщень;

Дана Методика призначений для розрахунку та вимірювання об'ємів витоків природного газу при експлуатації автомобільних газонаповнювальних компресорних станцій (АГНКС), що обладнані різними типами компресорів.

Метою розрахунку та вимірювання об'ємів витоків природного газу є пошук шляхів зменшення їх втрат та визначення рівня найбільш раціонального та ефективного використання енергоресурсів.

При роботі обладнання АГНКС виникають витрати природного газу через негерметичність обладнання, проведення планових (позапланових, регламентних) ремонтних робіт, робіт з технічного обслуговування, діагностування обладнання, а також при виникненні аварійних ситуацій, зокрема:

- продуваннях та ремонтах і посвідченнях сепараторів, фільтрів, акумуляторів, манометрів, регуляторів тиску, ступенів стиснення газу компресорної установки;
- при заправках автомобілів;
- перевірках запобіжних клапанів;
- аварійних зупинках компресора;
- при заміні (регенерації) адсорбенту;
- при перевірці спрацювання системи газозахисту;

- втрати природного газу через сальники компресорних циліндрів.

В процесі роботи АГНКС на її окремих елементах виникають втрати природного газу різні за об'ємом, зокрема діапазони втрат можуть складати:

- мікро-витоки (менше 50 літрів на добу);
- міні-витоки (в середньому 0,55 м<sup>3</sup>/доба);
- малі витоки (в середньому 15 м<sup>3</sup>/доба);
- середні витоки (в середньому 86 м<sup>3</sup>/доба);
- великі витоки (в середньому 430 м<sup>3</sup>/доба);
- дуже великі, перед аварійні витоки (більше 720 м<sup>3</sup>/доба).

Також в методиці подано рекомендований перелік технічних засобів вимірювання витоків та вимоги до їх технічних характеристик

За результатами виконання науково-дослідних робіт дана методика була передана замовнику на затвердження.

#### **6.4 Розроблення технічних умов на виготовлення системи моніторингу накопичень рідини в порожнині трубопроводу.**

Розроблені технічні умови ТУ У 26.5-02070855-001:2016 погоджено з ДП «Карпатський експертно-технічний центр», управлінням Держпраці в Івано-Франківській області та мають висновок державної санітарно-епідеміологічної експертизи.

Основними споживачами системи моніторингу є підприємства газовидобувної та газотранспортної промисловості.

Конструкція системи моніторингу повинна забезпечувати надійність, довговічність і безпеку при виготовленні, монтажі та експлуатації на розрахункових параметрах протягом розрахункового ресурсу безпечної роботи, а також можливість технічного діагностування, очищення, промислового ремонту та експлуатаційного контролю.

Складові частини системи моніторингу повинні забезпечувати стійкість до постійних і часових навантажень, що виникають при експлуатації.

Основні розміри та маса системи моніторингу подані в таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 - Основні розміри та маса системи моніторингу рівня рідин, що накопичені у порожнині газопроводу.

<b>Ч.ч.</b>	<b>Назва складових частин</b>	<b>Габаритні розміри, не більше, мм</b>	<b>Маса, кг, не більше</b>
1	Блок акустичний	110×46×106	1,8
2	Щиток монтажний	96×50×45	0,1
3	Хомут фіксуєчий, модифікація: (КНС-530) (КНС-630) (КНС-720) (КНС-820) (КНС-1020) (КНС-1220) (КНС-1420)	30×1670×34 30×1990×34 30×2260×34 30×2570×34 30×3200×34 30×3830×34 30×4450×34	0,42 0,57 0,64 0,72 0,88 1,04 1,20
4	Болт стяжний	Ø17×200	0,2
5	Втулка опорна	Ø30×30	0,14
6	Втулка натяжна	Ø30×30	0,14
7	Кабель сигнальний	Ø4, довжина до 15 м	0,57
8	Контрольно-вимірювальний пункт	180×2100×180	12,5

До складу комплексу постачання системи моніторингу входять:

- блок акустичний;
- щиток монтажний;
- хомут фіксуєчий;
- болт стяжний;
- втулка опорна;
- втулка натяжна;
- кабель сигнальний;
- контрольно-вимірювальний пункт;

- монтажний комплект;
- комплект експлуатаційно-технічної документації;
- транспортна тара.

До складу комплекту постачання повинні входити експлуатаційні документи, виконані відповідно до вимогм ДСТУ ГОСТ 2.601.

Розроблені технічні умови поширюються на систему моніторингу накопичувань рідин у порожнинах діючих газопроводів, що призначена для вимірювання рівня рідин, що накопичені у порожнині газопроводу.

## **6.5 Розроблення методик визначення фізико-механічних характеристик сталей.**

Розроблення нових методів та технологій контролю, в тому числі і фізико-механічних характеристик, завжди вимагає створення принципово нових нормативних документів, що встановлюють порядок застосування розроблених технологій та приладів.

В ході виконання робіт за договором з УДП «Укрхімтрансміак» було розроблено дві методики: Методика виконання вимірювань ударної в'язкості сталей трубопровідного транспорту; Методика виконання вимірювань границі плинності конструкційний (трубопровідних) сталей. Згадані методики погоджені з ДП «Івано-Франківськстандартметрологія», ННЦ «Інститут метрології» (м.Харків), Карпатським експертно-технічним центром та ТОВ «НВФ «Зонд».

Методика передбачає проведення контролю елементів обладнання в умовах експлуатації. Вимірювання твердості здійснюється безпосередньо на зовнішній поверхні елементів металоконструкції на плоскій площадці, яку перед вимірюванням зачищають та шліфують. Для визначення твердості

рекомендується проводити заміри в трьох-чотирьох діаметрально-протилежних точках.

Обсяги та зони контролю жорстко не регламентовані і визначаються в залежності від ступеню навантаженості або ушкодженості елементів, а також, якщо є підозра на неоднорідність фізико-механічних характеристик елементів металоконструкції основи.

Для визначення твердості елементів металоконструкції основ рекомендується проводити контроль в трьох-чотирьох діаметрально протилежних точках по всій довжині елементів.

## **6.6 Створення банку даних фізико-хімічних характеристик природного газу.**

В ході проведення дисертаційних досліджень було створено базу даних про компонентний склад та фізико хімічні показники сумішей природного газу. База містить 1040 наборів даних різних газів (Додаток Г).

В базу даних на кожен пробу входять наступні вуглеводневі компоненти в % мол. природного газу:

- метан;
- етан;
- пропан;
- ізо-бутан;
- н-бутан;
- нео-пентан;
- ізо-пентан;
- н-пентан;
- гексани;
- кисень;

- азот;
- діоксид вуглецю.

На основі даного компонентного складу природного газу також подано розраховані за ним фізико-хімічні показники, зокрема:

- густина природного газу;
- вища та нижча теплота згоряння природного газу;
- вище та нижче число Воббе.

Діапазон значень: нижчої теплоти згоряння складає від 8907ккал/м<sup>3</sup> до 7760ккал/м<sup>3</sup>; вмісту метану від 99,3% до 75,2%; вмісту діоксиду вуглецю від 0% до 4,8%. Дана база буде корисним інструментом при розробці нових методів та методик контролю теплоти згоряння природного газу.

## **Висновки до розділу 6**

1. В розділі подано перелік та опис розроблених методик та нормативних документів контролю експлуатаційних параметрів газотранспортних систем, зокрема нормативного забезпечення контролю теплоти якісних показників природного газу, оцінки втрат і витрат енергоносіїв при їх транспортуванні та зберіганні, визначення об'ємів витоків природного газу, визначення фізико-механічних характеристик сталей.

2. Подано технічні умови на виготовлення системи моніторингу накопичень рідини в порожнинах газопроводів.

3. Наведено структуру та параметри банку даних фізико-хімічних характеристик природного газу.



## ВИСНОВКИ

У дисертації подано теоретичне узагальнення та нові рішення актуальної науково-практичної проблеми в галузі методів та приладів контролю експлуатаційних параметрів газопровідних систем, що полягає в розробленні новітніх методів контролю експлуатаційних параметрів шляхом дослідження нових інформативних параметрів контролю як технічного стану так і режиму роботи газопровідних систем. Отримано наступні основні результати і сформульовано такі наукові положення:

1. Проведений аналіз сучасного стану та тенденцій розвитку методів, засобів та технологій неруйнівного контролю експлуатаційних параметрів газопровідних систем та обладнання показав, що визначення технічного стану та їх діагностика здійснюється в основному за окремими інформативними параметрами без комплексного їх врахування, а висновок про можливість подальшої експлуатації обладнання приймається на основі тільки результатів контролю технічного стану матеріалу трубопроводів.

2. Розроблено теоретичні основи та математичну залежність впливу невеликого розміру наскрізних дефектів стінок трубопроводів на процес транспортування газу. Доведено, що наявність таких дефектів не тільки створює небезпечні аварійні ситуації з руйнуванням трубопроводів та завдання шкоди навколишньому середовищу, але і впливає на ефективність роботи трубопровідних систем та обладнання, створюючи локальний опір потоку та зменшуючи пропускну здатність та енергоефективність трубопровідних систем.

3. Розроблено математичні моделі впливу зміни геометрії поперечного перерізу (еліптичність, гофри, вдавлювання) газопроводу, наявності нетехнологічних скупчень в порожнині трубопроводу та якісних (фізико-хімічних) показників природного газу на пропускну здатність трубопровідних систем, що дає можливість оцінити вплив згаданих змін на енергоефективність

роботи газопроводів та обладнання. Оцінений економічний ефект від впровадження заходу з врахування фізико-хімічних показників природного газу при експлуатації обладнання всіх газорозподільчих станцій центрального регіону складає більше 2 млн. грн. на місяць.

4. В ході теоретичних та експериментальних досліджень виконано удосконалення методів:

- контролю теплоти згоряння природного газу, що полягає в розширенні можливосте, зокрема збільшення діапазону вимірювань на 10%, підвищення на 3% точності вимірювань шляхом використання ряду схемо-технічних рішень, які зменшують вплив похибки втрати півхвилі при ультразвукових вимірюваннях та розробленого алгоритму пошуку точки відліку акустичного сигналу, а також можливість вимірювання не тільки нижчої, але і вищої теплоти згоряння природного газу на основі отриманої залежності вищої теплоти згоряння від вмісту діоксиду вуглець, швидкості поширення ультразвукових коливань в пробі природнього газу та значення нижчої теплоти згоряння;

- вимірювання рівня скупчень в порожнині трубопроводу, що дозволило зменшити на 2% похибку вимірювань та проводити вимірювання рівня різних рідин окремо в робочих режимах транспортування газу газопроводами.

5. Розроблено та експериментально досліджено новий метод контролю наявності та вимірювання об'єму витоків природнього газу на кранових вузлах та обладнання магістральних трубопроводів, що дозволяє оцінювати витoki з похибкою не більше 1,36%. Даний метод пройшов успішні промислові випробування та показав свою ефективність при виявленні як мікро, так і дуже великих, перед аварійних витоків.

6. Проведено експериментальні дослідження нового інформативного параметру, а саме значення інтегральної густини зображень акустичних структурних шумів, які отримуються за допомогою ультразвукового

дефектоскопа, що працює з п'єзоперетворювачами з фазованими ґратками, що дозволило розробити новий метод попередження виникнення дефектів в сталевих трубопроводах на стадії їх зародження на мікроструктурному рівні та визначення границі плинності металу трубопроводу.

7. Розроблено та впроваджено нові технічні засоби (пристрій для вимірювання вищої теплоти згоряння природного газу, установка для вимірювання рівнів рідин в порожнині газопроводу, установка для вимірювання рівнів витоків природного газу з газопроводів та обладнання) та технології які реалізують можливість контролю експлуатаційних параметрів газопровідних систем та обладнання та здійснено їх промислові випробування. Також розроблено ряд нормативних документів різних категорій (методик проведення вимірювань, методичного забезпечення з визначення об'ємів витоків природного газу, технічні умови на виготовлення розроблених систем) та введено в дію стандарт (СОУ 49.5-30019801-137:2017), який регламентує вимірювання теплоти згоряння природного газу кореляційним методом.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Про схвалення Енергетичної стратегії України на період до 2035 року. Розпорядження Кабінету Міністрів України від 18.08.2017р. № 605-р. URL: <http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/doccatalog/document?id=245239554> (дата звернення 14.02.2019).
2. Про схвалення Національного плану дій з енергоефективності на період до 2020 року. Розпорядження Кабінету Міністрів України від 25.11.2015р. №1228-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/n0001824-15#n2> (дата звернення 06.02.2019).
3. Мазур І. Енергоємність валового внутрішнього продукту України: передумови зниження. *Вісник ТНЕУ №1*. 2012 С. 64-72.
4. Regional Indicators: European Union (EU). URL: <http://www.eia.doe.gov/emeu/cabs/euro.html> (дата звернення 05.03.2019).
5. Остап О. П., Учанін В. М., Андрейко І. М., Маковійчук І. Р. Технічна діагностика і ресурс конструкцій після довготривалої експлуатації. *Фізичні методи та засоби контролю середовищ, матеріалів та виробів*. Львів: Фізико-механічний інститут НАН України. 1999. Вип. 4. С. 3 - 8.
6. Карпаш М. О., Карпаш О. М., Ващишак І. Р., Доценко Є. Р., Миндюк В. Д., Рибіцький І. В., Яворський А. В. Технічна діагностика обладнання та конструкцій : навч. посібник. Івано-Франківськ : ІФНТУНГ, 2020. 413 с.
7. Полтавець М. М. Енергетична стратегія як основний фактор енергозбереження на підприємстві. *Наукові праці КНТУ. Економічні науки*. Кіровоград. КНТУ. 2009. Випуск 15. С 370-373.

8. Климчук О. В. Формування енергозберігаючої політики: світовий досвід та перспективи впровадження в Україні. *Збалансоване природокористування*. 2014. № 4. С. 49-54.

9. Довідник працівника газотранспортного підприємства / заг. ред. А. А. Рудкіна. Київ : Росток. Нац. акціонерн. комп. «Нафтогаз України», ДК «Укртрансгаз», 2011. 1090 с.

10. Мазур И. И., Иванцов О. М. Безопасность трубопроводных систем. Москва : ИЦ «ЕЛИМА», 2004. 1041 с.

11. Яворський А. В., Карпаш О.М., Рибіцький І. В. Підходи до виявлення витоків газу з лінійної частини магістральних газопроводів у зонах геодинамічного ризику. *Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ*. 2011. №1(38). С. 113 – 119.

12. Заміховський Л. М., Штаєр Л. О. Контроль витоків з магістральних та технологічних трубопроводів : монографія . Івано-Франківськ : ІФНТУНГ, 2013. 224 с.

13. Сідак В. С. Інноваційні технології в діагностиці та експлуатації систем газопостачання: навч : посібник. Харків: ЧНАМГ, 2005. 227 с.

14. Field testing of remote sensor gas leak detection systems. Final report. Rocky Mountain oilfield testing center. Project № 18.10485. U.S. Department of Energy. National Energy Technology Laboratory (NETL), 2004. URL: [http://www.netl.doe.gov/technologies/oil-gas/publications/td/Final%20Report\\_RMO TC.pdf](http://www.netl.doe.gov/technologies/oil-gas/publications/td/Final%20Report_RMO TC.pdf) (дата звернення 05.02.2019).

15. Natural gas Leak detection in pipelines. Technology status report №DE-FC26-03NT41857. U.S. Department of Energy. National Energy Technology Laboratory (NETL). 2004. URL: <http://www.netl.doe.gov/technologies/oil->

[gas/publications/Status\\_Assessments/scanner\\_technology\\_0104.pdf](#) (дата звернення 10.05.2018).

16. Карпаш М. О. Акустичний контроль конструкцій та устаткування у нафтогазовій галузі : монографія / М. О. Карпаш, І. В. Рибіцький, Т. Т. Котурбаш, О. Г. Бондаренко ; Івано-Франківськ : ІФНТУНГ, 2011. 420 с.

17. ISO 97121:2005. Non-destructive testing. Qualification and certification of personnel. [Чинний від 2005-07-29]. 2006. 25 с.

18. Карпаш О. М., Рибіцький І. В., Дячишин І. М., Карпаш М.О., Артим І. М. Досвід оцінювання втрат теплової енергії на прикладі корпусу вищого навчального закладу. *Науковий вісник ІФНТУНГ*. 2009. №3 (21). С. 104-111.

19. Карпаш О. М., Рибіцький І. В., Яворський А. В. Досвід проведення енергоаудиту вищого навчального закладу. Ч. 1. *Ринок інсталяцій*. 2010. №11. С. 16 – 18.

20. Карпаш О. М., Рибіцький І. В., Яворський А. В.. Досвід проведення енергоаудиту вищого навчального закладу. Ч. 2. *Ринок інсталяцій*. 2010. №12. – 8 с.

21. Павлов Н. И., Эльц Е. Э. Обнаружение температурных аномалий, обусловленных заглубленными в грунт инородными объектами. *Известия высших учебных заведений. Радиоэлектроника*. 2007. т.50. № 3. С. 12-20.

22. Павлов Н. И., Ясинский Г. И. Малогабаритный авиационный сканер для съемки в инфракрасном и видимом диапазонах волн. *Известия высших учебных заведений. Радиоэлектроника*. 2004. . т. 47. № 3. С. 25 . 35.

23. Єнін П. М., Шишко Г. Г., Предун К. М. Газопостачання населених пунктів і об'єктів природним газом. Київ : Логос, 2002. 198 с.

24. Белашов А. Д. Особенности эксплуатации газового хозяйства в зимних условиях. Ленинград : Недра, 1982. 168с.

25. Чучакин Л. А., Тверетин Н. Е. Приборный контроль за состоянием газопроводов и газового оборудования. Ленинград : Недра, 1986. 167 с.

26. Семчук Я. М., Говдяк Р. Н., Кривенко Г. Н., Дрогомирецький Я. Н. Аналіз сучасного стану досліджень надійності магістральних нафтогазопроводів та причин і умов їх відмови. *Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ*. 2001. №38. С. 159-166.

27. Кутузов С. Е. Проблема построения технологической модели нефтепровода. Водные скопления. *Нефтегазовое дело*. 2004. №7. С. 34 – 38.

28. Карпаш О. М., Слободян В. І., Опацький В. І., Яворський А. В., Рибіцький І. В. Система для оцінки рівня рідини в діючих газопроводах. *Нафтова і газова промисловість*. 2009. №5–6. С. 41 – 43.

29. Карпаш О. М., Москвіч В. М., Василюк В. М., Яворський А. В. Забезпечення технологічної безпеки підводних переходів магістральних нафтопроводів. *Нафтогазова енергетика*. 2007. №1. – С. 34-39.

30. Дудик С. М., Земенков Ю. Д. Математическое и нормативное обеспечение мониторинга гидродинамических характеристик углеводородных сред в трубопроводах. *Нефтегазовое дело*. 2007. №12. С. 22 – 26.

31. Doroshenko Ya.V. Investigation of dispersed contaminates influence on the hydraulic energy consumption of elements of gas pipeline systems with complex geometry. *Topical scientific researcher into resource-saving technologies of mineral mining and processing* : Multi-authored monograph / Doroshenko Ya.V., Karpash O.M., Rybitskyi I.V. ; Sofia: Publishing House “St. Ivan Rilski”. 2020. P. 182–207.

32. Дудик С. М., Земенков Ю. Д. Математическое и нормативное обеспечение мониторинга гидродинамических характеристик углеводородных сред в трубопроводах. *Нефтегазовое дело*. 2007. №12. С. 22–26.

33. Raiter P. Methods and system for non-separational evaluation of hydrocarbon flow composition. *Modernization and engineering development of resource-saving technologies in mineral mining and processing* : Multi-authored monograph / Raiter P., Karpash O., Yavorskyi A., Rybitskyi I. ; Petrosani, Romania. UNIVERSITAS Publishing. 2019. 476p. pp. 304–326.

34. В. В. Неразрушающий контроль и диагностика : Справочник в 2-х книгах. Кн. 2. В.В. Клюев, Ф.Р. Соснин, В.Н Филинов [и др.] ; под ред. Клюева В. В. Москва : Машиностроение. 1995. 448 с.

35. Карпаш О. М. Рибицкий И. В., Яворский А. В., Карпаш М. О., Банахевич Р. Ю. Разработка системы оценки уровня жидкости в полостях действующих газопроводов. *Газовая промышленность. Трубопроводный транспорт. Приложение «Диагностика объектов газотранспортной системы*. Издательство «Газоил прес», С. 13 – 15.

36. Карпаш О. М., Рибицкий И. В., Яворський А. В., Карпаш М. О., Банахевич Р. Ю. Розроблення системи для оцінювання рівня рідини в порожнинах діючих газопроводів. *Збірник статей з технічного діагностування об'єктів транспорту та зберігання газу: збірник статей*. Київ. 2011. С. 3 – 6.

37. Карпаш О. М., Карпаш М. О., Рибицкий И. В., Тацакович Н. Л.. Развитие засобів неруйнівного контролю і технічної діагностики в нафтогазовій галузі. *Техническая диагностика и неразрушающий контроль*. 2009. № 3. С. 35-41.



38. Yavorskyi A., Karpash O., Vaschyschak S., Rybitskyi I. Remote monitoring system of main gas pipeline linear part sections position and condition. *Wiertnictwo. Nafta. Gaz*. Vol. 28. Issue 1-2. Krakow. 2011. p. 469-473.

39. Карпаш О. М., Банахевич Р. Ю., Карпаш М. О., Яворский А. В., Рибницкий И. В. Экспериментальные исследования метода определения уровня жидкостных скоплений в полости магистральных газопроводов. *Нефтегазовое дело: электрон. науч. журн.* 2013. №5. С. 244-257. URL: [http://www.ogbus.ru/authors/KarpashOM/KarpashOM\\_1.pdf](http://www.ogbus.ru/authors/KarpashOM/KarpashOM_1.pdf). (дата звернення 23.11.2018)

40. ДСТУ ISO/IEC 17024:2012. Оцінка відповідності. Загальні вимоги до органів, які здійснюють сертифікацію персоналу. [Чинний від 28-12-2012]. Вид. офіц. Київ, 2012. 25 с.

41. ДСТУ EN 473-2001. Кваліфікація і сертифікація персоналу в галузі неруйнівного контролю. Основні принципи. [Чинний від 01-07-2013]. Вид. офіц. Київ, 2012. 25 с.

42. Олійник А. П. Математичні моделі процесу квазістаціонарного деформування трубопровідних та промислових систем при зміні їх просторової конфігурації. Івано-Франківськ : ІФНТУНГ, 2010. 320 с.

43. Rybitsky I., Slobodyan M., Kogut G., Popovych V., Karpash M. Analysis of measures to enhance energy efficiency and sustainable development of the gas transmission system of Ukraine. *New Trends in Production Engineering*. Monograph, Part 2. Warsaw. 2019, pp.76-84.

44. Олійник, А. П., Штаєр Л. О. Моделювання розподілу тиску в трубопроводі за наявності витоків з використанням формули Даламбера. *Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського*. Вип. 2 (79). Кременчук : КрНУ. 2013. С. 66–71.

45. Yavorskyi A., Karpash O., Vaschyschak S., Rybitskyi I. Remote monitoring system of main gas pipeline linear part sections position and condition. *Wiertnictwo. Nafta. Gaz*. Vol. 28, Issue 1-2. Krakow, 2011, p. 469-473.

46. Котурбаш Т. Т., Карпаш М. О., Рибіцький І. В. Експериментальна перевірка безконтактного ультразвукового методу контролю товщини стінки газопроводів у процесі внутрішньотрубної діагностики. *Методи та прилади контролю якості*. 2012. №28. С.26-32.

47. Архипов Б. В. Применение математических методов для анализа и оценки экологически значимых событий при крупномасштабной аварии подводного газопровода / отв. ред. А. П. Абрамов. Москва : Вычислительный центр им. А. А. Дородницына Российской акад. наук, 2007. 74 с.

48. Едигаров А. С., Сулейманов В. А. Математическое моделирование аварийного истечения и рассеивания природного газа при разрыве газопровода. 1995. Том 7 : Математическое моделирование. № 4. С. 37–52.

49. Коцкулич Я. С., Рибіцький І. В., Гриманюк В. І., Бунійкевич О. І. До питання вибору критерію оцінювання деформаційної здатності тампонажного каменю. *Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент – техника и технология его применения: Сборник научных трудов*. Выпуск 15. Национальная Академия наук. Институт сверхтвердых материалов им. В.Н. Бакуля. Киев. 2012. С. 192–198

50. Larson R. G. Instabilities in viscoelastic flows. *Rheol. Acta*, 1992. V. 31. No 3. P. 213-263.

51. Frigaard I. A., Howison S. D., Sobey I. J. On the stability of Poiseuille flow of a Bingham fluids. *J. Fluid Mechanics*. 1994. V.263. P. 133-150

52. Георгиевский Д. В. Устойчивость процессов деформирования вязкопластических тел. Москва.: УРСС, 1998. 176 с.

53. Butcher, E. A., and Segalman, D. J., Characterizing Damping and Restitution in Compliant Impacts Via Modified K-V and Higher-Order Linear Viscoelastic Models. *ASME J. Appl. Mech.* 0021-8936. 67(4). pp. 831–834.
54. Шкадов В. Я. Запрянов З. Д. Течения вязкой жидкости. Москва : Издательство МГУ, 1984. 200 с.
55. Андерсон Д., Таннехил Дж., Плетчер Р. Вычислительная гидромеханика и теплообмен. Москва : Мир. 1990. Т.1 384с.
56. Олійник А. П., Штаєр Л. О. Дослідження впливу параметрів релаксації на збіжність чисельного методу послідовної верхньої релаксації для задачі Діріхле. *Карпатські математичні публікації*. Івано-Франківськ. 2012 Т.4, №2 С. 89-296.
57. Олейник О. А., Самохин В. Н. Математические методы в теории пограничного слоя. Москва : Физматлит, 1997. 512 с
58. Олейник А. П., Штаєр Л. Е. Моделирование течения вязкой жидкости при наличии оттока через границу области и перепада давления. *Вестник Московского Университета*. Серия 1. Математика. Механика. 2013, №3. С.61-65.
59. C. Foias, O. Manley, R. Rosa, and R. Temam, *Navier-Stokes Equations and Turbulence*, vol. 83, Cambridge University Press, Cambridge, UK, 2001. View at: Publisher Site Zentralblatt MATH MathSciNet
60. Dubrulle B., Laval J.-P., Nazarenko S., Zaboronski O. A model for rapid stochastic distortions of small-scale turbulence. *Journal of Fluid Mechanics*. vol. 520. 2004. pp. 1–21.
61. Nicolliay F. Theory and applications of viscous fluid flows. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers: Journal of Mechanical Engineering Science*. Part C. London Vol. 218. Iss. 11. Nov 2004.

62. Константінов Ю. М., Гіжа О. О. Технічна механіка рідини і газу: Підручник. Київ : Вища школа, 2002. 277с.
63. Колчунов В. І. Теоретична та прикладна гідромеханіка: Навч. Посібник. Київ : НАУ, 2004. 336с.
64. Олійник А. П., Незамай Б. С., Рибіцький І. В. Математичне моделювання впливу силових факторів на характеристики трубопроводу в процесі експлуатації. *Методи та прилади контролю якості*. 2018. №1(40). С. 105-107.
65. Robertson J. M., Sibulkin. J. M. Hydrodynamics in Theory and Application. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers: Journal of Mechanical Engineering Science*. Appl. Mech. Dec 1965, No32(4) 958p.
66. Яворський А.В., Карпаш О.М., Рибіцький І. В. Розроблення та апробація системи для вимірювання рівня рідини в порожнинах діючих газопроводів. *Неруйнівний контроль та технічна діагностика – UkrNDT-2009* : 6-а національна науково-технічна конф., 9–12 червня 2009 р. : збірник доповідей. Київ : УТ НКТД, 2009. – 402с.
67. Okipnyi Igor, Poberezhny Lyubomyr, Zapukhliak Vasyl, Hrytsanchuk Andrii, Poberezhna Liubov, Stanetsky Andriy, Kravchenko Viktoria, Rybitskyi Ihor. Impact of long-term operation on the reliability and durability of transit gas pipelines. *Strojnícky časopis – Journal of mechanical engineering* vol. 70 (2020), no 1, p. 115-126.
68. Rybitskyi I. V., Trofimchuk V. I., Kogut G. M. Enhancing the efficiency of gas distribution stations operation by selecting the optimal gas pressure and temperature parameters at the station outlet. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, 2020, № 3. p. 47–52.

69. Фролов Ю. А., Новоселов В. Ф. Очистка полости действующих магистральных трубопроводов. Уфа : Изд. Уфим. нефт. ин-та. 1989.

70. Яковлев С. И., Казак О. С., Михалків В. Б. Режимы газотранспортных систем. Львів : Світ. 1992. 170 с.

71. Седов П. И. Механика сплошной среды. Москва : Наука, 1984. т.2. 572 с.

72. Nigmatulin R. I. Methods of mechanics of a continuous medium for the description of multiphase mixtures. *Journal of Applied Mathematics and Mechanics*. vol. 34. no 6. 1970. pp. 1097–1112.

73. Яворський А. В., Карпаш О. М., Рибіцький І. В. Система для вимірювання рівня рідини в порожнинах діючих газопроводів. *Нафтогазова енергетика: проблеми та перспективи* : міжнародна науково-технічна конференція, 20 – 23 жовтня 2009 р. Збірник анотацій. Івано-Франківськ : Факел. 2009. С. 115.

74. Rybitskyi I. V., Yavorskyi A. V., Banahevych R. Yu. Stationary system of measuring the liquid level in the cavities of the existing gas pipeline. *NDT days 2011*."Дни на безразрушителния контрол 2011. Научни известия на НТСМ. Sozopol. Republic of Bulgaria. 2011. №1 (121). С. 93-95.

75. Яворський А. В., Банахевич Р. Ю., Рибіцький І. В., Карпаш М. О., Карпаш. О. М. Діагностування скупчень нетехнологічної рідини в порожнинах діючих газопроводів. *Нафтогазова енергетика 2015* : 4-та Міжнародна науково-технічна конференція, м. Івано-Франківськ, 21 – 24 квітня 2015 р. С. 258 – 262.

76. Рибіцький І. В., Трофімчук В. І. Енергозатратність газотранспортної системи (ГТС) України та основні чинники, які на неї впливають. *Сучасні прилади, матеріали і технології для неруйнівного контролю і технічної діагностики машинобудівного і нафтогазопромислового обладнання* : Восьма Міжнародна науково-технічна конференція пам'яті професора Ігоря Кісіля.

Збірник матеріалів доповідей 14–16 листопада 2017 р. м. Івано-Франківськ, ІФНТУНГ. 2017. С. 169-171.

77. Рибіцький І. В., Трофімчук В. І. Відбір тепла із лінії трубопроводів охолоджуючого масла газоперекачуючого агрегату та способи його ефективного використання. *Вісник КрНУ імені Михайла Остроградського. Випуск 6/2019 (119). Галузеве машинобудування.* С. 133-139.

78. Рибіцький І. В., Трофімчук В.І., Карпаш М.О. Основні чинники енергоємності газотранспортної системи України та роль управлінських заходів для їх зменшення. *Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ.* 2017. №4(65). С. 19-25.

79. Про ринок природного газу : Закон України від 09.04.2015 р. № 329-VIII. *Голос України.* 09.05.2015. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/329-19> (дата звернення 12.12.2018).

80. Директива Європейського Парламенту та Ради 2009/73/ЄС від 13 липня 2009 року. URL: <http://old.minjust.gov.ua/file/32544.docx> (дата звернення 13.12.2018).

81. Rybitskyi I., Karpash O., Darvay I., Karpash M. New low-cost method for determination of heating value of natural gas. *Wiernictwo. Nafta. Gaz.* Vol. 28, Issue 1-2. Krakow, 2011, p.333-338.

82. Рибіцький І. В., Карпаш М. О., Яворський А. В., Райтер П. М., Орлов І. О., Болховітін М. І. Виготовлення, налагодження та промислова апробація в умовах ПАТ «Укртрансгаз» приладу для експрес-контролю теплоти згоряння природного газу. *Нафтогазова галузь України.* 2018. №4. С. 32-37.

83. ДСТУ ISO 15112:2009. Природний газ. Визначення енергії. [Чинний від 2011-01-01]. Вид. офіц. Київ : Державне підприємство Всеукраїнський державний науково-виробничий центр стандартизації, метрології, сертифікації та захисту прав споживачів (Укрметртестстандарт), 2009. 58 с.

84. ДСТУ ISO 15971:2014. Природний газ. Вимірювання властивостей. [Чинний від 2015-05-01]. Вид. офіц. Київ : Державне підприємство

Всеукраїнський державний науково-виробничий центр стандартизації, метрології, сертифікації та захисту прав споживачів (Укрметртестстандарт), 2014. 86 с.

85. ДСТУ ISO 6976:2009. Природний газ. Обчислення теплоти згоряння, відносної густини і числа Воббе на основі компонентного складу. [Чинний від 2011-01-01]. Вид. офіц. Київ : Технічний комітет стандартизації «Аналіз газів, рідких та твердих речовин» (ТК 122), 2010. 98 с.

86. Koturbash T., Karpash M., Darvai I., Rybitskyi I., Kutcherjv V. Development of new instant technology of natural gas quality determination. *Proceedings of the ASME 2013 Power Conference : Power 2013. July 29-August 1, Boston, Massachusetts, USA, 2013. pp. 1-6.*

87. Спосіб експрес-визначення теплоти згоряння природного газу: пат. 92846 Україна. №а200905201; заявл 25.05.2009. опубл. 10.12.2010, Бюл.№ 23, 4 с.

88. Ультразвуковий перетворювач для безконтактного вимірювання товщини матеріалів при використанні повітряно-акустичного зв'язку: пат. 40002 Україна. №а200811117; заявл 15.09.2008. опубл. 25.03.2009, Бюл.№ 6, 3 с.

89. Способ определения теплоты сгорания природного газа: пат. 121938 Росія. №2011140504/28(060534); заявл. 05.10.2011; опубл. 10.11.2012. 9 с.

90. Спосіб експрес визначення теплоти згоряння природного газу з урахуванням температури: пат. 114212 . Україна. №а201500678; заявл. 28.01.2015. опубл. 10.03.2017, Бюл. № 5, 7с.

91. Рибіцький І. В., Височанський І. І., Карпаш О. М., Карпаш М. О. Урахування температури природного газу при експрес-визначенні його теплоти згоряння. *Нафтогазова енергетика*. 2017. №2(28). С. 83-88.

92. Рибіцький І. В., Карпаш О. М., Карпаш М. О. Безконтактний ультразвуковий метод контролю товщини металоконструкцій. *Неруйнівний контроль та технічна діагностика – UkrNDT-2009 : 6-а національна науково-технічна конф., 9 – 12 червня 2009 р. : збірник доповідей*. м. Київ, 2009. 402с.

93. Карпаш О.М., Яворський А. В., Карпаш М. О., Рибіцький І. В., Тацакович Н. Л., Доценко Є. Р. Нові розробки в галузі технічної діагностики об'єктів довготривалої експлуатації нафтогазової галузі. *Механіка і фізика руйнування будівельних матеріалів та конструкцій* : VIII Міжнародний симпозіум, 5 – 8 жовтня 2009 р. Національна Академія наук України, МФРБМК, Київ. 2009.

94. Карпаш О.М., Давай І. Я., Рибіцький І.В., Карпаш М. О. Апробація нового методу визначення теплоти згоряння природного газу. *Електромагнітні та акустичні методи неруйнівного контролю матеріалів та виробів. Леотест-2010* : 15 Міжнародна науково-технічна конференція, 15-20 лютого 2010 р. Славське Львівської обл. Українське товариство неруйнівного контролю та технічної діагностики, 2010. с. 20.

95. Karpash O., Karpash M., Rybitsky I., Koturbash T. Experimental assembly for air-coupled ultrasonic hardware thickness control. *Proceedings of 5th International Symposium on Hydrocarbons and Chemistry (ISHC5)*, Sidi Fredj, Algeria, May 23-25, 2010, P.115.

96. Rybitsky I., Karpash O., Yavorsky A., Karpash M. Non-Contact Air-Coupled Ultrasonic Measurement of Geometry Parameters of Metallic Structures. *10-th European Conference on Non-Destructive Testing: Abstracts*. Moscow. June 7 – 11, 2010. Part 1. 2-th edition. Moscow, Publishing house Spektr, 2010. p.148.

97. Карпаш М. О., Рибіцький І. В., Котурбаш Т. Т.. Теоретична оцінка втрат енергії акустичних коливань при безконтактному ультразвуковому контролі. *Електромагнітні та акустичні методи неруйнівного контролю матеріалів та виробів* : матеріали 16-ої міжнародної науково-технічної конференції, 21-26 лютого 2011р. м. Славське, с. 10-11.

98. ISO 20765-1:2005 Natural gas. Calculation of thermodynamic properties. Part 1: Gas phase properties for transmission and distribution applications. [2005-09 ] : ISO/TC 193/SC 1 Analysis of natural gas. 2005. 120 p.



99. Якість газу. АТ «Укртрансгаз». URL: <http://utg.ua/utg/business-info/yakst-gazu.html> (дата звернення 01.02.2020).

100. Рибіцький І. В., Карпаш О. М., Карпаш М. О. Моделювання можливості вимірювання вищої теплоти згоряння природного газу за наявних інформативних параметрів. *Методи та прилади контролю якості*. № 1(44) 2020. С. 147-154.

101. СОУ 60.3-30019801-100:2012. Газ природний горючий. Визначення обсягів витрат природного газу на виробничо-технологічні потреби під час його транспортування газотранспортною системою та експлуатації підземних сховищ газу. Порядок розрахунку. [Чинний від 2012-01-11]. Вид. офіц. Київ. ДК «Укртрансгаз». 2012. 77с.

102. Рибіцький І. В., Карпаш О. М., Слободян М. Б. Технічне діагностування трубопровідних систем з врахуванням критеріїв їх енергоефективності. *XXII Міжнародна конференція «Сучасні методи та засоби неруйнівного контролю і технічної діагностики»* Присвячується 100-річчю Національної академії наук України : Тези допов. міжнар. конф. під ред. Ю.М. Посипайко 10-14 вересня 2018р. Київ, Міжнародна Асоціація «Зварювання», 2018. м. Одеса. с. 15.

103. Рибіцький І. В., Слободян М. Б. Дослідження комплексу заходів підвищення енергоефективності на об'єктах газотранспортної системи України. *Прикладні науково-технічні дослідження* : матеріали III міжнар. наук.-практ. конф., 3-5 квіт. 2019 р. Академія технічних наук України. м. Івано-Франківськ : Симфонія форте, 2019. С. 242.

104. Карпаш М. О., Слободян М. Б., Рибіцький І. В. Аналіз організаційних заходів щодо підвищення енергоефективності на об'єктах газотранспортної системи України. *Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ*. 2017. №4(65). С. 111-115.

105. Слободян М. Б., Карпаш М. О., Рибіцький І. В. Розроблення технічних рішень для забезпечення технологічної та екологічної безпеки на газовому

транспорті. *Неруйнівний контроль в контексті асоційованого членства України в Європейському Союзі – NDT-UA 2017* : збірник доповідей 1-шої науково-технічної конференції з міжнародною участю. 24–27 жовтня 2017 року. м. Люблін, Польща: УТ НКТД, 2017. 91 с. с. 81-84

106. ДСТУ ГОСТ 8.586.1:2009. Вимірювання витрати та кількості рідини і газу із застосуванням стандартних звужувальних пристроїв. Частина 1. Принцип методу вимірювання та загальні вимоги (ISO 5167-1:2003). [Чинний від 2010-04-01]. Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт України, 2009. 121 с.

107. ДСТУ ISO 6974-1:2007 Природний газ. Визначення складу із заданою невизначеністю методом газової хроматографії. Частина 1. Настанови щодо спеціалізованого аналізування (ISO 6974-1:2000, IDT). [Чинний від 2007-05-01]. Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт України, 2008. 82 с.

108. ДСТУ ISO 6974-2:2007 Природний газ. Визначення складу із заданою невизначеністю методом газової хроматографії. Частина 2. Характеристики вимірювальної системи і статистичне оброблення даних (ISO 6974-2:2001, IDT). [Чинний від 2007-08-02]. Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт України, 2008. 103 с.

109. Дарвай І. Я. Експрес метод контролю якості природного газу : дис... канд. техн. наук : 05.11.13 / Національний університет „Львівська політехніка”. Львів, 2010. 154 с.

110. Карпаш М. О., Рибіцький І. В., Яворський А. В., Райтер П. М. Експрес-контроль теплоти згоряння природного газу. *Неруйнівний контроль та технічна діагностика – UkrNDT-2019* : збірник доповідей 9-ї Національної науково-технічної конференції. м. Київ, УТ НКТД, 2019. 270 с. с.139-144.

111. Рибіцький І. В., Височанський І. І., Карпаш О. М., Карпаш М. О Метод та обладнання для еспрес-контролю теплоти згоряння природного газу. *Сучасні прилади, матеріали і технології для неруйнівного контролю і технічної діагностики машинобудівного і нафтогазопромислового обладнання* : збірна Міжнародна науково-технічна конференція і виставка. Збірник тез доповідей . 25

листопада – 28 листопада 2014 р. м. Івано-Франківськ: ІФНТУНГ. 2014. С. 228-231.

112. Яворський А. В., Карпаш О. М., Рибіцький І. В. Система для вимірювання рівня рідини в порожнинах діючих газопроводів. *Забезпечення експлуатаційної надійності систем трубопровідного транспорту* : науково-технічний семінар. 10-11 червня 2009 р. : збірник доповідей. м. Київ : НТК ІЭС ім. Е.О. Патона. 2009. 139с.

113. Пристрій для вимірювання рівня рідини в порожнині газопроводу: пат. 106840 Україна. № а201309982; заявл. 12.08.2013; опубл. 10.02.2014 р., Бюл. № 3. – 9 с.

114. Рибіцький І. В., Банахевич Р. Ю., Яворський А. В., Карпаш М. О. Моніторинг скупчень газоконденсату та рідини в порожнинах діючих газопроводів. *Електромагнітні та акустичні методи неруйнівного контролю матеріалів та виробів. Леотест-2012* : Матеріали 17 Міжнародної науково-технічної конференції , 20-25 лютого 2012р. м. Славське Львівська обл. С. 109 – 113.

115. Карпаш О. М., Карпаш М. О., Яворський А. В., Рибіцький І.В. Технологія і устаткування для моніторингу нетехнологічних скупчень рідини в порожнинах діючих газопроводів. *Сучасні прилади, матеріали і технології для неруйнівного контролю і технічної діагностики машинобудівного і нафтогазопромислового обладнання* : восьма Міжнародна науково-технічна конференція пам'яті професора Ігоря Кісіля : збірник матеріалів доповідей. 14 – 16 листопада 2017 р. м. Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2017. С. 139-141.

116. Карпаш О. М., Яворський А. В., Рибіцький І. В. Технологія і устаткування для моніторингу нетехнологічних скупчень рідини в порожнинах діючих газопроводів. *Неруйнівний контроль в контексті асоційованого членства України в Європейському Союзі – NDT-UA 2017* : збірник доповідей

1-ої науково-технічної конференції з міжнародною участю. 24–27 жовтня 2017 р. м. Люблін, Польща : УТ НКТД, 2017. 91 с. с. 34-37.

117. Банахевич Р. Ю., Яворський А. В., Рибіцький І. В., Карпаш М. О., Карпаш О. М. Технологія моніторингу нетехнологічних скупчень рідини в порожнинах діючих газопроводів. *Сучасні прилади, матеріали і технології для неруйнівного контролю і технічної діагностики машинобудівного і нафтогазопромислового обладнання* : збірка Міжнародна науково-технічна конференція і виставка : збірник тез доповідей. 25 листопада – 28 листопада 2014 р. м. Івано-Франківськ : ІФНТУНГ. 2014. С. 231-236.

118. Банахевич Р. Ю., Карпаш О. М., Карпаш М. О., Яворський А. В., Рибіцький І. В. Експериментальні дослідження методу визначення рівня скупчення рідини в порожнині магістральних газопроводів. *Нафтогазова енергетика 2013* : міжнародна науково-технічна конференція, 7 – 11 жовтня 2013 р. м. Івано-Франківськ, 2013. С. 228 – 231.

119. Банахевич Р. Ю., Карпаш О. М., Рибіцький І. В., Яворський А. В. Система моніторингу рівня жидкості в порожнині газопроводів. *Надежность и безопасность магистрального трубопроводного транспорта* : матеріали VII міжнародної науково-технічної конференції. 22-25 листопада 2011 г. Новополюк : ПГУ. 2011. С. 133-134.

120. Рибіцький І. В., Банахевич Р. Ю., Яворський А. В., Карпаш М. О. Чинники утворення гідратних накопичень в порожнині труб газопроводів та способи їх моніторингу. *Сучасні прилади, матеріали і технології для неруйнівного контролю і технічної діагностики машинобудівного і нафтогазопромислового обладнання* : шоста Міжнародна науково-технічна конференція і виставка : збірник тез доповідей. 29 листопада – 2 грудня 2011 р. м. Івано-Франківськ : ІФНТУНГ. 2011. С. 150-155.

121. Karpash O. M., Rybitskyi I. V., Karpash M. O., Koturbash T. T. Experimental setup for air coupled ultrasonic hardware thickness control. *NDT days 2011*. "Дни на безразрушителния контрол 2011. Sozopol, Republic of Bulgaria :

Научні известия на НТСМ. 2011. №1(121). С. 52-55.

122. Howard J., Khan Wayt, Taufiqar R. Integrated Savitzky-Golay Filter from Inverse Taylor Series Approach. *Digital Signal Processing* : 15th International Conference. 2007. Volume 1, 1-4 July 2007. P. 375–378.

123. P. A. Gorry. General Least-Squares Smoothing and Differentiation by the Convolution (Savitzky-Golay) Method / P. A. Gorry. *Analytical Chemistry*. - 1990 vol. 62, P. 570-573.

124. Ruffin C, King R. L. The analysis of hyperspectral data using Savitzky-Golay filtering-theoretical basis. *99 Proceedings. IEEE 1999 International : Geoscience and Remote Sensing Symposium, 1999. IGARSS apos;. Volume 2, Issue 1, 1999. P. 756–758.*

125. Baedeker P. A. Comments on Least-Square Polynomial Filters for Initial Point and Slope Estimation. *Analytical Chemistry*. vol. 57, 1985. pp. 1477-1479.

126. Карпаш О. М., Яворский А. В., Рибицкий И. В., Банахевич Р. Ю. Система оценки уровня жидкости для действующих газопроводов. *Трубопроводный транспорт – 2010* : материалы VI международной учебно-научно-практической конференции. г. Уфа : из-во УГНТУ. 2010. С. 45-47

127. Rybitskyi I. V., Oliynyk A. P., Yavorskyi A. V., Karpash O. M., Karpash M. O., Tsykh V. S., Slobodyan M. B. Impact Assessment of Non-Technological Fluid Accumulations in the Cavity of an Existing Gas Pipeline on the Energy Efficiency of Its Operation. *Physics and chemistry of solid state*. Vasyl Stefanyk Precarpathian National University. V. 20, № 4. 2019. P. 457-466.

128. Методика виконання експрес-контролю витрат природного газу в трубопроводах діаметром 80 – 200 мм за допомогою осереднюючих напірних трубок. МВИ 03-01-2001.

129. Карпаш О. М., Петришин І. С., Криничний П. Я. Технічна діагностика побутових лічильників в умовах експлуатації. *Техническая диагностика и неразрушающий контроль*. 1997. № 4. С.41-44.

130. Спосіб експрес-перевірки витратомірів та лічильників газу: пат. 71483

Україна. . №20031213263; заявл. 31.12.2003; опубл. 15.11.04, Бюл. № 11. 4 с.

131. Vane Wheel Flow Sensors FA. Höntzsch GmbH. URL: [www.hoentzsch.com](http://www.hoentzsch.com) (дата звернення 03.07.2010).

132. Кремлевский П. П. Расходомеры и счетчики количества. Машиностроение. Ленинград. 1989. 701 с.

133. Бакулін Є. М., Сидоренко С. П., Давай І. Я., Рибіцький І. В., Карпаш М. О. Досвід використання турбінного вимірювача швидкості потоку газу для експрес-повірки побутових лічильників газу. *Методи та прилади контролю якості*. 2007. № 18. С. 54-58.

134. Карпаш О. М., Рибіцький І. В., Яворський А. В., Карпаш М. О., Банахевич Р. Ю. Підготовка персоналу газотранспортних компаній для пошуку витоків і втрат природного газу. *Підвищення надійності та ефективності роботи лінійної частини магістральних газопроводів газотранспортної системи ДК «Укртрансгаз»* : збірник доп. 21 – 25 лютого 2011 р., м. Яремче, 2011. С. 32 – 37.

135. Яворський А. В., Карпаш О. М., Карпаш М. О., Рибіцький І. В. Організація підготовки персоналу газотранспортних компаній для пошуку витоків та визначення втрат природного газу. *Сучасні прилади, матеріали і технології для неруйнівного контролю і технічної діагностики машинобудівного і нафтогазопромислового обладнання* : шоста Міжнародна науково-технічна конференція і виставка : збірник тез доповідей. 29 листопада – 2 грудня 2011 р. м. Івано-Франківськ : ІФНТУНГ. 2011. С. 171-176.

136. Гвідо ван Баелен, Яворський А. В., Йенс Антонсон, Рибіцький І. В., Карпаш М. О. Методи та засоби виявлення витоків та втрат вуглеводневих енергоносіїв в системах транспортування та зберігання нафти і газу. *Проблеми і перспективи транспортування нафти і газу* : матеріали міжнародної науково-технічної конференції, м. Івано-Франківськ, 15-18 травня 2012р. Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, 2012. С.282–289.

137. Бродин І. С., Петришин І. С., Бестелесний А. Г., Дикий П. І.

Державний спеціальний еталон одиниць об'єму та об'ємної витрати газу. *Український метрологічний журнал*. 1997. №3. С. 31-35.

138. Природний газ: інноваційні рішення для сталого розвитку: монографія / загальна редакція: О. Карпаш. Редакційна колегія: Райтер П. М., Карпаш М. О., Яворський А. В., Тацакович Н. Л., Рибіцький І. В., Дарвай І. Я., Банахевич Р. Ю., Височанський І. І. Івано-Франківськ : ІФНТУНГ, 2014. 398с.

139. Чабан Н. І., Рибіцький І. В., Миндюк В. Д. Розвиток акустичного виду контролю для виявлення та оцінювання структурних змін сталевих конструкцій. *Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ*. м. Івано-Франківськ, 2018. №3(68). С. 27-30.

140. J. K. Brownlee, K. O. Flesner, K. R. Riggs. Selection and Qualitification of Materials for HPHT Wells. SPE 97590, 2005.

141. Механіка руйнування та міцність матеріалів : Довідниковий посібник. Під заг. ред. В. В. Панасюка. Т.9: Міцність і довговічність авіаційних матеріалів та елементів конструкцій / Осташ О. П. та ін. Львів : Сполом, 2007. 1068 с.

142. Чабан Н.І., Карпаш О. М., Рибіцький І. В., Миндюк В. Д. Аналіз методів акустичного контролю фізико-механічних характеристик металоконструкцій довготривалої експлуатації. *Методи та прилади контролю якості*. 2018. №1(41). С. 38-43.

143. Технічна діагностика матеріалів і конструкцій: Довідн. пос. у 8-ми т. / за заг. ред. З. Т. Назарчука. Т. 5: Акустичні методи контролю деградації матеріалів і дефектності елементів конструкцій / В. Р. Скальський, О. М. Карпаш, В. В. Кошовий, А. Я. Недосека, О. М. Станкевич. Львів: Простір-М, 2017. 416 с.

144. Неразрушающий контроль и диагностика : Справочник. Клюев В. В. и др.; Под ред. В. В. Клюева. М. : Машиностроение, 1995. 448 с.

145. Муравьев В. В., Зуев Л. Б., Комаров К. Л. Скорость звука и структура сталей и сплавов. Новосибирск : Наука, 1996. 184 с.

146. Муравьев В. В. Взаимосвязь структуры и твердости сталей со

скоростью объемных и поверхностных акустических волн. Изв. вузов. Черная металлургия. 1991. № 10. С. 100 - 102.

147. Муравьев В. В., Сухарев Е. М., Ермолаева З. И. Связь скорости ультразвука с ударной вязкостью и технология контроля качества конструкционных сталей. Контроль. Диагностика. 2002. № 7. С. 49 - 55.

148. Муравьев В. В., Зуев Л. Б., Билута А. П. Взаимосвязь структуры и механических свойств инструментальной углеродистой стали со скоростью распространения ультразвуковых колебаний. *Техническая диагностика и неразрушающий контроль*. 1992. № 2. С. 69 - 71.

149. Шрейбер Г. К., Перлин С. М., Шибряев Б. Ф. Конструкционные материалы в нефтяной, нефтехимической и газовой промышленности. Москва : Машиностроение, 1969. 396 с.

150. Introduction to Phased Array Ultrasonic Technology Applications. *R/D Tech Guideline*. Quebec: R/D Techinc, 2012. 368 p.

151. Ультразвуковая дефектометрия металлов с применением голографических методов / Бадаян В. Г. и др. М. : Высшая школа, 2008. 298 с.

152. Junshan Gao, KeWang. Study on the technology of ultrasonic imaging detection based on phasedarray. *International Journal of Signal Processing, Image Processing and Patern Recognition*. 2013. Vol. 8, No.5. P. 71 - 78

153. Миндюк В. Д., Чабан Н. І., Експериментальні дослідження щодо можливості оцінки фактичного стану металу елементів нафтогазового обладнання в процесі їх експлуатації. *Розвідка і розробка нафтових і газових родовищ*. 2015. № 3. С. 89–99.

154. Чабан Н. І. Удосконалення методу оцінки технічного стану бурильних та насосно-компресорних труб : дис... на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : 05.05.12 / Івано-Франківськ. нац. техн. ун-т нафти і газу. Івано-Франківськ. 2019.



128 с.

155. Henrique Oliveira, Paulo Lobato Correia. Crack IT - An image processing toolbox for crack detection and characterization. *2014 IEEE International Conference on Image Processing (ICIP)*. 27-30 Oct. 2014 P. 102-109 .

156. Amanda M. White, Don S. Daly, Alan R. Willse, Miroslava Protic, Darrell P. Chandler. Automated Microarray Image Analysis Toolbox for MATLAB. *Bioinformatics*, Volume 21, Issue 17, P. 3578–3579.

157. Грановский В. А., Сирая Т. Н. Методы обработки экспериментальных данных при измерениях. Ленинград : Энергоатомиздат, 1990. 288 с.

158. Муравьев В. В., Зуев Л. Б., Комаров К. Л. Скорость звука и структура сталей и сплавов. Новосибирск : Наука, 1996. 182 с.

159. Муравйов В. В., Муравйова О. В., Байтерьяков А. В., Дедов А. И. Методика определения акустических структурных шумов металла. *Интеллектуальные системы в производстве*. 2013. № 1 (21). С. 143–148.

160. Чабан Н. І., Рибіцький І. В., Карпаш М. О., Миндюк В. Д. Апробація та аналіз результатів експериментальних досліджень удосконаленого методу контролю фізико-механічних характеристик сталей. *Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ*. м. Івано-Франківськ, 2018. №4(69). С. 37-49.

161. Карпаш О. М., Котурбаш Т. Т., Рибіцький І. В., Карпаш М.О., Яворський А. В. Експериментальна установка для безконтактного акустичного контролю елементів металоконструкцій після корозійного пошкодження. *Проблеми корозії та протикорозійного захисту матеріалів* : в 2-х т. Спецвипуск журналу «Фізико-хімічна механіка матеріалів». №8. м. Львів: Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка НАН України, 2010. Т. 2. С. 531-535

162. Карпаш М. О., Яворський А. В., Рибіцький І. В., Карпаш О. М. Сучасні методи і технології технічного діагностування металевих конструкцій та обладнання тривалого експлуатування. *Науково-виробничий журнал*

«Нафтогазова галузь України», №3, 2017. С. 34 – 37.

163. Миндюк В. Д., Чабан Н. І., Рибіцький І. В., Карпаш О. М.. Зв'язок між параметрами акустичних структурних шумів та механічними властивостями конструкційних сталей. *Фізико-хімічна механіка матеріалів*. 2020. № 3. С. 30-37.

164. Миндюк В. Д., Чабан Н. І., Рибіцький І. В., Карпаш О. М. Дослідження характеру зв'язку між параметрами акустичних структурних шумів конструкційних сталей та їх механічними властивостями. *Фізико-хімічна механіка матеріалів*. 2020. №3. С. 44–50.

165. Рибіцький І. В., Чабан Н. І. Нова технологія удосконалення безпеки експлуатації газотранспортних систем. *Прикладні науково-технічні дослідження* : матеріали III міжнар. наук.-практ. конф., 3-5 квіт. 2019 р. Академія технічних наук України. Івано-Франківськ : Симфонія форте, 2019. 242 с.

166. Миндюк В. Д., Карпаш М. О., Яворський А. В., Рибіцький І. В., Доценко Є. Р. Досвід оцінки деградації матеріалу труб аміакопроводу за результатами неруйнівного контролю їх механічних характеристик. *Техническая диагностика и неразрушающий контроль*. 2012. №2. С. 30-35.

167. Спосіб неруйнівного контролю ударної в'язкості елементів металоконструкцій: пат. 42294 Україна. №200442016; опубл. 25.06.2009р, Бюл. № 12, 2009 р. 8 с.

168. Карпаш О. М., Карпаш М. О., Ващишак І. Р., Доценко Є. Р., Миндюк В. Д., Рибіцький І. В., Яворський А. В. Технічна діагностика обладнання та конструкцій : навч. посібник. Івано-Франківськ : ІФНТУНГ, 2020. 413 с.

169. Карпаш М. О., Рибіцький І. В., Котурбаш Т. Т. Ідентифікація типів дефектів при ультразвуковому контролі. *Сучасні прилади, матеріали і технології для неруйнівного контролю і технічної діагностики машинобудівного і нафтогазопромислового обладнання* : шоста Міжнародна науково-технічна конференція і виставка : збірник тез доповідей. 29 листопада – 2 грудня 2011 р. м. Івано-Франківськ : ІФНТУНГ. 2011. С. 181-183.

170. Миндюк В. Д., Карпаш М. О., Яворський А. В., Доценко Є. Р., Рибіцький І. В. Оцінка ступеню деградації матеріалу труб аміакопроводу неруйнівними методами контролю. *Електромагнітні та акустичні методи неруйнівного контролю матеріалів та виробів. Леотест-2012* : матеріали 17 Міжнародної науково-технічної конференції, 20-25 лютого 2012р. м. Славське Львівська обл. С. 58 – 62.

171. Котурбаш Т. Т., Карпаш М. О., Рибіцький І. В. Ідентифікація типів порушень суцільності в ході ультразвукового контролю. *Електромагнітні та акустичні методи неруйнівного контролю матеріалів та виробів* : матеріали 17 Міжнародної науково-технічної конференції. Леотест-2012. 20-25 лютого 2012р. м. Славське Львівська обл. С. 105–108.

172. Яворський А. В., Таһар Аіфа, Райтер П. М., Рибицкий И. В., Ващишак С. П. Система прогнозирования геодинамической опасности в зоне пролегания протяженных инженерных сооружений. *NDT days 2011*”. “Дни на безразрушителния контрол 2011. Sozopol, Republic of Bulgaria. Научни известия на НТСМ. 2012. №1 (133). С.281-285.

173. Яворський А.В., Крив’юк І. В., Рибіцький І. В., Таһар Аіфа, Райтер П. М., Ващишак С. П. Моніторинг геодинамічної небезпеки в зоні пролягання нафтопроводів. *Неруйнівний контроль та технічна діагностика – UkrNDT-2012* : 7-а національна науково-технічна конф. 20 – 23 листопада 2012. : матеріали конференції. Київ : УТ НКТД, 2012. 439с. с. 324-328.

174. О.М. Карпаш. Нові засоби технічної діагностики магістральних газопроводів. О.М. Карпаш, А.В. Яворський, М.О. Карпаш, І.В. Рибіцький, Н.Л. Тацакович, Є.Р. Доценко //Збірник доповідей «Підвищення надійності та ефективності роботи лінійної частини магістральних газопроводів газотранспортної системи ДК «Укртрансгаз». Науково-технічна нарада. (2-5 березня 2010 р.). м. Яремче. – С. 60 - 65.

175. Попович О. В., Рибіцький І. В. Фокусування ультразвукових променів за допомогою перетворювачів з фазованими решітками. *Сучасні*

*прилади, матеріали і технології для неруйнівного контролю і технічної діагностики машинобудівного і нафтогазопромислового обладнання* : збірка Міжнародна науково-технічна конференція і виставка : збірник тез доповідей, 25 листопада – 28 листопада 2014 р. м. Івано-Франківськ : ІФНТУНГ. 2014. С. 240-242.

176. Котурбаш Т. Т., Карпаш М. О., Рибіцький І. В., Карпаш М. О. Експериментальна перевірка безконтактного ультразвукового контролю товщини стінки газопроводі при внутрішньо трубній діагностиці. *Проблеми і перспективи транспортування нафти і газу* : матеріали міжнародної науково-технічної конференції. Івано-Франківськ, 15-18 травня 2012р. Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу. Івано-Франківськ, 2012. С. 312–314.

177. Акустичний спосіб безконтактного контролю глибини корозійного пошкодження трубопроводів. пат. 90007. Україна. №200802378. Заявл. 25.02.2008; опубл. 25.03.2010, Бюл. №6. 5 с.

178. Карпаш О. М., Котурбаш Т. Т., Карпаш М. О., Рибіцький І. В., Коман Я. І. Розроблення методу безконтактного акустичного контролю геометричних параметрів зварних з'єднань. *Методи та прилади контролю якості*. 2010. № 24. С. 9 – 12.

179. Yavorskyi A. V., Vaschyshak S. P., Rybitskyi I. V., Raiter P. M. Mobile monitoring of geodynamic activity in the area of oil and gas pipelines. *NDT days 2011*”. “Дни на безразрушителния контрол 2011. Sozopol, Republic of Bulgaria. Научни известия на НТСМ. 2011. №1 (121). – С. 89-92.

180. Яворський А. В., Карпаш О. М., Рибіцький І. В., Карпаш М. О., Банахевич Р. Ю. Втрати природного газу в газотранспортній системі України. Засоби та методи виявлення. *Підвищення надійності та ефективності роботи лінійної частини магістральних газопроводів газотранспортної системи ДК «Укртрансгаз»*: 2012. м. Яремче, 2012. С. 62 – 67.

181. Яворский А. В., Ващишак С. П., Райтер П. М., Рибичский И. В. Диагностическое обеспечение безаварийной работы магистральных трубопроводов при наличии геодинамической активности. *Надежность и безопасность магистрального трубопроводного транспорта* : материалы VII международной научно-технической конференции. 22-25 ноября 2011 г. Новополюцк : ПГУ. 2011. С. 157-158.

182. Karpash M. O., Yavorsky A. V., Rybitsky I. V., Visochansky I. I., Daravay I. Y. Progress in the field of development of means for express control of natural gas combustion heat. *Proceedings of Scientific and Technical Union of Mechanical Engineering*. year XXIII. 2015. №2(165). P.p. 43-45.

183. Рибіцький І. В., Височанський І. І., Карпаш М. О., Карпаш О. М. Методи та обладнання для експрес-контролю теплоти згорання природного газу. *Сучасні прилади, матеріали і технології для неруйнівного контролю і технології діагностики машинобудівного і нафтогазопромислового обладнання* : збірник матеріалів доповідей сьомої міжнародної науково-практичної конференції і виставки. 25-28 листопада 2014, м.Івано-Франківськ. С. 228-230.

184. Дарвай И. Я., Карпаш М. О., Рыбичский И. В. Контроль качества природного газа - новое решение. *Литье и металлургия*, 3(67), 2012. с. 328-334.

185. Karpash O., Darvay I., Karpash M. New approach to natural gas quality determination. *Journal of Petroleum Science and Engineering*. Vol. 71, Issues 3-4, April 2010, P. 133-137.

186. Thavasimuthu M. Rajagopalan C., Kalyanasundaram P., Baldev Raj. Improving the evaluation sensitivity of ultrasonic pulse echo technique using a neural network classifier. *NDT&E International*.1996. Vol. 29, No. 3, P. 87-93

187. Grossberg S. Contour enhancement, short-term memory, and consistencies in reverberating neural networks. *Studies in Applied Mathematics*. 1973. Vol. 52. P. 217-257

188. Zgonc K. A, Achenbach J. D. Neural network for crack sizing trained by finite element calculations. *NDT & E International*. 1996. Vol. 29. P.147-155.

189. Рибіцький І. В., Височанський І. І., Даравай І. Я., Карпаш М. О., Карпаш О. М., Яворський А. В., Ващишак І. Р. Забезпечення експрес-контролю теплоти згорання природного газу. *Нафтогазова енергетика 2015* : 4-та міжнародна науково-технічна конференція (21-24 квітня 2015, м.Івано-Франківськ). 2015. С. 271-274.

190. Яворський А. В., Височанський І. І., Карпаш М. О., Райтер П. М., Рибіцький І. В. Досвід розробки і впровадження пристрою для експрес-контролю теплоти згорання природного газу. *Неруйнівний контроль та технічна діагностика – UkrNDT-2016* : 8-а національна науково-технічна конф., 22 – 24 листопада 2016 р. : матеріали конференції. Київ : УТ НКТД, 2016. – 380с. с.203-205.

191. Височанський І. І., Карпаш О. М., Карпаш М. О., Рибіцький І. В., Райтер П. М., Яворський А. В. Технічна реалізація і апробація удосконаленої технології експрес-контролю теплоти згорання природного газу. *Неруйнівний контроль в контексті асоційованого членства України в Європейському Союзі – NDT-UA 2017* : збірник доповідей 1-шої науково-технічної конференції з міжнародною участю. 24–27 жовтня 2017 р. м. Люблін, Польща : УТ НКТД, 2017 91 с. с. 11-14.

192. Рибіцький І. В., Височанський І. І., Карпаш М. О., Райтер П. М., Яворський А. В. Удосконалення технології та розробка пристрою експрес-контролю теплоти згорання природного газу. *Сучасні прилади, матеріали і технології для неруйнівного контролю і технічної діагностики машинобудівного і нафтогазопромислового обладнання* : восьма Міжнародна науково-технічна конференція пам'яті професора Ігоря Кісіля : Збірник матеріалів доповідей (14 – 16 листопада 2017 р.). Івано-Франківськ : ІФНТУНГ. 2017. С. 171-173.

193. Скорость звука / под. ред. А. М. Прохорова. Физическая энциклопедия. Москва : Советская энциклопедия, 1988. Т. 4.

194. Білокур І. П. Основи дефектоскопії : підручник. Київ : Азимут-Україна, 2004. 496 с.

195. Приборы для неразрушающего контроля материалов и изделий : справочник / под ред. В. В. Ключева. 2-е изд. Москва : Машиностроение, 1986, 352 с.
196. Белокур И. П., Коваленко В. А. Дефектоскопия материалов и изделий. Киев : Техника, 1989. 192 с.
197. David J., Cheeke N.. Fundamental and Application of Ultrasonic Waves. *CRC Series in Pure and Applied Physics*. CRC Press LLS. 2002. 453 p.
198. Palmer S. B., Aindow A. M., Scruby C. B Laser-Based Non-Destructive Testing Techniques. *Subsurface Flaws*, NDT International, 1984. v. 15, P. 239 – 245
199. Montero de Espinosa F., Gomez T. E., Albareda A., Perez R., Casals J.A. High Sensitive Piezoelectric Transducers for NDE Air Borne Applications. *IEEE Ultrasonics Symposium*. 2000. 1073p.
200. Kazys R.-J., Milius P.-B., Butkus J. Ultrasonic measuring system for the determination of thermal fluctuations in gas-discharge flow. *Proceedings of the XV International Conference on Phenomena in Ionized Gases*. Minsk, 1981, pt 2, p. 991-999
201. Gomez T. E., Gonzalez B., Montero F. Paper Characterization by Measurement of Thickness and Plane Resonances Using Air-Coupled Ultrasound. *IEEE Ultrasonics Symposium*, Munich (Germany). 8 -11 October, 2002. P. 36
202. Рибіцький І. В., Карпаш М. О., Яворський А. В., Райтер П. М., Карпаш О. М. Алгоритмічні та схемотехнічні рішення підвищення точності вимірювання теплотворної здатності природного газу пристроєм GAS-HI-Q. *Вимірювання, контроль та діагностика в технічних системах (Measurement, control and diagnosis in technical systems) (ВКДТС-2019)* : п'ята міжнародна наукова конференція : збірник тез доповідей. 29 – 31 жовтня 2019 р. Вінниця : ВНТУ, 2019. С. 10-11.
203. Doroshenko, Y., Rybitskyi, I. Investigation of the influence of the gas pipeline tee geometry on hydraulic energy loss of gas pipeline systems. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. Volume 1, Issue 8-103, 2020, P. 28-34.

204. Рибіцький І. В., Яворський А. В., Райтер П. М. Досвід виявлення та оцінки втрат природного газу на автомобільних газонаповнювальних компресорних станціях. *Неруйнівний контроль та технічна діагностика – UkrNDT-2016* : 8-а національна науково-технічна конф., 22 – 24 листопада 2016 р. : матеріали конференції. Київ : УТ НКТД, 2016. 380с. С.197-202.

205. Прищепо О. О., Карпаш М. О., Рибіцький І. В. Аналіз характеру та причин відмов запірної арматури на газовому транспорті. Частина 2. *Нафтова і газова промисловість*. 2008. №3. С. 44–47.

206. Цих В. С., Рибіцький І. В. Проблеми енергетичної ефективності в сучасному будівництві. *Прикладні науково-технічні дослідження* : IV міжнар. наук. практ. конф., Івано-Франківськ, 1-3 квітня 2020 р.: зб. матер. С. 170-171.

207. Карпаш О.М., Карпаш О. М., Рибіцький І. В., Яворський А. В. Досвід проведення робіт з енергоаудиту вищого навчального закладу. *Політика енергозбереження: досвід Норвегії* : науково-практична конференція м. Київ, 2 листопада 2010. Київ, 2010. С. 28-34.



**ДОДАТОК А**  
**ЗВІТ ПРО АВАРІЇ ТА ВІДМОВИ НА МАГІСТРАЛЬНИХ**  
**ГАЗОПРОВОДАХ ПАТ «УКРТРАНСГАЗ» У 2015-2016 роках.**



## Аварії та відмови на магістральних газопроводах ПАТ «УКРТРАНСГАЗ» у 2015-2016 роках

### Відмова МГ «Дашава-Мінськ» Ду 800 лупінг



1. Відмова сталася внаслідок розгерметизації трубної секції
2. Причиною розгерметизації стало розшарування металу тіла трубопроводу на локальній ділянці розміром 150х370 мм., що призвело до втрати міцнісних характеристик металу на даній ділянці та розкриття трубопроводу по тілу труби довжиною близько 14 м.п.
3. При ліквідації відмови було задіяно 76 працівників та 23 одиниці спецтехніки:
  - 67 працівників УМГ «ЛЬВІВТРАНСГАЗ».
  - 6 працівників БМФ «УКРГАЗПРОМБУД».
  - 3 працівника НВЦ «ТЕХДІАГАЗ».
4. Ремонтно-відновлювальні роботи:
  - початок: 07<sup>00</sup> 09.09.16 р.
  - кінець: 00<sup>30</sup> 11.09.16 р.
  - тривалість 44 години
5. Втрати газу 802 тис м<sup>3</sup>, вартість газу 5,4 млн. грн.

## Продовження Додатку А

### Руйнування МГ «Краматорськ-Донецьк-Маріуполь» Ду 1000 та відводу до ГРС «Донецьк-2» Ду 500



1. Руйнування внаслідок бойових дій;
2. Для ліквідації пошкоджень у взаємодії з ЗСУ було задіяно 49 працівників та 21 одиниця спецтехніки:
  - 48 працівників УМГ «ХАРКІВТРАНСГАЗ»;
  - 1 працівник НВЦ «ТЕХДІАГАЗ».
3. Аварійно-відновлювальні роботи:
  - початок: 07<sup>30</sup> 12.06.15 р.
  - кінець: 16<sup>00</sup> 16.09.15 р.
  - тривалість: 105 годин.
4. Втрати газу 5,1 млн. м<sup>3</sup>, вартість газу 29, 5 млн. грн.

### Відмова МГ «Союз» Ду1400 на 2577 км



1. Відмова сталася у гірській місцевості внаслідок розгерметизації кільцевого зварного шва.
2. Причиною розгерметизації кільцевого зварного з'єднання є дефекти монтажу та зварювання кільцевого з'єднання, допущені при будівництві МГ.
3. Для ліквідації відмови було задіяно 62 працівника та 24 одиниці спецтехніки:
  - 54 працівника УМГ «ПРИКАРПАТТРАНСГАЗ»;
  - 5 працівників БМФ «УКРГАЗПРОМБУД»;
  - 3 працівника НВЦ «ТЕХДІАГАЗ».
4. Ремонтно-відновлювальні роботи:
  - початок: 08<sup>00</sup> 02.01.16 р.;
  - кінець: 03<sup>00</sup> 05.01.16 р.;
  - тривалість: 63 години
5. Втрати газу 809 тис. м<sup>3</sup>, вартість газу 6 млн. грн.

## Продовження Додатку А

## Відмова МГ «Комарно-Дроздовичі» Ду500 на 6 км



1. Відмова сталася внаслідок розгерметизації більшовинсі зони повздожнього заводського з'єднання трубної секції довжиною 6 м з наступним руйнуванням частини даної секції довжиною 4,5 м та викидом її фрагментів на поверхню ґрунту.

2. Причиною розгерметизації є утворення стрес-корозійної тріщини.

3. При ліквідації відмови було задіяно 69 працівників та 22 одиниці спецтехніки:

- 60 працівників УМГ «ЛЬВІВТРАНСГАЗ»;
- 6 працівників БМФ «УКРГАЗПРОМБУД»;
- 3 працівники НВЦ «ТЕХДІАГАЗ».

4. Ремонтно-відновлювальні роботи:

- початок: 21<sup>30</sup> 10.01.16 р.
- кінець: 10<sup>55</sup> 12 січня 2016 р.;
- тривалість: 38 годин

5. Втрати газу 859 тис. м<sup>3</sup>, вартість 5,5 млн. грн.



Продовження Додатку А



## Відмова МГ «АТІ» на 178 км

1. Відмова сталася внаслідок наскрізного дефекту труби (тріщини) на відводі холодного гнуптя.
2. Ймовірною причиною розкриття виявленої поперечної тріщини є циклічне навантаження даної ділянки МГ, яка очевидно зародилася ще в ході будівельних робіт при проведенні операції «холодного» гнуптя відводу із порушенням технологічного режиму.
3. При ліквідації відмови було задіяно 88 працівників та 30 одиниць спецтехніки:
  - 49 працівників УМГ «ПРИКАРПАТТРАНСГАЗ».
  - 37 працівників БМФ «УКРГАЗПРОМБУД».
  - 2 працівника НВЦ «ТЕХДІАГАЗ»
4. Ремонтно-відновлювальні роботи:
  - початок: 19 ~~36~~ 29.08.16 р.
  - кінець: 21 ~~10~~ 02.08.16 р.
  - тривалість: 98 годин
5. Втрати газу 445 тис. м<sup>3</sup>, вартість 2,7 млн. грн.

**ДОДАТОК Б****КАТАЛОГ НОРМАТИВНИХ ДОКУМЕНТІВ**

Таблица Б1 – Каталог нормативних документів на геофізичне обладнання

ч/ч	Шифр документа	Найменування документа
<b>ГОСТ Р</b>		
1	ГОСТ 12.2.003-91	Оборудование производственное. Общие требования безопасности.
2	ГОСТ 12.2.034-78	ССБТ. Аппаратура скважинная геофизическая с источниками ионизирующих излучений. Общие требования радиационной безопасности.
3	ГОСТ 12997-84	Изделия ГСП. Общие технические условия.
4	ГОСТ 25893-83	Средства измерений для гидрогеологических исследований. Типы. Основные параметры. Общие технические требования.
5	ГОСТ 26116-84	Аппаратура геофизическая скважинная. Общие технические условия.
6	ГОСТ 28134-89	Сейсмоприемники электродинамические. Типы, основные параметры и технические требования.
7	ГОСТ 14213-89	Наконечники кабельные каротажные, головки зондов и головки скважинных приборов.

Таблица Б2 – Каталог нормативних документів на арматуру

ч/ч	Шифр документа	Найменування документа
1	2	3
<b>ГОСТ Р</b>		
1	ГОСТ 26349-84	Соединения трубопроводов и арматура. Давления условные.
2	ГОСТ 356-80	Арматура и детали трубопроводов. Давления условные, пробные и рабочие. Ряды.
3	ГОСТ 12.2.063-81	ССБТ. Арматура промышленная трубопроводная. Общие требования безопасности.
4	ГОСТ 4.114-84	СПКП. Арматура промышленная трубопроводная. Номенклатура основных показателей.
5	ГОСТ 3326-86	Клапаны запорные, клапаны и затворы обратные.
6	ГОСТ 3706-93	Задвижки. Строительные длины.
7	ГОСТ 4666-75	Арматура трубопроводная. Маркировка и отличительная окраска.
8	ГОСТ 5260-75	Маховики чугунные для трубопроводной арматуры. Типы, основные размеры и технические требования.
9	ГОСТ 576 1-74	Клапаны (вентили) на условное давление $P_u < 25$ МПа. Общие технические условия.
10	ГОСТ 5762-74	Задвижки на условное давление $P_u < 25$ МПа. Общие технические условия.
11	ГОСТ 6527-68	Концы муфтовые с трубной цилиндрической резьбой. Размеры.
12	ГОСТ 9544-93	Арматура трубопроводная запорная.
13	ГОСТ 9697-87	Клапаны запорные. Основные параметры.
14	ГОСТ 9698-86	Задвижки. Основные параметры.
15	ГОСТ 9702-87	Краны конусные и шаровые. Основные параметры.
16	ГОСТ 9789-75	Клапаны предохранительные пружинные, полноподъемные фланцевые стальные на $P_u 1.6$ и $4.0$ МПа. Технические условия.
17	ГОСТ 11823-91	Клапаны обратные на номинальное давление PN 25 МПа.
18	ГОСТ 12521-89	Затворы дисковые. Основные параметры.
19	ГОСТ 12532-88	Клапаны предохранительные прямого действия.
20	ГОСТ 12547-76	Указатели уровня с запорным устройством. Типы и параметры.
21	ГОСТ 12678-80	Регуляторы давления прямого действия. Основные параметры.



## Продовження Додатку Б

## Продовження таблиці Б2

1	2	3
23	ГОСТ 12816-80	Фланцы арматуры, соединительных частей и трубопроводов на Ру от 0.1 до 20.0 МПа. Общие технические требования.
24	ГОСТ 12822-80	Фланцы стальные свободные на приварном кольце на Ру от 0.1 до 2.5 МПа. Конструкция и размеры.
25	ГОСТ 12817-80	Фланцы литые из серого чугуна на Ру от 0.1 до 1.6 МПа. Конструкция и размеры.
26	ГОСТ 12820-80	Фланцы стальные плоские приварные на Ру от 0.1 до 2.5 МПа. Конструкция и размеры.
27	ГОСТ 12818-80	Фланцы литые из ковкого чугуна на Ру от 1.6 до 4.0 МПа. Конструкция и размеры.
28	ГОСТ 12821-80	Фланцы стальные приварные встык на Ру от 0.1 до 20.0 МПа. Конструкция и размеры.
29	ГОСТ 12819-80	Фланцы литые стальные на Ру от 1.6 до 20.0 МПа. Конструкция и размеры.
30	ГОСТ 12893-83	Клапаны регулирующие односедельные, двухседельные и клеточные. Общие технические условия.
31	ГОСТ 13252-91	Затворы обратные на номинальное давление Ру 25 МПа. Общие технические условия.
32	ГОСТ 13547-79	Затворы поворотные дисковые на Ру до 1.6 МПа. Общие технические условия.
33	ГОСТ 14187-84	Краны конусные. Строительные длины.
34	ГОСТ 15180-86	Прокладки плоские эластичные. Основные параметры и размеры.
35	ГОСТ 16587-71	Клапаны предохранительные, регулирующие и регуляторы давления. Строительные длины.
36	ГОСТ 21345-78	Краны конусные, шаровые и цилиндрические на Ру 1.6 МПа. Общие технические требования.
37	ГОСТ 21557-83	Втулки и кольца соединительные для металлических сильфонов. Технические условия.
38	ГОСТ 21744-83	Сильфоны многослойные металлические. Технические условия.
39	ГОСТ 22223-76	Устройства запорные для манометров. Основные параметры.
40	ГОСТ 22309-77	Арматура трубопроводная. Электроприводы. Основные параметры.
41	ГОСТ 22413-89	Арматура трубопроводная с электромагнитным приводом. Основные параметры.
42	ГОСТ 22445-88	Затворы обратные. Основные параметры.
43	ГОСТ 22512-77	Фланцы с шипом и пазом стальные на Ру до 6.4 МПа и Ду до 300 мм. Присоединительные размеры.
44	ГОСТ 22642-88	Арматура трубопроводная шланговая. Основные параметры.
45	ГОСТ 22643-87	Арматура из пластмасс. Основные параметры.
46	ГОСТ 23866-87	Клапаны регулирующие односедельные, двухседельные и клеточные. Основные параметры.

## Продовження Додатку Б

## Продовження таблиці Б2

1	2	3
47	ГОСТ 24856-81	Арматура трубопроводная промышленная. Термины и определения.
48	ГОСТ 24990-81	Арматура трубопроводная с защитным покрытием. Основные параметры.
49	ГОСТ 25923-89	Затворы дисковые регулирующие. Основные параметры.
50	ГОСТ 26304-84	Арматура промышленная трубопроводная для экспорта. Общие технические условия.
51	ГОСТ 27477-87	Клапаны обратные. Основные параметры.
52	ГОСТ 27581-88	Арматура стеклянная. Основные параметры.
53	ГОСТ 28338-89	Соединения трубопроводов и арматуры. Проходы условные (размеры номинальные). Ряды.
54	ГОСТ 28908-91	Краны шаровые и затворы дисковые. Строительные длины.
55	ГОСТ 28343-89 (ИСО7121-86)	Краны шаровые стальные фланцевые. Строительные длины.
<b>API</b>		
1	API Bull 6AF	Capabilities of API Flanges Under Combinations of Load. Продуктивність фланців API з розподіленням навантаженням.
2	API RP 14B	Design, Installation, Repair and Operation of Subsurface Safety Valve Systems. Проектування, встановлення, ремонт і експлуатація підземної запобіжної арматури.
3	API RP 14H	Installation, Maintenance and Repair of Surface Safety Valves and Underwater Safety Valves Offshore. Монтаж, технічне обслуговування і ремонт підземної запобіжної арматури і підводної запобіжної арматури.
4	API RP 53	Blowout Prevention Equipment Systems for Drilling Operations. Противикидне обладнання.
5	API Spec 14A/ISO 10432:1999	Specification for Subsurface Safety Valve Equipment Petroleum and natural gas industries — Downhole equipment — Subsurface safety valve equipment. Специфікація для підземної запобіжної арматури для нафтової і газової промисловості. Свердловинне обладнання. Підземна запобіжна арматура.
6	API Spec 14A/ISO 10432:1999	Specification for Subsurface Safety Valve Equipment. Специфікація для підземної запобіжної арматури
7	API Spec 14L/ISO 16070	Lock Mandrels and Landing Nipples. Стопорні пристрої і посадочні ніпелі.
8	API Spec 16C	Choke and Kill Systems (ANSI/API Spec 16C-1993). Дроселі і заглушки.
9	API Spec 16D	Control Systems for Drilling Well Control Equipment (ANSI/API Spec 16D-1993). Системи контролю бурового свердловинного обладнання.

## Продовження Додатку Б

## Продовження таблиці Б2

1	2	3
10	API Spec 6A	Wellhead and Christmas Tree Equipment. Обладнання устя і фонтанна арматура.
11	API Spec 6A/ISO 10423	Specification for Wellhead and Christmas Tree Equipment. Специфікація на обладнання устя і фонтанну арматуру.
12	API Spec 6AV1	Verification Test of Wellhead Surface Safety Valves and Underwater. Випробування устьової проти викидної арматури, наземної і підводної.
13	API Spec 6FA	Fire Test for Valves. Випробування арматури на вогнетривкість.
14	API Spec 6FC	Fire Test for Valve With Automatic Backseats. Випробування автоматичної арматури на вогнетривкість.
15	API Spec 6FD	Fire Test for Check Valves. Випробування зворотних клапанів на вогнетривкість.
16	API TR 6AF1	Temperature Derating of API Flanges Under Combination of Loading. Температурне погіршення параметрів фланців API з розподіленим навантаженням.
17	API TR 6AF2	Capabilities of API Integral Ranges Under Combination of Loading. Продуктивність вбудованих фланців API з розподіленим навантаженням.
18	API TR 6AM	Material Toughness. Ударна в'язкість матеріалів.
19	API TR 6F2	Fire Resistance Improvements for API Flanges. Випробування фланців API на вогнетривкість.
20	API Spec 17D	Subsea Wellhead and Christmas Tree Equipment. Підводне устьове і противикидне обладнання.
21	API RP 576	Inspection of Pressure Relieving Devices. Контроль пристроїв для зниження тиску.
22	API RP 621	Reconditioning of Metallic Gate, Globe, and Check Valves (ANSI/API Std 621-2001). Відновлення металевих заслінок, шарових і зворотних клапанів.
23	API Spec 6D/ISO 14313	Specification for Pipeline Valves. Специфікація на трубопровідну арматуру.
24	API Spec 6H	End Closures, Connectors, and Swivels. Заглушки, з'єднувальні муфти і шарнірні з'єднання.
25	API Std 526	Flanged Steel Pressure Relief Valves. Сталева фланцева арматура для зниження тиску.
26	API Std 527	Seat Tightness of Pressure Relief Valves. Герметичність посадки арматури для зниження тиску.
27	API Std 599	Metal Plug Valves-Flanged, Threaded and Welding End. Металева фланцева арматура з різьбовими і зварними кінцями.

## Продовження Додатку Б

## Продовження таблиці Б2

1	2	3
28	API Std 600	Bolted Bonnet Steel Gate Valves for Petroleum and Natural Gas Industries. Сталеві засувки для нафтової і газової промисловості.
29	API Std 602	Compact Steel Gate Valves-Flanged, Threaded, Welding, and Extended Body Ends. Компактна металева фланцева арматура з різьбовими, зварними і розширеними кінцями.
30	API Std 603	Corrosion-Resistant, Bolted Bonnet Gate Valves-Flanged and Butt- Welding Ends (ANSI/API Std 603-2001). Корозійна стійкість металевої фланцевої арматури з стиковими зварними кінцями.
31	API Std 607	Fire Test for Soft-Seated Quarter-turn Valves (ANSI/API Std 607-1993). Випробування на вогнетривкість секційних чвертьповоротних кранів.
32	API Std 608	Metal Ball Valves-Flanged, Threaded and Butt- Welding Ends. Металеві шарові клапани з різьбовими і зварними кінцями.
33	API Std 609	Butterfly Valves: Double Flanged. Поворотні заслінки: подвійні фланці.
<b>ISO</b>		
1	ISO 10417:1993	Petroleum and natural gas industries — Subsurface safety valve systems — Design, installation, operation and repair. Нафтова і газова промисловість. Підземна запобіжна арматура. Проектування, встановлення, експлуатація і ремонт.
2	ISO 10432:1999	Petroleum and natural gas industries — Downhole equipment — Subsurface safety valve equipment. Нафтова і газова промисловість. Свердловинне обладнання. Підземна запобіжна арматура.
3	ISO 10434:1998	Bolted bonnet steel gate valves for petroleum and natural gas industries. Сталева запірна арматура для нафтової і газової промисловості.
4	ISO 15761:2002	Steel gate, globe and check valves for sizes DN 100 and smaller, for the petroleum and natural gas industries. Сталева запірна шарова арматура для розмірів DN 100 і менше для нафтової і газової промисловості.
5	ISO 10838-1:2000	Mechanical fittings for polyethylene piping systems for the supply of gaseous fuels — Part 1: Metal fittings for pipes of nominal outside diameter less than or equal to 63 mm. Механічні фітинги для поліетиленових трубопровідних систем транспортування газового палива. Частина 1: Металеві фітинги номінальним зовнішнім діаметром меншим або рівним 63 мм.

## Продовження Додатку Б

## Продовження таблиці Б2

1	2	3
6	ISO 10838-2:2000	Mechanical fittings for polyethylene piping systems for the supply of gaseous fuels — Part 2: Metal fittings for pipes of nominal outside diameter greater than 63 mm. Механічні фітинги для поліетиленових трубопровідних систем транспортування газового палива. Частина 2: Металеві фітинги номінальним зовнішнім діаметром більше 63 мм.
7	ISO 10838-3:2001	Mechanical fittings for polyethylene piping systems for the supply of gaseous fuels — Part 3: Thermoplastics fittings for pipes of nominal outside diameter less than or equal to 63 mm. Механічні фітинги для поліетиленових трубопровідних систем транспортування газового палива. Частина 3: Термопластикові фітинги номінальним зовнішнім діаметром меншим або рівним 63 мм.
8	ISO 14313:1999	Petroleum and natural gas industries — Pipeline transportation systems — Pipeline valves. Нафтова і газова промисловість. Трубопроводи. Трубопровідна арматура.
9	ISO 15590-1:2001	Petroleum and natural gas industries - Induction bends, fittings and flanges for pipeline transportation systems -Part 1: Induction bends. Нафтова і газова промисловість. Відводи, фітинги і фланці для трубопроводів. Частина 1: Відводи.
10	ISO 15590-2:2003	Petroleum and natural gas industries — Induction bends, fittings and flanges for pipeline transportation systems — Part 2: Fittings. Нафтова і газова промисловість. Відводи, фітинги і фланці для трубопроводів. Частина 2: Фітинги.
<b>CEN</b>		
1	EN ISO 10432: 1999	Petroleum and natural gas industries — Downhole equipment — Subsurface safety valve equipment. Нафтова і газова промисловість. Свердловинне обладнання. Підземна запобіжна арматура.
2	EN ISO 15761:2002	Steel gate, globe and check valves for sizes DN 100 and smaller, for the petroleum and natural gas industries. Сталева запірні шарова арматура для розмірів DN 100 і менше для нафтової і газової промисловості.
3	EN ISO 13628-4:1999	Petroleum and natural gas industries — Design and operation of subsea production systems — Part 4: Subsea wellhead and tree equipment. Нафтова і газова промисловість. Розроблення і експлуатація морських платформ. Частина 4: Підводне свердловинне обладнання і фонтанна арматура.
4	EN ISO 13942:2003	Petroleum and natural gas industries — Pipeline transportation systems — Pipeline valves. Нафтова і газова промисловість. Трубопроводи. Трубопровідна арматура.

## Продовження Додатку Б

## Продовження таблиці Б2

1	2	3
<b>DIN</b>		
1	DIN EN ISO 10434	Bolted bonnet steel gate valves for petroleum and natural gas industries. Сталева запірна арматура для нафтової і газової промисловості.
2	DIN EN ISO 17292	Metal ball valves for petroleum, petrochemical and allied industries Металеві шарові клапани для нафтової, нафтохімічної і суміжних галузей промисловості.
3	DIN 26051-1	Steel butt-welding pipe fittings; elbows and bends with reduced pressure factor. Сталеві зварні фітинги, патрубки і відводи зі зниженим тиском.
4	DIN EN 14141	Valves for natural gas transportation in pipelines — Performance requirements and tests. Арматура для газопроводів. Експлуатаційні вимоги і випробування.
<b>BSI</b>		
1	BS 02/705734 DC	ISO/DIS 17292. Metal ball valves for petroleum, petrochemical and allied industries. Металеві шарові клапани для нафтової, нафтохімічної і суміжних галузей промисловості.
2	BS 02/711048 DC	EN ISO 10434. Bolted bonnet steel gate valves for the petroleum and natural gas industries. Сталева запірна арматура для нафтової і газової промисловості.
3	BS 03/311760 DC	ISO 10432. Petroleum and natural gas industries. Downhole equipment. Subsurface safety valve equipment. Нафтова і газова промисловість. Свердловинне обладнання. Підземна запобіжна арматура.
4	BS 1414:1975	Specification for steel wedge gate valves (flanged and butt-welding ends) for the petroleum, petrochemical and allied industries. Специфікація на сталеву запірну арматуру (з фланцевими і висадженими кінцями) для нафтової, нафтохімічної і суміжних галузей промисловості.
5	BS 1552:1995	Specification for open bottomed taper plug valves for 1st, 2nd and 3rd family gases up to 200 mbar. Специфікація на конічні вентиля для труб 1-ої, 2-ої та 3-ої груп газів до 200 мегабар.
6	BS 1640-1:1962	Specification for steel butt-welding pipe fittings for the petroleum industry. Wrought carbon and ferritic alloy steel fittings. Специфікація на сталеві фітинги з висадженими кінцями для труб нафтового сортаменту. Ковані сталеві фітинги з вуглецевих і феритних сплавів.

## Продовження Додатку Б

Таблиця Б3 – Каталог нормативних документів на обладнання для транспортування нафти і газу

1	2	3
<b>Труби для нафто- і газопроводів</b>		
<b>ГОСТ Р</b>		
1	ГОСТ 20295-85	Трубы стальные сварные для магистральных газонефтепроводов. Технические условия. — Взамен ГОСТ 20295-75.
2	ГОСТ 550-75	Трубы стальные бесшовные для нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности. Технические условия.
3	ГОСТ 3262-75	Трубы стальные водогазопроводные. Технические условия.
4	ГОСТ 8696-74	Трубы стальные электросварные со спиральным швом общего назначения. Технические условия.
5	ГОСТ 8731-74	Трубы стальные бесшовные горячедеформированные. Технические условия.
6	ГОСТ 8732-78	Трубы стальные бесшовные горячедеформированные. Сортамент.
7	ГОСТ 8733-74	Трубы стальные бесшовные холоднодеформированные и теплодеформированные. Технические требования.
8	ГОСТ 8734-75	Трубы стальные бесшовные холоднодеформированные. Сортамент.
9	ГОСТ 9940-81	Трубы бесшовные горячедеформированные из коррозионно-стойкой стали. Технические условия.
10	ГОСТ 9941-72	Трубы бесшовные холодно- и теплодеформированные из коррозионно-стойкой стали. Технические условия.
11	ГОСТ 10704-91	Трубы стальные электросварные прямошовные. Сортамент.
12	ГОСТ 10705-80	Трубы стальные электросварные. Технические условия.
13	ГОСТ 10706-76	Трубы стальные электросварные прямошовные. Технические требования.
14	ГОСТ 10707-80	Трубы стальные электросварные холоднодеформированные. Технические условия.
15	ГОСТ 11017-80	Трубы стальные бесшовные высокого давления. Технические условия.
16	ГОСТ 11068-81	Трубы электросварные из коррозионно-стойкой стали. Технические условия.
17	ГОСТ 30563-98	Трубы бесшовные холоднодеформированные из углеродистых и легированных сталей со специальными свойствами. Технические условия.
18	ГОСТ 30564-98	Трубы бесшовные горячедеформированные из углеродистых и легированных сталей со специальными свойствами. Технические условия.
19	ГОСТ Р 50838-95	Трубы из полиэтилена для газопроводов. Технические условия.
20	ГОСТ Р 51164-98	Трубопроводы стальные магистральные. Общие требования к защите от коррозии.

## Продовження Додатку Б

## Продовження таблиці Б3

1	2	3
21	ГОСТ 21974-76	Соединения трубопроводов резьбовые. Наружные диаметры труб и внутренние диаметры рукавов. Ряды.
22	ГОСТ 16037-80	Соединения сварные стальных трубопроводов. Основные типы, конструктивные элементы и размеры.
23	ГОСТ Р 51906-2002	Соединения резьбовые обсадных, насосно-компрессорных труб и трубопроводов и резьбовые калибры для них. Общие технические требования.
<b>API</b>		
1	API Bull 5C3	Formulas and Calculations for Casing, Tubing, Drill Pipe, and Line Pipe Properties. Формули для розрахунків характеристик обсадних труб, НКТ, бурильних труб і труб трубопроводів.
2	API Publ 1130	Computational Pipeline Monitoring for Liquids Pipelines. Розрахунковий контроль лінійних трубопроводів.
3	API Publ 1113	Developing a Pipeline Supervisory Control Center. Розроблення диспетчерських центрів контролю лінійних трубопроводів.
4	API Publ 1149	Pipeline Variable Uncertainties and Their Effects on Leak Detectability. Нестабільність трубопроводів при виявленні витоку.
5	API Publ 1155	Evaluation Methodology for Software-based Leak Detection Systems. Методика аналізу програмних систем для виявлення витоку.
6	API Publ 1157	Hydrostatic Test Water Treatment and Disposal Options for Liquid Pipeline Systems. Гідростатичні випробування лінійних трубопроводів.
7	API RP 1102	Steel Pipelines Crossing Railroads and Highways. Перехід трубопроводів через залізничні шляхи і автодороги.
8	API RP 1109	Marking Liquid Petroleum Pipeline Facilities. Маркування трубопроводів.
9	API RP 1110	Pressure Testing of Liquid Petroleum Pipelines. Випробування під тиском нафтопроводів.
10	API RP 1117	Movement of In-service Pipelines. Рух потоку в трубопроводі.
11	API RP 2200	Repairing Crude Oil, Liquefied Petroleum Gas and Product Pipelines. Ремонт трубопроводів сирої нафти і зрідженого газу.
12	API RP 5B1	Threading, Gauging, and Thread Inspection of Casing, Tubing, and Line Pipe Threads. Нарізання різі, калібрування і перевірка різей обсадних труб, НКТ і трубопроводів. (Вказаний також в табл. 3)
13	API RP 5C6	Welding Connections to Pipe. Зварні з'єднання труб.
14	API RP 5L1	Railroad Transportation of Line Pipe. Залізничне транспортування лінійних трубопроводів.



## Продовження Додатку Б

## Продовження таблиці Б3

1	2	3
15	API RP 5L2	Internal Coating of Line Pipe for Non-Corrosive Gas Transmission Service. Внутрішнє покриття лінійних трубопроводів для транспортування некорозійного газу.
16	API RP 5L3	Conducting Drop-weight Tear Tests on Line Pipe. Проведення випробувань з вантажем, який падає.
17	API RP 5L7	Unprimed Internal Fusion Bonded Epoxy Coating of Line Pipe (ANSI/API RP 5L7-1993). Внутрішні наплавлені епоксидні покриття лінійних трубопроводів.
18	API RP 5L8	Field Inspection of New Line Pipe. Польові випробування лінійних трубопроводів.
19	API RP 5L9	Recommended Practice for External Fusion Bonded Epoxy Coating of Line Pipe. Практичні рекомендації по зовнішнім епоксидним покриттям лінійних трубопроводів.
20	API RP 5LW	Transportation of Line Pipe on Barges and Marine Vessels. Транспортування лінійних трубопроводів на баржах і морських судах.
21	API RP 5UE	Recommended Practice for Ultrasonic Evaluation of Pipe Imperfections. Практичні рекомендації по ультразвуковому контролю неоднорідності труб.
22	API Spec 15HR	High Pressure Fiberglass Line Pipe. Скловолокнисті труби високого тиску.
23	API Spec 15LE	Polyethylene (PE) Line Pipe. Поліетиленові труби.
24	API Spec 15LR	Low Pressure Fiberglass Line Pipe. Скловолокнисті труби низького тиску.
25	API Spec 5B	Threading, Gauging, and Thread Inspection of Casing, Tubing, and Line Pipe Threads. Нарізання різі, калібрування і перевірка різей обсадних труб, НКТ і трубопроводів.
26	API Spec 5L	Specification for Line Pipe except as modified in the 5LC document. Специфікація на лінійні трубопроводи, крім вказаних в документі 5LC.
27	API Spec 5LC	CRA Line Pipe. Лінійні трубопроводи з корозійностійких сплавів.
28	API Spec 5LD	CRA Clad or Lined Steel Pipe. Труби з плакірованих корозійностійких сплавів або футерованої сталі.
29	API Std 1104	Welding of Pipelines and Related Facilities. Зварювання трубопроводів.

## Продовження Додатку Б

## Продовження таблиці Б3

1	2	3
<b>ISO</b>		
1	ISO 10400:1993	Petroleum and natural gas industries — Formulae and calculation for casing, tubing, drill pipe and line pipe properties. Нафтова і газова промисловість. Формули і розрахунки властивостей обсадних, насосно-компресорних, бурильних труб і трубопроводів. (Вказаний також в табл. 2 і 3).
2	ISO 10422:1993	Petroleum and natural gas industries — Threading, gauging, and thread inspection of casing, tubing and line pipe threads — Specification. Нафтова і газова промисловість. Нарізання різі, калібрування і обстеження різей обсадних труб, НКТ і різей трубопроводів. (Вказаний також в табл. 2 і 3).
3	ISO 13623:2000	Petroleum and natural gas industries — Pipeline transportation systems. Нафтова і газова промисловість. Трубопровідні системи
4	ISO 13678:2000	Petroleum and natural gas industries — Evaluation and testing of thread compounds for use with casing, tubing and line pipe. Нафтова і газова промисловість. Оцінювання і випробування різьових з'єднань обсадних труб, НКТ і трубопроводів. (Вказаний також в табл. 2 і 3).
5	ISO 13847:2000	Petroleum and natural gas industries — Pipeline transportation systems — Welding of pipelines. Нафтова і газова промисловість. Трубопровідні системи. Зварювання трубопроводів.
6	ISO 14531-1:2002	Plastics pipes and fittings — Crosslinked polyethylene (PE-X) pipe systems for the conveyance of gaseous fuels — Metric series — Specifications — Part 1: Pipes. Пластикові труби і фітинги. Системи труб з прошитого поліетилену для газоподібного палива. Ряд розмірів. Специфікація. Частина 1: Труби.
7	ISO 14692-1:2002	Petroleum and natural gas industries — Glass-reinforced plastics (GRP) piping — Part 1: Vocabulary, symbols, applications and materials. Нафтова і газова промисловість. Склопластикові труби. Частина 1: Довідник, позначення, застосування і матеріали.
8	ISO 14692-2:2002	Petroleum and natural gas industries — Glass-reinforced plastics (GRP) piping — Part 2: Qualification and manufacture. Нафтова і газова промисловість. Склопластикові труби. Частина 2: Випробування і виробництво.
9	ISO 14692-3:2002	Petroleum and natural gas industries — Glass-reinforced plastics (GRP) piping — Part 3: System design. Нафтова і газова промисловість. Склопластикові труби. Частина 3: Проектування систем.

## Продовження Додатку Б

## Продовження таблиці Б3

1	2	3
10	ISO 14692-4:2002	Petroleum and natural gas industries — Glass-reinforced plastics (GRP) piping — Part 4: Fabrication, installation and operation. Нафтова і газова промисловість. Склопластикові труби. Частина 4: Виготовлення, встановлення і експлуатація.
11	ISO 15589-1:2003	Petroleum and natural gas industries — Cathodic protection of pipeline transportation systems — Part 1: On-land pipelines. Нафтова і газова промисловість. Катодний захист трубопроводів. Частина 1: Наземні трубопроводи.
12	ISO 15649:2001	Petroleum and natural gas industries — Piping. Нафтова і газова промисловість. Трубопровідні системи.
13	ISO 3183-1:1996	Petroleum and natural gas industries — Steel pipe for pipelines — Technical delivery conditions — Part 1: Pipes of requirement class A. Нафтова і газова промисловість. Сталеві трубопровідні труби. Технічні умови. Частина 1: Труби класу А.
14	ISO 3183-2:1996	Petroleum and natural gas industries — Steel pipe for pipelines — Technical delivery conditions — Part 2: Pipes of requirements class B. Нафтова і газова промисловість. Сталеві трубопровідні труби. Технічні умови. Частина 2: Труби класу В.
15	ISO 3183-3:1999	Petroleum and natural gas industries — Steel pipe for pipelines — Technical delivery conditions — Part 3: Pipes of requirement class C. Нафтова і газова промисловість. Сталеві трубопровідні труби. Технічні умови. Частина 3: Труби класу С.
16	ISO 4437:1997	Buried polyethylene (PE) pipes for the supply of gaseous fuels — Metric series — Specifications. Підземні поліетиленові труби для газоподібного палива. Ряд розмірів. Специфікації.
17	ISO 6993:2001	Buried, high-impact poly (vinyl chloride) (PVC-HI) pipes for the supply of gaseous fuels — Specifications. Підземні полівінілхлоридні труби для газоподібного палива. Специфікації.
<b>CEN</b>		
1	EN 10301:2003	Steel tubes and fittings for on and offshore pipelines — Internal coating for the reduction of friction for conveyance of non corrosive gas. Сталеві труби і фітинги для наземних і морських трубопроводів. Внутрішні покриття для зниження тертя потоку некорозійного газу. (Вказаний також в табл. 4)
2	EN 14163:2001	Petroleum and natural gas industries — Pipeline transportation systems — Welding of pipelines. Нафтова і газова промисловість. Трубопроводи. Зварювання трубопроводів.

## Продовження Додатку Б

## Продовження таблиці Б3

1	2	3
3	EN 1594:2000	Gas supply systems — Pipelines for maximum operating pressure over 16 bar — Functional requirements. Системи газопостачання. Трубопроводи з максимальним робочим тиском до 16 бар. Функціональні рекомендації.
4	EN ISO 14692-1:2002	Petroleum and natural gas industries — Glass-reinforced plastics (GRP) piping — Part 1: Vocabulary, symbols, applications and materials. Нафтова і газова промисловість. Склопластикові труби. Частина 1: Довідник, позначення, застосування і матеріали.
5	EN ISO 14692-2:2002	Petroleum and natural gas industries — Glass-reinforced plastics (GRP) piping — Part 2: Qualification and manufacture. Нафтова і газова промисловість. Склопластикові труби. Частина 2: Випробування і виробництво.
6	EN ISO 14692-3:2002	Petroleum and natural gas industries — Glass-reinforced plastics (GRP) piping — Part 3: System design. Нафтова і газова промисловість. Склопластикові труби. Частина 3: Проектування систем.
7	EN ISO 14692-4:2002	Petroleum and natural gas industries — Glass-reinforced plastics (GRP) piping — Part 4: Fabrication, installation and operation. Нафтова і газова промисловість. Склопластикові труби. Частина 4: Виготовлення, встановлення і експлуатація.
8	EN ISO 15136-1:2001	Petroleum and natural gas industries — Pipeline transportation systems — Welding of pipelines. Нафтова і газова промисловість. Системи транспортування трубопроводів. Зварювання трубопроводів.
<b>DIN</b>		
1	DIN EN 10300	Steel tubes and fittings for onshore and offshore pipelines — External coatings by bitumen or coal tar derived materials. Сталеві труби і фітинги для наземних і морських трубопроводів. Зовнішні бітумні або дьогтеві покриття. (Вказаний також в табл. 4)
2	DIN EN 10301	Steel tubes and fittings for on and offshore pipelines — Internal coating for the reduction of friction for conveyance of non-corrosive gas. Сталеві труби і фітинги для наземних і морських трубопроводів. Внутрішні покриття для зниження тертя потоку некорозійного газу. (Вказаний також в табл. 4)
3	DIN EN 14163	Petroleum and natural gas industries — Pipeline transportation systems — Welding of pipelines. Нафтова і газова промисловість. Трубопроводи. Зварювання трубопроводів.

## **ДОДАТОК В**

### **ПЕРЕЛІК**

**нормативних документів (НД), які встановлюють вимоги до  
продукції, що контролюється, та методів її контролю**

## ПЕРЕЛІК

нормативних документів (НД), які встановлюють вимоги до  
продукції, що контролюється, та методів її контролю

№ п/п	Позначення НД	Назва НД	Ким та коли затверджено НД, дата введення в дію
1	2	3	4
1	ГОСТ 631-75	Трубы бурильные с высаженными концами и муфты к ним. Технические условия.	Госстандарт СССР с 01.01.77
2	ГОСТ 633-80	Трубы насосно-компрессорные и муфты к ним. Технические условия.	Госстандарт СССР с 01.01.83
3	ГОСТ 2105-75	Крюки кованые и штампованные. Технические условия.	Госстандарт СССР с 01.01.76
4	ГОСТ 4938-78	Роторы буровых установок. Основные параметры и размеры.	Госстандарт СССР с 01.01.80
5	ГОСТ 5286-75	Замки для бурильных труб. Технические условия.	Госстандарт СССР с 01.01.78
6	ГОСТ 5761-74	Клапаны (вентили) на условное давление $P_u < 25 \text{ МПа}$ ( $250 \text{ кгс/см}^2$ ). Общие технические условия.	Госстандарт СССР с 01.01.75
7	ГОСТ 6000-88	Насосы центробежные конденсатные. Параметры и размеры.	Госстандарт СССР с 01.01.90
8	ГОСТ 6031-81 (СТ СЭВ 2448-80)	Насосы буровые. Основные параметры.	Госстандарт СССР с 01.01.83
9	ГОСТ 6134-87	Насосы динамические. Методы испытаний	Госстандарт СССР с 01.01.89
10	ГОСТ 7360-82	Переводники для бурильных колонн. Технические условия.	Госстандарт СССР с 01.01.83
11	ГОСТ 7909-56	Трубы бурильные геологоразведочные и муфты к ним. Технические условия.	Госстандарт СССР с 01.01.57
12	ГОСТ 8467-83	Трубы стальные бурильные ниппельного соединения для геологоразведочного бурения. Технические условия.	Госстандарт СССР с 01.01.86
13	ГОСТ 8696-74	Трубы стальные электросварные со спиральным швом общего назначения. Технические условия.	Госстандарт СССР с 01.01.76
14	ГОСТ 8731-74 (СТСЭВ 1482-78)	Трубы стальные бесшовные горячедеформированные. Технические условия.	Госстандарт СССР с 01.01.76
15	ГОСТ 8732-78 (СТСЭВ 1481-78)	Трубы стальные бесшовные горячедеформированные. Сортамент.	Госстандарт СССР с 01.01.79

16	ГОСТ 8733-74	Трубы стальные бесшовные холоднодеформированные и горячедеформированные. Технические условия.	Госстандарт СССР с 01.01.75
17	ГОСТ 9399-81	Фланцы стальные резьбовые на Ру 20-100МПа (200-1000кгс/см <sup>2</sup> ). Технические условия.	Госстандарт СССР с 01.01.82
18	ГОСТ 9544-75	Арматура трубопроводная запорная. Нормы герметичности затворов.	Госстандарт СССР с 01.01.76
19	ГОСТ 9697-87	Клапаны запорные. Основные параметры.	Госстандарт СССР с 01.01.89
20	ГОСТ 9698-86	Задвижки. Основные параметры.	Госстандарт СССР с 01.01.89
21	ГОСТ 9789-75	Клапаны предохранительные пружинные полноподъемные фланцевые стальные на Ру 1,6 и 4,0 МПа (16 и 40 кгс/см <sup>2</sup> )	Госстандарт СССР с 01.01.77
22	ГОСТ 9940-81	Трубы бесшовные горячедеформированные из коррозионно-стойкой стали. Технические условия.	Госстандарт СССР с 01.01.83
23	ГОСТ 9941-81	Трубы бесшовные холодно- и теплодеформированные из коррозионно-стойкой стали. Технические условия.	Госстандарт СССР с 01.01.83
24	ГОСТ 10392-89	Насосы вихревые и центробежно-вихревые. Типы и основные параметры.	Госстандарт СССР с 01.01.89
25	ГОСТ 12124-87	Насосы центробежные нефтяные для магистральных трубопроводов. Типы и основные параметры.	Госстандарт СССР с 01.01.89
26	ГОСТ 12521-89	Затворы дисковые. Основные параметры.	Госстандарт СССР с 01.01.90
27	ГОСТ 12532-88	Клапаны предохранительные прямого действия. Основные параметры.	Госстандарт СССР с 01.01.89
28	ГОСТ 12678-80	Регуляторы давления прямого действия. Основные параметры.	Госстандарт СССР с 01.01.82
29	ГОСТ 12822-80	Фланцы стальные свободные на приварном кольце на Ру от 0,1 до 2,5МПа (от 1 до 25кгс/см <sup>2</sup> ). Конструкция и размеры.	Госстандарт СССР с 01.01.83
30	ГОСТ 12893-83	Клапаны регулирующие односедельные и двухседельные. Общие технические условия.	Госстандарт СССР с 01.07.84
31	ГОСТ 13252-91	Затворы обратные на номинальное давление PN< 25 МПа (250кгс/см <sup>2</sup> ). Общие технические условия.	Госстандарт СССР с 01.01.93

32	ГОСТ 13547-79	Затворы поворотные дисковые на Рv до 2,5 МПа (25 кгс/см <sup>2</sup> ) Общие технические условия.	Госстандарт СССР с 01.01.81
33	ГОСТ 13846-89	Арматура фонтанная и нагнетательная, типовые схемы, основные параметры и технические требования к конструкции.	Госстандарт СССР с 01.01.90
34	ГОСТ 13862-90	Оборудование противовыбросовое. Типовые схемы, основные параметры и технические требования к конструкции.	Госстандарт СССР с 01 01.92
35	ГОСТ 13877-96	Штанги полосные и муфты к ним Технические условия.	Госстандарт СССР с о 1 01.81
36	ГОСТ 14715-88	Арматура вакуумная. Типы . Основные параметры.	Госстандарт СССР с 01 01.90
37	ГОСТ 16293-89	Установки буровые комплектные для эксплуатационного и разведочного бурения. Основные параметры.	Госстандарт СССР с 01 01.90
38	ГОСТ 17221-91	Электронасосы центробежные герметичные трансформаторные. Типы. Основные параметры и размеры.	Госстандарт СССР с 01 07.92
39	ГОСТ 17410-78	Контроль неразрушающий. Трубы металлические бесшовные цилиндрические. Методы ультразвуковой дефектоскопии.	Госстандарт СССР с 01.01.80
40	ГОСТ 20295-85	Трубы стальные сварные для магистральных газонефтепроводов.	Госстандарт СССР с 01.01.86
41	ГОСТ 20572-88	Насосы и агрегаты двухвинтовые. Типы и основные параметры.	Госстандарт СССР с 01.07.89
42	ГОСТ 20692-75	Долота шарошечные. Типы и основные размеры.	Госстандарт СССР с 01.07.75
43	ГОСТ 20883-88	Насосы и агрегаты трёхвинтовые. Типы и основные параметры.	Госстандарт СССР с 01.07.89
44	ГОСТ 21210-75	Головки бурильные для крепоприемных устройств. Типы и основные размеры.	Госстандарт СССР с 01.07.76
45	ГОСТ 21345-78	Краны конусные, шаровые и цилиндрические на Ру до 16 МПа (160кгс/см <sup>2</sup> ). Общие технические требования.	Госстандарт СССР с 01.01.80
46	ГОСТ 22413-89	Арматура трубопроводная с электромагнитным приводом. Основные параметры.	Госстандарт СССР с 01.01.91
47	ГОСТ 22512-77	Фланцы с шипом или пазом стальные на Ру до 6.4 МПа (64кгс/см <sup>2</sup> ) и Ду до 300 мм. Присоединительные размеры.	Госстандарт СССР с 01.01.79



48	ГОСТ 22642-88	Арматура трубопроводная шланговая. Основные параметры.	Госстандарт СССР с 01.01.90
49	ГОСТ 22643-87	Арматура из пластмасс. Основные параметры.	Госстандарт СССР с 01.01.88
50	ГОСТ 23866-87	Клапаны регулирующие односедельные, двухседельные и клеточные. Основные параметры.	Госстандарт СССР с 01.01.89
51	ГОСТ 23979-80	Переводники для насосно-компрессорных труб. Технические условия.	Госстандарт СССР с 01 07.80
52	ГОСТ 24950-81	Отводы гнутые и вставки кривые на поворотах линейной части стальных магистральных трубопроводов. Технические условия.	Госстандарт СССР с 01 07.82
53	ГОСТ 24994-81	Штропы. Основные параметры.	Госстандарт СССР с 01.01.82
54	ГОСТ 25032-81	Средства грузозахватные. Классификация и общие технические требования.	Госстандарт СССР с 01. 01.83
55	ГОСТ 2509 1-82	Кронблоки, блоки талевые, крюки и крюкблоки. Основные параметры.	Госстандарт СССР с 01.01.83
56	ГОСТ 25468-S2 (СТ СЭВ 2452-80)	Оборудование для спускоподъемных операций и вертлюги. Присоединительные размеры.	Госстандарт СССР с 01 07.83
57	ГОСТ 25923-89	Затворы дисковые регулирующие. Основные параметры.	Госстандарт СССР с 01.01.90
58	ГОСТ 26474-85	Долота и головки бурильные алмазные и оснащенные сверх-твердыми композиционными материалами. Типы и основные размеры.	Госстандарт СССР с 01.07.86
59	ГОСТ 26673-90	Турбобуры. Основные параметры и размеры.	Госстандарт СССР с 01.07.91
60	ГОСТ 27834-95	Методы контроля металлоконструкций.	Госстандарт СССР с 01.01.91
61	ГОСТ 28113-89	Установки подъемные для освоения и ремонта нефтяных и газовых скважин. Типы и основные параметры.	Госстандарт СССР с 01.01.90
62	ГОСТ 28185-89 (СТ СЭВ 1045-88)	Установки геологоразведочные буровые. Основные параметры.	Госстандарт СССР с 01.01.90
63	ГОСТ 28408-89	Тали ручные и кошки. Общие технические условия.	Госстандарт СССР с 01.07.90
64	ГОСТ 28919-91	Фланцевые соединения устьевого оборудования. Тип, основные параметры и размеры.	Госстандарт СССР с 01.07.92
65	ГСТУ 320.028.29777.002-95	Інструкція по проведенню неруйнівного контролю нарізних	Наказ Держкомнафтогазу

		труб нафтового сортаменту в процесі їх експлуатації.	України № 180 від 17.10.96 з 01.03.97
66	ГСТУ 320.028.29777.013-99	Рекомендації по проведенню неруйнівного контролю бурового обладнання.	Міністерство енергетики України розпорядження №1 від 09.02.2000р., з 01.05.2000р.
67	ГСТУ 320.028.29777.014-99	Неруйнівний контроль та оцінка технічного стану металоконструкцій бурових веж в розібраному і зібраному стані.	Міністерство енергетики України розпорядження № 1 від 09.02.2000р., з 09.02.2000р.
68	РД 39.0147014.527.86	Технология неразрушающего контроля крюкоблоков и крюков грузоподъемных механизмов.	Приказ Миннефтепрома СССР от 14.03.86. с 01.04.86
69	РД 39.12.1 150.84	Технология неразрушающего контроля вертлюгов.	Приказ Миннефтепрома СССР №529 от 22.08.84, с 01.10.84
70	РД 39.12.960.83	Методика неразрушающего контроля элеваторов и штропов.	Приказ Миннефтепрома СССР №720 от 26.12.83, с 01.03.84
71	РД 39.12.822.82	Методика неразрушающего контроля элементов универсального машинного ключа УМК-1С.	Приказ Миннефтепрома СССР №284 от 01.06.83, с 01 06.83
72	РД 39.12.644.81	Методика дефектоскопии тормозных лент буровых лебедок и лебедок агрегатов для подземного и капитального ремонта скважин.	Приказ Миннефтепрома СССР №699 от 22.12.81, с 01.02.82
73	СТП 320.00135390.069-2002	Методика технічного діагностування для продовження терміну експлуатації відамортизованого обладнання для видобутку нафти і газу	з 21.04.2003, нак. ВАТ „Укрнафта” від 15 квітня 2003 № 118
74	СТП 320.00135390.066-2002	Діагностування фонтанних арматур, колонних головок та іншого гирлового обладнання	з 24.03.2003, нак. ВАТ „Укрнафта” від 24 березня 2003 № 89
75	СТП 320.00135390.067-2002	Оцінка технічного стану вежових підйомників для збирання баштових веж (ПВК-1, ПВУ-35, ПВ2-45, ПВ5-60, ПВЛ) та механізмів підймання щоглових веж (МПВ, МПВА)	з 01.10.2003, нак. ВАТ „Укрнафта” від 30 вересня 2003 № 247

76	СТП 320.00135390.068- 2002	Оцінка фактичного технічного стану основ бурових веж	з 01.10.2003, нак. ВАТ „Укрнафта” від 30 вересня 2003 № 248
77	СОУ 11.2- 20077720-003:2004	Арматура фонтанна та головки колонні. Контроль технічного стану. Методи неруйнівні	з 16 серпня 2004 р., нак. НАК „Нафтогаз України” від 16.08.2004 № 439
78	СОУ 11.2- 30019775-044:2005	Засоби для капітального ремонту свердловин. Підймальне обладнання. Вежі та лебідки. Контроль технічного стану.	Наказом ДК «Укргазвидобу- вання» від 06.07.2005 р. №365
79	СТТУ НК 10-04	Неразрушающий контроль . Основные принципы радиографии металлов рентгеновским и гамма- излучением.	Приказом Ассоциации «Укр- эксперт» от 23.01.2004 г. №5
80	ДСТУ 3491-96	Дефекти з'єднань при зварюванні металів плавленням. Класифікація, позначення та визначення.	Наказом Держстандарту України від 26.09.1997 р. №603
81	ДСТУ EN 462-2001	Неруйнівний контроль. Якість зображення радіографічних знімків.	Наказом Держстандарту України від 28.12.2001 р. №658 з 2003-01-01
82	ДСТУ EN 583-1- 2001	Неруйнівний контроль. Ультразвуковий контроль. Частина 1. Загальні вимоги.	Наказом Держстандарту України від 28.12.2001 р. №658 з 2003-01-01

## **ДОДАТОК Г**

**Компонентний склад та фізико-хімічні показники газу обчислені на основі компонентного складу проби природного газу**

Компонентний склад та фізико-хімічні показники газу обчислені на основі компонентного складу проби природного газу

№ проби	Компонентний склад, % мол. <a href="http://utg.ua/utg/media/news/2020/01/gq-2019-12.html">http://utg.ua/utg/media/news/2020/01/gq-2019-12.html</a>													Фізико-хімічні показники газу обчислені на основі компонентного складу, 101,325 кПа											Швидкість ультразвукових коливань, м/с	
														Температура вимірювання/згоряння при 20/25°C												
														Теплота згоряння нижча, Q <sub>н</sub>			Теплота згоряння вища, Q <sub>в</sub>			Число Воббе нище			Число Воббе вище			
														Густина абсолютна, кг/м <sup>3</sup> при 20 °С	ккал/м <sup>3</sup>	МДж/м <sup>3</sup>	кВт·год/ м <sup>3</sup>	ккал/м <sup>3</sup>	МДж/м <sup>3</sup>	кВт·год/ м <sup>3</sup>	ккал/м <sup>3</sup>	МДж/м <sup>3</sup>	кВт·год/ м <sup>3</sup>	ккал/м <sup>3</sup>		МДж/м <sup>3</sup>
метан, C1	етан, C2	пропан, C3	ізо-бутан, i-C4	н-бутан, n-C4	нео-пентан, neo-C5	ізо-пентан, i-C5	н-пентан, n-C5	гексани та вищі, C6+	кисень, O2	азот, N2	діоксид вуглецю, CO2	0,7804	8 907	37,29	10,359	9 843	41,21	11,447	11 065	46,33	12,87	12 228	51,20	14,22		
1	88,1855	5,6618	2,6446	0,4130	0,7602	0,0000	0,1922	0,1715	0,2315	0,0070	1,2583	<b>0,4744</b>	0,7804	8 907	37,29	10,359	<b>9 843</b>	41,21	11,447	11 065	46,33	12,87	12 228	51,20	14,22	<b>410,38</b>
2	77,7329	13,3610	3,0030	0,1840	0,3080	0,0005	0,0328	0,0268	0,0143	0,0037	1,5690	<b>3,7640</b>	0,8443	8 880	37,18	10,33	<b>9 802</b>	41,04	11,40	10 607	44,41	12,34	11 708	49,02	13,62	<b>394,54</b>
3	87,2808	5,9262	3,0725	0,3772	0,6864	0,0066	0,1469	0,1268	0,1410	0,0043	1,7217	<b>0,5096</b>	0,7831	8 869	37,13	10,31	<b>9 804</b>	41,05	11,40	10 998	46,05	12,79	12 159	50,91	14,14	<b>409,67</b>
4	87,4280	5,8992	2,9901	0,3631	0,6514	0,0062	0,1331	0,1161	0,1780	0,0041	1,7088	<b>0,5219</b>	0,7817	8 853	37,07	10,30	<b>9 788</b>	40,98	11,38	10 989	46,01	12,78	12 149	50,87	14,13	<b>410,04</b>
5	87,5563	5,8979	2,9478	0,3545	0,6353	0,0061	0,1340	0,1189	0,1865	0,0039	1,6401	<b>0,5187</b>	0,7807	8 852	37,06	10,30	<b>9 787</b>	40,98	11,38	10 995	46,03	12,79	12 156	50,90	14,14	<b>410,30</b>
6	87,4420	5,8748	3,0338	0,3727	0,6639	0,0063	0,1339	0,1139	0,1402	0,0043	1,7127	<b>0,5015</b>	0,7811	8 850	37,05	10,29	<b>9 785</b>	40,97	11,38	10 990	46,01	12,78	12 150	50,87	14,13	<b>410,19</b>
7	87,4710	5,8769	2,9688	0,3561	0,6298	0,0064	0,1394	0,1224	0,1714	0,0059	1,7369	<b>0,5150</b>	0,7810	8 843	37,02	10,28	<b>9 777</b>	40,93	11,37	10 981	45,98	12,77	12 141	50,83	14,12	<b>410,22</b>
8	87,6648	5,7914	2,9158	0,3614	0,6468	0,0061	0,1318	0,1119	0,1548	0,0065	1,6997	<b>0,5090</b>	0,7791	8 829	36,96	10,27	<b>9 762</b>	40,87	11,35	10 977	45,96	12,77	12 138	50,82	14,12	<b>410,72</b>
9	87,6222	5,8421	2,9429	0,3496	0,6180	0,0060	0,1278	0,1118	0,1490	0,0064	1,7239	<b>0,5003</b>	0,7787	8 824	36,94	10,26	<b>9 756</b>	40,85	11,35	10 973	45,94	12,76	12 134	50,80	14,11	<b>410,82</b>
10	86,5905	9,0979	2,4656	0,1950	0,1504	0,0011	0,0111	0,0091	0,0226	0,0071	1,3708	<b>0,0788</b>	0,7656	8 821	36,93	10,26	<b>9 750</b>	40,82	11,34	11 064	46,32	12,87	12 229	51,20	14,22	<b>414,32</b>
11	88,8454	5,4790	2,4858	0,3927	0,6873	0,0002	0,1646	0,1319	0,1147	0,0080	1,2194	<b>0,4710</b>	0,7706	8 809	36,88	10,245	<b>9 738</b>	40,77	11,325	11 013	46,11	12,81	12 175	50,97	14,16	<b>412,98</b>
12	88,7487	5,6854	2,5282	0,3406	0,6029	0,0051	0,1586	0,1264	0,0362	0,0075	1,2842	<b>0,4762</b>	0,7678	8 771	36,72	10,20	<b>9 701</b>	40,62	11,28	10 986	45,99	12,78	12 151	50,87	14,13	<b>413,73</b>
13	88,7913	5,0771	2,4911	0,3232	0,6652	0,0058	0,1640	0,1450	0,2170	0,0015	1,0502	<b>1,0686</b>	0,7702	8 770	36,72	10,20	<b>9 700</b>	40,61	11,28	10 926	45,74	12,71	12 083	50,59	14,05	<b>413,08</b>
14	88,6682	4,9642	2,4429	0,3231	0,6843	0,0062	0,2042	0,1499	0,2499	0,0032	1,0279	<b>1,2760</b>	0,7796	8 768	36,71	10,20	<b>9 692</b>	40,58	11,27	10 896	45,62	12,67	12 045	50,43	14,01	<b>410,59</b>
15	87,2676	8,5142	2,3038	0,1849	0,1480	0,0017	0,0136	0,0113	0,0530	0,0086	1,3835	<b>0,1098</b>	0,7615	8 768	36,71	10,20	<b>9 695</b>	40,59	11,28	11 028	46,17	12,83	12 193	51,05	14,18	<b>415,44</b>
16	75,2303	14,8680	2,6770	0,1250	0,1930	0,0001	0,0153	0,0116	0,0030	0,0027	2,6240	<b>4,2500</b>	0,8561	8 766	36,70	10,19	<b>9 676</b>	40,51	11,25	10 397	43,53	12,09	11 477	48,05	13,35	<b>391,81</b>
17	88,6351	5,0810	2,4525	0,3256	0,6867	0,0063	0,1688	0,1520	0,1902	0,0025	1,0330	<b>1,2663</b>	0,7779	8 751	36,64	10,18	<b>9 673</b>	40,50	11,25	10 891	45,60	12,67	12 038	50,40	14,00	<b>411,04</b>
18	87,4558	8,3565	2,2561	0,1804	0,1407	0,0029	0,0129	0,0111	0,0547	0,0097	1,4149	<b>0,1043</b>	0,7600	8 749	36,63	10,18	<b>9 673</b>	40,50	11,25	11 015	46,12	12,81	12 179	50,99	14,16	<b>415,85</b>
19	76,5625	13,8350	2,6960	0,1430	0,2290	0,0002	0,0227	0,0176	0,0063	0,0027	2,3480	<b>4,1370</b>	0,8489	8 749	36,63	10,18	<b>9 659</b>	40,44	11,23	10 421	43,63	12,12	11 505	48,17	13,38	<b>393,47</b>
20	88,6505	5,0399	2,4478	0,3224	0,6618	0,0058	0,1779	0,1450	0,2044	0,0024	1,0050	<b>1,3371</b>	0,7782	8 744	36,61	10,17	<b>9 666</b>	40,47	11,24	10 877	45,54	12,65	12 024	50,34	13,98	<b>410,96</b>
21	88,9833	4,9994	2,4431	0,3192	0,6567	0,0093	0,1773	0,1150	0,1821	0,0024	1,0225	<b>1,0897</b>	0,7737	8 744	36,61	10,17	<b>9 666</b>	40,47	11,24	10 911	45,68	12,69	12 062	50,50	14,03	<b>412,15</b>
22	88,7990	5,2716	2,4180	0,3274	0,6160	0,0057	0,1526	0,1250	0,1658	0,0017	1,2255	<b>0,8917</b>	0,7722	8 742	36,60	10,17	<b>9 668</b>	40,48	11,24	10 919	45,71	12,70	12 076	50,56	14,04	<b>412,55</b>
23	89,4159	4,6387	2,4373	0,3081	0,6472	0,0058	0,2083	0,1278	0,1942	0,0011	0,8721	<b>1,1435</b>	0,7723	8 737	36,58	10,16	<b>9 661</b>	40,45	11,24	10 910	45,68	12,69	12 064	50,51	14,03	<b>412,52</b>
24	88,8774	5,0220	2,4189	0,3101	0,6428	0,0059	0,1808	0,1280	0,1933	0,0010	0,9298	<b>1,2900</b>	0,7757	8 737	36,58	10,16	<b>9 659</b>	40,44	11,23	10 887	45,58	12,66	12 035	50,39	14,00	<b>411,62</b>
25	88,7688	5,0522	2,4163	0,3245	0,6421	0,0054	0,1388	0,0996	0,2557	0,0023	1,1091	<b>1,1852</b>	0,7759	8 735	36,57	10,16	<b>9 659</b>	40,44	11,23	10 882	45,56	12,66	12 033	50,38	13,99	<b>411,56</b>
26	88,7696	5,0444	2,3999	0,3246	0,6662	0,0058	0,1497	0,1397	0,1719	0,0029	1,0477	<b>1,2776</b>	0,7756	8 723	36,52	10,14	<b>9 642</b>	40,37	11,21	10 870	45,51	12,64	12 016	50,31	13,98	<b>411,64</b>
27	88,6419	5,0486	2,4574	0,3127	0,6706	0,0060	0,1467	0,1259	0,1846	0,0033	0,9406	<b>1,4617</b>	0,7778	8 723	36,52	10,14	<b>9 642</b>	40,37	11,21	10 855	45,45	12,62	12 000	50,24	13,96	<b>411,06</b>
28	78,2819	12,5510	2,6610	0,1660	0,2640	0,0005	0,0323	0,0254	0,0127	0,0022	1,9680	<b>4,0350</b>	0,8395	8 720	36,51	10,14	<b>9 630</b>	40,32	11,20	10 444	43,73	12,15	11 534	48,29	13,41	<b>395,67</b>
29	79,8393	11,3320	2,7260	0,1940	0,3210	0,0023	0,0447	0,0359	0,0198	0,0020	1,5300	<b>3,9530</b>	0,8322	8 718	36,50	10,14	<b>9 628</b>	40,31	11,20	10 487	43,91	12,20	11 582	48,49	13,47	<b>397,40</b>
30	78,0673	12,7130	2,6310	0,1580	0,2520	0,0005	0,0303	0,0239	0,0110	0,0060	2,0530	<b>4,0540</b>	0,8403	8 713	36,48	10,13	<b>9 621</b>	40,28	11,19	10 433	43,68	12,13	11 520	48,23	13,40	<b>395,48</b>
31	77,9106	12,7900	2,6240	0,1530	0,2450	0,0004	0,0288	0,0228	0,0121	0,0023	2,1220	<b>4,0890</b>	0,8411	8 706	36,45	10,13	<b>9 614</b>	40,25	11,18	10 419	43,62	12,12	11 505	48,17	13,38	<b>395,29</b>
32	88,9433	4,9044	2,3019	0,3004	0,6554	0,0062	0,1513	0,1274	0,2247	0,0033	1,0429	<b>1,3388</b>	0,7750	8 704	36,44	10,12	<b>9 623</b>	40,29	11,19	10 851	45,43	12,62	11 997	50,23	13,95	<b>411,80</b>
33	88,8654	5,1143	2,3420	0,3122	0,5968	0,0057	0,1970	0,1291	0,1224	0,0022	0,9891	<b>1,3238</b>	0,7735	8 699	36,42	10,12	<b>9 618</b>	40,27	11,19	10 855	45,45	12,62	12 002	50,25	13,96	<b>412,20</b>
34	89,0032	5,0465	2,3277	0,3110	0,5934	0,0064	0,1524	0,1193	0,1781	0,0026	1,1493	<b>1,1101</b>	0,7716	8 699	36,42	10,12	<b>9 618</b>	40,27	11,19	10 870	45,51	12,64	12 019	50,32	13,98	<b>412,71</b>
35	88,8533	5,1412	2,3991	0,3190	0,6194	0,0055	0,1322	0,0976	0,1182	0,0035	1,1274	<b>1,1836</b>	0,7716	8 688	36,37	10,10	<b>9 606</b>	40,22	11,17	10 855	45,45	12,62	12 002	50,25	13,96	<b>412,71</b>

## Продовження Додатку Г

35	88,8533	5,1412	2,3991	0,3190	0,6194	0,0055	0,1322	0,0976	0,1182	0,0035	1,1274	<b>1,1836</b>	0,7716	8 688	36,37	10,10	<b>9 606</b>	40,22	11,17	10 855	45,45	12,62	12 002	50,25	13,96	<b>412,71</b>
36	91,4232	4,1087	1,7954	0,3032	0,5440	0,0012	0,1529	0,1289	0,3049	0,0030	0,6324	<b>0,6022</b>	0,7541	8 687	36,37	10,10	<b>9 608</b>	40,23	11,17	10 978	45,96	12,77	12 143	50,84	14,12	<b>417,47</b>
37	88,7882	5,1426	2,3810	0,3043	0,5986	0,0059	0,1403	0,1134	0,1427	0,0021	0,9545	<b>1,4264</b>	0,7740	8 687	36,37	10,10	<b>9 606</b>	40,22	11,17	10 836	45,37	12,60	11 983	50,17	13,94	<b>412,07</b>
38	89,5546	4,5692	2,3383	0,3059	0,6163	0,0055	0,2218	0,1204	0,1214	0,0030	1,3606	<b>0,7830</b>	0,7664	8 684	36,36	10,10	<b>9 602</b>	40,20	11,17	10 887	45,58	12,66	12 037	50,40	14,00	<b>414,11</b>
39	89,4507	4,7002	2,4090	0,3130	0,6307	0,0059	0,1567	0,1118	0,0990	0,0035	1,3878	<b>0,7317</b>	0,7655	8 682	36,35	10,10	<b>9 599</b>	40,19	11,16	10 891	45,60	12,67	12 041	50,41	14,00	<b>414,35</b>
40	89,3235	5,0150	2,2247	0,2974	0,5557	0,0065	0,1363	0,1049	0,1912	0,0026	1,0468	<b>1,0954</b>	0,7683	8 682	36,35	10,10	<b>9 599</b>	40,19	11,16	10 873	45,52	12,64	12 021	50,33	13,98	<b>413,60</b>
41	89,4413	4,7688	2,4316	0,3072	0,5884	0,0061	0,1424	0,1115	0,0981	0,0032	1,4045	<b>0,6969</b>	0,7647	8 677	36,33	10,09	<b>9 594</b>	40,17	11,16	10 891	45,60	12,67	12 043	50,42	14,01	<b>414,57</b>
42	88,8581	5,1363	2,3328	0,3140	0,6069	0,0082	0,1417	0,1159	0,1104	0,0024	1,0972	<b>1,2761</b>	0,7718	8 677	36,33	10,09	<b>9 594</b>	40,17	11,16	10 839	45,38	12,61	11 984	50,18	13,94	<b>412,66</b>
43	89,1484	5,1214	2,3203	0,2981	0,6015	0,0063	0,1268	0,1103	0,0902	0,0025	1,1418	<b>1,0324</b>	0,7675	8 675	36,32	10,09	<b>9 592</b>	40,16	11,16	10 867	45,50	12,64	12 016	50,31	13,98	<b>413,81</b>
44	90,2178	4,4548	2,0893	0,2913	0,5651	0,0068	0,2446	0,1005	0,1760	0,0036	0,9790	<b>0,8712</b>	0,7625	8 675	36,32	10,09	<b>9 594</b>	40,17	11,16	10 901	45,64	12,68	12 057	50,48	14,02	<b>415,17</b>
45	89,1806	5,0307	2,2713	0,2980	0,5810	0,0064	0,1239	0,0970	0,1707	0,0029	1,0283	<b>1,2092</b>	0,7695	8 675	36,32	10,09	<b>9 592</b>	40,16	11,16	10 852	45,44	12,62	12 000	50,24	13,96	<b>413,27</b>
46	91,2465	4,2220	1,8734	0,3129	0,5620	0,0013	0,1597	0,1350	0,1945	0,0013	0,5974	<b>0,6940</b>	0,7542	8 673	36,31	10,09	<b>9 594</b>	40,17	11,16	10 961	45,89	12,75	12 124	50,76	14,10	<b>417,44</b>
47	88,7661	5,1526	2,4288	0,2835	0,6163	0,0066	0,1353	0,0982	0,0972	0,0021	1,0484	<b>1,3649</b>	0,7725	8 672	36,31	10,09	<b>9 590</b>	40,15	11,15	10 828	45,34	12,59	11 973	50,13	13,93	<b>412,47</b>
48	88,9526	5,1484	2,3916	0,3297	0,6319	0,0055	0,1420	0,1235	0,0166	0,0021	1,0701	<b>1,1860</b>	0,7695	8 672	36,31	10,09	<b>9 592</b>	40,16	11,16	10 849	45,42	12,62	12 000	50,24	13,96	<b>413,27</b>
49	89,1735	4,7134	2,3524	0,3034	0,6165	0,0058	0,2155	0,1289	0,1037	0,0030	1,3500	<b>1,0339</b>	0,7698	8 670	36,30	10,08	<b>9 587</b>	40,14	11,15	10 844	45,40	12,61	11 992	50,21	13,95	<b>413,19</b>
50	88,8981	5,0334	2,3909	0,2952	0,6143	0,0054	0,1357	0,1042	0,1158	0,0029	1,0146	<b>1,3895</b>	0,7723	8 670	36,30	10,08	<b>9 585</b>	40,13	11,15	10 828	45,34	12,59	11 971	50,12	13,92	<b>412,52</b>
51	89,1384	5,1187	2,3007	0,2980	0,5507	0,0055	0,1483	0,1041	0,1180	0,0032	1,0925	<b>1,1219</b>	0,7683	8 670	36,30	10,08	<b>9 587</b>	40,14	11,15	10 856	45,45	12,63	12 004	50,26	13,96	<b>413,60</b>
52	89,0747	5,1024	2,2908	0,3000	0,5626	0,0064	0,1497	0,1014	0,1273	0,0023	1,0905	<b>1,1919</b>	0,7694	8 668	36,29	10,08	<b>9 585</b>	40,13	11,15	10 845	45,41	12,61	11 992	50,21	13,95	<b>413,30</b>
53	88,0703	7,7465	2,0861	0,1736	0,1438	0,0011	0,0133	0,0096	0,0237	0,0071	1,5684	<b>0,1565</b>	0,7547	8 663	36,27	10,08	<b>9 580</b>	40,11	11,14	10 944	45,82	12,73	12 102	50,67	14,08	<b>417,31</b>
54	80,7536	10,5900	2,6100	0,1960	0,3200	0,0022	0,0468	0,0373	0,0210	0,0021	1,5030	<b>3,9180</b>	0,8261	8 663	36,27	10,08	<b>9 571</b>	40,07	11,13	10 460	43,79	12,16	11 555	48,38	13,44	<b>398,86</b>
55	89,4191	4,8677	2,2755	0,2962	0,5753	0,0064	0,1448	0,1143	0,1152	0,0026	1,1317	<b>1,0512</b>	0,7664	8 661	36,26	10,07	<b>9 578</b>	40,10	11,14	10 855	45,45	12,62	12 004	50,26	13,96	<b>414,11</b>
56	91,7632	3,9655	1,6598	0,2885	0,5287	0,0000	0,1653	0,1458	0,2829		0,6026	<b>0,5977</b>	0,7510	8 658	36,25	10,07	<b>9 578</b>	40,10	11,14	10 966	45,91	12,75	12 131	50,79	14,11	<b>418,33</b>
57	91,4207	4,2153	1,7735	0,2900	0,5215	0,0011	0,1456	0,1193	0,2382	0,0043	0,6557	<b>0,6148</b>	0,7518	8 656	36,24	10,07	<b>9 576</b>	40,09	11,14	10 956	45,87	12,74	12 120	50,75	14,10	<b>418,11</b>
58	89,5949	4,6314	2,3565	0,3005	0,6063	0,0053	0,1528	0,1052	0,0802	0,0030	1,3704	<b>0,7935</b>	0,7637	8 651	36,22	10,06	<b>9 568</b>	40,06	11,13	10 864	45,49	12,63	12 016	50,31	13,97	<b>414,84</b>
59	89,2594	5,0126	2,2848	0,2968	0,5908	0,0054	0,1086	0,0883	0,1119	0,0025	1,1192	<b>1,1197</b>	0,7668	8 651	36,22	10,06	<b>9 568</b>	40,06	11,13	10 843	45,40	12,61	11 992	50,21	13,95	<b>414,00</b>
60	91,7543	3,8804	1,6745	0,2960	0,5495	0,0000	0,1723	0,1497	0,2495		0,6163	<b>0,6575</b>	0,7512	8 646	36,20	10,06	<b>9 566</b>	40,05	11,13	10 948	45,84	12,73	12 112	50,71	14,09	<b>418,28</b>
61	89,2276	5,0143	2,3064	0,2978	0,5727	0,0055	0,1233	0,0860	0,0927	0,0023	1,1008	<b>1,1706</b>	0,7670	8 646	36,20	10,06	<b>9 561</b>	40,03	11,12	10 836	45,37	12,60	11 983	50,17	13,94	<b>413,95</b>
62	89,2988	4,7317	2,4173	0,2874	0,5890	0,0060	0,1405	0,1033	0,0794	0,0036	1,3732	<b>0,9698</b>	0,7662	8 641	36,18	10,05	<b>9 556</b>	40,01	11,11	10 835	45,37	12,60	11 982	50,17	13,94	<b>414,16</b>
63	92,0152	3,8220	1,6101	0,2900	0,5419	0,0015	0,1844	0,1619	0,2252	0,0045	0,6056	<b>0,5377</b>	0,7483	8 641	36,18	10,05	<b>9 560</b>	40,03	11,12	10 963	45,90	12,75	12 129	50,78	14,11	<b>419,09</b>
64	91,8253	3,8809	1,6481	0,2892	0,5347	0,0000	0,1680	0,1473	0,2535	0,0032	0,6060	<b>0,6438</b>	0,7502	8 641	36,18	10,05	<b>9 559</b>	40,02	11,12	10 950	45,84	12,73	12 112	50,71	14,09	<b>418,56</b>
65	88,5977	5,2148	2,2800	0,2801	0,5100	0,0059	0,2123	0,1113	0,1096	0,0028	1,0179	<b>1,6576</b>	0,7749	8 641	36,18	10,05	<b>9 556</b>	40,01	11,11	10 773	45,11	12,53	11 914	49,88	13,86	<b>411,83</b>
66	91,7771	3,8675	1,6553	0,2890	0,5391	0,0000	0,1705	0,1481	0,2543	0,0029	0,6244	<b>0,6718</b>	0,7508	8 639	36,17	10,05	<b>9 556</b>	40,01	11,11	10 943	45,82	12,73	12 105	50,68	14,08	<b>418,39</b>
67	81,5131	10,2650	2,5120	0,1700	0,2760	0,0022	0,0415	0,0327	0,0312	0,0053	2,2070	<b>2,9440</b>	0,8140	8 639	36,17	10,05	<b>9 544</b>	39,96	11,10	10 509	44,00	12,22	11 610	48,61	13,50	<b>401,82</b>
68	89,0363	4,8444	2,4588	0,2777	0,5899	0,0057	0,1538	0,0964	0,0569	0,0032	1,3362	<b>1,1407</b>	0,7685	8 636	36,16	10,04	<b>9 551</b>	39,99	11,11	10 812	45,27	12,57	11 957	50,06	13,91	<b>413,54</b>
69	91,8511	3,8669	1,6452	0,2904	0,5364	0,0000	0,1694	0,1458	0,2384		0,6032	<b>0,6532</b>	0,7498	8 634	36,15	10,04	<b>9 554</b>	40,00	11,11	10 942	45,81	12,73	12 107	50,69	14,08	<b>418,67</b>
70	89,3057	4,9587	2,2581	0,2790	0,5485	0,0063	0,1278	0,1070	0,0933	0,0022	0,9756	<b>1,3378</b>	0,7673	8 632	36,14	10,04	<b>9 547</b>	39,97	11,10	10 815	45,28	12,58	11 961	50,08	13,91	<b>413,86</b>

## Продовження Додатку Г

71	92,1969	3,5830	1,4578	0,2327	0,4017		0,1144	0,1012	0,5696		0,7456	<b>0,5971</b>	0,7500	8 630	36,13	10,04	<b>9 547</b>	39,97	11,10	10 935	45,78	12,72	12 098	50,65	14,07	<b>418,61</b>
72	92,0215	3,7727	1,5873	0,2831	0,5268	0,0000	0,1706	0,1506	0,2590		0,5982	<b>0,6302</b>	0,7487	8 630	36,13	10,04	<b>9 547</b>	39,97	11,10	10 944	45,82	12,73	12 107	50,69	14,08	<b>418,97</b>
73	91,9287	3,9256	1,6241	0,2777	0,5002	0,0000	0,1494	0,1301	0,2599		0,6227	<b>0,5816</b>	0,7481	8 630	36,13	10,04	<b>9 547</b>	39,97	11,10	10 950	45,85	12,74	12 114	50,72	14,09	<b>419,14</b>
74	91,9859	3,7368	1,6348	0,2872	0,5352	0,0015	0,1867	0,1600	0,2190	0,0029	0,6063	<b>0,6437</b>	0,7490	8 627	36,12	10,03	<b>9 545</b>	39,96	11,10	10 940	45,80	12,72	12 104	50,68	14,08	<b>418,89</b>
75	88,7586	4,8003	2,3775	0,2770	0,6150	0,0056	0,1526	0,1257	0,1046	0,0037	1,2994	<b>1,4800</b>	0,7735	8 625	36,11	10,03	<b>9 537</b>	39,93	11,09	10 763	45,06	12,52	11 902	49,83	13,84	<b>412,20</b>
76	89,2489	5,1093	2,0932	0,2651	0,5734	0,0055	0,1337	0,0961	0,1170	0,0031	0,9446	<b>1,4101</b>	0,7677	8 625	36,11	10,03	<b>9 540</b>	39,94	11,09	10 804	45,23	12,56	11 949	50,03	13,90	<b>413,76</b>
77	89,2489	5,1093	2,0932	0,2651	0,5734	0,0055	0,1337	0,0961	0,1170	0,0031	0,9446	<b>1,4101</b>	0,7677	8 625	36,11	10,03	<b>9 540</b>	39,94	11,09	10 804	45,23	12,56	11 949	50,03	13,90	<b>413,76</b>
78	91,9202	3,7854	1,6087	0,2851	0,5305	0,0000	0,1744	0,1526	0,2400		0,6365	<b>0,6666</b>	0,7494	8 622	36,10	10,03	<b>9 540</b>	39,94	11,09	10 932	45,77	12,71	12 095	50,64	14,07	<b>418,78</b>
79	91,9242	3,7911	1,6181	0,2866	0,5343	0,0000	0,1658	0,1425	0,2384		0,6383	<b>0,6607</b>	0,7491	8 620	36,09	10,03	<b>9 537</b>	39,93	11,09	10 932	45,77	12,71	12 095	50,64	14,07	<b>418,86</b>
80	92,1232	3,7849	1,5541	0,2699	0,4959	0,0000	0,1634	0,1475	0,2664		0,6035	<b>0,5912</b>	0,7472	8 620	36,09	10,03	<b>9 537</b>	39,93	11,09	10 943	45,82	12,73	12 107	50,69	14,08	<b>419,39</b>
81	88,9628	7,1847	1,9438	0,1634	0,1348	0,0015	0,0139	0,0103	0,0263	0,0100	1,3964	<b>0,1521</b>	0,7486	8 620	36,09	10,03	<b>9 537</b>	39,93	11,09	10 932	45,77	12,71	12 095	50,64	14,07	<b>419,00</b>
82	91,8820	3,9007	1,6303	0,2820	0,5036	0,0019	0,1508	0,1299	0,2389	0,0015	0,5628	<b>0,7156</b>	0,7489	8 618	36,08	10,02	<b>9 535</b>	39,92	11,09	10 929	45,76	12,71	12 092	50,62	14,06	<b>418,92</b>
83	89,4099	4,7382	2,3461	0,2783	0,5702	0,0063	0,1221	0,0959	0,0603	0,0038	1,3595	<b>1,0094</b>	0,7641	8 613	36,06	10,02	<b>9 528</b>	39,89	11,08	10 812	45,27	12,57	11 961	50,08	13,91	<b>414,73</b>
84	89,7600	4,6416	2,3186	0,2776	0,5095	0,0062	0,1209	0,0931	0,0774	0,0039	1,4073	<b>0,7839</b>	0,7602	8 610	36,05	10,01	<b>9 525</b>	39,88	11,08	10 838	45,38	12,60	11 989	50,20	13,94	<b>415,79</b>
85	91,8911	3,7810	1,6180	0,2784	0,5091	0,0000	0,1519	0,1312	0,2671		0,6990	<b>0,6732</b>	0,7491	8 610	36,05	10,01	<b>9 528</b>	39,89	11,08	10 918	45,71	12,70	12 081	50,58	14,05	<b>418,86</b>
86	92,0827	3,6817	1,5805	0,2816	0,5182	0,0000	0,1673	0,1451	0,2512		0,6837	<b>0,6080</b>	0,7477	8 610	36,05	10,01	<b>9 528</b>	39,89	11,08	10 929	45,76	12,71	12 093	50,63	14,06	<b>419,25</b>
87	92,1424	3,7339	1,5801	0,2746	0,4996	0,0000	0,1526	0,1302	0,2528		0,6013	<b>0,6325</b>	0,7468	8 608	36,04	10,01	<b>9 523</b>	39,87	11,08	10 933	45,78	12,72	12 095	50,64	14,07	<b>419,51</b>
88	92,2252	3,7203	1,5636	0,2812	0,5208	0,0014	0,1696	0,1488	0,1986	0,0031	0,6195	<b>0,5479</b>	0,7454	8 607	36,03	10,01	<b>9 523</b>	39,87	11,08	10 941	45,81	12,72	12 105	50,68	14,08	<b>419,90</b>
89	91,9541	3,8566	1,6385	0,2706	0,4813	0,0000	0,1457	0,1261	0,2364		0,6652	<b>0,6255</b>	0,7473	8 606	36,03	10,01	<b>9 520</b>	39,86	11,07	10 927	45,75	12,71	12 088	50,61	14,06	<b>419,37</b>
90	92,0163	3,8657	1,5302	0,2652	0,4846	0,0000	0,1497	0,1313	0,2631		0,6227	<b>0,6712</b>	0,7473	8 603	36,02	10,01	<b>9 518</b>	39,85	11,07	10 922	45,73	12,70	12 083	50,59	14,05	<b>419,37</b>
91	92,0932	3,7427	1,5668	0,2729	0,5013	0,0000	0,1566	0,1369	0,2481		0,6199	<b>0,6616</b>	0,7472	8 603	36,02	10,01	<b>9 518</b>	39,85	11,07	10 924	45,74	12,70	12 086	50,60	14,06	<b>419,39</b>
92	88,6964	7,7496	1,4145	0,1920	0,1793	0,0007	0,0462	0,0214	0,0145	0,0039	1,0878	<b>0,5937</b>	0,7513	8 601	36,01	10,00	<b>9 516</b>	39,84	11,07	10 889	45,59	12,66	12 047	50,44	14,01	<b>418,25</b>
93	92,0373	3,8187	1,5861	0,2707	0,4848	0,0000	0,1476	0,1270	0,2417		0,6808	<b>0,6053</b>	0,7466	8 601	36,01	10,00	<b>9 516</b>	39,84	11,07	10 924	45,74	12,70	12 086	50,60	14,06	<b>419,56</b>
94	88,6809	7,7542	1,4130	0,1928	0,1805	0,0007	0,0466	0,0219	0,0136	0,0041	1,0893	<b>0,6024</b>	0,7514	8 601	36,01	10,00	<b>9 513</b>	39,83	11,06	10 890	45,59	12,66	12 045	50,43	14,01	<b>418,22</b>
95	91,9747	3,8876	1,5960	0,2670	0,4814	0,0000	0,1411	0,1209	0,2346		0,6443	<b>0,6524</b>	0,7468	8 598	36,00	10,00	<b>9 513</b>	39,83	11,06	10 919	45,72	12,70	12 081	50,58	14,05	<b>419,51</b>
96	92,0316	3,8399	1,5947	0,2708	0,4896	0,0000	0,1460	0,1261	0,2244		0,6110	<b>0,6659</b>	0,7467	8 598	36,00	10,00	<b>9 513</b>	39,83	11,06	10 921	45,73	12,70	12 083	50,59	14,05	<b>419,53</b>
97	92,3212	3,7621	1,5308	0,2769	0,4860	0,0015	0,1590	0,1333	0,2028	0,0016	0,5977	<b>0,5271</b>	0,7437	8 596	35,99	10,00	<b>9 512</b>	39,83	11,06	10 940	45,80	12,72	12 105	50,68	14,08	<b>420,38</b>
98	88,4706	5,1349	2,5190	0,3396	0,7064	0,0063	0,1509	0,1396	0,1760	0,0025	1,0449	<b>1,3093</b>	0,7790	8 596	35,99	10,00	<b>9 506</b>	39,80	11,06	10 711	44,84	12,46	11 844	49,59	13,78	<b>410,75</b>
99	89,5073	4,7888	2,1924	0,2746	0,5231	0,0063	0,1324	0,0940	0,0837	0,0037	1,0835	<b>1,3102</b>	0,7648	8 596	35,99	10,00	<b>9 508</b>	39,81	11,06	10 788	45,17	12,55	11 932	49,96	13,88	<b>414,54</b>
100	92,3370	3,8967	1,5216	0,2638	0,4625	0,0014	0,1340	0,1152	0,2116	0,0016	0,5824	<b>0,4722</b>	0,7423	8 594	35,98	10,00	<b>9 510</b>	39,82	11,06	10 948	45,84	12,73	12 115	50,72	14,09	<b>420,78</b>
101	92,0006	3,8034	1,5965	0,2704	0,4907	0,0000	0,1430	0,1233	0,2373		0,6559	<b>0,6789</b>	0,7471	8 594	35,98	9,99	<b>9 508</b>	39,81	11,06	10 912	45,69	12,69	12 074	50,55	14,04	<b>419,42</b>
102	92,0450	3,8989	1,5948	0,2669	0,4762	0,0014	0,1343	0,1168	0,2099	0,0013	0,5947	<b>0,6598</b>	0,7457	8 591	35,97	9,99	<b>9 506</b>	39,80	11,06	10 918	45,71	12,70	12 081	50,58	14,05	<b>419,82</b>
103	91,8891	3,9821	1,5286	0,2591	0,4677	0,0000	0,1413	0,1215	0,2511		0,6476	<b>0,7119</b>	0,7474	8 591	35,97	9,99	<b>9 506</b>	39,80	11,06	10 907	45,67	12,69	12 069	50,53	14,04	<b>419,34</b>
104	92,4168	3,6135	1,4919	0,2768	0,5133	0,0011	0,1636	0,1395	0,2109	0,0027	0,5811	<b>0,5888</b>	0,7440	8 589	35,96	9,99	<b>9 504</b>	39,79	11,05	10 928	45,75	12,71	12 092	50,63	14,06	<b>420,30</b>
105	92,4772	3,7501	1,5449	0,2649	0,4803	0,0059	0,1385	0,1332	0,1703		0,5637	<b>0,4710</b>	0,7413	8 588	35,96	9,99	<b>9 508</b>	39,81	11,06	10 947	45,83	12,73	12 119	50,74	14,09	<b>421,06</b>

## Продовження Додатку Г

106	91,8525	4,0582	1,4797	0,2529	0,4565	0,0000	0,1408	0,1204	0,2548		0,6695	<b>0,7147</b>	0,7472	8 587	35,95	9,99	<b>9 501</b>	39,78	11,05	10 900	45,64	12,68	12 062	50,50	14,03	<b>419,39</b>
107	92,4243	3,7168	1,4991	0,2662	0,4677	0,0018	0,1428	0,1261	0,2276	0,0016	0,5417	<b>0,5843</b>	0,7431	8 586	35,95	9,99	<b>9 501</b>	39,78	11,05	10 931	45,77	12,71	12 096	50,64	14,07	<b>420,55</b>
108	92,3037	3,7335	1,5619	0,2700	0,4853	0,0012	0,1437	0,1228	0,1994	0,0049	0,6161	<b>0,5575</b>	0,7435	8 585	35,95	9,98	<b>9 500</b>	39,78	11,05	10 927	45,75	12,71	12 091	50,62	14,06	<b>420,44</b>
109	92,2245	3,6073	1,5504	0,2742	0,5016	0,0000	0,1645	0,1416	0,2199		0,7141	<b>0,6019</b>	0,7455	8 584	35,94	9,98	<b>9 499</b>	39,77	11,05	10 911	45,68	12,69	12 074	50,55	14,04	<b>419,87</b>
110	92,3169	3,5897	1,5171	0,2676	0,4920	0,0000	0,1634	0,1440	0,2302		0,6685	<b>0,6106</b>	0,7449	8 582	35,93	9,98	<b>9 497</b>	39,76	11,04	10 913	45,69	12,69	12 076	50,56	14,04	<b>420,04</b>
111	88,1496	7,9774	1,3437	0,1830	0,1781	0,0006	0,0513	0,0248	0,0301	0,0040	1,1283	<b>0,9291</b>	0,7564	8 582	35,93	9,98	<b>9 492</b>	39,74	11,04	10 825	45,32	12,59	11 973	50,13	13,93	<b>416,84</b>
112	92,5838	3,6479	1,4900	0,2589	0,4750	0,0065	0,1467	0,1468	0,1865		0,5651	<b>0,4928</b>	0,7411	8 581	35,93	9,98	<b>9 500</b>	39,78	11,05	10 939	45,80	12,72	12 111	50,71	14,09	<b>421,12</b>
113	92,4467	3,6650	1,5061	0,2593	0,4794	0,0051	0,1515	0,1542	0,1837		0,6398	<b>0,5092</b>	0,7422	8 580	35,92	9,98	<b>9 498</b>	39,77	11,05	10 929	45,76	12,71	12 100	50,66	14,07	<b>420,80</b>
114	92,4158	3,6320	1,5214	0,2697	0,4865	0,0000	0,1523	0,1296	0,2089		0,6068	<b>0,5770</b>	0,7432	8 579	35,92	9,98	<b>9 494</b>	39,75	11,04	10 923	45,73	12,70	12 088	50,61	14,06	<b>420,52</b>
115	92,1915	3,7762	1,5428	0,2472	0,4408	0,0000	0,1439	0,1273	0,2413	0,0048	0,7384	<b>0,5458</b>	0,7441	8 579	35,92	9,98	<b>9 492</b>	39,74	11,04	10 915	45,70	12,69	12 076	50,56	14,04	<b>420,27</b>
116	92,1657	3,6534	1,5626	0,2697	0,4917	0,0000	0,1494	0,1272	0,2242	0,0046	0,7071	<b>0,6444</b>	0,7455	8 577	35,91	9,98	<b>9 492</b>	39,74	11,04	10 901	45,64	12,68	12 064	50,51	14,03	<b>419,87</b>
117	92,2613	3,6322	1,5416	0,2683	0,4898	0,0000	0,1552	0,1339	0,2124		0,6926	<b>0,6127</b>	0,7446	8 577	35,91	9,98	<b>9 489</b>	39,73	11,04	10 908	45,67	12,69	12 069	50,53	14,04	<b>420,13</b>
118	92,3402	3,6032	1,4979	0,2628	0,4802	0,0000	0,1478	0,1268	0,2482		0,6952	<b>0,5977</b>	0,7442	8 575	35,90	9,97	<b>9 489</b>	39,73	11,04	10 908	45,67	12,69	12 071	50,54	14,04	<b>420,24</b>
119	92,2188	3,6168	1,5457	0,2692	0,4920	0,0000	0,1565	0,1333	0,2097		0,6939	<b>0,6641</b>	0,7452	8 572	35,89	9,97	<b>9 485</b>	39,71	11,03	10 899	45,63	12,68	12 059	50,49	14,03	<b>419,96</b>
120	92,6213	3,6626	1,4856	0,2596	0,4695	0,0079	0,1361	0,1298	0,1755		0,5671	<b>0,4850</b>	0,7401	8 571	35,89	9,97	<b>9 490</b>	39,73	11,04	10 935	45,78	12,72	12 107	50,69	14,08	<b>421,40</b>
121	92,4952	3,6694	1,4958	0,2582	0,4615		0,1435	0,1273	0,1966	0,0030	0,5982	<b>0,5513</b>	0,7415	8 570	35,88	9,97	<b>9 482</b>	39,70	11,03	10 923	45,73	12,70	12 086	50,60	14,06	<b>421,00</b>
122	90,9511	4,6064	1,9187	0,2657	0,4327	0,0039	0,0952	0,0699	0,0515	0,0068	1,2021	<b>0,3960</b>	0,7462	8 570	35,88	9,97	<b>9 487</b>	39,72	11,03	10 888	45,59	12,66	12 052	50,46	14,02	<b>419,68</b>
123	92,5888	3,6576	1,4775	0,2563	0,4676	0,0066	0,1411	0,1339	0,1799		0,5801	<b>0,5106</b>	0,7305	8 569	35,88	9,97	<b>9 487</b>	39,72	11,03	10 929	45,76	12,71	12 100	50,66	14,07	<b>424,16</b>
124	92,5040	3,6417	1,4918	0,2616	0,4699		0,1449	0,1277	0,1950		0,6063	<b>0,5571</b>	0,7416	8 567	35,87	9,96	<b>9 482</b>	39,70	11,03	10 918	45,71	12,70	12 083	50,59	14,05	<b>420,97</b>
125	92,5807	3,5939	1,4951	0,2631	0,4698	0,0014	0,1485	0,1268	0,1891	0,0046	0,6146	<b>0,5124</b>	0,7409	8 567	35,87	9,96	<b>9 481</b>	39,69	11,03	10 923	45,73	12,70	12 088	50,61	14,06	<b>421,17</b>
126	92,3674	3,6076	1,5102	0,2573	0,4647	0,0000	0,1429	0,1249	0,2303		0,6771	<b>0,6176</b>	0,7435	8 565	35,86	9,96	<b>9 477</b>	39,68	11,02	10 903	45,65	12,68	12 064	50,51	14,03	<b>420,44</b>
127	92,0860	3,8109	1,6019	0,2666	0,4755	0,0011	0,1304	0,1091	0,1687	0,0053	0,6057	<b>0,7388</b>	0,7447	8 563	35,85	9,96	<b>9 476</b>	39,67	11,02	10 890	45,59	12,66	12 050	50,45	14,01	<b>420,10</b>
128	92,4280	3,6555	1,5126	0,2598	0,4542	0,0000	0,1365	0,1194	0,2110		0,6076	<b>0,6154</b>	0,7420	8 563	35,85	9,96	<b>9 477</b>	39,68	11,02	10 906	45,66	12,68	12 071	50,54	14,04	<b>420,86</b>
129	92,7178	3,5275	1,4047	0,2448	0,4361	0,0000	0,1403	0,1250	0,2696		0,5909	<b>0,5433</b>	0,7408	8 563	35,85	9,96	<b>9 477</b>	39,68	11,02	10 917	45,71	12,70	12 083	50,59	14,05	<b>421,20</b>
130	92,6261	3,7303	1,5076	0,2601	0,4514	0,0007	0,1263	0,1048	0,1583	0,0044	0,5565	<b>0,4735</b>	0,7388	8 560	35,84	9,96	<b>9 473</b>	39,66	11,02	10 932	45,77	12,71	12 098	50,65	14,07	<b>421,77</b>
131	92,4463	3,6584	1,4943	0,2510	0,4404	0,0000	0,1332	0,1176	0,2239		0,6794	<b>0,5555</b>	0,7417	8 560	35,84	9,96	<b>9 473</b>	39,66	11,02	10 909	45,67	12,69	12 071	50,54	14,04	<b>420,95</b>
132	92,3216	3,6356	1,5160	0,2515	0,4487	0,0000	0,1394	0,1195	0,2352		0,7189	<b>0,6136</b>	0,7434	8 560	35,84	9,96	<b>9 473</b>	39,66	11,02	10 896	45,62	12,67	12 057	50,48	14,02	<b>420,46</b>
133	92,3720	3,5847	1,5012	0,2676	0,4836		0,1628	0,1434	0,1718		0,7655	<b>0,5474</b>	0,7425	8 558	35,83	9,95	<b>9 470</b>	39,65	11,01	10 900	45,63	12,68	12 062	50,50	14,03	<b>420,72</b>
134	92,5778	3,5879	1,4896	0,2555	0,4443	0,0021	0,1316	0,1164	0,2149		0,6044	<b>0,5755</b>	0,7410	8 558	35,83	9,95	<b>9 470</b>	39,65	11,01	10 910	45,68	12,69	12 074	50,55	14,04	<b>421,15</b>
135	92,4477	3,6270	1,5453	0,2666	0,4738	0,0013	0,1419	0,1207	0,1609	0,0053	0,6342	<b>0,5753</b>	0,7415	8 558	35,83	9,95	<b>9 471</b>	39,65	11,01	10 907	45,67	12,69	12 070	50,54	14,04	<b>421,00</b>
136	92,3319	3,6498	1,5641	0,2574	0,4578		0,1268	0,1094	0,1942		0,6530	<b>0,6556</b>	0,7427	8 553	35,81	9,95	<b>9 465</b>	39,63	11,01	10 893	45,61	12,67	12 055	50,47	14,02	<b>420,66</b>
137	92,3033	3,7406	1,5293	0,2418	0,4204	0,0000	0,1219	0,1065	0,2280		0,7231	<b>0,5851</b>	0,7423	8 553	35,81	9,95	<b>9 465</b>	39,63	11,01	10 895	45,61	12,67	12 057	50,48	14,02	<b>420,78</b>
138	92,5122	3,6885	1,4842	0,2473	0,4384	0,0012	0,1244	0,1041	0,2039	0,0036	0,6580	<b>0,5342</b>	0,7403	8 551	35,80	9,94	<b>9 463</b>	39,62	11,01	10 907	45,66	12,68	12 070	50,54	14,04	<b>421,34</b>
139	92,8045	3,5228	1,4076	0,2553	0,4532	0,0018	0,1398	0,1218	0,2018	0,0018	0,5172	<b>0,5724</b>	0,7393	8 551	35,80	9,94	<b>9 464</b>	39,62	11,01	10 915	45,70	12,69	12 079	50,57	14,05	<b>421,63</b>
140	89,5550	6,9027	1,3228	0,1930	0,1927	0,0008	0,0700	0,0357	0,0258	0,0050	1,1370	<b>0,5595</b>	0,7465	8 551	35,80	9,94	<b>9 461</b>	39,61	11,00	10 861	45,47	12,63	12 016	50,31	13,98	<b>419,59</b>
141	92,5317	3,7745	1,5076	0,2474	0,4324	0,0062	0,1147	0,1100	0,1558		0,6438	<b>0,4759</b>	0,7358	8 550	35,80	9,94	<b>9 467</b>	39,63	11,01	10 917	45,71	12,70	12 087	50,61	14,06	<b>422,63</b>
142	92,3674	3,6038	1,4897	0,2603	0,4648	0,0016	0,1428	0,1214	0,2009	0,0022	0,5529	<b>0,7922</b>	0,7438	8 549	35,79	9,94	<b>9 461</b>	39,61	11,00	10 879	45,55	12,65	12 039	50,41	14,00	<b>420,35</b>
143	92,4778	3,5825	1,4717	0,2427	0,4292	0,0000	0,1390	0,1258	0,2312	0,0044	0,7102	<b>0,5855</b>	0,7417	8 548	35,79	9,94	<b>9 461</b>	39,61	11,00	10 894	45,61	12,67	12 057	50,48	14,02	<b>420,95</b>
144	91,9614	4,1182	1,3367	0,2284	0,4156	0,0000	0,1295	0,1113	0,2474	0,0017	0,6491	<b>0,8007</b>	0,7449	8 548	35,79	9,94	<b>9 458</b>	39,60	11,00	10 871	45,51	12,64	12 028	50,36	13,99	<b>420,04</b>
145	92,5758	3,5907	1,5209	0,2530	0,4437	0,0011	0,1241	0,1054	0,1888	0,0043	0,6319	<b>0,5603</b>	0,7401	8 547	35,78	9,94	<b>9 459</b>	39,60	11,00	10 903	45,65	12,68	12 066	50,52	14,03	<b>421,40</b>



## Продовження Додатку Г

146	92,7333	3,5981	1,4421	0,2451	0,4438	0,0091	0,1313	0,1306	0,1632		0,5940	<b>0,5094</b>	0,7284	8 546	35,78	9,94	<b>9 462</b>	39,62	11,00	10 914	45,69	12,69	12 085	50,60	14,05	<b>424,77</b>
147	92,6105	3,6578	1,4745	0,2428	0,4189	0,0041	0,1230	0,1105	0,1999		0,6249	<b>0,5331</b>	0,7394	8 546	35,78	9,94	<b>9 458</b>	39,60	11,00	10 907	45,66	12,68	12 071	50,54	14,04	<b>421,60</b>
148	92,4535	3,5983	1,5018	0,2527	0,4498	0,0000	0,1311	0,1122	0,2044		0,6765	<b>0,6197</b>	0,7416	8 546	35,78	9,94	<b>9 458</b>	39,60	11,00	10 890	45,59	12,66	12 052	50,46	14,02	<b>420,97</b>
149	92,6580	3,5593	1,4507	0,2599	0,4648	0,0014	0,1321	0,1116	0,1841	0,0046	0,5828	<b>0,5907</b>	0,7399	8 545	35,77	9,94	<b>9 457</b>	39,59	11,00	10 902	45,64	12,68	12 066	50,52	14,03	<b>421,46</b>
150	92,5427	3,6106	1,4852	0,2506	0,4416	0,0000	0,1239	0,1061	0,2023	0,0036	0,6349	<b>0,5985</b>	0,7405	8 544	35,77	9,94	<b>9 456</b>	39,59	11,00	10 896	45,62	12,67	12 059	50,49	14,03	<b>421,29</b>
151	92,7117	3,6678	1,4781	0,2491	0,4365	0,0094	0,1191	0,1153	0,1420		0,5803	<b>0,4907</b>	0,7377	8 543	35,77	9,94	<b>9 460</b>	39,61	11,00	10 917	45,71	12,70	12 088	50,61	14,06	<b>422,09</b>
152	92,5611	3,6249	1,5251	0,2549	0,4428	0,0011	0,1229	0,1035	0,1641	0,0045	0,6219	<b>0,5732</b>	0,7397	8 541	35,76	9,93	<b>9 452</b>	39,58	10,99	10 899	45,63	12,68	12 062	50,50	14,03	<b>421,52</b>
153	92,6786	3,4881	1,4327	0,2599	0,4711	0,0012	0,1389	0,1144	0,1935	0,0015	0,6027	<b>0,6174</b>	0,7403	8 541	35,76	9,93	<b>9 452</b>	39,58	10,99	10 895	45,61	12,67	12 057	50,48	14,02	<b>421,34</b>
154	92,7392	3,5635	1,4206	0,2407	0,4187	0,0000	0,1274	0,1097	0,2253		0,6125	<b>0,5424</b>	0,7390	8 541	35,76	9,93	<b>9 454</b>	39,58	10,99	10 904	45,65	12,68	12 069	50,53	14,04	<b>421,71</b>
155	92,7209	3,5227	1,4623	0,2530	0,4461	0,0013	0,1303	0,1101	0,1868	0,0044	0,6048	<b>0,5573</b>	0,7391	8 540	35,76	9,93	<b>9 452</b>	39,57	10,99	10 902	45,64	12,68	12 066	50,52	14,03	<b>421,69</b>
156	92,5856	3,5707	1,4667	0,2565	0,4511	0,0012	0,1327	0,1126	0,1831	0,0042	0,5777	<b>0,6579</b>	0,7406	8 539	35,75	9,93	<b>9 451</b>	39,57	10,99	10 890	45,59	12,67	12 052	50,46	14,02	<b>421,26</b>
157	92,4367	3,5471	1,4676	0,2604	0,4716		0,1566	0,1358	0,1639		0,7782	<b>0,5821</b>	0,7415	8 539	35,75	9,93	<b>9 449</b>	39,56	10,99	10 883	45,56	12,66	12 043	50,42	14,01	<b>421,00</b>
158	92,3760	3,5654	1,5066	0,2536	0,4506	0,0000	0,1339	0,1152	0,2028	0,0041	0,7900	<b>0,6018</b>	0,7420	8 539	35,75	9,93	<b>9 449</b>	39,56	10,99	10 878	45,55	12,65	12 038	50,40	14,00	<b>420,86</b>
159	92,8644	3,6347	1,4238	0,2410	0,4259	0,0080	0,1157	0,1099	0,1561		0,5761	<b>0,4444</b>	0,7311	8 537	35,74	9,93	<b>9 453</b>	39,58	10,99	10 920	45,72	12,70	12 092	50,63	14,06	<b>423,99</b>
160	92,6982	3,6819	1,4810	0,2435	0,4300	0,0064	0,1135	0,1087	0,1434		0,5975	<b>0,4959</b>	0,7344	8 537	35,74	9,93	<b>9 453</b>	39,58	10,99	10 911	45,68	12,69	12 081	50,58	14,05	<b>423,03</b>
161	92,5521	3,6116	1,4944	0,2476	0,4369	0,0000	0,1234	0,1030	0,1835		0,6576	<b>0,5899</b>	0,7399	8 536	35,74	9,93	<b>9 446</b>	39,55	10,99	10 891	45,60	12,67	12 052	50,46	14,02	<b>421,46</b>
162	92,6868	3,6606	1,4803	0,2459	0,4364	0,0056	0,1160	0,1127	0,1404		0,6044	<b>0,5109</b>	0,7347	8 536	35,74	9,93	<b>9 452</b>	39,57	10,99	10 908	45,67	12,69	12 078	50,57	14,05	<b>422,95</b>
163	92,7606	3,7236	1,4513	0,2374	0,4083	0,0079	0,1087	0,1051	0,1500		0,5810	<b>0,4661</b>	0,7344	8 535	35,73	9,93	<b>9 451</b>	39,57	10,99	10 915	45,70	12,69	12 087	50,60	14,06	<b>423,03</b>
164	92,8690	3,6039	1,4180	0,2424	0,4223	0,0007	0,1223	0,1019	0,1702	0,0037	0,5346	<b>0,5110</b>	0,7366	8 534	35,73	9,93	<b>9 444</b>	39,54	10,98	10 912	45,69	12,69	12 076	50,56	14,04	<b>422,40</b>
165	92,6755	3,5586	1,4710	0,2459	0,4278		0,1261	0,1107	0,1827		0,6374	<b>0,5643</b>	0,7389	8 534	35,73	9,93	<b>9 444</b>	39,54	10,98	10 895	45,62	12,67	12 057	50,48	14,02	<b>421,74</b>
166	92,5095	3,5803	1,4588	0,2355	0,4107	0,0000	0,1224	0,1093	0,2421		0,7555	<b>0,5759</b>	0,7408	8 534	35,73	9,93	<b>9 446</b>	39,55	10,99	10 882	45,56	12,66	12 045	50,43	14,01	<b>421,20</b>
167	92,7209	3,6471	1,4704	0,2465	0,4327	0,0084	0,1174	0,1109	0,1365		0,6268	<b>0,4824</b>	0,7372	8 533	35,73	9,92	<b>9 449</b>	39,56	10,99	10 908	45,67	12,69	12 078	50,57	14,05	<b>422,23</b>
168	92,6423	3,6096	1,5007	0,2494	0,4160	0,0015	0,1189	0,0995	0,1713	0,0050	0,6176	<b>0,5682</b>	0,7387	8 532	35,72	9,92	<b>9 443</b>	39,54	10,98	10 895	45,61	12,67	12 058	50,48	14,02	<b>421,80</b>
169	93,0123	3,4354	1,3009	0,2382	0,4397	0,0015	0,1435	0,1224	0,2170	0,0016	0,5435	<b>0,5440</b>	0,7373	8 532	35,72	9,92	<b>9 444</b>	39,54	10,98	10 905	45,66	12,68	12 070	50,54	14,04	<b>422,20</b>
170	88,6354	4,7816	2,0537	0,2876	0,4905	0,0043	0,1411	0,1199	0,1564	0,0052	2,1063	<b>1,2180</b>	0,7697	8 532	35,72	9,92	<b>9 439</b>	39,52	10,98	10 673	44,69	12,41	11 809	49,44	13,73	<b>413,22</b>
171	83,6015	8,9940	2,1080	0,1590	0,2580	0,0027	0,0405	0,0320	0,0279	0,0054	1,7690	<b>3,0020</b>	0,7996	8 532	35,72	9,92	<b>9 432</b>	39,49	10,97	10 472	43,84	12,18	11 577	48,47	13,46	<b>405,42</b>
172	92,7792	3,4929	1,4253	0,2404	0,4197		0,1281	0,1119	0,1985		0,6344	<b>0,5696</b>	0,7383	8 527	35,70	9,92	<b>9 437</b>	39,51	10,98	10 890	45,59	12,67	12 052	50,46	14,02	<b>421,91</b>
173	92,7520	3,5174	1,4423	0,2470	0,4295	0,0011	0,1269	0,1046	0,1825	0,0040	0,6279	<b>0,5648</b>	0,7383	8 527	35,70	9,92	<b>9 438</b>	39,51	10,98	10 891	45,60	12,67	12 054	50,47	14,02	<b>421,91</b>
174	88,9012	4,6933	2,0066	0,2817	0,4814	0,0056	0,1356	0,1163	0,1582	0,0048	2,0235	<b>1,1918</b>	0,7655	8 524	35,69	9,91	<b>9 432</b>	39,49	10,97	10 679	44,71	12,42	11 816	49,47	13,74	<b>414,35</b>
175	92,6628	3,5926	1,4477	0,2449	0,4214	0,0000	0,1222	0,1032	0,1770	0,0019	0,6946	<b>0,5317</b>	0,7382	8 524	35,69	9,91	<b>9 434</b>	39,50	10,97	10 890	45,59	12,66	12 052	50,46	14,02	<b>421,94</b>
176	92,9737	3,5986	1,3766	0,2341	0,4072	0,0007	0,1184	0,1000	0,1626	0,0046	0,5621	<b>0,4614</b>	0,7349	8 522	35,68	9,91	<b>9 432</b>	39,49	10,97	10 909	45,67	12,69	12 074	50,55	14,04	<b>422,89</b>
177	88,8790	4,7388	1,9645	0,2787	0,4758	0,0038	0,1385	0,1190	0,1675	0,0051	2,1045	<b>1,1248</b>	0,7511	8 522	35,68	9,91	<b>9 432</b>	39,49	10,97	10 678	44,71	12,42	11 818	49,48	13,74	<b>418,30</b>
178	92,7788	3,5802	1,4133	0,2339	0,4063	0,0000	0,1222	0,1039	0,1865		0,6661	<b>0,5088</b>	0,7371	8 522	35,68	9,91	<b>9 432</b>	39,49	10,97	10 894	45,61	12,67	12 057	50,48	14,02	<b>422,26</b>
179	92,8227	3,6273	1,4305	0,2338	0,4087	0,0053	0,1091	0,1085	0,1438		0,6159	<b>0,4944</b>	0,7359	8 519	35,67	9,91	<b>9 434</b>	39,50	10,97	10 899	45,63	12,68	12 069	50,53	14,04	<b>422,60</b>
180	92,8239	3,6362	1,4289	0,2322	0,4170	0,0063	0,1119	0,1077	0,1324		0,6273	<b>0,4762</b>	0,7356	8 519	35,67	9,91	<b>9 433</b>	39,49	10,97	10 900	45,64	12,68	12 070	50,54	14,04	<b>422,69</b>
181	92,8558	3,6134	1,4143	0,2332	0,4075	0,0058	0,1106	0,1084	0,1389		0,6492	<b>0,4629</b>	0,7353	8 515	35,65	9,90	<b>9 429</b>	39,48	10,97	10 898	45,63	12,67	12 068	50,53	14,04	<b>422,77</b>
182	93,5487	3,2403	1,1956	0,2309	0,4263	0,0017	0,1340	0,1182	0,2081	0,0045	0,5100	<b>0,3817</b>	0,7319	8 513	35,64	9,90	<b>9 423</b>	39,45	10,96	10 920	45,72	12,70	12 088	50,61	14,06	<b>423,76</b>
183	92,8509	3,5675	1,4179	0,2362	0,4148	0,0079	0,1118	0,1065	0,1409		0,6227	<b>0,5229</b>	0,7349	8 512	35,64	9,90	<b>9 427</b>	39,47	10,96	10 890	45,60	12,67	12 060	50,49	14,03	<b>422,89</b>
184	92,6014	3,5987	1,4599	0,2452	0,4260		0,1249	0,1069	0,1418		0,7373	<b>0,5579</b>	0,7381	8 512	35,64	9,90	<b>9 422</b>	39,45	10,96	10 873	45,52	12,65	12 035	50,39	14,00	<b>421,97</b>
185	83,9288	8,6920	2,0840	0,1600	0,2520	0,0025	0,0423	0,0340	0,0282	0,0052	1,8390	<b>2,9320</b>	0,7971	8 510	35,63	9,90	<b>9 408</b>	39,39	10,94	10 461	43,80	12,17	11 565	48,42	13,45	<b>406,05</b>

## Продовження Додатку Г

186	92,7984	3,4512	1,4172	0,2452	0,4301	0,0024	0,1193	0,0978	0,1715	0,0037	0,6088	<b>0,6544</b>	0,7379	8 508	35,62	9,89	<b>9 415</b>	39,42	10,95	10 871	45,51	12,64	12 031	50,37	13,99	<b>422,03</b>
187	88,1201	5,4071	2,1590	0,2240	0,4499	0,0040	0,0860	0,0750	0,0724	0,0015	1,3404	<b>2,0606</b>	0,7739	8 508	35,62	9,89	<b>9 411</b>	39,40	10,94	10 613	44,43	12,34	11 739	49,15	13,65	<b>412,10</b>
188	92,9912	3,5785	1,3930	0,2266	0,3923	0,0055	0,1034	0,1026	0,1313		0,6262	<b>0,4494</b>	0,7336	8 503	35,60	9,89	<b>9 417</b>	39,43	10,95	10 895	45,62	12,67	12 066	50,52	14,03	<b>423,26</b>
189	92,5940	3,3300	1,4704	0,2521	0,4381	0,0012	0,1253	0,1074	0,1941	0,0039	0,8085	<b>0,6750</b>	0,7403	8 502	35,60	9,89	<b>9 410</b>	39,40	10,94	10 845	45,40	12,61	12 003	50,25	13,96	<b>421,34</b>
190	92,9647	3,4925	1,4035	0,2286	0,3903	0,0012	0,1041	0,0899	0,1726	0,0046	0,6092	<b>0,5388</b>	0,7351	8 501	35,59	9,89	<b>9 410</b>	39,40	10,94	10 882	45,56	12,66	12 045	50,43	14,01	<b>422,83</b>
191	93,0086	3,4891	1,3561	0,2257	0,3789	0,0014	0,1070	0,0917	0,1853	0,0055	0,6351	<b>0,5156</b>	0,7346	8 497	35,58	9,88	<b>9 406</b>	39,38	10,94	10 880	45,55	12,65	12 044	50,42	14,01	<b>422,98</b>
192	92,6742	3,5684	1,3779	0,2348	0,4230		0,1264	0,1086	0,1398		0,7721	<b>0,5748</b>	0,7371	8 493	35,56	9,88	<b>9 401</b>	39,36	10,93	10 858	45,46	12,63	12 019	50,32	13,98	<b>422,26</b>
193	92,2306	3,9878	1,2613	0,2082	0,3787		0,1180	0,1043	0,1949		0,6224	<b>0,8938</b>	0,7412	8 493	35,56	9,88	<b>9 401</b>	39,36	10,93	10 826	45,33	12,59	11 983	50,17	13,94	<b>421,09</b>
194	85,1432	7,8260	2,0490	0,1740	0,2750	0,0030	0,0486	0,0386	0,0334	0,0032	1,6100	<b>2,7960</b>	0,7899	8 493	35,56	9,88	<b>9 391</b>	39,32	10,92	10 487	43,91	12,20	11 596	48,55	13,49	<b>407,90</b>
195	91,6375	4,4003	1,1589	0,1970	0,3557	0,0000	0,1092	0,0943	0,2495		0,7450	<b>1,0526</b>	0,7455	8 491	35,55	9,88	<b>9 396</b>	39,34	10,93	10 792	45,18	12,55	11 942	50,00	13,89	<b>419,87</b>
196	93,2584	3,2513	1,3226	0,2269	0,3966	0,0000	0,1163	0,0987	0,1846		0,6115	<b>0,5331</b>	0,7335	8 486	35,53	9,87	<b>9 394</b>	39,33	10,93	10 875	45,53	12,65	12 038	50,40	14,00	<b>423,29</b>
197	93,0679	3,3565	1,3630	0,2327	0,3967	0,0013	0,1130	0,0963	0,1604	0,0044	0,6812	<b>0,5266</b>	0,7342	8 485	35,52	9,87	<b>9 392</b>	39,32	10,92	10 867	45,50	12,64	12 030	50,37	13,99	<b>423,09</b>
198	92,9982	3,3262	1,3599	0,2373	0,4064	0,0016	0,1182	0,1011	0,1669	0,0036	0,5891	<b>0,6915</b>	0,7361	8 484	35,52	9,87	<b>9 391</b>	39,32	10,92	10 852	45,44	12,62	12 013	50,29	13,97	<b>422,54</b>
199	93,2125	3,3245	1,3203	0,2241	0,3852	0,0000	0,1167	0,0989	0,1674		0,5989	<b>0,5515</b>	0,7333	8 481	35,51	9,86	<b>9 389</b>	39,31	10,92	10 870	45,51	12,64	12 033	50,38	13,99	<b>423,35</b>
200	93,1865	3,3558	1,3294	0,2238	0,3812	0,0000	0,1124	0,0957	0,1646		0,6023	<b>0,5483</b>	0,7333	8 481	35,51	9,86	<b>9 389</b>	39,31	10,92	10 870	45,51	12,64	12 033	50,38	13,99	<b>423,35</b>
201	93,4881	3,2495	1,1953	0,2258	0,4010	0,0019	0,1281	0,1122	0,1649	0,0042	0,5448	<b>0,4842</b>	0,7313	8 480	35,51	9,86	<b>9 388</b>	39,31	10,92	10 883	45,57	12,66	12 048	50,44	14,01	<b>423,93</b>
202	93,0845	3,4232	1,3637	0,2255	0,3725	0,0014	0,1119	0,0971	0,1324	0,0019	0,5799	<b>0,6060</b>	0,7336	8 477	35,49	9,86	<b>9 384</b>	39,29	10,91	10 861	45,47	12,63	12 023	50,34	13,98	<b>423,26</b>
203	93,2412	3,2701	1,3123	0,2203	0,3794	0,0000	0,1115	0,0953	0,1798		0,6401	<b>0,5500</b>	0,7331	8 474	35,48	9,86	<b>9 382</b>	39,28	10,91	10 860	45,47	12,63	12 024	50,34	13,98	<b>423,41</b>
204	91,5682	4,5495	1,0755	0,1796	0,3300	0,0000	0,1039	0,0896	0,2470	0,0046	0,7573	<b>1,0948</b>	0,7449	8 474	35,48	9,86	<b>9 377</b>	39,26	10,91	10 777	45,12	12,53	11 926	49,93	13,87	<b>420,04</b>
205	93,2702	3,3176	1,3171	0,2204	0,3701	0,0000	0,1104	0,0947	0,1626	0,0027	0,6082	<b>0,5260</b>	0,7323	8 474	35,48	9,86	<b>9 382</b>	39,28	10,91	10 869	45,51	12,64	12 033	50,38	13,99	<b>423,64</b>
206	89,6070	4,4232	1,6732	0,2473	0,4110	0,0089	0,1251	0,1080	0,2363	0,0026	2,2226	<b>0,9348</b>	0,7600	8 472	35,47	9,85	<b>9 372</b>	39,24	10,90	10 663	44,64	12,40	11 797	49,39	13,72	<b>415,85</b>
207	88,4912	5,2922	1,6887	0,2193	0,3820	0,0037	0,1065	0,1019	0,1977	0,0006	0,3693	<b>3,1469</b>	0,7591	8 470	35,46	9,85	<b>9 374</b>	39,25	10,90	10 532	44,10	12,25	11 655	48,80	13,56	<b>416,09</b>
208	82,0319	8,6370	2,4350	0,1960	0,3360	0,0021	0,0550	0,0450	0,0460	0,0110	2,3740	<b>3,8310</b>	0,8173	8 469	35,46	9,85	<b>9 360</b>	39,19	10,89	10 283	43,05	11,96	11 364	47,58	13,22	<b>401,01</b>
209	93,3239	3,2989	1,3011	0,2184	0,3673	0,0000	0,1084	0,0937	0,1596		0,6030	<b>0,5257</b>	0,7317	8 469	35,46	9,85	<b>9 377</b>	39,26	10,91	10 866	45,49	12,64	12 031	50,37	13,99	<b>423,81</b>
210	91,8430	4,3544	1,1153	0,1806	0,3256	0,0000	0,0978	0,0841	0,2397		0,7495	<b>1,0100</b>	0,7426	8 467	35,45	9,85	<b>9 372</b>	39,24	10,90	10 782	45,14	12,54	11 935	49,97	13,88	<b>420,69</b>
211	85,9122	7,4810	1,8910	0,1640	0,2650	0,0032	0,0468	0,0369	0,0333	0,0026	1,5150	<b>2,6490</b>	0,7834	8 467	35,45	9,85	<b>9 363</b>	39,20	10,89	10 500	43,96	12,21	11 610	48,61	13,50	<b>409,59</b>
212	88,7470	5,3256	1,5982	0,2019	0,3393	0,0046	0,0978	0,0916	0,2141	0,0007	0,4081	<b>2,9711</b>	0,7553	8 462	35,43	9,84	<b>9 365</b>	39,21	10,89	10 546	44,16	12,27	11 672	48,87	13,57	<b>417,14</b>
213	89,7434	4,3893	1,6253	0,2379	0,3978	0,0090	0,1223	0,1060	0,2430	0,0028	2,0896	<b>1,0336</b>	0,7594	8 462	35,43	9,84	<b>9 363</b>	39,20	10,89	10 656	44,61	12,39	11 789	49,36	13,71	<b>416,01</b>
214	89,9317	6,0318	1,5747	0,1378	0,1325	0,0018	0,0152	0,0118	0,0415	0,0082	1,8609	<b>0,2521</b>	0,7410	8 458	35,41	9,84	<b>9 360</b>	39,19	10,89	10 782	45,14	12,54	11 933	49,96	13,88	<b>421,15</b>
215	89,5331	4,3946	1,6708	0,2437	0,4040	0,0090	0,1250	0,1078	0,2272	0,0035	2,2268	<b>1,0545</b>	0,7608	8 455	35,40	9,83	<b>9 353</b>	39,16	10,88	10 638	44,54	12,37	11 768	49,27	13,69	<b>415,63</b>
216	88,5708	5,1724	1,6715	0,2160	0,3994	0,0035	0,1072	0,1026	0,1823	0,0014	0,4211	<b>3,1518</b>	0,7603	8 454	35,40	9,83	<b>9 357</b>	39,17	10,88	10 517	44,03	12,23	11 639	48,73	13,54	<b>415,77</b>
217	88,5470	5,1826	1,6228	0,2150	0,3886	0,0036	0,1137	0,1073	0,2047	0,0009	0,3899	<b>3,2239</b>	0,7592	8 453	35,39	9,83	<b>9 355</b>	39,17	10,88	10 510	44,00	12,22	11 631	48,70	13,53	<b>416,07</b>
218	88,6333	5,1967	1,6367	0,2126	0,3882	0,0036	0,1066	0,0999	0,1873	0,0010	0,4009	<b>3,1332</b>	0,7575	8 453	35,39	9,83	<b>9 355</b>	39,17	10,88	10 520	44,05	12,24	11 643	48,75	13,54	<b>416,53</b>
219	93,4856	3,2407	1,2566	0,2104	0,3512	0,0001	0,1027	0,0882	0,1522	0,0022	0,5965	<b>0,5136</b>	0,7298	8 453	35,39	9,83	<b>9 358</b>	39,18	10,88	10 858	45,46	12,63	12 021	50,33	13,98	<b>424,36</b>
220	90,3659	5,0658	1,5349	0,1769	0,3043	0,0071	0,0771	0,0631	0,0716		1,7903	<b>0,5430</b>	0,7452	8 453	35,39	9,83	<b>9 355</b>	39,17	10,88	10 746	44,99	12,50	11 892	49,79	13,83	<b>419,96</b>
221	89,7154	4,3503	1,6297	0,2387	0,4044	0,0092	0,1228	0,1052	0,2275	0,0059	2,1720	<b>1,0189</b>	0,7592	8 450	35,38	9,83	<b>9 351</b>	39,15	10,88	10 643	44,56	12,38	11 777	49,31	13,70	<b>416,07</b>
222	86,5121	7,1380	1,8080	0,1620	0,2640	0,0035	0,0484	0,0385	0,0374	0,0031	1,5380	<b>2,4470</b>	0,7783	8 450	35,38	9,83	<b>9 346</b>	39,13	10,87	10 513	44,01	12,23	11 627	48,68	13,52	<b>410,93</b>
223	90,4845	5,1132	1,4900	0,1672	0,2867	0,0076	0,0682	0,0536	0,0646		1,7406	<b>0,5238</b>	0,7434	8 444	35,35	9,82	<b>9 345</b>	39,13	10,87	10 748	45,00	12,50	11 895	49,80	13,83	<b>420,46</b>
224	90,4032	5,0138	1,5237	0,1778	0,3017	0,0069	0,0716	0,0619	0,0698		1,8262	<b>0,5434</b>	0,7447	8 443	35,35	9,82	<b>9 344</b>	39,12	10,87	10 737	44,95	12,49	11 883	49,75	13,82	<b>420,10</b>
225	88,8728	5,2321	1,5563	0,2003	0,3416	0,0040	0,1011	0,0913	0,1900	0,0028	0,4337	<b>2,9740</b>	0,7538	8 441	35,34	9,82	<b>9 343</b>	39,12	10,87	10 531	44,09	12,25	11 656	48,80	13,56	<b>417,55</b>

## Продовження Додатку Г

226	90,4024	5,1116	1,5056	0,1688	0,2828	0,0073	0,0711	0,0552	0,0630		1,7893	<b>0,5429</b>	0,7441	8 441	35,34	9,82	<b>9 342</b>	39,11	10,86	10 739	44,96	12,49	11 885	49,76	13,82	<b>420,27</b>
227	90,4687	5,0661	1,4868	0,1682	0,2900	0,0072	0,0697	0,0600	0,0652		1,7799	<b>0,5382</b>	0,7437	8 439	35,33	9,82	<b>9 340</b>	39,11	10,86	10 740	44,97	12,49	11 886	49,76	13,82	<b>420,38</b>
228	88,6158	5,1144	1,6078	0,2148	0,3837	0,0037	0,1082	0,1015	0,1999	0,0015	0,4042	<b>3,2445</b>	0,7584	8 439	35,33	9,81	<b>9 340</b>	39,10	10,86	10 497	43,95	12,21	11 618	48,64	13,51	<b>416,29</b>
229	93,7391	3,2280	1,1914	0,1974	0,3236	0,0000	0,0932	0,0793	0,1454		0,5803	<b>0,4223</b>	0,7264	8 438	35,33	9,81	<b>9 344</b>	39,12	10,87	10 865	45,49	12,64	12 031	50,37	13,99	<b>425,36</b>
230	90,5270	4,9735	1,4910	0,1757	0,2958	0,0072	0,0727	0,0588	0,0707		1,7845	<b>0,5431</b>	0,7438	8 438	35,33	9,81	<b>9 339</b>	39,10	10,86	10 738	44,96	12,49	11 884	49,76	13,82	<b>420,35</b>
231	89,6471	4,3498	1,6884	0,2393	0,3989	0,0082	0,1143	0,1011	0,1858	0,0043	2,1922	<b>1,0706</b>	0,7589	8 436	35,32	9,81	<b>9 334</b>	39,08	10,86	10 627	44,49	12,36	11 758	49,23	13,68	<b>416,15</b>
232	89,7881	4,2575	1,6026	0,2386	0,4016	0,0090	0,1227	0,1061	0,2241	0,0040	2,1398	<b>1,1059</b>	0,7590	8 436	35,32	9,81	<b>9 334</b>	39,08	10,86	10 627	44,49	12,36	11 758	49,23	13,68	<b>416,12</b>
233	92,9749	3,7900	1,2328	0,1979	0,3170	0,0014	0,0665	0,0469	0,1136	0,0040	0,5415	<b>0,7135</b>	0,7311	8 434	35,31	9,81	<b>9 336</b>	39,09	10,86	10 824	45,32	12,59	11 983	50,17	13,94	<b>423,99</b>
234	93,6646	3,1818	1,2134	0,2009	0,3286	0,0001	0,0962	0,0830	0,1459	0,0018	0,6021	<b>0,4816</b>	0,7276	8 434	35,31	9,81	<b>9 339</b>	39,10	10,86	10 852	45,43	12,62	12 016	50,31	13,98	<b>425,01</b>
235	90,6831	4,9023	1,4519	0,1681	0,2973	0,0070	0,0750	0,0616	0,0701		1,7599	<b>0,5237</b>	0,7425	8 432	35,30	9,81	<b>9 332</b>	39,07	10,85	10 739	44,96	12,49	11 886	49,76	13,82	<b>420,72</b>
236	89,4857	4,4185	1,6662	0,2395	0,3992	0,0083	0,1147	0,1008	0,1945	0,0065	2,1945	<b>1,1716</b>	0,7606	8 431	35,30	9,81	<b>9 329</b>	39,06	10,85	10 609	44,42	12,34	11 739	49,15	13,65	<b>415,68</b>
237	90,1188	4,3224	1,5635	0,2211	0,3618	0,0090	0,1089	0,0934	0,2006	0,0016	2,0144	<b>0,9845</b>	0,7546	8 431	35,30	9,81	<b>9 329</b>	39,06	10,85	10 652	44,60	12,39	11 787	49,35	13,71	<b>417,33</b>
238	88,8362	5,0447	1,5894	0,2084	0,3728	0,0037	0,1063	0,0995	0,1820	0,0011	0,4140	<b>3,1419</b>	0,7557	8 430	35,30	9,80	<b>9 331</b>	39,07	10,85	10 504	43,98	12,22	11 626	48,68	13,52	<b>417,03</b>
239	90,6377	4,9378	1,4735	0,1724	0,2770	0,0067	0,0718	0,0562	0,0673		1,7689	<b>0,5307</b>	0,7425	8 430	35,29	9,80	<b>9 330</b>	39,06	10,85	10 736	44,95	12,49	11 882	49,75	13,82	<b>420,72</b>
240	93,8260	2,9422	1,1966	0,2038	0,3552	0,0000	0,1060	0,0897	0,1629		0,6227	<b>0,4949</b>	0,7276	8 429	35,29	9,80	<b>9 334</b>	39,08	10,86	10 845	45,40	12,61	12 009	50,28	13,97	<b>425,01</b>
241	88,8843	5,1511	1,5124	0,1954	0,3385	0,0041	0,1031	0,0936	0,2041	0,0014	0,3984	<b>3,1136</b>	0,7547	8 427	35,28	9,80	<b>9 327</b>	39,05	10,85	10 507	43,99	12,22	11 630	48,69	13,53	<b>417,31</b>
242	89,6224	4,3339	1,6625	0,2373	0,3994	0,0084	0,1146	0,1007	0,1879	0,0029	2,1867	<b>1,1433</b>	0,7594	8 426	35,28	9,80	<b>9 325</b>	39,04	10,84	10 611	44,43	12,34	11 742	49,16	13,66	<b>416,01</b>
243	90,3832	5,2171	1,4708	0,1520	0,2237	0,0058	0,0636	0,0594	0,0646		1,7995	<b>0,5603</b>	0,7431	8 426	35,28	9,80	<b>9 326</b>	39,05	10,85	10 727	44,91	12,48	11 873	49,71	13,81	<b>420,55</b>
244	90,6924	4,9240	1,4523	0,1676	0,2844	0,0073	0,0642	0,0528	0,0648		1,7556	<b>0,5346</b>	0,7419	8 424	35,27	9,80	<b>9 324</b>	39,04	10,84	10 733	44,94	12,48	11 880	49,74	13,82	<b>420,89</b>
245	90,3353	5,2664	1,4714	0,1489	0,2151	0,0055	0,0552	0,0599	0,0625		1,8295	<b>0,5503</b>	0,7430	8 423	35,26	9,80	<b>9 322</b>	39,03	10,84	10 724	44,90	12,47	11 869	49,69	13,80	<b>420,58</b>
246	89,9061	4,2912	1,5913	0,2261	0,3847	0,0084	0,1112	0,0983	0,1912	0,0029	2,0367	<b>1,1519</b>	0,7572	8 422	35,26	9,79	<b>9 317</b>	39,01	10,84	10 624	44,48	12,36	11 754	49,21	13,67	<b>416,62</b>
247	91,8116	4,5076	0,9015	0,1539	0,2794	0,0000	0,0866	0,0749	0,2459	0,0104	0,7950	<b>1,1332</b>	0,7411	8 422	35,26	9,79	<b>9 322</b>	39,03	10,84	10 735	44,94	12,48	11 883	49,75	13,82	<b>421,12</b>
248	90,4209	5,1932	1,4579	0,1494	0,2211	0,0055	0,0632	0,0604	0,0644		1,7988	<b>0,5652</b>	0,7428	8 422	35,26	9,79	<b>9 321</b>	39,03	10,84	10 724	44,90	12,47	11 869	49,69	13,80	<b>420,63</b>
249	88,7305	5,2031	1,5041	0,1982	0,3415	0,0046	0,1055	0,0951	0,1968	0,0029	0,4516	<b>3,1661</b>	0,7578	8 420	35,25	9,79	<b>9 320</b>	39,02	10,84	10 492	43,93	12,20	11 613	48,62	13,51	<b>416,45</b>
250	89,6519	4,3093	1,6312	0,2308	0,3950	0,0083	0,1161	0,1027	0,1910	0,0030	2,1860	<b>1,1747</b>	0,7592	8 419	35,25	9,79	<b>9 315</b>	39,00	10,83	10 604	44,40	12,33	11 732	49,12	13,64	<b>416,07</b>
251	91,5571	4,1680	1,2219	0,1723	0,2933	0,0095	0,0986	0,0879	0,2035	0,0014	1,6243	<b>0,5622</b>	0,7404	8 419	35,25	9,79	<b>9 320</b>	39,02	10,84	10 737	44,95	12,49	11 885	49,76	13,82	<b>421,32</b>
252	89,6996	4,2992	1,6447	0,2346	0,3892	0,0082	0,1117	0,0980	0,1852	0,0063	2,1366	<b>1,1867</b>	0,7588	8 417	35,24	9,79	<b>9 315</b>	39,00	10,83	10 603	44,39	12,33	11 734	49,13	13,65	<b>416,18</b>
253	93,8386	3,0802	1,1763	0,1962	0,3197	0,0000	0,0937	0,0788	0,1385		0,6174	<b>0,4606</b>	0,7257	8 417	35,24	9,79	<b>9 322</b>	39,03	10,84	10 841	45,39	12,61	12 007	50,27	13,96	<b>425,56</b>
254	90,6253	5,0059	1,4387	0,1588	0,2619	0,0072	0,0632	0,0497	0,0612		1,7940	<b>0,5341</b>	0,7417	8 416	35,24	9,79	<b>9 316</b>	39,00	10,83	10 726	44,91	12,47	11 871	49,70	13,81	<b>420,95</b>
255	92,3181	4,2193	0,9824	0,1656	0,2882		0,0861	0,0766	0,1782		0,6623	<b>1,0232</b>	0,7368	8 415	35,23	9,79	<b>9 315</b>	39,00	10,83	10 760	45,05	12,51	11 911	49,87	13,85	<b>422,34</b>
256	90,7945	4,5919	1,3494	0,1855	0,2881	0,0046	0,0890	0,0699	0,1459	0,0015	0,3125	<b>2,1672</b>	0,7473	8 415	35,23	9,79	<b>9 318</b>	39,01	10,84	10 633	44,52	12,37	11 774	49,30	13,69	<b>419,37</b>
257	90,6486	5,0880	1,4078	0,1490	0,2190	0,0057	0,0627	0,0597	0,0640		1,7500	<b>0,5455</b>	0,7410	8 414	35,23	9,78	<b>9 312</b>	38,99	10,83	10 726	44,91	12,47	11 872	49,71	13,81	<b>421,15</b>
258	89,6963	4,2982	1,6197	0,2276	0,3844	0,0082	0,1110	0,0972	0,1909	0,0031	2,1962	<b>1,1672</b>	0,7585	8 412	35,22	9,78	<b>9 308</b>	38,97	10,83	10 599	44,38	12,33	11 727	49,10	13,64	<b>416,26</b>
259	89,9990	4,2377	1,8495	0,2507	0,3898	0,0058	0,1253	0,0664	0,0302	0,0040	2,5990	<b>0,4426</b>	0,7497	8 412	35,22	9,78	<b>9 308</b>	38,97	10,83	10 663	44,65	12,40	11 799	49,40	13,72	<b>418,69</b>
260	93,9213	2,8766	1,1578	0,1946	0,3314	0,0000	0,0970	0,0827	0,1771	0,0105	0,6949	<b>0,4561</b>	0,7261	8 412	35,22	9,78	<b>9 315</b>	39,00	10,83	10 834	45,36	12,60	11 997	50,23	13,95	<b>425,44</b>
261	90,6669	5,1050	1,4003	0,1438	0,2122	0,0054	0,0543	0,0549	0,0653		1,7669	<b>0,5250</b>	0,7404	8 409	35,21	9,78	<b>9 307</b>	38,97	10,82	10 725	44,90	12,47	11 871	49,70	13,81	<b>421,32</b>
262	88,8504	4,9923	1,5481	0,2065	0,3653	0,0037	0,1045	0,0971	0,1719	0,0033	0,4132	<b>3,2437</b>	0,7556	8 408	35,20	9,78	<b>9 306</b>	38,96	10,82	10 477	43,87	12,19	11 597	48,55	13,49	<b>417,06</b>
263	88,8504	4,9923	1,5481	0,2065	0,3653	0,0037	0,1045	0,0971	0,1719	0,0033	0,4132	<b>3,2437</b>	0,7556	8 408	35,20	9,78	<b>9 306</b>	38,96	10,82	10 477	43,87	12,19	11 597	48,55	13,49	<b>417,06</b>
264	93,9796	3,0414	1,1398	0,1904	0,3032	0,0001	0,0888	0,0751	0,1365		0,6170	<b>0,4281</b>	0,7241	8 407	35,20	9,78	<b>9 310</b>	38,98	10,83	10 842	45,40	12,61	12 007	50,27	13,96	<b>426,03</b>
265	91,6294	4,6905	0,8782	0,1376	0,2460	0,0000	0,0749	0,0642	0,2417		0,8004	<b>1,2371</b>	0,7416	8 405	35,19	9,78	<b>9 303</b>	38,95	10,82	10 712	44,85	12,46	11 856	49,64	13,79	<b>420,97</b>

## Продовження Додатку Г

266	90,8455	4,9427	1,3818	0,1492	0,2216	0,0055	0,0656	0,0551	0,0671		1,7409	<b>0,5250</b>	0,7397	8 405	35,19	9,77	<b>9 303</b>	38,95	10,82	10 725	44,90	12,47	11 871	49,70	13,81	<b>421,52</b>
267	89,0617	5,0260	1,4654	0,1899	0,3303	0,0001	0,0989	0,0910	0,1975	0,0032	0,4813	<b>3,0547</b>	0,7524	8 404	35,18	9,77	<b>9 302</b>	38,95	10,82	10 494	43,94	12,20	11 616	48,63	13,51	<b>417,94</b>
268	90,8234	4,1280	1,3630	0,1871	0,3289	0,0083	0,1074	0,0986	0,1997	0,0021	1,7709	<b>0,9826</b>	0,7487	8 403	35,18	9,77	<b>9 298</b>	38,93	10,81	10 658	44,62	12,40	11 794	49,38	13,72	<b>418,97</b>
269	90,8617	4,9395	1,3708	0,1479	0,2218	0,0059	0,0659	0,0572	0,0671		1,7473	<b>0,5149</b>	0,7395	8 404	35,18	9,77	<b>9 302</b>	38,95	10,82	10 725	44,90	12,47	11 872	49,70	13,81	<b>421,57</b>
270	94,2518	2,7494	1,0967	0,1930	0,3336	0,0000	0,1010	0,0868	0,1601		0,6288	<b>0,3988</b>	0,7234	8 403	35,18	9,77	<b>9 305</b>	38,96	10,82	10 842	45,39	12,61	12 007	50,27	13,96	<b>426,24</b>
271	88,6977	5,4256	1,6651	0,1676	0,2554	0,0032	0,0858	0,0711	0,1149	0,0154	2,5373	<b>0,9609</b>	0,7581	8 403	35,18	9,77	<b>9 298</b>	38,93	10,81	10 591	44,34	12,32	11 720	49,07	13,63	<b>416,37</b>
272	93,2337	3,5030	1,3152	0,1886	0,2725	0,0028	0,0707	0,0598	0,0652	0,0048	0,9714	<b>0,3123</b>	0,7259	8 403	35,18	9,77	<b>9 308</b>	38,97	10,83	10 824	45,32	12,59	11 990	50,20	13,94	<b>425,50</b>
273	90,7833	5,0000	1,3796	0,1448	0,2171	0,0060	0,0596	0,0551	0,0649		1,7518	<b>0,5378</b>	0,7399	8 402	35,18	9,77	<b>9 300</b>	38,94	10,82	10 721	44,89	12,47	11 867	49,68	13,80	<b>421,46</b>
274	94,0293	3,0385	1,1318	0,1874	0,2945	0,0001	0,0840	0,0708	0,1218		0,6132	<b>0,4286</b>	0,7231	8 398	35,16	9,77	<b>9 298</b>	38,93	10,81	10 840	45,38	12,61	12 002	50,25	13,96	<b>426,33</b>
275	90,8427	4,5731	1,3583	0,1853	0,2848	0,0045	0,0836	0,0649	0,1049	0,0023	0,3220	<b>2,1736</b>	0,7429	8 398	35,16	9,77	<b>9 299</b>	38,93	10,82	10 621	44,47	12,35	11 762	49,24	13,68	<b>420,61</b>
276	90,7983	4,9611	1,3715	0,1438	0,2152	0,0056	0,0588	0,0544	0,0678		1,7769	<b>0,5466</b>	0,7397	8 396	35,15	9,76	<b>9 294</b>	38,91	10,81	10 713	44,86	12,46	11 859	49,65	13,79	<b>421,52</b>
277	90,7055	4,6490	1,3637	0,1759	0,2728	0,0039	0,0781	0,0618	0,1159	0,0024	0,3496	<b>2,2214</b>	0,7459	8 394	35,15	9,76	<b>9 295</b>	38,92	10,81	10 610	44,42	12,34	11 749	49,19	13,66	<b>419,76</b>
278	92,8423	3,9319	1,0669	0,1567	0,2208	0,0052	0,0714	0,0552	0,1608	0,0005	1,1962	<b>0,2921</b>	0,7276	8 395	35,15	9,76	<b>9 296</b>	38,92	10,81	10 803	45,23	12,56	11 961	50,08	13,91	<b>425,01</b>
279	90,7110	4,9981	1,3875	0,1438	0,2125	0,0051	0,0550	0,0565	0,0661		1,8249	<b>0,5395</b>	0,7402	8 395	35,15	9,76	<b>9 293</b>	38,91	10,81	10 710	44,84	12,46	11 855	49,63	13,79	<b>421,37</b>
280	91,6462	4,8060	0,7653	0,1288	0,2363	0,0000	0,0751	0,0647	0,2408		0,8262	<b>1,2106</b>	0,7404	8 393	35,14	9,76	<b>9 293</b>	38,91	10,81	10 703	44,81	12,45	11 852	49,62	13,78	<b>421,32</b>
281	92,8079	3,9494	1,0541	0,1564	0,2198	0,0055	0,0717	0,0555	0,1604	0,0004	1,2115	<b>0,3074</b>	0,7278	8 393	35,14	9,76	<b>9 293</b>	38,91	10,81	10 796	45,20	12,56	11 954	50,05	13,90	<b>424,95</b>
282	93,3085	3,4679	1,2963	0,1837	0,2642	0,0029	0,0689	0,0563	0,0568	0,0054	0,9798	<b>0,3093</b>	0,7249	8 391	35,13	9,76	<b>9 296</b>	38,92	10,81	10 817	45,29	12,58	11 983	50,17	13,94	<b>425,80</b>
283	91,0042	4,8239	1,3361	0,1449	0,2267	0,0066	0,0650	0,0567	0,0655		1,7541	<b>0,5163</b>	0,7384	8 391	35,13	9,76	<b>9 289</b>	38,89	10,80	10 717	44,87	12,46	11 863	49,67	13,80	<b>421,89</b>
284	92,7708	3,9417	1,0553	0,1563	0,2202	0,0053	0,0717	0,0555	0,1591	0,0014	1,2722	<b>0,2905</b>	0,7279	8 388	35,12	9,76	<b>9 289</b>	38,89	10,80	10 789	45,17	12,55	11 947	50,02	13,89	<b>424,92</b>
285	90,5317	4,8674	1,3402	0,1675	0,2648	0,0040	0,0678	0,0540	0,0900	0,0102	1,1259	<b>1,4765</b>	0,7486	8 386	35,11	9,75	<b>9 287</b>	38,88	10,80	10 637	44,54	12,37	11 779	49,32	13,70	<b>419,00</b>
286	92,7315	3,9501	1,0518	0,1563	0,2197	0,0052	0,0715	0,0553	0,1583	0,0009	1,3020	<b>0,2974</b>	0,7281	8 386	35,11	9,75	<b>9 284</b>	38,87	10,80	10 787	45,16	12,55	11 942	50,00	13,89	<b>424,86</b>
287	94,0945	2,9665	1,1578	0,1926	0,2995	0,0015	0,0769	0,0618	0,0968	0,0024	0,6008	<b>0,4489</b>	0,7222	8 385	35,11	9,75	<b>9 286</b>	38,88	10,80	10 828	45,34	12,59	11 992	50,21	13,95	<b>426,59</b>
288	90,7167	4,8282	1,4044	0,1528	0,2310	0,0057	0,0581	0,0541	0,0697		1,9073	<b>0,5720</b>	0,7408	8 384	35,10	9,75	<b>9 281</b>	38,86	10,79	10 691	44,76	12,43	11 834	49,55	13,76	<b>421,20</b>
289	94,2434	2,9325	1,0839	0,1808	0,2823	0,0001	0,0819	0,0701	0,1224		0,6207	<b>0,3819</b>	0,7210	8 383	35,10	9,75	<b>9 284</b>	38,87	10,80	10 836	45,37	12,60	12 000	50,24	13,96	<b>426,95</b>
290	87,0229	6,5600	1,7220	0,1580	0,2440	0,0028	0,0459	0,0373	0,0354	0,0097	1,8540	<b>2,3080</b>	0,7733	8 383	35,10	9,75	<b>9 274</b>	38,83	10,79	10 460	43,80	12,17	11 572	48,45	13,46	<b>412,26</b>
291	92,7182	4,0104	0,9626	0,1368	0,1951	0,0058	0,0643	0,0526	0,2203	0,0006	1,3246	<b>0,3087</b>	0,7284	8 383	35,10	9,75	<b>9 284</b>	38,87	10,80	10 780	45,13	12,54	11 938	49,98	13,88	<b>424,77</b>
292	94,1979	2,9307	1,0919	0,1811	0,2873	0,0001	0,0826	0,0699	0,1205		0,6131	<b>0,4249</b>	0,7216	8 381	35,09	9,75	<b>9 282</b>	38,86	10,79	10 829	45,34	12,59	11 992	50,21	13,95	<b>426,77</b>
293	94,2220	2,9364	1,0860	0,1792	0,2776	0,0001	0,0808	0,0683	0,1190		0,6259	<b>0,4047</b>	0,7211	8 379	35,08	9,74	<b>9 279</b>	38,85	10,79	10 829	45,34	12,59	11 992	50,21	13,95	<b>426,92</b>
294	90,9575	4,9726	1,2907	0,1303	0,1947	0,0053	0,0531	0,0499	0,0601		1,7602	<b>0,5256</b>	0,7375	8 378	35,08	9,74	<b>9 275</b>	38,83	10,79	10 708	44,83	12,45	11 853	49,63	13,79	<b>422,14</b>
295	93,9099	3,1229	1,1284	0,1870	0,2464	0,0005	0,0615	0,0523	0,1360	0,0089	0,8809	<b>0,2653</b>	0,7216	8 378	35,08	9,74	<b>9 278</b>	38,85	10,79	10 824	45,32	12,59	11 987	50,19	13,94	<b>426,77</b>
296	92,6559	4,0326	0,9508	0,1378	0,1948	0,0059	0,0647	0,0528	0,2104	0,0008	1,3823	<b>0,3112</b>	0,7285	8 376	35,07	9,74	<b>9 274</b>	38,83	10,79	10 771	45,10	12,53	11 926	49,93	13,87	<b>424,74</b>
297	87,7442	6,1570	1,5890	0,1600	0,2620	0,0038	0,0559	0,0445	0,0517	0,0069	1,9420	<b>1,9830</b>	0,7673	8 374	35,06	9,74	<b>9 265</b>	38,79	10,78	10 492	43,93	12,20	11 608	48,60	13,50	<b>413,86</b>
298	92,6050	4,1040	0,9872	0,1276	0,2137	0,0093	0,0641	0,0542	0,1592		1,3409	<b>0,3348</b>	0,7281	8 374	35,06	9,74	<b>9 272</b>	38,82	10,78	10 770	45,09	12,53	11 926	49,93	13,87	<b>424,86</b>
299	91,0285	4,8397	1,2938	0,1398	0,2053	0,0061	0,0538	0,0533	0,0600		1,7929	<b>0,5268</b>	0,7374	8 373	35,05	9,74	<b>9 269</b>	38,81	10,78	10 701	44,80	12,45	11 846	49,60	13,78	<b>422,17</b>
300	90,8792	4,8478	1,3352	0,1374	0,2023	0,0053	0,0509	0,0526	0,0629		1,8877	<b>0,5387</b>	0,7384	8 369	35,04	9,73	<b>9 264</b>	38,79	10,77	10 688	44,75	12,43	11 832	49,54	13,76	<b>421,89</b>
301	92,4642	4,0985	1,0237	0,1326	0,2193	0,0089	0,0624	0,0525	0,1564		1,4011	<b>0,3804</b>	0,7294	8 369	35,04	9,73	<b>9 267</b>	38,80	10,78	10 755	45,03	12,51	11 909	49,86	13,85	<b>424,48</b>
302	92,3696	4,0811	1,0672	0,1408	0,2327	0,0049	0,0675	0,0569	0,1299	0,0053	1,3447	<b>0,4994</b>	0,7307	8 367	35,03	9,73	<b>9 267</b>	38,80	10,78	10 743	44,98	12,49	11 899	49,82	13,84	<b>424,10</b>
303	91,1613	4,7875	1,2603	0,1317	0,1977	0,0056	0,0540	0,0481	0,0645		1,7763	<b>0,5130</b>	0,7361	8 365	35,02	9,73	<b>9 260</b>	38,77	10,77	10 700	44,80	12,44	11 845	49,59	13,78	<b>422,54</b>
304	93,1746	3,7876	1,0687	0,1399	0,1926	0,0024	0,0527	0,0424	0,1224	0,0063	1,1399	<b>0,2705</b>	0,7236	8 364	35,02	9,73	<b>9 262</b>	38,78	10,77	10 791	45,18	12,55	11 949	50,03	13,90	<b>426,18</b>
305	93,9692	3,1177	1,1180	0,1822	0,2396	0,0004	0,0586	0,0491	0,1083	0,0085	0,8824	<b>0,2660</b>	0,7203	8 364	35,02	9,73	<b>9 263</b>	38,78	10,77	10 815	45,28	12,58	11 978	50,15	13,93	<b>427,15</b>

## Продовження Додатку Г

306	92,5041	4,0579	1,0083	0,1306	0,2158	0,0099	0,0622	0,0529	0,1562		1,4308	<b>0,3713</b>	0,7289	8 362	35,01	9,73	<b>9 260</b>	38,77	10,77	10 747	45,00	12,50	11 902	49,83	13,84	<b>424,63</b>
307	92,6305	4,1021	0,9678	0,1200	0,1959	0,0091	0,0588	0,0500	0,1563		1,3658	<b>0,3437</b>	0,7274	8 360	35,00	9,72	<b>9 258</b>	38,76	10,77	10 758	45,04	12,51	11 914	49,88	13,86	<b>425,06</b>
308	94,3310	2,8275	1,0532	0,1768	0,2783	0,0000	0,0850	0,0722	0,1010		0,7018	<b>0,3732</b>	0,7197	8 360	35,00	9,72	<b>9 260</b>	38,77	10,77	10 813	45,27	12,58	11 978	50,15	13,93	<b>427,33</b>
309	93,9800	3,1284	1,1196	0,1814	0,2379	0,0006	0,0568	0,0477	0,0957	0,0095	0,8748	<b>0,2676</b>	0,7199	8 360	35,00	9,72	<b>9 259</b>	38,76	10,77	10 813	45,27	12,58	11 976	50,14	13,93	<b>427,27</b>
310	91,0457	4,8239	1,2738	0,1275	0,1892	0,0051	0,0472	0,0503	0,0623		1,8415	<b>0,5335</b>	0,7367	8 358	34,99	9,72	<b>9 252</b>	38,74	10,76	10 687	44,74	12,43	11 831	49,53	13,76	<b>422,37</b>
311	94,0007	3,1116	1,1133	0,1820	0,2364	0,0003	0,0572	0,0478	0,0953	0,0097	0,8815	<b>0,2642</b>	0,7197	8 358	34,99	9,72	<b>9 256</b>	38,75	10,77	10 812	45,27	12,57	11 975	50,13	13,93	<b>427,33</b>
312	94,0002	3,1079	1,1106	0,1797	0,2361	0,0002	0,0566	0,0466	0,0990	0,0091	0,8896	<b>0,2644</b>	0,7197	8 357	34,99	9,72	<b>9 255</b>	38,75	10,76	10 811	45,26	12,57	11 973	50,13	13,92	<b>427,33</b>
313	91,6511	4,3094	1,2689	0,1578	0,2416	0,0026	0,0562	0,0454	0,0663	0,0025	0,7649	<b>1,4333</b>	0,7404	8 357	34,99	9,72	<b>9 256</b>	38,75	10,76	10 659	44,63	12,40	11 806	49,43	13,73	<b>421,32</b>
314	94,0188	3,1057	1,1158	0,1811	0,2385	0,0001	0,0576	0,0481	0,0897	0,0097	0,8687	<b>0,2662</b>	0,7195	8 357	34,99	9,72	<b>9 256</b>	38,75	10,76	10 813	45,27	12,58	11 975	50,14	13,93	<b>427,39</b>
315	92,4268	4,0985	1,0042	0,1276	0,2116	0,0086	0,0605	0,0505	0,1474	0,0014	1,4405	<b>0,4224</b>	0,7293	8 355	34,98	9,72	<b>9 251</b>	38,73	10,76	10 736	44,95	12,49	11 887	49,77	13,83	<b>424,51</b>
316	94,0148	3,1153	1,1178	0,1814	0,2370	0,0002	0,0564	0,0472	0,0834	0,0103	0,8719	<b>0,2643</b>	0,7194	8 355	34,98	9,72	<b>9 254</b>	38,74	10,76	10 811	45,26	12,57	11 974	50,13	13,93	<b>427,42</b>
317	93,9994	3,1154	1,1134	0,1799	0,2362	0,0010	0,0568	0,0471	0,0857	0,0092	0,8911	<b>0,2648</b>	0,7194	8 354	34,97	9,72	<b>9 252</b>	38,74	10,76	10 809	45,25	12,57	11 971	50,12	13,92	<b>427,42</b>
318	91,9985	4,1727	1,1232	0,1438	0,2291	0,0120	0,0614	0,0570	0,1092		1,5954	<b>0,4977</b>	0,7325	8 352	34,97	9,71	<b>9 248</b>	38,72	10,76	10 710	44,84	12,46	11 859	49,65	13,79	<b>423,58</b>
319	94,0109	3,1095	1,1067	0,1781	0,2324	0,0004	0,0556	0,0451	0,0882	0,0087	0,8993	<b>0,2651</b>	0,7193	8 351	34,96	9,71	<b>9 249</b>	38,72	10,76	10 806	45,24	12,57	11 968	50,11	13,92	<b>427,45</b>
320	92,4062	4,1984	0,9917	0,1280	0,2087	0,0131	0,0586	0,0543	0,1067		1,4309	<b>0,4034</b>	0,7283	8 350	34,96	9,71	<b>9 246</b>	38,71	10,75	10 738	44,96	12,49	11 890	49,78	13,83	<b>424,80</b>
321	94,0541	3,0955	1,1003	0,1775	0,2300	0,0006	0,0536	0,0442	0,0884	0,0105	0,8800	<b>0,2653</b>	0,7189	8 349	34,96	9,71	<b>9 247</b>	38,72	10,75	10 807	45,25	12,57	11 969	50,11	13,92	<b>427,57</b>
322	92,2375	4,1649	1,0599	0,1380	0,2266	0,0042	0,0622	0,0512	0,1014	0,0052	1,5048	<b>0,4441</b>	0,7300	8 348	34,95	9,71	<b>9 248</b>	38,72	10,76	10 723	44,90	12,47	11 880	49,74	13,82	<b>424,31</b>
323	88,3407	5,8180	1,5050	0,1530	0,2430	0,0040	0,0531	0,0431	0,0561	0,0070	1,9370	<b>1,8400</b>	0,7622	8 348	34,95	9,71	<b>9 239</b>	38,68	10,74	10 493	43,93	12,20	11 613	48,62	13,51	<b>415,25</b>
324	92,5797	3,9203	1,0092	0,1340	0,2180	0,0077	0,0601	0,0519	0,1523		1,5055	<b>0,3613</b>	0,7282	8 348	34,95	9,71	<b>9 243</b>	38,70	10,75	10 735	44,95	12,49	11 887	49,77	13,83	<b>424,83</b>
325	94,4906	2,8604	1,0366	0,1742	0,2584	0,0016	0,0687	0,0560	0,0732	0,0034	0,5982	<b>0,3787</b>	0,7173	8 347	34,95	9,71	<b>9 246</b>	38,71	10,75	10 817	45,29	12,58	11 981	50,16	13,93	<b>428,05</b>
326	91,7909	4,2491	1,2447	0,1517	0,2259	0,0026	0,0525	0,0410	0,0677	0,0036	0,7445	<b>1,4258</b>	0,7390	8 346	34,94	9,71	<b>9 245</b>	38,71	10,75	10 655	44,61	12,39	11 803	49,42	13,73	<b>421,71</b>
327	91,9847	4,1942	1,0609	0,1385	0,2262	0,0044	0,0637	0,0531	0,1292	0,0049	1,5311	<b>0,6091</b>	0,7331	8 345	34,94	9,71	<b>9 243</b>	38,70	10,75	10 698	44,79	12,44	11 849	49,61	13,78	<b>423,41</b>
328	92,4272	3,8870	1,0519	0,1378	0,2241	0,0076	0,0642	0,0532	0,1560		1,5973	<b>0,3937</b>	0,7298	8 345	34,94	9,71	<b>9 241</b>	38,69	10,75	10 720	44,88	12,47	11 871	49,70	13,81	<b>424,36</b>
329	92,3716	3,9414	1,0546	0,1429	0,2253	0,0084	0,0601	0,0511	0,1450		1,6161	<b>0,3835</b>	0,7298	8 345	34,94	9,71	<b>9 239</b>	38,68	10,74	10 723	44,89	12,47	11 871	49,70	13,81	<b>424,36</b>
330	91,8785	4,1822	1,2320	0,1516	0,2293	0,0026	0,0543	0,0440	0,0667	0,0014	0,7725	<b>1,3849</b>	0,7283	8 343	34,93	9,70	<b>9 242</b>	38,69	10,75	10 657	44,62	12,39	11 805	49,42	13,73	<b>424,80</b>
331	93,4425	3,7492	0,8250	0,1124	0,1607	0,0064	0,0527	0,0419	0,1901	0,0003	1,0981	<b>0,3207</b>	0,7219	8 343	34,93	9,70	<b>9 239</b>	38,68	10,74	10 776	45,12	12,53	11 933	49,96	13,88	<b>426,68</b>
332	92,3114	4,0984	1,0093	0,1242	0,2066	0,0082	0,0594	0,0498	0,1471	0,0090	1,5332	<b>0,4434</b>	0,7299	8 343	34,93	9,70	<b>9 239</b>	38,68	10,74	10 718	44,87	12,46	11 868	49,69	13,80	<b>424,34</b>
333	94,1498	3,0619	1,0903	0,1759	0,2254	0,0004	0,0527	0,0427	0,0714	0,0093	0,8571	<b>0,2631</b>	0,7178	8 341	34,92	9,70	<b>9 238</b>	38,68	10,74	10 805	45,24	12,57	11 967	50,10	13,92	<b>427,90</b>
334	94,5957	2,8090	1,0037	0,1631	0,2379	0,0002	0,0675	0,0558	0,0961		0,6233	<b>0,3477</b>	0,7164	8 340	34,92	9,70	<b>9 239</b>	38,68	10,74	10 816	45,28	12,58	11 981	50,16	13,93	<b>428,32</b>
335	92,4768	3,9855	1,0131	0,1270	0,2066	0,0083	0,0578	0,0496	0,1475		1,5558	<b>0,3720</b>	0,7285	8 340	34,92	9,70	<b>9 236</b>	38,67	10,74	10 724	44,90	12,47	11 875	49,72	13,81	<b>424,74</b>
336	94,5974	2,7875	0,9972	0,1621	0,2380	0,0001	0,0670	0,0558	0,0972		0,6444	<b>0,3533</b>	0,7194	8 338	34,91	9,70	<b>9 234</b>	38,66	10,74	10 812	45,27	12,57	11 973	50,13	13,93	<b>427,42</b>
337	93,3653	3,7441	0,8458	0,1132	0,1600	0,0059	0,0510	0,0403	0,1906	0,0007	1,1936	<b>0,2895</b>	0,7221	8 338	34,91	9,70	<b>9 234</b>	38,66	10,74	10 769	45,09	12,52	11 926	49,93	13,87	<b>426,62</b>
338	93,9828	3,1318	1,1178	0,1630	0,2181	0,0025	0,0539	0,0446	0,0631	0,0064	0,9324	<b>0,2836</b>	0,7186	8 337	34,90	9,70	<b>9 238</b>	38,68	10,74	10 793	45,19	12,55	11 959	50,07	13,91	<b>427,66</b>
339	92,6262	3,9410	0,9670	0,1236	0,2038	0,0077	0,0595	0,0500	0,1470		1,5059	<b>0,3683</b>	0,7273	8 336	34,90	9,69	<b>9 231</b>	38,65	10,74	10 728	44,91	12,48	11 880	49,74	13,82	<b>425,09</b>
340	94,6363	2,7803	0,9943	0,1621	0,2331	0,0001	0,0653	0,0543	0,0948		0,6340	<b>0,3454</b>	0,7159	8 336	34,90	9,69	<b>9 234</b>	38,66	10,74	10 811	45,26	12,57	11 976	50,14	13,93	<b>428,46</b>
341	93,6358	3,2395	1,1441	0,1707	0,2477	0,0034	0,0595	0,0497	0,0457	0,0000	1,1053	<b>0,2986</b>	0,7210	8 336	34,90	9,69	<b>9 236</b>	38,67	10,74	10 776	45,12	12,53	11 940	49,99	13,89	<b>426,95</b>
342	93,9832	3,1426	1,1218	0,1621	0,2165	0,0025	0,0524	0,0429	0,0571	0,0047	0,9310	<b>0,2832</b>	0,7184	8 335	34,90	9,69	<b>9 236</b>	38,67	10,74	10 792	45,19	12,55	11 959	50,07	13,91	<b>427,72</b>
343	93,3781	3,7344	0,8189	0,1109	0,1566	0,0060	0,0505	0,0398	0,1992	0,0025	1,1917	<b>0,3114</b>	0,7221	8 333	34,89	9,69	<b>9 229</b>	38,64	10,73	10 764	45,07	12,52	11 921	49,91	13,86	<b>426,62</b>
344	93,3587	3,7515	0,8275	0,1127	0,1598	0,0060	0,0515	0,0407	0,1860	0,0009	1,1983	<b>0,3064</b>	0,7220	8 333	34,89	9,69	<b>9 229</b>	38,64	10,73	10 764	45,07	12,52	11 921	49,91	13,86	<b>426,65</b>
345	93,9631	3,1372	1,1120	0,1619	0,2179	0,0025	0,0536	0,0438	0,0571	0,0057	0,9613	<b>0,2839</b>	0,7185	8 332	34,88	9,69	<b>9 232</b>	38,65	10,74	10 787	45,16	12,55	11 953	50,05	13,90	<b>427,69</b>

## Продовження Додатку Г

346	94,2208	3,0570	1,0960	0,1592	0,2144	0,0022	0,0482	0,0435	0,0495	0,0037	0,8325	<b>0,2730</b>	0,7166	8 331	34,88	9,69	<b>9 227</b>	38,63	10,73	10 800	45,22	12,56	11 963	50,09	13,91	<b>428,26</b>
347	93,9796	3,1273	1,1094	0,1613	0,2166	0,0026	0,0532	0,0433	0,0555	0,0062	0,9623	<b>0,2827</b>	0,7183	8 330	34,87	9,69	<b>9 230</b>	38,65	10,73	10 786	45,16	12,54	11 952	50,04	13,90	<b>427,75</b>
348	92,3952	3,8990	1,2084	0,1453	0,2228	0,0022	0,0480	0,0399	0,0594	0,0032	0,7611	<b>1,2155</b>	0,7236	8 330	34,87	9,69	<b>9 228</b>	38,63	10,73	10 673	44,69	12,41	11 824	49,50	13,75	<b>426,18</b>
349	93,4844	3,6740	0,7999	0,1090	0,1548	0,0060	0,0502	0,0396	0,2005	0,0011	1,1480	<b>0,3325</b>	0,7195	8 329	34,87	9,69	<b>9 224</b>	38,62	10,73	10 761	45,05	12,52	11 918	49,90	13,86	<b>427,39</b>
350	92,5190	3,8161	1,1853	0,1450	0,2215	0,0022	0,0488	0,0409	0,0649	0,0025	0,8017	<b>1,1521</b>	0,7225	8 325	34,86	9,68	<b>9 223</b>	38,62	10,73	10 676	44,70	12,42	11 827	49,52	13,75	<b>426,50</b>
351	92,4653	4,0314	0,9641	0,1280	0,2101	0,0065	0,0600	0,0541	0,1052		1,5565	<b>0,4188</b>	0,7277	8 324	34,85	9,68	<b>9 217</b>	38,59	10,72	10 709	44,84	12,46	11 859	49,65	13,79	<b>424,98</b>
352	92,4624	4,0340	0,9595	0,1211	0,2064	0,0079	0,0581	0,0477	0,1241	0,0085	1,5477	<b>0,4226</b>	0,7279	8 324	34,85	9,68	<b>9 219</b>	38,60	10,72	10 707	44,83	12,45	11 859	49,65	13,79	<b>424,92</b>
353	92,3638	3,9116	1,2260	0,1443	0,2146	0,0019	0,0438	0,0348	0,0482	0,0042	0,6497	<b>1,3571</b>	0,7243	8 323	34,85	9,68	<b>9 220</b>	38,60	10,72	10 659	44,63	12,40	11 809	49,44	13,73	<b>425,97</b>
354	92,7522	4,0332	1,0609	0,1207	0,1528	0,0020	0,0351	0,0288	0,0820	0,0059	1,4303	<b>0,2961</b>	0,7237	8 321	34,84	9,68	<b>9 217</b>	38,59	10,72	10 734	44,94	12,48	11 890	49,78	13,83	<b>426,15</b>
355	90,9485	4,3303	1,1770	0,1478	0,2362	0,0041	0,0729	0,0627	0,1406	0,0036	1,7875	<b>1,0888</b>	0,7432	8 321	34,84	9,68	<b>9 210</b>	38,56	10,71	10 594	44,35	12,32	11 725	49,09	13,64	<b>420,52</b>
356	92,0689	4,1037	1,0309	0,1285	0,2156	0,0074	0,0590	0,0492	0,1189	0,0140	1,6663	<b>0,5376</b>	0,7313	8 321	34,84	9,68	<b>9 212</b>	38,57	10,71	10 680	44,71	12,42	11 823	49,50	13,75	<b>423,93</b>
357	88,8046	5,6127	1,3364	0,1419	0,2112	0,0004	0,0607	0,0494	0,0711	0,0041	1,5814	<b>2,1261</b>	0,7605	8 320	34,83	9,68	<b>9 208</b>	38,55	10,71	10 471	43,84	12,18	11 588	48,52	13,48	<b>415,71</b>
358	92,5901	3,8931	0,9495	0,1187	0,1931	0,0075	0,0567	0,0489	0,1523		1,6226	<b>0,3675</b>	0,7272	8 319	34,83	9,68	<b>9 212</b>	38,57	10,71	10 707	44,83	12,45	11 856	49,64	13,79	<b>425,12</b>
359	94,3522	2,9971	1,0594	0,1585	0,2076	0,0022	0,0437	0,0367	0,0455	0,0038	0,8281	<b>0,2652</b>	0,7152	8 318	34,83	9,67	<b>9 214</b>	38,58	10,72	10 794	45,19	12,55	11 957	50,06	13,91	<b>428,67</b>
360	94,3688	2,9780	1,0513	0,1572	0,2089	0,0021	0,0455	0,0382	0,0482	0,0045	0,8349	<b>0,2624</b>	0,7151	8 317	34,82	9,67	<b>9 213</b>	38,57	10,71	10 793	45,19	12,55	11 956	50,06	13,90	<b>428,70</b>
361	88,7874	3,7068	1,8973	0,3060	0,4647	0,0064	0,1541	0,0807	0,0799	0,0027	3,5174	<b>0,9966</b>	0,7630	8 317	34,82	9,67	<b>9 203</b>	38,53	10,70	10 449	43,75	12,15	11 563	48,41	13,45	<b>415,03</b>
362	92,3734	3,8715	1,2203	0,1455	0,2171	0,0020	0,0444	0,0351	0,0449	0,0107	0,6920	<b>1,3431</b>	0,7341	8 316	34,82	9,67	<b>9 214</b>	38,58	10,72	10 653	44,60	12,39	11 802	49,41	13,73	<b>423,12</b>
363	94,3887	2,9894	1,0388	0,1523	0,2027	0,0022	0,0476	0,0402	0,0438	0,0045	0,8283	<b>0,2615</b>	0,7148	8 314	34,81	9,67	<b>9 210</b>	38,56	10,71	10 793	45,19	12,55	11 955	50,05	13,90	<b>428,79</b>
364	90,9406	4,2932	1,2259	0,1598	0,2544	0,0042	0,0719	0,0589	0,0989	0,0048	1,7969	<b>1,0905</b>	0,7429	8 314	34,81	9,67	<b>9 205</b>	38,54	10,71	10 586	44,32	12,31	11 720	49,07	13,63	<b>420,61</b>
365	92,7867	3,7145	1,1493	0,1386	0,2060	0,0021	0,0451	0,0380	0,0545	0,0014	0,7430	<b>1,1208</b>	0,7300	8 313	34,80	9,67	<b>9 210</b>	38,56	10,71	10 678	44,71	12,42	11 831	49,53	13,76	<b>424,31</b>
366	90,9099	4,3010	1,2200	0,1580	0,2510	0,0049	0,0680	0,0560	0,1070	0,0072	1,8290	<b>1,0880</b>	0,7430	8 312	34,80	9,67	<b>9 203</b>	38,53	10,70	10 581	44,30	12,31	11 715	49,05	13,63	<b>420,58</b>
367	94,4297	2,9507	1,0354	0,1508	0,1995	0,0023	0,0486	0,0413	0,0473	0,0038	0,8312	<b>0,2594</b>	0,7146	8 312	34,80	9,67	<b>9 208</b>	38,55	10,71	10 792	45,18	12,55	11 954	50,05	13,90	<b>428,85</b>
368	94,3890	2,9670	1,0450	0,1543	0,2004	0,0021	0,0440	0,0370	0,0454	0,0038	0,8487	<b>0,2633</b>	0,7147	8 311	34,80	9,67	<b>9 206</b>	38,54	10,71	10 788	45,17	12,55	11 951	50,04	13,90	<b>428,82</b>
369	91,0047	4,2864	1,2062	0,1568	0,2552	0,0042	0,0684	0,0566	0,0909	0,0017	1,8016	<b>1,0673</b>	0,7419	8 310	34,79	9,66	<b>9 204</b>	38,53	10,70	10 588	44,33	12,31	11 727	49,10	13,64	<b>420,89</b>
370	92,3327	4,2272	0,8328	0,1195	0,1855	0,0014	0,0528	0,0452	0,1333	0,0058	0,9125	<b>1,1513</b>	0,7324	8 309	34,79	9,66	<b>9 203</b>	38,53	10,70	10 654	44,60	12,39	11 799	49,40	13,72	<b>423,61</b>
371	94,6700	2,9580	0,9539	0,1447	0,1752	0,0003	0,0432	0,0348	0,0618		0,6847	<b>0,2734</b>	0,7126	8 309	34,79	9,66	<b>9 205</b>	38,54	10,71	10 802	45,23	12,56	11 966	50,10	13,92	<b>429,46</b>
372	92,7945	3,8645	0,9484	0,1372	0,2007	0,0061	0,0614	0,0484	0,0772	0,0009	1,4858	<b>0,3749</b>	0,7247	8 309	34,79	9,66	<b>9 203</b>	38,53	10,70	10 712	44,85	12,46	11 863	49,67	13,80	<b>425,86</b>
373	87,3188	5,1954	1,7452	0,2025	0,3892	0,0032	0,0847	0,0722	0,0787	0,0220	1,9417	<b>2,9464</b>	0,7629	8 308	34,79	9,66	<b>9 196</b>	38,50	10,69	10 325	43,23	12,01	11 428	47,85	13,29	<b>415,06</b>
374	90,9814	4,2904	1,2286	0,1603	0,2536	0,0041	0,0687	0,0559	0,0734	0,0043	1,7738	<b>1,1055</b>	0,7420	8 307	34,78	9,66	<b>9 196</b>	38,50	10,69	10 583	44,31	12,31	11 715	49,05	13,63	<b>420,86</b>
375	90,3604	4,6533	1,1577	0,1492	0,2252	0,0044	0,0665	0,0519	0,1339	0,0011	0,3078	<b>2,8886</b>	0,7418	8 306	34,78	9,66	<b>9 199</b>	38,51	10,70	10 472	43,84	12,18	11 597	48,56	13,49	<b>420,92</b>
376	94,5367	2,9159	1,0179	0,1471	0,1959	0,0035	0,0443	0,0356	0,0387	0,0000	0,8156	<b>0,2488</b>	0,7034	8 305	34,77	9,66	<b>9 205</b>	38,54	10,71	10 789	45,17	12,55	11 959	50,07	13,91	<b>432,25</b>
377	94,4753	2,9490	1,0240	0,1481	0,1952	0,0034	0,0442	0,0355	0,0381	0,0000	0,8248	<b>0,2624</b>	0,7038	8 305	34,77	9,66	<b>9 205</b>	38,54	10,71	10 787	45,16	12,55	11 957	50,06	13,91	<b>432,13</b>
378	94,5237	2,8873	1,0170	0,1483	0,1984	0,0022	0,0468	0,0397	0,0441	0,0041	0,8341	<b>0,2543</b>	0,7137	8 303	34,77	9,66	<b>9 198</b>	38,51	10,70	10 787	45,16	12,55	11 950	50,03	13,90	<b>429,12</b>
379	93,2627	3,6412	0,8617	0,1273	0,1831	0,0003	0,0526	0,0437	0,1252		0,8152	<b>0,8870</b>	0,7254	8 302	34,76	9,66	<b>9 193</b>	38,49	10,69	10 699	44,79	12,44	11 847	49,60	13,78	<b>425,65</b>
380	92,6629	3,8599	0,9567	0,1378	0,2010	0,0059	0,0608	0,0475	0,0797	0,0015	1,6193	<b>0,3670</b>	0,7254	8 302	34,76	9,66	<b>9 193</b>	38,49	10,69	10 699	44,79	12,44	11 847	49,60	13,78	<b>425,65</b>
381	89,4435	3,5377	1,6376	0,2858	0,4252	0,0065	0,1848	0,0876	0,1157	0,0038	3,3287	<b>0,9431</b>	0,7582	8 302	34,76	9,66	<b>9 188</b>	38,47	10,69	10 465	43,81	12,17	11 582	48,49	13,47	<b>416,34</b>
382	94,1753	3,1235	0,9882	0,1384	0,1807	0,0019	0,0437	0,0350	0,0668	0,0000	0,9617	<b>0,2848</b>	0,7057	8 302	34,76	9,66	<b>9 203</b>	38,53	10,70	10 769	45,09	12,52	11 938	49,98	13,88	<b>431,55</b>
383	93,3784	3,6000	0,8391	0,1254	0,1795	0,0003	0,0532	0,0455	0,1182		0,8142	<b>0,8462</b>	0,7244	8 300	34,75	9,65	<b>9 193</b>	38,49	10,69	10 704	44,82	12,45	11 856	49,64	13,79	<b>425,94</b>
384	94,5614	2,8812	1,0067	0,1505	0,1978	0,0022	0,0418	0,0351	0,0426	0,0039	0,8217	<b>0,2551</b>	0,7133	8 300	34,75	9,65	<b>9 195</b>	38,50	10,69	10 786	45,16	12,54	11 949	50,03	13,90	<b>429,24</b>
385	92,8191	3,8376	0,9556	0,1350	0,1951	0,0056	0,0574	0,0444	0,0650	0,0007	1,5156	<b>0,3689</b>	0,7240	8 300	34,75	9,65	<b>9 193</b>	38,49	10,69	10 704	44,82	12,45	11 856	49,64	13,79	<b>426,06</b>

## Продовження Додатку Г

386	93,2852	3,6565	0,8441	0,1240	0,1763	0,0004	0,0502	0,0421	0,1198		0,8168	<b>0,8846</b>	0,7249	8 298	34,74	9,65	<b>9 188</b>	38,47	10,69	10 696	44,78	12,44	11 844	49,59	13,78	<b>425,80</b>
387	91,9141	4,0888	0,9328	0,1296	0,1939	0,0096	0,0624	0,0478	0,1587	0,0015	1,9945	<b>0,4663</b>	0,7317	8 298	34,74	9,65	<b>9 188</b>	38,47	10,69	10 644	44,57	12,38	11 787	49,35	13,71	<b>423,81</b>
388	94,6064	2,8753	1,0001	0,1447	0,1908	0,0036	0,0444	0,0340	0,0361	0,0000	0,8097	<b>0,2549</b>	0,7127	8 298	34,74	9,65	<b>9 196</b>	38,50	10,69	10 787	45,16	12,55	11 954	50,05	13,90	<b>429,43</b>
389	88,9550	5,1780	1,1970	0,1320	0,2070	0,0040	0,0520	0,0400	0,0460	0,0050	1,8860	<b>2,2980</b>	0,7386	8 295	34,73	9,65	<b>9 188</b>	38,47	10,69	10 486	43,90	12,20	11 615	48,63	13,51	<b>421,83</b>
390	88,3234	3,8463	1,9672	0,3138	0,4545	0,0050	0,0940	0,0664	0,0918	0,0054	4,0061	<b>0,8261</b>	0,7636	8 295	34,73	9,65	<b>9 181</b>	38,44	10,68	10 419	43,62	12,12	11 531	48,28	13,41	<b>414,87</b>
391	91,8423	3,5871	1,1968	0,1653	0,2773	0,0009	0,0754	0,0606	0,1162	0,0064	2,0691	<b>0,6026</b>	0,7351	8 295	34,73	9,65	<b>9 184</b>	38,45	10,68	10 618	44,45	12,35	11 756	49,22	13,67	<b>422,83</b>
392	94,5383	2,8814	1,0071	0,1467	0,1899	0,0021	0,0394	0,0335	0,0409	0,0040	0,8578	<b>0,2589</b>	0,7131	8 293	34,72	9,65	<b>9 188</b>	38,47	10,69	10 778	45,13	12,53	11 940	49,99	13,89	<b>429,30</b>
393	91,9531	4,4431	1,1398	0,1148	0,1301	0,0017	0,0205	0,0164	0,0220	0,0065	1,8699	<b>0,2821</b>	0,7262	8 293	34,72	9,64	<b>9 184</b>	38,45	10,68	10 680	44,72	12,42	11 828	49,52	13,76	<b>425,42</b>
394	91,3476	4,1520	1,1380	0,1440	0,2210	0,0046	0,0630	0,0530	0,1040	0,0068	1,7410	<b>1,0250</b>	0,7389	8 293	34,72	9,64	<b>9 181</b>	38,44	10,68	10 588	44,33	12,31	11 723	49,08	13,63	<b>421,74</b>
395	90,9941	4,2619	1,2147	0,1534	0,2422	0,0039	0,0605	0,0499	0,0726	0,0126	1,8641	<b>1,0701</b>	0,7411	8 291	34,71	9,64	<b>9 183</b>	38,45	10,68	10 569	44,25	12,29	11 707	49,02	13,62	<b>421,12</b>
396	93,7336	3,4315	0,8301	0,1254	0,1719	0,0001	0,0473	0,0387	0,1103		0,7886	<b>0,7225</b>	0,7209	8 290	34,71	9,64	<b>9 184</b>	38,45	10,68	10 716	44,87	12,46	11 871	49,70	13,81	<b>426,98</b>
397	90,7188	4,4270	1,1570	0,1450	0,2300	0,0049	0,0640	0,0520	0,1080	0,0073	1,9690	<b>1,1170</b>	0,7433	8 290	34,71	9,64	<b>9 179</b>	38,43	10,68	10 553	44,18	12,27	11 684	48,92	13,59	<b>420,49</b>
398	91,1290	4,2586	1,1768	0,1450	0,2284	0,0039	0,0609	0,0507	0,0792	0,0034	1,7871	<b>1,0770</b>	0,7401	8 290	34,71	9,64	<b>9 183</b>	38,45	10,68	10 576	44,28	12,30	11 715	49,05	13,62	<b>421,40</b>
399	92,0730	3,5500	1,1655	0,1622	0,2661	0,0017	0,0704	0,0567	0,1009	0,0071	1,9926	<b>0,5538</b>	0,7327	8 289	34,71	9,64	<b>9 179</b>	38,43	10,67	10 628	44,50	12,36	11 768	49,27	13,69	<b>423,52</b>
400	92,0730	3,5500	1,1655	0,1622	0,2661	0,0017	0,0704	0,0567	0,1009	0,0071	1,9926	<b>0,5538</b>	0,7327	8 289	34,71	9,64	<b>9 179</b>	38,43	10,67	10 628	44,50	12,36	11 768	49,27	13,69	<b>423,52</b>
401	89,8587	4,7880	1,2630	0,1550	0,2520	0,0043	0,0680	0,0600	0,0590	0,0060	1,6550	<b>1,8310</b>	0,7528	8 288	34,70	9,64	<b>9 174</b>	38,41	10,67	10 485	43,90	12,19	11 606	48,59	13,50	<b>417,83</b>
402	93,2174	3,6820	0,8169	0,1174	0,1675	0,0003	0,0480	0,0410	0,1287		0,8363	<b>0,9445</b>	0,7253	8 286	34,69	9,64	<b>9 176</b>	38,42	10,67	10 677	44,70	12,42	11 825	49,51	13,75	<b>425,68</b>
403	94,1064	3,0858	0,9905	0,1401	0,1812	0,0020	0,0420	0,0329	0,0531	0,0000	1,0909	<b>0,2751</b>	0,7156	8 286	34,69	9,64	<b>9 184</b>	38,45	10,68	10 749	45,00	12,50	11 914	49,88	13,86	<b>428,55</b>
404	92,1106	3,5669	1,1642	0,1614	0,2635	0,0010	0,0700	0,0569	0,0847	0,0059	1,9677	<b>0,5472</b>	0,7320	8 287	34,70	9,64	<b>9 176</b>	38,42	10,67	10 630	44,51	12,36	11 771	49,28	13,69	<b>423,73</b>
405	92,0038	3,3831	1,1869	0,1636	0,2869	0,0014	0,0760	0,0582	0,1380	0,0078	2,0800	<b>0,6143</b>	0,7347	8 287	34,70	9,64	<b>9 176</b>	38,42	10,67	10 610	44,42	12,34	11 748	49,19	13,66	<b>422,95</b>
406	92,1106	3,5669	1,1642	0,1614	0,2635	0,0010	0,0700	0,0569	0,0847	0,0059	1,9677	<b>0,5472</b>	0,7320	8 287	34,70	9,64	<b>9 176</b>	38,42	10,67	10 630	44,51	12,36	11 771	49,28	13,69	<b>423,73</b>
407	91,1820	4,2980	1,0340	0,1240	0,1750	0,0030	0,0430	0,0340	0,0370	0,0050	1,5140	<b>1,5510</b>	0,7355	8 281	34,67	9,63	<b>9 174</b>	38,41	10,67	10 598	44,37	12,33	11 742	49,16	13,66	<b>422,72</b>
408	93,2533	3,4590	1,0645	0,1281	0,1785	0,0019	0,0368	0,0281	0,0536	0,0112	0,7311	<b>1,0539</b>	0,7251	8 280	34,67	9,63	<b>9 175</b>	38,41	10,67	10 668	44,66	12,41	11 821	49,49	13,75	<b>425,74</b>
409	89,2940	4,9418	1,2518	0,1454	0,2518	0,0043	0,0740	0,0647	0,1020	0,0099	1,7052	<b>2,1551</b>	0,7590	8 280	34,67	9,63	<b>9 165</b>	38,37	10,66	10 431	43,67	12,13	11 546	48,34	13,43	<b>416,12</b>
410	91,1354	4,2600	1,1180	0,1400	0,2150	0,0047	0,0590	0,0470	0,0960	0,0069	1,8480	<b>1,0700</b>	0,7397	8 278	34,66	9,63	<b>9 167</b>	38,38	10,66	10 563	44,22	12,28	11 696	48,97	13,60	<b>421,52</b>
411	90,2615	4,6885	1,1362	0,1410	0,2112	0,0041	0,0586	0,0457	0,1065	0,0031	0,3329	<b>3,0107</b>	0,7428	8 277	34,66	9,63	<b>9 168</b>	38,38	10,66	10 436	43,69	12,14	11 558	48,39	13,44	<b>420,63</b>
412	89,7805	4,6988	1,2850	0,1481	0,2439	0,0000	0,0646	0,0596	0,0763	0,0000	1,6206	<b>2,0226</b>	0,7549	8 276	34,65	9,63	<b>9 162</b>	38,36	10,66	10 455	43,77	12,16	11 574	48,46	13,46	<b>417,25</b>
413	94,1600	3,0593	0,9600	0,1351	0,1724	0,0019	0,0404	0,0319	0,0556	0,0000	1,1132	<b>0,2702</b>	0,7109	8 276	34,65	9,63	<b>9 174</b>	38,41	10,67	10 741	44,97	12,49	11 906	49,85	13,85	<b>429,97</b>
414	92,0632	3,3538	1,1836	0,1659	0,2767	0,0036	0,0738	0,0663	0,1079	0,0094	2,0687	<b>0,6271</b>	0,7338	8 275	34,65	9,62	<b>9 164</b>	38,37	10,66	10 602	44,39	12,33	11 740	49,15	13,65	<b>423,21</b>
415	88,7510	4,9047	1,3475	0,1666	0,2822	0,0067	0,0748	0,0694	0,1160	0,0041	1,6404	<b>2,6366</b>	0,7666	8 274	34,64	9,62	<b>9 155</b>	38,33	10,65	10 372	43,42	12,06	11 477	48,05	13,35	<b>414,05</b>
416	91,3096	4,2224	1,1124	0,1349	0,2119	0,0039	0,0557	0,0448	0,0745	0,0019	1,7868	<b>1,0412</b>	0,7378	8 274	34,64	9,62	<b>9 166</b>	38,37	10,66	10 571	44,26	12,29	11 711	49,03	13,62	<b>422,06</b>
417	89,4948	4,8771	1,2790	0,1481	0,2455	0,0038	0,0669	0,0616	0,0657	0,0055	1,6683	<b>2,0837</b>	0,7565	8 274	34,64	9,62	<b>9 157</b>	38,34	10,65	10 440	43,71	12,14	11 555	48,38	13,44	<b>416,81</b>
418	90,1024	3,6646	1,4682	0,2038	0,3835	0,0015	0,1016	0,0818	0,1085	0,0066	2,8573	<b>1,0202</b>	0,7510	8 273	34,64	9,62	<b>9 157</b>	38,34	10,65	10 477	43,87	12,19	11 597	48,56	13,49	<b>418,33</b>
419	89,2091	4,9301	1,3129	0,1563	0,2552	0,0059	0,0713	0,0750	0,0526	0,0062	1,7699	<b>2,1555</b>	0,7509	8 273	34,64	9,62	<b>9 161</b>	38,35	10,65	10 422	43,63	12,12	11 540	48,32	13,42	<b>418,36</b>
420	88,8820	4,9440	1,3550	0,1620	0,2800	0,0044	0,0740	0,0710	0,0750	0,0046	1,5210	<b>2,6270</b>	0,7649	8 271	34,63	9,62	<b>9 155</b>	38,33	10,65	10 380	43,46	12,07	11 488	48,10	13,36	<b>414,51</b>
421	94,0952	3,0688	0,9614	0,1341	0,1719	0,0019	0,0402	0,0318	0,0509	0,0000	1,1621	<b>0,2817</b>	0,7152	8 271	34,63	9,62	<b>9 167</b>	38,38	10,66	10 735	44,94	12,48	11 897	49,81	13,84	<b>428,67</b>
422	91,1252	3,6767	1,2094	0,1636	0,2896	0,0056	0,0775	0,0678	0,1418	0,0076	2,4596	<b>0,7756</b>	0,7410	8 270	34,63	9,62	<b>9 156</b>	38,33	10,65	10 544	44,14	12,26	11 673	48,87	13,58	<b>421,15</b>
423	92,0463	3,3585	1,1802	0,1628	0,2846	0,0015	0,0713	0,0596	0,1039	0,0088	2,0986	<b>0,6239</b>	0,7336	8 270	34,63	9,62	<b>9 158</b>	38,34	10,65	10 597	44,37	12,32	11 734	49,13	13,65	<b>423,26</b>
424	91,3635	4,1746	1,1085	0,1334	0,2071	0,0037	0,0547	0,0443	0,0789	0,0033	1,7880	<b>1,0400</b>	0,7375	8 270	34,63	9,62	<b>9 162</b>	38,36	10,65	10 569	44,25	12,29	11 708	49,02	13,62	<b>422,14</b>
425	91,1761	3,3607	1,3410	0,2056	0,3160	0,0096	0,1346	0,0736	0,0710	0,0041	2,7812	<b>0,5265</b>	0,7401	8 269	34,62	9,62	<b>9 155</b>	38,33	10,65	10 547	44,16	12,27	11 677	48,89	13,58	<b>421,40</b>

## Продовження Додатку Г

426	91,5714	4,0994	1,0842	0,1374	0,2082	0,0037	0,0575	0,0464	0,0674	0,0040	1,7133	<b>1,0071</b>	0,7359	8 269	34,62	9,62	<b>9 157</b>	38,34	10,65	10 579	44,29	12,30	11 715	49,05	13,63	<b>422,60</b>
427	88,5985	3,6831	1,8126	0,2514	0,5116	0,0046	0,1143	0,0948	0,0715	0,0063	3,3436	<b>1,5077</b>	0,7659	8 268	34,62	9,62	<b>9 149</b>	38,30	10,64	10 368	43,41	12,06	11 472	48,03	13,34	<b>414,24</b>
428	89,2278	5,0270	1,2619	0,1427	0,2284	0,0037	0,0562	0,0556	0,0892	0,0064	1,7137	<b>2,1874</b>	0,7585	8 268	34,62	9,62	<b>9 152</b>	38,32	10,64	10 419	43,62	12,12	11 533	48,29	13,41	<b>416,26</b>
429	90,0632	3,6906	1,4704	0,2010	0,3752	0,0014	0,0969	0,0778	0,1053	0,0059	2,8469	<b>1,0654</b>	0,7511	8 267	34,61	9,61	<b>9 151</b>	38,31	10,64	10 469	43,83	12,18	11 588	48,52	13,48	<b>418,30</b>
430	92,2695	3,3020	1,1576	0,1630	0,2758	0,0007	0,0674	0,0637	0,0897	0,0083	2,0063	<b>0,5960</b>	0,7316	8 267	34,61	9,61	<b>9 155</b>	38,33	10,65	10 608	44,41	12,34	11 747	49,18	13,66	<b>423,84</b>
431	93,9748	3,2648	0,8112	0,1201	0,1561	0,0003	0,0425	0,0341	0,0909		0,8136	<b>0,6916</b>	0,7183	8 266	34,61	9,61	<b>9 157</b>	38,34	10,65	10 705	44,82	12,45	11 859	49,65	13,79	<b>427,75</b>
432	90,5661	4,1406	1,2317	0,1450	0,2579	0,0050	0,0664	0,0561	0,1165	0,0039	1,4018	<b>2,0090</b>	0,7509	8 266	34,61	9,61	<b>9 150</b>	38,31	10,64	10 469	43,83	12,18	11 589	48,52	13,48	<b>418,36</b>
433	91,0992	3,3911	1,2549	0,2004	0,2979	0,0070	0,1313	0,0632	0,1464	0,0037	2,7114	<b>0,6935</b>	0,7422	8 266	34,61	9,61	<b>9 153</b>	38,32	10,64	10 529	44,08	12,25	11 658	48,81	13,56	<b>420,80</b>
434	91,2740	4,1961	1,1035	0,1361	0,2163	0,0041	0,0560	0,0445	0,0679	0,0066	1,8474	<b>1,0475</b>	0,7379	8 265	34,60	9,61	<b>9 155</b>	38,33	10,65	10 559	44,21	12,28	11 697	48,97	13,60	<b>422,03</b>
435	91,6770	4,0840	1,0490	0,1360	0,2050	0,0044	0,0532	0,0427	0,0686	0,0041	1,7030	<b>0,9730</b>	0,7347	8 264	34,60	9,61	<b>9 153</b>	38,32	10,64	10 580	44,30	12,30	11 718	49,06	13,63	<b>422,95</b>
436	88,8894	5,2610	1,2834	0,1389	0,2193	0,0014	0,0693	0,0498	0,0549	0,0034	1,8261	<b>2,2031</b>	0,7597	8 264	34,60	9,61	<b>9 148</b>	38,30	10,64	10 404	43,56	12,10	11 517	48,22	13,39	<b>415,93</b>
437	89,3634	4,9046	1,2773	0,1472	0,2398	0,0040	0,0693	0,0639	0,0552	0,0045	1,6956	<b>2,1752</b>	0,7575	8 263	34,60	9,61	<b>9 147</b>	38,30	10,64	10 419	43,62	12,12	11 534	48,29	13,41	<b>416,53</b>
438	92,3388	3,2631	1,1467	0,1609	0,2738	0,0005	0,0661	0,0617	0,0874	0,0081	2,0016	<b>0,5913</b>	0,7310	8 262	34,59	9,61	<b>9 149</b>	38,31	10,64	10 606	44,40	12,33	11 745	49,17	13,66	<b>424,02</b>
439	89,2842	4,9384	1,2797	0,1449	0,2383	0,0003	0,0694	0,0600	0,0643	0,0091	1,7353	<b>2,1761</b>	0,7580	8 262	34,59	9,61	<b>9 145</b>	38,29	10,64	10 415	43,61	12,11	11 528	48,27	13,41	<b>416,40</b>
440	89,2418	5,0132	1,1672	0,1270	0,1958	0,0044	0,0555	0,0481	0,1619	0,0047	1,6667	<b>2,3137</b>	0,7426	8 262	34,59	9,61	<b>9 150</b>	38,31	10,64	10 401	43,55	12,10	11 520	48,23	13,40	<b>420,69</b>
441	88,8369	3,6156	1,7598	0,2419	0,4883	0,0046	0,1096	0,0898	0,0792	0,0063	3,2848	<b>1,4832</b>	0,7638	8 257	34,57	9,60	<b>9 138</b>	38,26	10,63	10 370	43,42	12,06	11 475	48,04	13,35	<b>414,81</b>
442	95,1611	2,6474	0,8523	0,1345	0,1451	0,0023	0,0305	0,0247	0,0356	0,0000	0,7247	<b>0,2418</b>	0,7075	8 257	34,57	9,60	<b>9 153</b>	38,32	10,64	10 774	45,11	12,53	11 942	50,00	13,89	<b>431,00</b>
443	89,3899	4,9522	1,1988	0,1333	0,2190	0,0040	0,0639	0,0540	0,0938	0,0096	1,7211	<b>2,1604</b>	0,7570	8 257	34,57	9,60	<b>9 140</b>	38,27	10,63	10 415	43,61	12,11	11 529	48,27	13,41	<b>416,67</b>
444	89,4753	4,6216	1,4443	0,1442	0,2696	0,0028	0,0510	0,0409	0,0475	0,0889	2,7254	<b>1,0885</b>	0,7500	8 255	34,56	9,60	<b>9 138</b>	38,26	10,63	10 459	43,79	12,16	11 579	48,48	13,47	<b>418,61</b>
445	90,5699	4,3828	1,1545	0,1345	0,2136	0,0041	0,0586	0,0528	0,0777	0,0083	1,5349	<b>1,8083</b>	0,7477	8 255	34,56	9,60	<b>9 140</b>	38,27	10,63	10 475	43,86	12,18	11 598	48,56	13,49	<b>419,25</b>
446	90,0940	4,7760	1,1480	0,1340	0,2080	0,0039	0,0580	0,0490	0,0490	0,0071	1,6870	<b>1,7860</b>	0,7490	8 255	34,56	9,60	<b>9 138</b>	38,26	10,63	10 466	43,82	12,17	11 586	48,51	13,48	<b>418,89</b>
447	93,9804	3,0884	0,9487	0,1288	0,1665	0,0018	0,0384	0,0303	0,0437	0,0000	1,2535	<b>0,3195</b>	0,7156	8 255	34,56	9,60	<b>9 150</b>	38,31	10,64	10 709	44,84	12,45	11 871	49,70	13,81	<b>428,55</b>
448	88,7190	3,6582	1,7677	0,2423	0,4856	0,0044	0,1084	0,0876	0,0778	0,0064	3,3052	<b>1,5374</b>	0,7647	8 253	34,56	9,60	<b>9 133</b>	38,24	10,62	10 358	43,37	12,05	11 463	47,99	13,33	<b>414,57</b>
449	88,6048	3,6706	1,7844	0,2447	0,4898	0,0039	0,1086	0,0870	0,0833	0,0064	3,3876	<b>1,5289</b>	0,7655	8 253	34,55	9,60	<b>9 133</b>	38,24	10,62	10 352	43,34	12,04	11 456	47,96	13,32	<b>414,35</b>
450	89,4937	4,9154	1,2133	0,1354	0,2144	0,0039	0,0617	0,0520	0,0763	0,0089	1,6845	<b>2,1405</b>	0,7559	8 254	34,56	9,60	<b>9 137</b>	38,25	10,63	10 419	43,62	12,12	11 534	48,29	13,41	<b>416,97</b>
451	95,1329	2,8137	0,8499	0,1267	0,1191	0,0016	0,0217	0,0157	0,0145	0,0050	0,6360	<b>0,2632</b>	0,7066	8 253	34,55	9,598	<b>9 145</b>	38,29	10,636	10 775	45,11	12,53	11 940	49,99	13,89	<b>431,28</b>
452	89,4463	4,9435	1,2141	0,1349	0,2127	0,0039	0,0613	0,0507	0,0736	0,0098	1,6822	<b>2,1670</b>	0,7562	8 252	34,55	9,60	<b>9 135</b>	38,25	10,62	10 414	43,60	12,11	11 529	48,27	13,41	<b>416,89</b>
453	91,5996	4,0713	1,0516	0,1296	0,1982	0,0035	0,0501	0,0389	0,0656	0,0090	1,7766	<b>1,0060</b>	0,7349	8 251	34,54	9,60	<b>9 141</b>	38,27	10,63	10 562	44,22	12,28	11 702	48,99	13,61	<b>422,89</b>
454	89,5025	5,0622	1,2009	0,1280	0,2004	0,0026	0,0393	0,0345	0,0641	0,0052	1,7920	<b>1,9683</b>	0,7534	8 250	34,54	9,59	<b>9 131</b>	38,23	10,62	10 431	43,67	12,13	11 546	48,34	13,43	<b>417,67</b>
455	89,8972	4,8140	1,1660	0,1390	0,2150	0,0043	0,0580	0,0480	0,0460	0,0085	1,7900	<b>1,8140</b>	0,7504	8 250	34,54	9,59	<b>9 131</b>	38,23	10,62	10 453	43,76	12,16	11 570	48,44	13,46	<b>418,50</b>
456	94,3481	3,0879	0,9048	0,1230	0,1337	0,0003	0,0293	0,0228	0,0197	0,0043	0,8573	<b>0,4688</b>	0,7130	8 250	34,54	9,59	<b>9 141</b>	38,27	10,63	10 723	44,89	12,47	11 880	49,74	13,82	<b>429,34</b>
457	95,3667	2,6434	0,8560	0,1317	0,1266	0,0018	0,0209	0,0159	0,0064	0,0051	0,6263	<b>0,1992</b>	0,7049	8 249	34,54	9,593	<b>9 141</b>	38,27	10,631	10 783	45,15	12,54	11 949	50,03	13,90	<b>431,79</b>
458	92,6760	3,9757	0,7847	0,1053	0,1485	0,0018	0,0422	0,0387	0,0734	0,0057	1,0645	<b>1,0835</b>	0,7273	8 249	34,54	9,59	<b>9 136</b>	38,25	10,63	10 615	44,44	12,35	11 758	49,23	13,67	<b>425,09</b>
459	89,0448	5,2158	1,2110	0,1315	0,2007	0,0034	0,0482	0,0426	0,0789	0,0052	1,7492	<b>2,2687</b>	0,7586	8 249	34,54	9,59	<b>9 131</b>	38,23	10,62	10 394	43,52	12,09	11 505	48,17	13,38	<b>416,23</b>
460	89,4405	4,9174	1,1984	0,1355	0,2086	0,0051	0,0603	0,0636	0,0708	0,0074	1,7573	<b>2,1351</b>	0,7455	8 248	34,53	9,59	<b>9 134</b>	38,24	10,62	10 410	43,58	12,11	11 529	48,27	13,41	<b>419,87</b>
461	89,7140	3,7107	1,5392	0,2079	0,3965	0,0016	0,0998	0,0803	0,0604	0,0071	3,0463	<b>1,1362</b>	0,7532	8 248	34,53	9,59	<b>9 130</b>	38,22	10,62	10 430	43,67	12,13	11 545	48,34	13,43	<b>417,72</b>
462	88,9291	5,2749	1,2073	0,1327	0,2040	0,0036	0,0459	0,0422	0,0778	0,0055	1,8250	<b>2,2520</b>	0,7591	8 248	34,53	9,59	<b>9 129</b>	38,22	10,62	10 389	43,50	12,08	11 499	48,15	13,37	<b>416,09</b>
463	91,0563	4,1136	1,1768	0,1346	0,2270	0,0045	0,0537	0,0418	0,0596	0,0025	1,1725	<b>1,9571</b>	0,7453	8 247	34,53	9,59	<b>9 133</b>	38,24	10,62	10 484	43,89	12,19	11 610	48,61	13,50	<b>419,93</b>
464	90,3974	4,6080	1,1200	0,1320	0,2050	0,0039	0,0560	0,0490	0,0540	0,0077	1,6850	<b>1,6820</b>	0,7465	8 247	34,53	9,59	<b>9 131</b>	38,23	10,62	10 476	43,86	12,18	11 598	48,56	13,49	<b>419,59</b>
465	89,0970	5,1822	1,2117	0,1315	0,2006	0,0034	0,0461	0,0424	0,0755	0,0047	1,7501	<b>2,2548</b>	0,7581	8 247	34,53	9,59	<b>9 128</b>	38,22	10,62	10 394	43,52	12,09	11 506	48,17	13,38	<b>416,37</b>



## Продовження Додатку Г

466	90,1450	4,7120	1,0505	0,1267	0,1870	0,0042	0,0517	0,0396	0,1223	0,0007	0,3017	<b>3,2586</b>	0,7431	8 246	34,52	9,59	<b>9 133</b>	38,24	10,62	10 387	43,49	12,08	11 505	48,17	13,38	<b>420,55</b>
467	89,1724	5,0932	1,1791	0,1288	0,1999	0,0043	0,0553	0,0465	0,0916	0,0027	1,6611	<b>2,3651</b>	0,7588	8 245	34,52	9,59	<b>9 129</b>	38,22	10,62	10 389	43,50	12,08	11 503	48,16	13,38	<b>416,18</b>
468	92,9184	3,6736	0,9639	0,1205	0,1546	0,0020	0,0360	0,0273	0,0319	0,0058	1,1963	<b>0,8697</b>	0,7245	8 245	34,52	9,59	<b>9 133</b>	38,24	10,62	10 630	44,50	12,36	11 775	49,30	13,69	<b>425,91</b>
469	95,3195	2,6029	0,8411	0,1257	0,1396	0,0014	0,0272	0,0203	0,0158	0,0047	0,6835	<b>0,2183</b>	0,7056	8 245	34,52	9,59	<b>9 136</b>	38,25	10,63	10 773	45,11	12,53	11 938	49,98	13,88	<b>431,58</b>
470	89,3050	5,0181	1,1617	0,1267	0,1961	0,0044	0,0541	0,0455	0,1111	0,0034	1,6483	<b>2,3256</b>	0,7481	8 245	34,52	9,59	<b>9 131</b>	38,23	10,62	10 393	43,51	12,09	11 510	48,19	13,39	<b>419,14</b>
471	95,4335	2,6003	0,8451	0,1289	0,1248	0,0024	0,0202	0,0153	0,0045	0,0053	0,6244	<b>0,1953</b>	0,7043	8 244	34,51	9,587	<b>9 135</b>	38,25	10,624	10 780	45,14	12,54	11 946	50,02	13,89	<b>431,98</b>
472	89,6700	3,5266	1,5593	0,2108	0,4228	0,0022	0,1113	0,0796	0,0875	0,0086	3,1051	<b>1,2162</b>	0,7552	8 244	34,52	9,59	<b>9 125</b>	38,21	10,61	10 412	43,59	12,11	11 524	48,25	13,40	<b>417,17</b>
473	89,2719	5,0398	1,1659	0,1268	0,1962	0,0043	0,0543	0,0456	0,1021	0,0026	1,6485	<b>2,3420</b>	0,7482	8 243	34,51	9,59	<b>9 129</b>	38,22	10,62	10 391	43,50	12,08	11 508	48,18	13,38	<b>419,11</b>
474	89,3820	4,9869	1,1549	0,1257	0,1947	0,0044	0,0541	0,0459	0,1033	0,0028	1,6358	<b>2,3095</b>	0,7473	8 243	34,51	9,59	<b>9 129</b>	38,22	10,62	10 395	43,52	12,09	11 512	48,20	13,39	<b>419,37</b>
475	89,4808	4,9402	1,2118	0,1340	0,2051	0,0037	0,0595	0,0507	0,0487	0,0052	1,6644	<b>2,1959</b>	0,7554	8 241	34,50	9,58	<b>9 123</b>	38,20	10,61	10 406	43,57	12,10	11 520	48,23	13,40	<b>417,11</b>
476	92,1589	3,9153	1,0139	0,1303	0,1647	0,0056	0,0430	0,0310	0,0353	0,0059	1,2068	<b>1,2893</b>	0,7323	8 240	34,50	9,58	<b>9 126</b>	38,21	10,61	10 569	44,25	12,29	11 706	49,01	13,61	<b>423,64</b>
477	89,3920	4,6000	1,4420	0,1461	0,2735	0,0029	0,0518	0,0400	0,0322	0,0600	2,8596	<b>1,0999</b>	0,7501	8 240	34,50	9,58	<b>9 122</b>	38,19	10,61	10 443	43,72	12,15	11 560	48,40	13,44	<b>418,58</b>
478	89,2495	5,0582	1,1724	0,1279	0,1986	0,0044	0,0547	0,0457	0,0869	0,0028	1,6476	<b>2,3513</b>	0,7461	8 240	34,50	9,58	<b>9 126</b>	38,21	10,61	10 386	43,48	12,08	11 503	48,16	13,38	<b>419,70</b>
479	89,3565	4,9846	1,1774	0,1321	0,2126	0,0040	0,0568	0,0470	0,0724	0,0079	1,7357	<b>2,2130</b>	0,7565	8 239	34,50	9,58	<b>9 121</b>	38,19	10,61	10 396	43,53	12,09	11 509	48,18	13,38	<b>416,81</b>
480	89,2844	5,0420	1,1679	0,1269	0,1966	0,0045	0,0537	0,0446	0,0827	0,0033	1,6481	<b>2,3453</b>	0,7576	8 238	34,49	9,58	<b>9 122</b>	38,19	10,61	10 388	43,49	12,08	11 503	48,16	13,38	<b>416,51</b>
481	92,2821	3,8469	1,0118	0,1250	0,1662	0,0026	0,0383	0,0314	0,0405	0,0053	1,2673	<b>1,1826</b>	0,7308	8 238	34,49	9,58	<b>9 124</b>	38,20	10,61	10 573	44,27	12,30	11 711	49,03	13,62	<b>424,07</b>
482	89,1116	5,1357	1,1779	0,1273	0,2004	0,0040	0,0552	0,0455	0,0762	0,0029	1,6937	<b>2,3696</b>	0,7587	8 238	34,49	9,58	<b>9 119</b>	38,18	10,61	10 378	43,45	12,07	11 488	48,10	13,36	<b>416,20</b>
483	89,5445	4,9021	1,1962	0,1334	0,2059	0,0061	0,0612	0,0637	0,0304	0,0060	1,6700	<b>2,1805</b>	0,7448	8 237	34,49	9,58	<b>9 123</b>	38,19	10,61	10 405	43,56	12,10	11 524	48,25	13,40	<b>420,07</b>
484	89,4208	4,9484	1,1662	0,1313	0,2106	0,0040	0,0565	0,0464	0,0714	0,0104	1,7203	<b>2,2137</b>	0,7560	8 236	34,48	9,58	<b>9 117</b>	38,17	10,60	10 395	43,52	12,09	11 507	48,18	13,38	<b>416,95</b>
485	92,3415	3,8353	1,0020	0,1216	0,1633	0,0024	0,0383	0,0317	0,0313	0,0043	1,2437	<b>1,1846</b>	0,7301	8 235	34,48	9,58	<b>9 122</b>	38,19	10,61	10 577	44,28	12,30	11 715	49,05	13,63	<b>424,28</b>
486	93,6117	3,2880	0,8760	0,1220	0,1570	0,0029	0,0377	0,0292	0,0418	0,0047	1,2730	<b>0,5560</b>	0,7184	8 235	34,48	9,58	<b>9 126</b>	38,21	10,61	10 664	44,65	12,40	11 818	49,48	13,74	<b>427,72</b>
487	89,2539	5,0670	1,1696	0,1271	0,1961	0,0043	0,0531	0,0443	0,0741	0,0027	1,6600	<b>2,3478</b>	0,7516	8 235	34,48	9,58	<b>9 119</b>	38,18	10,61	10 384	43,47	12,08	11 498	48,14	13,37	<b>418,17</b>
488	95,5570	2,5201	0,8144	0,1251	0,1215	0,0015	0,0202	0,0151	0,0050	0,0053	0,6275	<b>0,1873</b>	0,7032	8 234	34,47	9,576	<b>9 125</b>	38,20	10,612	10 775	45,11	12,53	11 941	50,00	13,89	<b>432,32</b>
489	95,4708	2,4712	0,8501	0,1179	0,1245	0,0003	0,0240	0,0178	0,0211		0,6946	<b>0,2077</b>	0,7044	8 233	34,47	9,58	<b>9 124</b>	38,20	10,61	10 765	45,07	12,52	11 930	49,95	13,88	<b>431,95</b>
490	92,4302	3,7769	0,9865	0,1232	0,1643	0,0022	0,0367	0,0307	0,0376	0,0045	1,2467	<b>1,1605</b>	0,7295	8 233	34,47	9,58	<b>9 119</b>	38,18	10,61	10 577	44,28	12,30	11 715	49,05	13,63	<b>424,45</b>
491	92,5421	3,7319	0,9812	0,1240	0,1637	0,0022	0,0359	0,0294	0,0350	0,0046	1,2241	<b>1,1259</b>	0,7286	8 233	34,47	9,58	<b>9 119</b>	38,18	10,61	10 586	44,32	12,31	11 725	49,09	13,64	<b>424,71</b>
492	89,3278	5,0324	1,1646	0,1263	0,1946	0,0042	0,0526	0,0436	0,0694	0,0028	1,6531	<b>2,3286</b>	0,7469	8 233	34,47	9,58	<b>9 117</b>	38,17	10,60	10 386	43,48	12,08	11 500	48,15	13,38	<b>419,48</b>
493	95,5069	2,5154	0,7925	0,1265	0,1256	0,0015	0,0250	0,0190	0,0166	0,0000	0,6617	<b>0,2093</b>	0,7040	8 233	34,47	9,58	<b>9 129</b>	38,22	10,62	10 768	45,09	12,52	11 940	49,99	13,89	<b>432,07</b>
494	95,5666	2,4656	0,7936	0,1270	0,1248	0,0017	0,0250	0,0181	0,0198	0,0060	0,6764	<b>0,1754</b>	0,7035	8 232	34,47	9,57	<b>9 123</b>	38,20	10,61	10 772	45,10	12,53	11 937	49,98	13,88	<b>432,22</b>
495	92,7149	3,6741	0,9674	0,1185	0,1543	0,0021	0,0360	0,0283	0,0346	0,0053	1,1899	<b>1,0746</b>	0,7270	8 231	34,46	9,57	<b>9 117</b>	38,17	10,60	10 594	44,35	12,32	11 734	49,13	13,65	<b>425,18</b>
496	92,8550	3,6012	0,9532	0,1228	0,1590	0,0016	0,0330	0,0277	0,0368	0,0041	1,1696	<b>1,0360</b>	0,7260	8 231	34,46	9,57	<b>9 117</b>	38,17	10,60	10 603	44,39	12,33	11 744	49,17	13,66	<b>425,47</b>
497	89,2816	5,0427	1,1582	0,1250	0,1960	0,0039	0,0537	0,0443	0,0725	0,0027	1,6716	<b>2,3478</b>	0,7573	8 231	34,46	9,57	<b>9 110</b>	38,14	10,59	10 380	43,46	12,07	11 488	48,10	13,36	<b>416,59</b>
498	89,7308	4,8614	1,1466	0,1251	0,1917	0,0000	0,0490	0,0418	0,0570	0,0000	1,6576	<b>2,1390</b>	0,7530	8 228	34,45	9,57	<b>9 110</b>	38,14	10,59	10 407	43,57	12,10	11 522	48,24	13,40	<b>417,78</b>
499	95,5578	2,4904	0,7781	0,1237	0,1216	0,0015	0,0240	0,0182	0,0163	0,0000	0,6614	<b>0,2070</b>	0,7035	8 228	34,45	9,57	<b>9 124</b>	38,20	10,61	10 766	45,07	12,52	11 938	49,98	13,88	<b>432,22</b>
500	92,6861	3,6827	0,9676	0,1193	0,1572	0,0022	0,0344	0,0281	0,0296	0,0046	1,2031	<b>1,0851</b>	0,7271	8 228	34,45	9,57	<b>9 114</b>	38,16	10,60	10 589	44,34	12,32	11 730	49,11	13,64	<b>425,15</b>
501	92,2098	3,8426	0,9984	0,1213	0,1625	0,0004	0,0398	0,0308	0,0394	0,0082	1,3191	<b>1,2277</b>	0,7312	8 227	34,44	9,57	<b>9 112</b>	38,15	10,60	10 558	44,21	12,28	11 694	48,96	13,60	<b>423,96</b>
502	92,6400	3,6935	0,9718	0,1229	0,1589	0,0030	0,0356	0,0291	0,0238	0,0063	1,2231	<b>1,0920</b>	0,7274	8 227	34,44	9,57	<b>9 112</b>	38,15	10,60	10 586	44,32	12,31	11 725	49,09	13,64	<b>425,06</b>
503	90,7932	4,3379	1,0738	0,1203	0,1792	0,0000	0,0500	0,0429	0,0697	0,0000	1,5253	<b>1,8077</b>	0,7447	8 226	34,44	9,57	<b>9 110</b>	38,14	10,59	10 460	43,79	12,17	11 584	48,50	13,47	<b>420,10</b>
504	94,6175	2,8496	0,8322	0,1212	0,1328	0,0017	0,0278	0,0225	0,0297	0,0000	1,1133	<b>0,2517</b>	0,7097	8 226	34,44	9,57	<b>9 119</b>	38,18	10,61	10 716	44,87	12,46	11 880	49,74	13,82	<b>430,33</b>
505	95,8720	2,4130	0,7400	0,1150	0,1190	0,0020	0,0240	0,0180	0,0090	0,0050	0,3940	<b>0,2890</b>	0,7016	8 226	34,44	9,57	<b>9 122</b>	38,19	10,61	10 778	45,13	12,54	11 952	50,04	13,90	<b>432,81</b>

## Продовження Додатку Г

506	93,0181	3,5298	0,9369	0,1212	0,1520	0,0019	0,0327	0,0270	0,0348	0,0037	1,1375	1,0044	0,7246	8 226	34,44	9,57	9 112	38,15	10,60	10 606	44,41	12,34	11 749	49,19	13,66	425,88
507	89,8933	4,7487	1,0896	0,1235	0,1875	0,0034	0,0457	0,0428	0,0910	0,0045	1,6658	2,1042	0,7520	8 224	34,43	9,56	9 105	38,12	10,59	10 407	43,57	12,10	11 522	48,24	13,40	418,05
508	89,8656	4,7570	1,1008	0,1242	0,1886	0,0034	0,0457	0,0430	0,0876	0,0053	1,6732	2,1056	0,7522	8 224	34,43	9,56	9 105	38,12	10,59	10 407	43,57	12,10	11 522	48,24	13,40	418,00
509	95,6362	2,4280	0,7643	0,1216	0,1199	0,0015	0,0237	0,0181	0,0165	0,0000	0,6690	0,2012	0,7028	8 223	34,43	9,56	9 117	38,17	10,60	10 766	45,07	12,52	11 935	49,97	13,88	432,44
510	92,8683	3,5990	0,9475	0,1206	0,1544	0,0020	0,0330	0,0260	0,0233	0,0059	1,1850	1,0350	0,7254	8 223	34,43	9,56	9 107	38,13	10,59	10 598	44,37	12,33	11 737	49,14	13,65	425,65
511	93,2232	3,4107	0,9240	0,1190	0,1487	0,0003	0,0357	0,0277	0,0294	0,0075	1,1433	0,9305	0,7227	8 221	34,42	9,56	9 107	38,13	10,59	10 612	44,43	12,34	11 756	49,22	13,67	426,44
512	95,5212	2,4885	0,7657	0,1211	0,1181	0,0015	0,0229	0,0173	0,0149	0,0000	0,7156	0,2132	0,7035	8 221	34,42	9,56	9 114	38,16	10,60	10 757	45,04	12,51	11 926	49,93	13,87	432,22
513	95,6139	2,4239	0,7744	0,1162	0,1240	0,0013	0,0237	0,0179	0,0157	0,0039	0,6786	0,2065	0,7030	8 221	34,42	9,56	9 110	38,14	10,59	10 762	45,06	12,52	11 926	49,93	13,87	432,38
514	89,8467	4,7222	1,1232	0,1266	0,1908	0,0038	0,0536	0,0560	0,0594	0,0079	1,7447	2,0651	0,7419	8 220	34,42	9,56	9 105	38,12	10,59	10 404	43,56	12,10	11 523	48,25	13,40	420,89
515	95,5680	2,4179	0,7706	0,1163	0,1241	0,0019	0,0243	0,0206	0,0227	0,0052	0,6899	0,2385	0,7037	8 220	34,42	9,56	9 114	38,16	10,60	10 754	45,03	12,51	11 924	49,92	13,87	432,16
516	89,6008	4,8798	1,1652	0,1256	0,1868	0,0044	0,0482	0,0504	0,0416	0,0076	1,7475	2,1421	0,7384	8 220	34,42	9,56	9 104	38,12	10,59	10 393	43,51	12,09	11 511	48,20	13,39	421,89
517	94,6095	2,8244	0,8210	0,1187	0,1330	0,0017	0,0280	0,0226	0,0289	0,0000	1,1507	0,2615	0,7097	8 219	34,41	9,56	9 112	38,15	10,60	10 707	44,83	12,45	11 871	49,70	13,81	430,33
518	95,4363	2,5148	0,7754	0,1143	0,1205	0,0013	0,0233	0,0176	0,0155	0,0043	0,7596	0,2171	0,7040	8 219	34,41	9,56	9 107	38,13	10,59	10 751	45,01	12,50	11 914	49,88	13,86	432,07
519	95,6176	2,3966	0,7612	0,1159	0,1224	0,0016	0,0241	0,0197	0,0234	0,0027	0,6802	0,2346	0,7033	8 218	34,41	9,56	9 112	38,15	10,60	10 755	45,03	12,51	11 925	49,93	13,87	432,29
520	95,5822	2,4021	0,7617	0,1159	0,1237	0,0015	0,0245	0,0205	0,0258	0,0052	0,7069	0,2300	0,7035	8 218	34,41	9,56	9 112	38,15	10,60	10 753	45,02	12,51	11 922	49,91	13,87	432,22
521	95,4945	2,4502	0,7800	0,1132	0,1193	0,0002	0,0237	0,0178	0,0239		0,7703	0,2069	0,7038	8 216	34,40	9,56	9 107	38,13	10,59	10 748	45,00	12,50	11 914	49,88	13,86	432,13
522	95,6213	2,4812	0,7605	0,1123	0,1079	0,0014	0,0190	0,0131	0,0102	0,0036	0,6611	0,2084	0,7024	8 216	34,40	9,56	9 105	38,12	10,59	10 760	45,05	12,51	11 923	49,92	13,87	432,56
523	95,6431	2,4391	0,7632	0,1187	0,1131	0,0003	0,0212	0,0150	0,0078	0,0055	0,6723	0,2007	0,7024	8 216	34,40	9,55	9 105	38,12	10,59	10 759	45,04	12,51	11 923	49,92	13,87	432,56
524	93,6923	3,2062	0,8899	0,1179	0,1418	0,0001	0,0319	0,0246	0,0226	0,0078	1,0758	0,7891	0,7186	8 215	34,39	9,55	9 101	38,10	10,58	10 635	44,53	12,37	11 782	49,33	13,70	427,66
525	89,8774	4,7188	1,1063	0,1253	0,1931	0,0037	0,0564	0,0487	0,0553	0,0050	1,6762	2,1338	0,7519	8 215	34,40	9,55	9 096	38,08	10,58	10 397	43,53	12,09	11 511	48,20	13,39	418,08
526	95,6374	2,4329	0,7657	0,1181	0,1150	0,0003	0,0219	0,0153	0,0055	0,0058	0,6877	0,1944	0,7023	8 215	34,39	9,55	9 104	38,12	10,59	10 757	45,04	12,51	11 922	49,92	13,87	432,59
527	95,7007	2,4183	0,7446	0,1143	0,1103	0,0015	0,0202	0,0144	0,0111	0,0086	0,6535	0,2025	0,7019	8 214	34,39	9,55	9 102	38,11	10,59	10 759	45,05	12,51	11 923	49,92	13,87	432,72
528	91,7214	3,9420	0,9864	0,1169	0,1659	0,0000	0,0449	0,0376	0,0615	0,0000	1,3794	1,5440	0,7368	8 214	34,39	9,55	9 098	38,09	10,58	10 502	43,97	12,21	11 632	48,70	13,53	422,34
529	95,6477	2,4380	0,7648	0,1180	0,1132	0,0004	0,0209	0,0144	0,0042	0,0060	0,6716	0,2008	0,7022	8 214	34,39	9,55	9 104	38,12	10,59	10 758	45,04	12,51	11 923	49,92	13,87	432,62
530	95,6268	2,4398	0,7639	0,1176	0,1123	0,0004	0,0216	0,0153	0,0051	0,0065	0,6937	0,1970	0,7023	8 213	34,39	9,55	9 102	38,11	10,59	10 756	45,03	12,51	11 920	49,91	13,86	432,59
531	95,7209	2,4086	0,7410	0,1139	0,1098	0,0014	0,0199	0,0142	0,0105	0,0098	0,6492	0,2008	0,7017	8 212	34,38	9,55	9 100	38,10	10,58	10 759	45,05	12,51	11 923	49,92	13,87	432,78
532	95,6987	2,4180	0,7358	0,1144	0,1109	0,0014	0,0219	0,0161	0,0113	0,0042	0,6607	0,2066	0,7020	8 212	34,38	9,55	9 101	38,11	10,58	10 757	45,04	12,51	11 922	49,91	13,86	432,69
533	95,6695	2,4023	0,7571	0,1171	0,1140	0,0003	0,0239	0,0162	0,0062	0,0066	0,6935	0,1933	0,7021	8 212	34,38	9,55	9 101	38,10	10,58	10 755	45,03	12,51	11 920	49,91	13,86	432,65
534	95,3190	2,5222	0,7764	0,1113	0,1209	0,0014	0,0232	0,0180	0,0187	0,0046	0,8576	0,2267	0,7047	8 211	34,38	9,55	9 099	38,10	10,58	10 734	44,94	12,48	11 896	49,80	13,83	431,86
535	95,0734	2,6168	0,7901	0,1155	0,1294	0,0013	0,0237	0,0190	0,0191	0,0040	0,9579	0,2498	0,7064	8 211	34,38	9,55	9 099	38,10	10,58	10 722	44,89	12,47	11 881	49,74	13,82	431,34
536	95,6936	2,3940	0,7561	0,1141	0,1128	0,0003	0,0220	0,0154	0,0055	0,0068	0,6864	0,1930	0,7019	8 210	34,37	9,55	9 099	38,10	10,58	10 755	45,03	12,51	11 920	49,90	13,86	432,72
537	95,6985	2,3919	0,7518	0,1148	0,1123	0,0003	0,0221	0,0163	0,0045	0,0060	0,6909	0,1906	0,7018	8 209	34,37	9,55	9 098	38,09	10,58	10 755	45,03	12,51	11 919	49,90	13,86	432,75
538	95,7712	2,3828	0,7299	0,1120	0,1082	0,0015	0,0196	0,0142	0,0107	0,0070	0,6447	0,1982	0,7013	8 209	34,37	9,55	9 098	38,09	10,58	10 759	45,04	12,51	11 923	49,92	13,87	432,90
539	95,7263	2,3925	0,7312	0,1133	0,1105	0,0015	0,0217	0,0158	0,0113	0,0040	0,6677	0,2042	0,7017	8 209	34,37	9,55	9 098	38,09	10,58	10 755	45,03	12,51	11 920	49,90	13,86	432,78
540	95,7632	2,3870	0,7308	0,1121	0,1083	0,0015	0,0198	0,0141	0,0108	0,0076	0,6458	0,1990	0,7014	8 209	34,37	9,55	9 098	38,09	10,58	10 759	45,04	12,51	11 923	49,92	13,87	432,87
541	95,5570	2,3911	0,7592	0,1150	0,1225	0,0015	0,0235	0,0175	0,0167	0,0058	0,7734	0,2168	0,7032	8 208	34,37	9,55	9 097	38,09	10,58	10 742	44,98	12,49	11 905	49,84	13,85	432,32
542	95,8274	2,2401	0,8192	0,1051	0,1016	0,0014	0,0183	0,0130	0,0100	0,0083	0,6630	0,1926	0,7013	8 207	34,36	9,54	9 095	38,08	10,58	10 756	45,03	12,51	11 921	49,91	13,86	432,90
543	95,7774	2,3781	0,7327	0,1089	0,1050	0,0013	0,0186	0,0126	0,0094	0,0034	0,6534	0,1992	0,7012	8 207	34,36	9,54	9 095	38,08	10,58	10 756	45,03	12,51	11 921	49,91	13,86	432,93
544	95,7617	2,3960	0,7251	0,1125	0,1065	0,0020	0,0178	0,0133	0,0052	0,0048	0,6782	0,1769	0,7010	8 207	34,36	9,54	9 095	38,08	10,58	10 756	45,03	12,51	11 921	49,91	13,86	432,99
545	94,6454	2,7825	0,8223	0,1149	0,1295	0,0001	0,0271	0,0204	0,0097	0,0090	0,9460	0,4931	0,7104	8 205	34,35	9,54	9 092	38,06	10,57	10 683	44,73	12,42	11 838	49,56	13,77	430,12

## Продовження Додатку Г

546	89,9648	4,7393	0,9677	0,1132	0,1658	0,0042	0,0455	0,0340	0,1204	0,0017	0,3109	<b>3,5325</b>	0,7406	8 205	34,35	9,54	<b>9 088</b>	38,05	10,57	10 325	43,23	12,01	11 437	47,88	13,30	<b>421,26</b>
547	95,7308	2,3785	0,7296	0,1125	0,1077	0,0022	0,0186	0,0137	0,0079	0,0059	0,7178	<b>0,1748</b>	0,7013	8 204	34,35	9,54	<b>9 093</b>	38,07	10,58	10 752	45,02	12,50	11 916	49,89	13,86	<b>432,90</b>
548	89,2108	4,9960	1,1580	0,1240	0,1900	0,0036	0,0520	0,0450	0,0440	0,0046	1,5320	<b>2,6400</b>	0,7588	8 204	34,35	9,54	<b>9 083</b>	38,03	10,56	10 310	43,17	11,99	11 414	47,79	13,28	<b>416,18</b>
549	95,7710	2,3642	0,7263	0,1117	0,1077	0,0014	0,0197	0,0142	0,0110	0,0108	0,6639	<b>0,1981</b>	0,7013	8 204	34,35	9,54	<b>9 093</b>	38,07	10,58	10 754	45,02	12,51	11 918	49,90	13,86	<b>432,90</b>
550	95,7535	2,3616	0,7023	0,1098	0,1082	0,0012	0,0220	0,0154	0,0154	0,0034	0,6749	<b>0,2323</b>	0,7016	8 202	34,34	9,54	<b>9 093</b>	38,07	10,58	10 749	45,00	12,50	11 916	49,89	13,86	<b>432,81</b>
551	95,8438	2,3256	0,7151	0,1102	0,1063	0,0013	0,0194	0,0140	0,0105	0,0087	0,6506	<b>0,1945</b>	0,7007	8 202	34,34	9,54	<b>9 090</b>	38,06	10,57	10 754	45,02	12,51	11 918	49,90	13,86	<b>433,09</b>
552	95,7911	2,3655	0,7189	0,1107	0,1061	0,0014	0,0184	0,0136	0,0058	0,0051	0,6872	<b>0,1762</b>	0,7008	8 202	34,34	9,54	<b>9 090</b>	38,06	10,57	10 754	45,02	12,51	11 918	49,90	13,86	<b>433,06</b>
553	89,2374	4,3195	1,0917	0,1795	0,2335	0,0074	0,0877	0,0618	0,2013	0,0029	3,5465	<b>1,0308</b>	0,7529	8 202	34,34	9,54	<b>9 079</b>	38,01	10,56	10 373	43,43	12,06	11 481	48,07	13,35	<b>417,80</b>
554	86,4904	8,6441	0,1060	0,0046	0,0117	0,0000	0,0196	0,0224	0,0599	0,0043	2,2897	<b>2,3473</b>	0,7525	8 201	34,33	9,54	<b>9 081</b>	38,02	10,56	10 310	43,16	11,99	11 417	47,80	13,28	<b>417,91</b>
555	95,5845	2,4552	0,6932	0,1097	0,1078	0,0025	0,0205	0,0158	0,0161	0,0049	0,7100	<b>0,2798</b>	0,7028	8 200	34,33	9,54	<b>9 088</b>	38,05	10,57	10 734	44,94	12,48	11 897	49,81	13,84	<b>432,44</b>
556	95,8309	2,3324	0,7135	0,1102	0,1051	0,0023	0,0180	0,0131	0,0038	0,0049	0,6931	<b>0,1727</b>	0,7104	8 200	34,33	9,54	<b>9 086</b>	38,04	10,57	10 754	45,02	12,51	11 916	49,89	13,86	<b>430,12</b>
557	95,9031	2,2950	0,6981	0,1098	0,1013	0,0013	0,0183	0,0126	0,0123	0,0036	0,6608	<b>0,1838</b>	0,7001	8 198	34,32	9,53	<b>9 086</b>	38,04	10,57	10 752	45,02	12,50	11 917	49,89	13,86	<b>433,27</b>
558	95,9167	2,2903	0,6953	0,1078	0,1043	0,0015	0,0198	0,0149	0,0110	0,0042	0,6422	<b>0,1920</b>	0,7002	8 198	34,33	9,53	<b>9 087</b>	38,04	10,57	10 753	45,02	12,51	11 918	49,90	13,86	<b>433,24</b>
559	95,5921	2,4539	0,6915	0,1076	0,1065	0,0018	0,0206	0,0159	0,0105	0,0054	0,7100	<b>0,2842</b>	0,7086	8 197	34,32	9,53	<b>9 083</b>	38,03	10,56	10 734	44,94	12,48	11 895	49,80	13,83	<b>430,67</b>
560	95,9031	2,2950	0,6981	0,1098	0,1013	0,0013	0,0183	0,0126	0,0123	0,0036	0,6608	<b>0,1838</b>	0,7001	8 197	34,32	9,53	<b>9 086</b>	38,04	10,57	10 751	45,01	12,50	11 916	49,89	13,86	<b>433,27</b>
561	95,8534	2,3139	0,7078	0,1063	0,1027	0,0013	0,0182	0,0131	0,0100	0,0095	0,6681	<b>0,1957</b>	0,7005	8 197	34,32	9,53	<b>9 086</b>	38,04	10,57	10 749	45,00	12,50	11 914	49,88	13,86	<b>433,15</b>
562	86,6051	5,5810	1,4810	0,1850	0,2750	0,0058	0,0740	0,0550	0,0510	0,0151	1,7660	<b>3,9060</b>	0,7806	8 197	34,32	9,53	<b>9 071</b>	37,98	10,55	10 150	42,50	11,81	11 233	47,03	13,06	<b>410,32</b>
563	95,6337	2,4272	0,6868	0,1084	0,1065	0,0022	0,0206	0,0157	0,0124	0,0051	0,7082	<b>0,2732</b>	0,7023	8 195	34,31	9,53	<b>9 083</b>	38,03	10,56	10 731	44,93	12,48	11 895	49,80	13,83	<b>432,59</b>
564	95,9426	2,2375	0,7028	0,1100	0,1061	0,0021	0,0185	0,0139	0,0077	0,0048	0,6843	<b>0,1697</b>	0,7099	8 195	34,31	9,531	<b>9 081</b>	38,02	10,561	10 751	45,01	12,50	11 914	49,88	13,86	<b>430,27</b>
565	95,3005	2,4997	0,7729	0,1032	0,1048	0,0001	0,0201	0,0146	0,0177		0,9335	<b>0,2329</b>	0,7043	8 195	34,31	9,53	<b>9 083</b>	38,03	10,56	10 716	44,87	12,46	11 878	49,73	13,81	<b>431,98</b>
566	95,9156	2,2943	0,6916	0,1025	0,0994	0,0012	0,0176	0,0126	0,0104	0,0040	0,6625	<b>0,1883</b>	0,6999	8 195	34,31	9,53	<b>9 086</b>	38,04	10,57	10 750	45,01	12,50	11 918	49,90	13,86	<b>433,33</b>
567	95,9096	2,2603	0,7041	0,1072	0,1038	0,0013	0,0185	0,0133	0,0103	0,0098	0,6696	<b>0,1922</b>	0,7002	8 195	34,31	9,53	<b>9 081</b>	38,02	10,56	10 749	45,00	12,50	11 911	49,87	13,85	<b>433,24</b>
568	92,9835	3,1848	0,9500	0,1235	0,1939	0,0020	0,0409	0,0298	0,0380	0,0091	2,0054	<b>0,4391</b>	0,7216	8 194	34,31	9,53	<b>9 077</b>	38,00	10,56	10 586	44,32	12,31	11 727	49,10	13,64	<b>426,77</b>
569	95,6242	2,4437	0,6832	0,1038	0,1016	0,0015	0,0199	0,0141	0,0133	0,0041	0,7005	<b>0,2901</b>	0,7023	8 192	34,30	9,53	<b>9 081</b>	38,02	10,56	10 729	44,92	12,48	11 892	49,79	13,83	<b>432,59</b>
570	95,8189	2,3085	0,6832	0,1063	0,1049	0,0013	0,0211	0,0149	0,0152	0,0043	0,6906	<b>0,2308</b>	0,6989	8 192	34,30	9,53	<b>9 086</b>	38,04	10,57	10 738	44,96	12,49	11 909	49,86	13,85	<b>433,64</b>
571	95,9237	2,2732	0,6973	0,1091	0,1042	0,0007	0,0180	0,0134	0,0044	0,0049	0,6807	<b>0,1704</b>	0,6998	8 192	34,30	9,53	<b>9 081</b>	38,02	10,56	10 748	45,00	12,50	11 914	49,88	13,86	<b>433,37</b>
572	89,6346	4,7520	1,1130	0,1220	0,1860	0,0036	0,0500	0,0430	0,0470	0,0048	1,4970	<b>2,5470</b>	0,7554	8 192	34,30	9,53	<b>9 069</b>	37,97	10,55	10 346	43,32	12,03	11 453	47,95	13,32	<b>417,11</b>
573	95,8891	2,2502	0,7094	0,1086	0,1058	0,0014	0,0190	0,0137	0,0106	0,0120	0,6864	<b>0,1938</b>	0,7004	8 192	34,30	9,53	<b>9 081</b>	38,02	10,56	10 744	44,98	12,49	11 909	49,86	13,85	<b>433,18</b>
574	95,4932	2,4944	0,6762	0,1060	0,1069	0,0021	0,0216	0,0168	0,0157	0,0058	0,7358	<b>0,3255</b>	0,7034	8 192	34,30	9,53	<b>9 081</b>	38,02	10,56	10 720	44,88	12,47	11 883	49,75	13,82	<b>432,25</b>
575	96,0163	2,2335	0,6771	0,1061	0,0978	0,0012	0,0189	0,0120	0,0121	0,0039	0,6437	<b>0,1774</b>	0,6992	8 191	34,30	9,53	<b>9 079</b>	38,01	10,56	10 751	45,01	12,50	11 916	49,89	13,86	<b>433,55</b>
576	96,0166	2,2220	0,6825	0,1052	0,0972	0,0007	0,0170	0,0119	0,0115	0,0033	0,6496	<b>0,1825</b>	0,7101	8 190	34,29	9,53	<b>9 076</b>	38,00	10,56	10 750	45,01	12,50	11 914	49,88	13,86	<b>430,21</b>
577	95,5211	2,4701	0,6645	0,1025	0,1086	0,0029	0,0218	0,0166	0,0199	0,0046	0,7296	<b>0,3378</b>	0,7034	8 190	34,29	9,53	<b>9 079</b>	38,01	10,56	10 717	44,87	12,46	11 880	49,74	13,82	<b>432,25</b>
578	95,9457	2,2343	0,6953	0,1056	0,1023	0,0013	0,0182	0,0131	0,0103	0,0090	0,6707	<b>0,1942</b>	0,6999	8 190	34,29	9,53	<b>9 079</b>	38,01	10,56	10 743	44,98	12,49	11 909	49,86	13,85	<b>433,33</b>
579	94,6602	2,7660	0,7680	0,1065	0,1183	0,0007	0,0234	0,0176	0,0234	0,0000	1,2268	<b>0,2891</b>	0,7025	8 190	34,29	9,53	<b>9 081</b>	38,02	10,56	10 678	44,71	12,42	11 840	49,57	13,77	<b>432,53</b>
580	89,4398	4,7682	1,1253	0,1267	0,1904	0,0071	0,0487	0,0412	0,0611	0,0038	1,6062	<b>2,5815</b>	0,7572	8 190	34,29	9,53	<b>9 067</b>	37,96	10,54	10 330	43,25	12,01	11 436	47,88	13,30	<b>416,62</b>
581	95,9811	2,2016	0,6890	0,1050	0,1016	0,0013	0,0183	0,0130	0,0099	0,0112	0,6794	<b>0,1886</b>	0,6996	8 188	34,28	9,52	<b>9 074</b>	37,99	10,55	10 744	44,98	12,50	11 906	49,85	13,85	<b>433,43</b>
582	95,8681	2,2830	0,6766	0,1054	0,1044	0,0012	0,0198	0,0144	0,0116	0,0035	0,6832	<b>0,2288</b>	0,7004	8 188	34,28	9,52	<b>9 076</b>	38,00	10,56	10 737	44,95	12,49	11 902	49,83	13,84	<b>433,18</b>
583	96,0111	2,2203	0,6727	0,1051	0,0977	0,0013	0,0172	0,0121	0,0121	0,0042	0,6696	<b>0,1766</b>	0,6992	8 188	34,28	9,52	<b>9 074</b>	37,99	10,55	10 748	45,00	12,50	11 911	49,87	13,85	<b>433,55</b>
584	95,9836	2,2153	0,6885	0,1042	0,1006	0,0013	0,0180	0,0129	0,0098	0,0090	0,6643	<b>0,1925</b>	0,6995	8 188	34,28	9,52	<b>9 076</b>	38,00	10,56	10 743	44,98	12,49	11 909	49,86	13,85	<b>433,46</b>
585	95,9303	2,2426	0,6826	0,1035	0,0977	0,0001	0,0193	0,0134	0,0126		0,7049	<b>0,1930</b>	0,6998	8 188	34,28	9,52	<b>9 074</b>	37,99	10,55	10 742	44,97	12,49	11 904	49,84	13,84	<b>433,37</b>

## Продовження Додатку Г

586	95,1957	2,4899	0,7205	0,1053	0,1149	0,0015	0,0268	0,0181	0,0308	0,0067	0,8372	0,4526	0,7066	8 188	34,28	9,52	9 079	38,01	10,56	10 689	44,75	12,43	11 852	49,62	13,78	431,28
587	95,5176	2,4757	0,6648	0,1037	0,1055	0,0016	0,0221	0,0170	0,0140	0,0062	0,7368	0,3350	0,7032	8 188	34,28	9,52	9 076	38,00	10,56	10 715	44,86	12,46	11 878	49,73	13,81	432,32
588	90,2170	3,3060	1,3820	0,1892	0,3653	0,0014	0,0856	0,0822	0,0761	0,0083	3,1546	1,1323	0,7498	8 187	34,28	9,52	9 064	37,95	10,54	10 384	43,48	12,08	11 496	48,13	13,37	418,67
589	95,9892	2,2276	0,6752	0,1053	0,0980	0,0012	0,0175	0,0124	0,0119	0,0044	0,6798	0,1775	0,6993	8 187	34,28	9,52	9 075	38,00	10,55	10 745	44,99	12,50	11 910	49,86	13,85	433,52
590	90,8267	4,3985	0,9668	0,1075	0,1601	0,0033	0,0425	0,0361	0,0369	0,0053	1,8278	1,5885	0,7407	8 187	34,28	9,52	9 067	37,96	10,54	10 440	43,71	12,14	11 562	48,41	13,45	421,23
591	95,9892	2,2276	0,6752	0,1053	0,0980	0,0012	0,0175	0,0124	0,0119	0,0044	0,6798	0,1775	0,6993	8 187	34,28	9,52	9 075	38,00	10,55	10 745	44,99	12,50	11 910	49,86	13,85	433,52
592	96,0079	2,2265	0,6607	0,1005	0,0974	0,0015	0,0183	0,0134	0,0127	0,0040	0,6710	0,1861	0,6992	8 185	34,27	9,52	9 076	38,00	10,56	10 744	44,98	12,50	11 914	49,88	13,86	433,55
593	95,6074	2,4353	0,6553	0,1005	0,1014	0,0015	0,0211	0,0155	0,0175	0,0041	0,7022	0,3382	0,7026	8 185	34,27	9,52	9 074	37,99	10,55	10 717	44,87	12,46	11 880	49,74	13,82	432,50
594	89,1669	4,8989	1,1353	0,1260	0,1889	0,0081	0,0497	0,0416	0,0539	0,0044	1,6462	2,6801	0,7592	8 185	34,27	9,52	9 062	37,94	10,54	10 310	43,17	11,99	11 414	47,79	13,28	416,07
595	95,9930	2,2314	0,6694	0,1006	0,0991	0,0014	0,0176	0,0126	0,0109	0,0048	0,6723	0,1869	0,6893	8 185	34,27	9,52	9 079	38,01	10,56	10 741	44,97	12,49	11 914	49,88	13,86	436,65
596	96,0785	2,1851	0,6642	0,1022	0,0947	0,0012	0,0165	0,0116	0,0105	0,0034	0,6587	0,1734	0,6986	8 184	34,26	9,52	9 071	37,98	10,55	10 745	44,99	12,50	11 910	49,87	13,85	433,74
597	96,0785	2,1851	0,6642	0,1022	0,0947	0,0012	0,0165	0,0116	0,0105	0,0034	0,6587	0,1734	0,6986	8 184	34,26	9,52	9 071	37,98	10,55	10 745	44,99	12,50	11 910	49,87	13,85	433,74
598	96,0335	2,2031	0,6633	0,1035	0,0959	0,0014	0,0171	0,0118	0,0120	0,0039	0,6803	0,1742	0,6989	8 184	34,26	9,52	9 071	37,98	10,55	10 743	44,98	12,49	11 908	49,86	13,85	433,64
599	96,0785	2,1851	0,6642	0,1022	0,0947	0,0012	0,0165	0,0116	0,0105	0,0034	0,6587	0,1734	0,6986	8 183	34,26	9,52	9 071	37,98	10,55	10 745	44,99	12,50	11 911	49,87	13,85	433,74
600	95,9533	2,2306	0,6721	0,1010	0,0953	0,0008	0,0195	0,0137	0,0120		0,7145	0,1872	0,6995	8 183	34,26	9,52	9 071	37,98	10,55	10 736	44,95	12,49	11 902	49,83	13,84	433,46
601	96,0887	2,1833	0,6473	0,0983	0,0951	0,0013	0,0178	0,0129	0,0121	0,0038	0,6570	0,1824	0,6985	8 183	34,26	9,52	9 074	37,99	10,55	10 744	44,98	12,50	11 914	49,88	13,86	433,77
602	92,4034	3,4343	0,9639	0,1121	0,1772	0,0017	0,0449	0,0368	0,0387	0,0059	2,2050	0,5761	0,7256	8 182	34,26	9,52	9 063	37,95	10,54	10 542	44,14	12,26	11 677	48,89	13,58	425,59
603	95,9837	2,2226	0,6595	0,0987	0,0975	0,0016	0,0186	0,0130	0,0116	0,0030	0,6986	0,1916	0,6993	8 182	34,26	9,52	9 069	37,97	10,55	10 738	44,96	12,49	11 902	49,83	13,84	433,52
604	96,0403	2,1678	0,6553	0,0992	0,0912	0,0018	0,0404	0,0165	0,0039	0,0072	0,6882	0,1882	0,6991	8 182	34,26	9,52	9 073	37,99	10,55	10 739	44,96	12,49	11 909	49,86	13,85	433,58
605	91,5108	3,2836	1,0191	0,1341	0,2469	0,0015	0,0703	0,0529	0,1497	0,0095	3,4348	0,0868	0,7316	8 181	34,25	9,51	9 060	37,93	10,54	10 497	43,95	12,21	11 625	48,67	13,52	423,84
606	91,5108	3,2836	1,0191	0,1341	0,2469	0,0015	0,0703	0,0529	0,1497	0,0095	3,4348	0,0868	0,7316	8 181	34,25	9,51	9 060	37,93	10,54	10 497	43,95	12,21	11 625	48,67	13,52	423,84
607	96,0496	2,1612	0,6526	0,0982	0,0905	0,0013	0,0415	0,0165	0,0047	0,0073	0,6917	0,1849	0,6990	8 181	34,25	9,51	9 072	37,98	10,55	10 739	44,96	12,49	11 909	49,86	13,85	433,61
608	96,0916	2,1225	0,6568	0,1048	0,1033	0,0017	0,0230	0,0170	0,0104	0,0048	0,6779	0,1862	0,6989	8 180	34,25	9,51	9 069	37,97	10,55	10 738	44,96	12,49	11 904	49,84	13,84	433,64
609	96,0918	2,1225	0,6568	0,1048	0,1033	0,0015	0,0230	0,0170	0,0104	0,0048	0,6779	0,1862	0,6989	8 180	34,25	9,51	9 069	37,97	10,55	10 738	44,96	12,49	11 904	49,84	13,84	433,64
610	94,2239	2,9445	0,7637	0,0980	0,1109	0,0005	0,0237	0,0185	0,0330	0,0000	1,4571	0,3262	0,7111	8 180	34,25	9,51	9 069	37,97	10,55	10 645	44,57	12,38	11 801	49,41	13,73	429,91
611	89,1102	5,0870	1,0590	0,1170	0,1810	0,0035	0,0480	0,0410	0,0420	0,0053	1,6680	2,6380	0,7583	8 180	34,25	9,51	9 057	37,92	10,53	10 310	43,16	11,99	11 414	47,79	13,28	416,31
612	96,1068	2,1459	0,6643	0,1009	0,0965	0,0012	0,0177	0,0124	0,0098	0,0033	0,6495	0,1917	0,6986	8 180	34,25	9,51	9 071	37,98	10,55	10 744	44,98	12,49	11 914	49,88	13,86	433,74
613	96,0619	2,1837	0,6568	0,0996	0,0959	0,0012	0,0173	0,0116	0,0084	0,0038	0,6814	0,1784	0,6986	8 180	34,25	9,51	9 067	37,96	10,54	10 741	44,97	12,49	11 904	49,84	13,84	433,74
614	96,2013	2,1039	0,6240	0,0997	0,0950	0,0000	0,0185	0,0127	0,0231		0,6044	0,2174	0,6983	8 180	34,25	9,51	9 067	37,96	10,54	10 743	44,98	12,49	11 906	49,85	13,85	433,83
615	96,0759	2,1878	0,6470	0,0987	0,0953	0,0014	0,0177	0,0129	0,0121	0,0052	0,6629	0,1831	0,6986	8 180	34,25	9,51	9 071	37,98	10,55	10 741	44,97	12,49	11 911	49,87	13,85	433,74
616	96,0859	2,1609	0,6516	0,1015	0,0948	0,0012	0,0176	0,0121	0,0118	0,0039	0,6875	0,1712	0,6985	8 179	34,24	9,51	9 066	37,96	10,54	10 740	44,97	12,49	11 905	49,84	13,85	433,77
617	96,0333	2,1599	0,6557	0,0999	0,0918	0,0015	0,0385	0,0160	0,0022	0,0081	0,7054	0,1877	0,6991	8 179	34,24	9,51	9 070	37,97	10,55	10 736	44,95	12,49	11 905	49,85	13,85	433,58
618	95,9843	2,2000	0,6612	0,0999	0,0946	0,0000	0,0192	0,0136	0,0126		0,7276	0,1870	0,6992	8 178	34,24	9,51	9 067	37,96	10,54	10 733	44,94	12,48	11 899	49,82	13,84	433,55
619	96,0017	2,1947	0,6592	0,0989	0,0930	0,0008	0,0189	0,0134	0,0118		0,7242	0,1834	0,6991	8 178	34,24	9,51	9 064	37,95	10,54	10 736	44,95	12,49	11 899	49,82	13,84	433,58
620	95,9613	2,2043	0,6649	0,0997	0,0948	0,0000	0,0193	0,0137	0,0126		0,7422	0,1872	0,6994	8 178	34,24	9,51	9 064	37,95	10,54	10 734	44,94	12,48	11 897	49,81	13,84	433,49
621	96,1432	2,1188	0,6494	0,1018	0,0948	0,0012	0,0171	0,0121	0,0119	0,0034	0,6796	0,1667	0,6981	8 177	34,24	9,51	9 064	37,95	10,54	10 740	44,97	12,49	11 905	49,84	13,85	433,89
622	96,1432	2,1188	0,6494	0,1018	0,0948	0,0012	0,0171	0,0121	0,0119	0,0034	0,6796	0,1667	0,6981	8 177	34,24	9,51	9 064	37,95	10,54	10 740	44,97	12,49	11 905	49,84	13,85	433,89
623	96,0410	2,1664	0,6436	0,0956	0,0873	0,0002	0,0398	0,0164	0,0051	0,0078	0,7086	0,1882	0,6989	8 177	34,24	9,51	9 068	37,97	10,55	10 735	44,94	12,48	11 904	49,84	13,84	433,64
624	96,1345	2,0669	0,6615	0,1049	0,1029	0,0012	0,0208	0,0147	0,0132	0,0046	0,6970	0,1778	0,6986	8 176	34,23	9,51	9 064	37,95	10,54	10 735	44,95	12,48	11 902	49,83	13,84	433,74
625	96,1132	2,1152	0,6451	0,0984	0,0956	0,0010	0,0184	0,0131	0,0164	0,0037	0,7061	0,1738	0,6984	8 176	34,23	9,51	9 062	37,94	10,54	10 738	44,96	12,49	11 902	49,83	13,84	433,80

## Продовження Додатку Г

626	95,9734	2,1606	0,6573	0,1022	0,0994	0,0015	0,0190	0,0140	0,0148	0,0048	0,7825	<b>0,1705</b>	0,6993	8 176	34,23	9,51	<b>9 067</b>	37,96	10,54	10 728	44,92	12,48	11 897	49,81	13,84	<b>433,52</b>
627	96,2372	2,0485	0,6384	0,1025	0,1006	0,0020	0,0187	0,0135	0,0111	0,0041	0,6770	<b>0,1464</b>	0,6975	8 175	34,23	9,51	<b>9 062</b>	37,94	10,54	10 742	44,98	12,49	11 908	49,85	13,85	<b>434,08</b>
628	94,5008	2,8109	0,7498	0,0972	0,1084	0,0012	0,0214	0,0163	0,0242	0,0070	1,3614	<b>0,3014</b>	0,7091	8 175	34,23	9,51	<b>9 063</b>	37,95	10,54	10 655	44,61	12,39	11 813	49,46	13,74	<b>430,51</b>
629	90,8720	3,3370	1,1696	0,1488	0,3062	0,0023	0,0678	0,0667	0,1031	0,0081	3,3974	<b>0,5210</b>	0,7388	8 174	34,22	9,51	<b>9 051</b>	37,90	10,53	10 437	43,70	12,14	11 557	48,39	13,44	<b>421,77</b>
630	89,9257	3,3084	1,4271	0,1908	0,3694	0,0032	0,0824	0,0658	0,0873	0,0061	3,3636	<b>1,1702</b>	0,7520	8 174	34,22	9,51	<b>9 049</b>	37,89	10,52	10 353	43,34	12,04	11 461	47,99	13,33	<b>418,05</b>
631	85,4928	3,8379	1,9189	0,2535	0,6518	0,0176	0,1379	0,1218	0,2070	0,0066	6,7623	<b>0,5919</b>	0,7824	8 174	34,22	9,51	<b>9 040</b>	37,85	10,51	10 142	42,46	11,79	11 217	46,96	13,04	<b>409,85</b>
632	96,1741	2,1086	0,6439	0,0984	0,0927	0,0012	0,0163	0,0114	0,0090	0,0037	0,6713	<b>0,1694</b>	0,6978	8 174	34,22	9,51	<b>9 060</b>	37,93	10,54	10 739	44,96	12,49	11 904	49,84	13,84	<b>433,99</b>
633	96,1832	2,1044	0,6399	0,0982	0,0913	0,0012	0,0161	0,0111	0,0105	0,0037	0,6721	<b>0,1683</b>	0,6977	8 173	34,22	9,51	<b>9 060</b>	37,93	10,54	10 739	44,96	12,49	11 903	49,84	13,84	<b>434,02</b>
634	96,1741	2,1086	0,6439	0,0984	0,0927	0,0012	0,0163	0,0114	0,0090	0,0037	0,6713	<b>0,1694</b>	0,6978	8 173	34,22	9,51	<b>9 059</b>	37,93	10,54	10 740	44,97	12,49	11 904	49,84	13,84	<b>433,99</b>
635	96,0776	2,1068	0,6039	0,0954	0,0967	0,0011	0,0229	0,0157	0,0422	0,0023	0,6772	<b>0,2582</b>	0,6996	8 173	34,22	9,51	<b>9 059</b>	37,93	10,54	10 725	44,90	12,47	11 887	49,77	13,83	<b>433,43</b>
636	96,0027	2,1744	0,6549	0,0981	0,0930	0,0000	0,0191	0,0136	0,0119	0,0023	0,7491	<b>0,1809</b>	0,6990	8 173	34,22	9,51	<b>9 059</b>	37,93	10,54	10 731	44,93	12,48	11 895	49,80	13,83	<b>433,61</b>
637	96,1528	2,1050	0,6402	0,0969	0,0928	0,0006	0,0181	0,0129	0,0116		0,6939	<b>0,1752</b>	0,6980	8 173	34,22	9,51	<b>9 059</b>	37,93	10,54	10 735	44,95	12,49	11 899	49,82	13,84	<b>433,92</b>
638	96,1371	2,1082	0,6325	0,0948	0,0870	0,0005	0,0365	0,0150	0,0033	0,0078	0,6979	<b>0,1794</b>	0,6981	8 172	34,21	9,50	<b>9 062</b>	37,94	10,54	10 734	44,94	12,48	11 903	49,84	13,84	<b>433,89</b>
639	96,3170	2,0308	0,6011	0,0963	0,0917	0,0000	0,0179	0,0122	0,0201		0,5968	<b>0,2161</b>	0,6973	8 171	34,21	9,50	<b>9 057</b>	37,92	10,53	10 737	44,95	12,49	11 902	49,83	13,84	<b>434,14</b>
640	96,1619	2,0905	0,6354	0,0959	0,0929	0,0010	0,0177	0,0124	0,0162	0,0056	0,7001	<b>0,1704</b>	0,6979	8 171	34,21	9,50	<b>9 057</b>	37,92	10,53	10 735	44,95	12,49	11 899	49,82	13,84	<b>433,95</b>
641	96,1431	2,0938	0,6417	0,0965	0,0926	0,0005	0,0179	0,0125	0,0120		0,7162	<b>0,1732</b>	0,6980	8 171	34,21	9,50	<b>9 057</b>	37,92	10,53	10 733	44,94	12,48	11 897	49,81	13,84	<b>433,92</b>
642	96,2096	2,0753	0,6331	0,0983	0,0916	0,0012	0,0163	0,0116	0,0094	0,0033	0,6837	<b>0,1666</b>	0,6975	8 170	34,20	9,50	<b>9 056</b>	37,92	10,53	10 736	44,95	12,49	11 900	49,82	13,84	<b>434,08</b>
643	91,1181	5,6094	0,0493	0,0030	0,0062	0,0001	0,0050	0,0059	0,2046	0,0037	1,1121	<b>1,8826</b>	0,7357	8 170	34,21	9,50	<b>9 049</b>	37,89	10,52	10 454	43,77	12,16	11 579	48,48	13,47	<b>422,66</b>
644	96,2096	2,0753	0,6331	0,0983	0,0916	0,0012	0,0163	0,0116	0,0094	0,0033	0,6837	<b>0,1666</b>	0,6975	8 170	34,20	9,50	<b>9 056</b>	37,92	10,53	10 736	44,95	12,49	11 900	49,82	13,84	<b>434,08</b>
645	96,1569	2,0941	0,5929	0,0948	0,0952	0,0010	0,0215	0,0154	0,0212	0,0038	0,6605	<b>0,2427</b>	0,6999	8 169	34,20	9,50	<b>9 052</b>	37,90	10,53	10 729	44,92	12,48	11 890	49,78	13,83	<b>433,33</b>
646	96,2084	2,0774	0,6299	0,0972	0,0900	0,0012	0,0160	0,0112	0,0109	0,0041	0,6867	<b>0,1670</b>	0,6975	8 169	34,20	9,50	<b>9 055</b>	37,91	10,53	10 735	44,94	12,48	11 899	49,82	13,84	<b>434,08</b>
647	89,3571	4,8909	1,0241	0,1161	0,1771	0,0070	0,0461	0,0387	0,0530	0,0039	1,6884	<b>2,5976</b>	0,7566	8 169	34,20	9,50	<b>9 045</b>	37,87	10,52	10 306	43,15	11,99	11 412	47,78	13,27	<b>416,78</b>
648	96,1080	2,1058	0,6429	0,0968	0,0932	0,0006	0,0184	0,0129	0,0112		0,7306	<b>0,1796</b>	0,6983	8 169	34,20	9,50	<b>9 055</b>	37,91	10,53	10 730	44,93	12,48	11 895	49,80	13,83	<b>433,83</b>
649	96,1562	2,0856	0,6347	0,0952	0,0940	0,0015	0,0177	0,0126	0,0108	0,0036	0,7114	<b>0,1767</b>	0,6979	8 168	34,20	9,50	<b>9 054</b>	37,91	10,53	10 731	44,93	12,48	11 895	49,80	13,83	<b>433,95</b>
650	93,3372	3,1974	0,7948	0,0844	0,1211	0,1055	0,0005	0,0082	0,0166		1,9833	<b>0,3510</b>	0,7170	8 168	34,20	9,50	<b>9 054</b>	37,91	10,53	10 586	44,32	12,31	11 734	49,13	13,65	<b>428,14</b>
651	96,1850	2,0331	0,6107	0,1000	0,0978	0,0012	0,0238	0,0163	0,0199	0,0044	0,6771	<b>0,2307</b>	0,6984	8 167	34,19	9,50	<b>9 053</b>	37,90	10,53	10 725	44,91	12,47	11 889	49,78	13,83	<b>433,80</b>
652	96,1761	2,0345	0,6129	0,1001	0,0980	0,0013	0,0239	0,0159	0,0198	0,0047	0,6820	<b>0,2308</b>	0,6985	8 167	34,19	9,50	<b>9 053</b>	37,90	10,53	10 725	44,90	12,47	11 888	49,77	13,83	<b>433,77</b>
653	96,1770	2,0779	0,6198	0,0926	0,0851	0,0006	0,0366	0,0154	0,0033	0,0068	0,7058	<b>0,1791</b>	0,6978	8 167	34,19	9,50	<b>9 057</b>	37,92	10,53	10 730	44,93	12,48	11 900	49,82	13,84	<b>433,99</b>
654	92,3801	3,3115	0,9461	0,1109	0,1861	0,0018	0,0468	0,0362	0,0508	0,0076	2,4127	<b>0,5094</b>	0,7254	8 166	34,19	9,50	<b>9 046</b>	37,87	10,52	10 522	44,06	12,24	11 656	48,80	13,56	<b>425,65</b>
655	96,3024	1,9789	0,6155	0,0992	0,0968	0,0014	0,0216	0,0152	0,0119	0,0048	0,6758	<b>0,1765</b>	0,6999	8 166	34,19	9,50	<b>9 050</b>	37,89	10,53	10 735	44,95	12,49	11 897	49,81	13,84	<b>433,33</b>
656	96,2788	2,0235	0,6188	0,0950	0,0949	0,0015	0,0175	0,0130	0,0093	0,0032	0,6837	<b>0,1608</b>	0,6970	8 166	34,19	9,50	<b>9 057</b>	37,92	10,53	10 733	44,94	12,48	11 904	49,84	13,84	<b>434,23</b>
657	96,1594	2,0854	0,6304	0,0941	0,0904	0,0008	0,0176	0,0123	0,0111		0,7217	<b>0,1768</b>	0,6978	8 166	34,19	9,50	<b>9 052</b>	37,90	10,53	10 728	44,92	12,48	11 892	49,79	13,83	<b>433,99</b>
658	86,0141	5,6350	1,5050	0,1880	0,2780	0,0060	0,0760	0,0560	0,0500	0,0169	2,0290	<b>4,1460</b>	0,7905	8 166	34,19	9,50	<b>9 036</b>	37,83	10,51	10 079	42,20	11,72	11 152	46,69	12,97	<b>407,75</b>
659	96,3845	1,9573	0,6152	0,0983	0,0953	0,0020	0,0178	0,0129	0,0077	0,0051	0,6613	<b>0,1426</b>	0,6963	8 165	34,18	9,50	<b>9 051</b>	37,89	10,53	10 738	44,96	12,49	11 904	49,84	13,84	<b>434,45</b>
660	96,2056	2,0386	0,6184	0,0948	0,0873	0,0011	0,0385	0,0151	0,0024	0,0081	0,7161	<b>0,1740</b>	0,6976	8 165	34,19	9,50	<b>9 055</b>	37,91	10,53	10 729	44,92	12,48	11 898	49,81	13,84	<b>434,05</b>
661	93,5026	3,0658	0,8190	0,1083	0,1524	0,0016	0,0213	0,0165	0,0309	0,0062	1,9150	<b>0,3604</b>	0,7160	8 164	34,18	9,49	<b>9 045</b>	37,87	10,52	10 587	44,32	12,31	11 730	49,11	13,64	<b>428,43</b>
662	93,0216	3,1758	0,8602	0,1044	0,1555	0,0031	0,0349	0,0294	0,0488	0,0082	2,0977	<b>0,4604</b>	0,7204	8 164	34,18	9,50	<b>9 045</b>	37,87	10,52	10 557	44,20	12,28	11 695	48,97	13,60	<b>427,12</b>
663	96,2447	1,9868	0,5974	0,0988	0,0960	0,0011	0,0236	0,0152	0,0238	0,0044	0,6770	<b>0,2312</b>	0,6980	8 164	34,18	9,49	<b>9 052</b>	37,90	10,53	10 725	44,90	12,47	11 892	49,79	13,83	<b>433,92</b>
664	96,3273	1,9933	0,6056	0,0940	0,0946	0,0015	0,0177	0,0135	0,0098	0,0035	0,6818	<b>0,1574</b>	0,6966	8 164	34,18	9,49	<b>9 052</b>	37,90	10,53	10 736	44,95	12,49	11 904	49,84	13,84	<b>434,36</b>
665	96,1512	2,0842	0,6289	0,0936	0,0897	0,0006	0,0175	0,0121	0,0106	0,0057	0,7294	<b>0,1765</b>	0,6977	8 164	34,18	9,49	<b>9 050</b>	37,89	10,53	10 728	44,91	12,48	11 892	49,79	13,83	<b>434,02</b>

## Продовження Додатку Г

666	96,2328	2,0453	0,6196	0,0960	0,0892	0,0012	0,0160	0,0115	0,0096	0,0060	0,7068	<b>0,1660</b>	0,6972	8 163	34,18	9,49	<b>9 049</b>	37,89	10,52	10 730	44,92	12,48	11 894	49,80	13,83	<b>434,17</b>
667	96,2825	1,9871	0,6028	0,0942	0,0871	0,0014	0,0412	0,0165	0,0029	0,0069	0,7094	<b>0,1680</b>	0,6971	8 162	34,17	9,49	<b>9 052</b>	37,90	10,53	10 729	44,92	12,48	11 898	49,81	13,84	<b>434,20</b>
668	93,3445	3,1088	0,8483	0,1097	0,1539	0,0018	0,0220	0,0167	0,0228	0,0085	1,9696	<b>0,3934</b>	0,7191	8 161	34,17	9,49	<b>9 040</b>	37,85	10,51	10 579	44,29	12,30	11 718	49,06	13,63	<b>427,51</b>
669	96,2010	2,0296	0,6071	0,0977	0,0933	0,0012	0,0210	0,0134	0,0125	0,0043	0,6893	<b>0,2296</b>	0,6999	8 161	34,17	9,49	<b>9 045</b>	37,87	10,52	10 722	44,89	12,47	11 883	49,75	13,82	<b>433,33</b>
670	96,3501	1,9888	0,5987	0,0916	0,0917	0,0015	0,0170	0,0130	0,0100	0,0033	0,6773	<b>0,1570</b>	0,6964	8 161	34,17	9,49	<b>9 052</b>	37,90	10,53	10 733	44,93	12,48	11 904	49,84	13,84	<b>434,42</b>
671	96,2999	2,0196	0,6099	0,0941	0,0875	0,0011	0,0155	0,0111	0,0093	0,0033	0,6879	<b>0,1608</b>	0,6966	8 161	34,17	9,49	<b>9 047</b>	37,88	10,52	10 731	44,93	12,48	11 896	49,81	13,84	<b>434,36</b>
672	93,9265	3,0584	0,7682	0,0889	0,1050	0,0008	0,0207	0,0172	0,0141	0,0045	1,6878	<b>0,3079</b>	0,7119	8 161	34,17	9,49	<b>9 043</b>	37,86	10,52	10 617	44,45	12,35	11 763	49,25	13,68	<b>429,67</b>
673	96,3193	1,9852	0,5953	0,0894	0,0848	0,0012	0,0383	0,0149	0,0025	0,0066	0,6910	<b>0,1715</b>	0,6967	8 160	34,16	9,49	<b>9 049</b>	37,89	10,52	10 729	44,92	12,48	11 898	49,82	13,84	<b>434,33</b>
674	96,3281	1,9648	0,5928	0,0910	0,0843	0,0016	0,0416	0,0166	0,0041	0,0070	0,7015	<b>0,1666</b>	0,6999	8 160	34,16	9,49	<b>9 049</b>	37,89	10,52	10 728	44,92	12,48	11 898	49,81	13,84	<b>433,33</b>
675	93,4538	3,0799	0,8321	0,1081	0,1475	0,0018	0,0208	0,0164	0,0208	0,0068	1,9275	<b>0,3845</b>	0,7262	8 159	34,16	9,49	<b>9 038</b>	37,84	10,51	10 583	44,31	12,31	11 723	49,08	13,63	<b>425,42</b>
676	96,3658	1,9825	0,5953	0,0898	0,0890	0,0014	0,0166	0,0125	0,0089	0,0038	0,6769	<b>0,1575</b>	0,6962	8 159	34,16	9,49	<b>9 047</b>	37,88	10,52	10 733	44,94	12,48	11 902	49,83	13,84	<b>434,48</b>
677	96,3418	1,9722	0,6037	0,0919	0,0920	0,0014	0,0171	0,0128	0,0089	0,0034	0,6979	<b>0,1569</b>	0,6964	8 159	34,16	9,49	<b>9 047</b>	37,88	10,52	10 731	44,93	12,48	11 899	49,82	13,84	<b>434,42</b>
678	96,3012	1,9680	0,6019	0,0904	0,0842	0,0007	0,0396	0,0162	0,0036	0,0075	0,7194	<b>0,1673</b>	0,6969	8 158	34,16	9,49	<b>9 048</b>	37,88	10,52	10 726	44,91	12,47	11 895	49,80	13,83	<b>434,27</b>
679	96,4936	1,7088	0,6006	0,1125	0,1249	0,0013	0,0293	0,0195	0,0178	0,0046	0,7325	<b>0,1546</b>	0,6999	8 157	34,15	9,49	<b>9 040</b>	37,85	10,51	10 725	44,90	12,47	11 887	49,77	13,83	<b>433,33</b>
680	93,5232	3,0386	0,8203	0,1068	0,1459	0,0015	0,0209	0,0171	0,0228	0,0062	1,9288	<b>0,3679</b>	0,7186	8 157	34,15	9,49	<b>9 036</b>	37,83	10,51	10 582	44,31	12,31	11 723	49,08	13,63	<b>427,66</b>
681	96,3521	1,9737	0,5972	0,0907	0,0906	0,0014	0,0164	0,0125	0,0087	0,0033	0,6969	<b>0,1565</b>	0,6963	8 157	34,15	9,49	<b>9 047</b>	37,88	10,52	10 728	44,91	12,48	11 899	49,82	13,84	<b>434,45</b>
682	96,1710	2,0086	0,6233	0,0967	0,0967	0,0067	0,0190	0,0129	0,0044	0,0084	0,7796	<b>0,1727</b>	0,6977	8 157	34,15	9,49	<b>9 042</b>	37,86	10,52	10 718	44,87	12,46	11 881	49,74	13,82	<b>434,02</b>
683	93,5540	3,2219	0,7802	0,0833	0,1034	0,0000	0,0220	0,0168	0,0187		1,8180	<b>0,3817</b>	0,7146	8 157	34,15	9,49	<b>9 039</b>	37,84	10,51	10 591	44,34	12,32	11 735	49,13	13,65	<b>428,85</b>
684	96,2579	2,0030	0,5976	0,0890	0,0816	0,0013	0,0373	0,0149	0,0017	0,0071	0,7362	<b>0,1724</b>	0,6970	8 156	34,15	9,49	<b>9 045</b>	37,87	10,52	10 722	44,89	12,47	11 891	49,78	13,83	<b>434,23</b>
685	96,5118	1,8872	0,5910	0,0939	0,0906	0,0018	0,0158	0,0112	0,0065	0,0045	0,6477	<b>0,1380</b>	0,6952	8 156	34,15	9,49	<b>9 041</b>	37,85	10,51	10 735	44,95	12,49	11 901	49,83	13,84	<b>434,80</b>
686	96,2095	2,0032	0,6110	0,0947	0,0959	0,0092	0,0172	0,0124	0,0049	0,0092	0,7682	<b>0,1646</b>	0,6973	8 156	34,15	9,49	<b>9 041</b>	37,85	10,52	10 719	44,88	12,47	11 883	49,75	13,82	<b>434,14</b>
687	93,2404	3,2452	0,7667	0,0774	0,1121	0,0095	0,0014	0,0096	0,0164		2,0592	<b>0,3741</b>	0,7172	8 155	34,14	9,48	<b>9 040</b>	37,85	10,51	10 568	44,25	12,29	11 714	49,05	13,62	<b>428,08</b>
688	93,7139	2,9875	0,8065	0,1045	0,1376	0,0000	0,0207	0,0157	0,0158		1,8921	<b>0,3057</b>	0,7138	8 155	34,14	9,48	<b>9 036</b>	37,83	10,51	10 593	44,35	12,32	11 737	49,14	13,65	<b>429,09</b>
689	96,1901	1,9903	0,6204	0,0959	0,0959	0,0065	0,0187	0,0127	0,0046	0,0085	0,7847	<b>0,1717</b>	0,6975	8 155	34,14	9,48	<b>9 040</b>	37,85	10,51	10 716	44,87	12,46	11 879	49,73	13,81	<b>434,08</b>
690	96,3232	1,9204	0,5988	0,0903	0,0957	0,0014	0,0186	0,0152	0,0180	0,0045	0,7409	<b>0,1730</b>	0,6969	8 154	34,14	9,48	<b>9 043</b>	37,86	10,52	10 721	44,88	12,47	11 889	49,78	13,83	<b>434,27</b>
691	96,1526	2,0024	0,6057	0,1013	0,1026	0,0066	0,0183	0,0124	0,0047	0,0090	0,8112	<b>0,1732</b>	0,6978	8 154	34,14	9,48	<b>9 038</b>	37,84	10,51	10 712	44,85	12,46	11 875	49,72	13,81	<b>433,99</b>
692	96,2342	1,9748	0,6106	0,0945	0,0948	0,0077	0,0182	0,0123	0,0048	0,0082	0,7736	<b>0,1663</b>	0,6972	8 154	34,14	9,48	<b>9 039</b>	37,84	10,51	10 717	44,87	12,46	11 880	49,74	13,82	<b>434,17</b>
693	92,6325	3,6721	0,8168	0,0785	0,1019	0,0000	0,0206	0,0163	0,0188		2,2941	<b>0,3484</b>	0,7195	8 153	34,14	9,48	<b>9 033</b>	37,82	10,51	10 549	44,17	12,27	11 687	48,93	13,59	<b>427,39</b>
694	96,2167	1,9960	0,6066	0,0927	0,0929	0,0048	0,0177	0,0118	0,0067	0,0098	0,7809	<b>0,1634</b>	0,6972	8 153	34,14	9,48	<b>9 038</b>	37,84	10,51	10 716	44,87	12,46	11 879	49,74	13,82	<b>434,17</b>
695	96,2649	1,9789	0,6029	0,0916	0,0916	0,0056	0,0173	0,0115	0,0075	0,0092	0,7614	<b>0,1576</b>	0,6965	8 153	34,14	9,48	<b>9 038</b>	37,84	10,51	10 719	44,88	12,47	11 883	49,75	13,82	<b>434,39</b>
696	90,7863	3,3390	1,1362	0,1417	0,2934	0,0062	0,0653	0,0527	0,1039	0,0061	3,6062	<b>0,4630</b>	0,7381	8 152	34,13	9,48	<b>9 027</b>	37,79	10,50	10 413	43,60	12,11	11 530	48,28	13,41	<b>421,97</b>
697	96,4058	1,9358	0,5817	0,0884	0,0883	0,0014	0,0164	0,0124	0,0097	0,0032	0,7028	<b>0,1541</b>	0,6958	8 152	34,13	9,48	<b>9 043</b>	37,86	10,52	10 725	44,90	12,47	11 897	49,81	13,84	<b>434,61</b>
698	96,2550	1,9771	0,6034	0,0918	0,0925	0,0075	0,0173	0,0121	0,0047	0,0090	0,7672	<b>0,1624</b>	0,6969	8 152	34,13	9,48	<b>9 037</b>	37,84	10,51	10 718	44,87	12,46	11 881	49,74	13,82	<b>434,27</b>
699	93,6568	3,0170	0,8027	0,1017	0,1328	0,0000	0,0200	0,0153	0,0173		1,8989	<b>0,3375</b>	0,7142	8 152	34,13	9,48	<b>9 033</b>	37,82	10,51	10 586	44,32	12,31	11 730	49,11	13,64	<b>428,97</b>
700	93,2359	3,2050	0,7704	0,0779	0,1143	0,0996	0,0009	0,0090	0,0167		2,0932	<b>0,3771</b>	0,7173	8 151	34,13	9,48	<b>9 035</b>	37,83	10,51	10 562	44,22	12,28	11 708	49,02	13,62	<b>428,05</b>
701	93,4831	3,1206	0,7959	0,0958	0,1272	0,0000	0,0213	0,0165	0,0193		1,9492	<b>0,3711</b>	0,7153	8 150	34,12	9,48	<b>9 030</b>	37,81	10,50	10 576	44,28	12,30	11 718	49,06	13,63	<b>428,64</b>
702	93,5795	3,1723	0,7547	0,0834	0,1089	0,0000	0,0233	0,0180	0,0197		1,9053	<b>0,3349</b>	0,7141	8 150	34,12	9,48	<b>9 031</b>	37,81	10,50	10 585	44,32	12,31	11 728	49,10	13,64	<b>429,00</b>
703	92,5500	3,7200	0,8163	0,0785	0,1017	0,0004	0,0230	0,0165	0,0075	0,0115	2,3476	<b>0,3270</b>	0,7195	8 149	34,12	9,48	<b>9 028</b>	37,80	10,50	10 545	44,15	12,26	11 682	48,91	13,59	<b>427,39</b>
704	96,4465	1,8529	0,5591	0,0952	0,0897	0,0010	0,0243	0,0140	0,0251	0,0044	0,6596	<b>0,2282</b>	0,6905	8 149	34,12	9,48	<b>9 040</b>	37,85	10,51	10 716	44,87	12,46	11 887	49,77	13,83	<b>436,27</b>
705	93,9905	2,8100	0,7900	0,1050	0,1420	0,0008	0,0217	0,0171	0,0164	0,0065	1,7900	<b>0,3100</b>	0,7122	8 149	34,12	9,48	<b>9 031</b>	37,81	10,50	10 598	44,37	12,33	11 744	49,17	13,66	<b>429,58</b>

## Продовження Додатку Г

706	96,5475	1,8210	0,5483	0,0945	0,0887	0,0000	0,0216	0,0133	0,0231		0,6191	<b>0,2229</b>	0,6958	8 149	34,12	9,48	<b>9 036</b>	37,83	10,51	10 722	44,89	12,47	11 887	49,77	13,83	<b>434,61</b>
707	93,4150	3,1262	0,8059	0,0970	0,1292	0,0023	0,0215	0,0175	0,0204	0,0073	1,9986	<b>0,3591</b>	0,7157	8 149	34,12	9,48	<b>9 028</b>	37,80	10,50	10 573	44,27	12,30	11 713	49,04	13,62	<b>428,52</b>
708	93,5773	3,0569	0,7190	0,0804	0,1035	0,0072	0,0567	0,0680	0,0106	0,0060	1,9982	<b>0,3162</b>	0,7149	8 149	34,12	9,48	<b>9 028</b>	37,80	10,50	10 579	44,29	12,30	11 720	49,07	13,63	<b>428,76</b>
709	96,3573	1,9211	0,5966	0,0903	0,0876	0,0012	0,0162	0,0114	0,0097	0,0044	0,7527	<b>0,1515</b>	0,6961	8 149	34,12	9,48	<b>9 038</b>	37,84	10,51	10 721	44,89	12,47	11 890	49,78	13,83	<b>434,52</b>
710	93,6475	3,0588	0,8043	0,0992	0,1254	0,0014	0,0180	0,0134	0,0078	0,0065	1,8556	<b>0,3621</b>	0,7140	8 149	34,12	9,48	<b>9 031</b>	37,81	10,50	10 583	44,31	12,31	11 727	49,10	13,64	<b>429,03</b>
711	90,5669	3,2600	1,1474	0,1474	0,2921	0,0092	0,0689	0,0616	0,1464	0,0094	3,8401	<b>0,4506</b>	0,7405	8 148	34,11	9,48	<b>9 022</b>	37,77	10,49	10 391	43,50	12,08	11 506	48,17	13,38	<b>421,29</b>
712	93,4618	3,1397	0,7866	0,0931	0,1238	0,0000	0,0211	0,0163	0,0195		1,9593	<b>0,3788</b>	0,7154	8 148	34,11	9,48	<b>9 028</b>	37,80	10,50	10 572	44,26	12,30	11 714	49,04	13,62	<b>428,61</b>
713	93,4152	3,0784	0,8076	0,1009	0,1431	0,0000	0,0220	0,0170	0,0204		2,0518	<b>0,3436</b>	0,7158	8 148	34,11	9,48	<b>9 027</b>	37,80	10,50	10 568	44,25	12,29	11 710	49,03	13,62	<b>428,49</b>
714	93,3999	3,2346	0,7304	0,0689	0,0962	0,0839	0,0002	0,0064	0,0162		1,9808	<b>0,3825</b>	0,7156	8 147	34,11	9,47	<b>9 031</b>	37,81	10,50	10 569	44,25	12,29	11 716	49,05	13,63	<b>428,55</b>
715	96,2606	2,0335	0,6571	0,0095	0,0931	0,0018	0,0163	0,0112	0,0035	0,0080	0,7101	<b>0,1953</b>	0,6963	8 147	34,11	9,48	<b>9 036</b>	37,83	10,51	10 716	44,87	12,46	11 885	49,76	13,82	<b>434,45</b>
716	96,4191	1,8920	0,5909	0,0886	0,0864	0,0012	0,0160	0,0112	0,0099	0,0050	0,7318	<b>0,1479</b>	0,6897	8 147	34,11	9,48	<b>9 038</b>	37,84	10,51	10 718	44,87	12,46	11 890	49,78	13,83	<b>436,53</b>
717	96,7615	1,7226	0,5480	0,0887	0,0848	0,0010	0,0193	0,0137	0,0155	0,0062	0,6052	<b>0,1335</b>	0,6937	8 146	34,10	9,47	<b>9 031</b>	37,81	10,50	10 734	44,94	12,48	11 900	49,82	13,84	<b>435,27</b>
718	93,6045	3,1597	0,7501	0,0798	0,1004	0,0000	0,0215	0,0165	0,0195		1,8465	<b>0,4015</b>	0,7141	8 145	34,10	9,47	<b>9 025</b>	37,79	10,50	10 578	44,29	12,30	11 721	49,07	13,63	<b>429,00</b>
719	93,3731	3,2104	0,7679	0,0816	0,1039	0,0053	0,0227	0,0181	0,0318	0,0089	1,9609	<b>0,4154</b>	0,7160	8 145	34,10	9,47	<b>9 025</b>	37,79	10,50	10 564	44,23	12,29	11 705	49,01	13,61	<b>428,43</b>
720	93,6004	3,1386	0,7394	0,0799	0,1032	0,0011	0,0199	0,0167	0,0338	0,0050	1,9248	<b>0,3372</b>	0,7139	8 145	34,10	9,47	<b>9 028</b>	37,80	10,50	10 579	44,29	12,30	11 727	49,10	13,64	<b>429,06</b>
721	93,3898	3,1850	0,7761	0,0892	0,1195	0,0000	0,0212	0,0166	0,0198		1,9993	<b>0,3835</b>	0,7156	8 144	34,10	9,47	<b>9 024</b>	37,78	10,49	10 566	44,24	12,29	11 707	49,01	13,62	<b>428,55</b>
722	93,3662	3,0772	0,8294	0,1070	0,1441	0,0046	0,0064	0,0150	0,0150		2,0429	<b>0,3922</b>	0,7162	8 143	34,09	9,47	<b>9 027</b>	37,79	10,50	10 560	44,21	12,28	11 706	49,01	13,61	<b>428,37</b>
723	93,8570	2,9898	0,7426	0,0891	0,1142	0,0000	0,0203	0,0155	0,0155		1,8536	<b>0,3024</b>	0,7121	8 143	34,09	9,47	<b>9 023</b>	37,78	10,49	10 590	44,34	12,32	11 735	49,13	13,65	<b>429,61</b>
724	93,3461	3,2066	0,7798	0,0903	0,1212	0,0015	0,0215	0,0172	0,0145	0,0078	2,0019	<b>0,3916</b>	0,7158	8 142	34,09	9,47	<b>9 024</b>	37,78	10,49	10 560	44,21	12,28	11 703	49,00	13,61	<b>428,49</b>
725	96,6530	1,7292	0,5242	0,0935	0,0867	0,0000	0,0232	0,0136	0,0263		0,6228	<b>0,2275</b>	0,6952	8 142	34,09	9,47	<b>9 026</b>	37,79	10,50	10 717	44,87	12,46	11 880	49,74	13,82	<b>434,80</b>
726	93,8467	2,8829	0,7571	0,0817	0,1223	0,0493	0,0077	0,0118	0,0185	0,0080	1,9665	<b>0,2475</b>	0,7124	8 142	34,09	9,47	<b>9 027</b>	37,79	10,50	10 587	44,33	12,31	11 737	49,14	13,65	<b>429,52</b>
727	93,8422	2,9521	0,7103	0,0839	0,1075	0,0089	0,0461	0,0378	0,0064	0,0064	1,9148	<b>0,2836</b>	0,7125	8 142	34,09	9,47	<b>9 021</b>	37,77	10,49	10 587	44,33	12,31	11 730	49,11	13,64	<b>429,49</b>
728	92,7724	3,5434	0,7971	0,0774	0,1024	0,0000	0,0213	0,0168	0,0189		2,3026	<b>0,3477</b>	0,7186	8 142	34,09	9,47	<b>9 021</b>	37,77	10,49	10 542	44,14	12,26	11 679	48,90	13,58	<b>427,66</b>
729	93,3409	3,1385	0,7933	0,0944	0,1263	0,0003	0,0210	0,0186	0,0208	0,0090	2,0580	<b>0,3789</b>	0,7161	8 141	34,08	9,47	<b>9 020</b>	37,76	10,49	10 558	44,20	12,28	11 698	48,98	13,60	<b>428,40</b>
730	92,8688	3,3447	0,8413	0,0878	0,1200	0,0013	0,0314	0,0227	0,0146	0,0081	2,1375	<b>0,5218</b>	0,7199	8 141	34,09	9,47	<b>9 020</b>	37,76	10,49	10 531	44,09	12,25	11 667	48,85	13,57	<b>427,27</b>
731	93,3409	3,1385	0,7933	0,0944	0,1263	0,0003	0,0210	0,0186	0,0208	0,0090	2,0580	<b>0,3789</b>	0,7161	8 141	34,08	9,47	<b>9 020</b>	37,76	10,49	10 558	44,20	12,28	11 698	48,98	13,60	<b>428,40</b>
732	94,6056	2,5751	0,6930	0,0960	0,1125	0,0031	0,0223	0,0198	0,0206		1,8518	<b>0,0002</b>	0,7060	8 140	34,08	9,47	<b>9 025</b>	37,79	10,50	10 632	44,51	12,36	11 788	49,35	13,71	<b>431,46</b>
733	96,5893	1,7429	0,5328	0,0927	0,0885	0,0009	0,0253	0,0159	0,0202	0,0038	0,6628	<b>0,2249</b>	0,6954	8 140	34,08	9,47	<b>9 026</b>	37,79	10,50	10 714	44,86	12,46	11 880	49,74	13,82	<b>434,73</b>
734	96,7325	1,7359	0,5403	0,0860	0,0826	0,0011	0,0157	0,0110	0,0134	0,0052	0,6409	<b>0,1354</b>	0,6935	8 140	34,08	9,47	<b>9 024</b>	37,78	10,49	10 727	44,91	12,48	11 892	49,79	13,83	<b>435,33</b>
735	96,5893	1,7429	0,5328	0,0927	0,0885	0,0009	0,0253	0,0159	0,0202	0,0038	0,6628	<b>0,2249</b>	0,6954	8 140	34,08	9,47	<b>9 026</b>	37,79	10,50	10 714	44,86	12,46	11 880	49,74	13,82	<b>434,73</b>
736	93,9965	2,7344	0,7489	0,0645	0,1184	0,1026	0,0002	0,0029	0,0236		2,0346	<b>0,1734</b>	0,7116	8 139	34,08	9,47	<b>9 023</b>	37,78	10,49	10 589	44,34	12,32	11 740	49,15	13,65	<b>429,76</b>
737	96,4299	1,8154	0,5473	0,0931	0,0895	0,0011	0,0257	0,0161	0,0198	0,0055	0,6874	<b>0,2692</b>	0,6967	8 139	34,08	9,47	<b>9 023</b>	37,78	10,49	10 702	44,81	12,45	11 864	49,67	13,80	<b>434,33</b>
738	93,6757	3,1266	0,7193	0,0781	0,0991	0,0000	0,0207	0,0161	0,0193		1,8985	<b>0,3466</b>	0,7131	8 138	34,07	9,46	<b>9 018</b>	37,76	10,49	10 577	44,28	12,30	11 720	49,07	13,63	<b>429,30</b>
739	91,7208	4,0227	0,7537	0,0842	0,1251	0,0033	0,0333	0,0264	0,0277	0,0068	1,9621	<b>1,2339</b>	0,7308	8 137	34,07	9,46	<b>9 013</b>	37,74	10,48	10 445	43,73	12,15	11 571	48,44	13,46	<b>424,07</b>
740	93,3857	3,2243	0,7559	0,0777	0,0961	0,0049	0,0213	0,0177	0,0191	0,0092	1,9550	<b>0,4331</b>	0,7155	8 137	34,07	9,46	<b>9 016</b>	37,75	10,49	10 558	44,20	12,28	11 698	48,98	13,60	<b>428,58</b>
741	93,7980	3,0318	0,7245	0,0806	0,1023	0,0000	0,0216	0,0168	0,0176		1,8801	<b>0,3267</b>	0,7124	8 137	34,07	9,46	<b>9 017</b>	37,75	10,49	10 580	44,30	12,31	11 724	49,09	13,64	<b>429,52</b>
742	93,6317	3,1000	0,7422	0,0828	0,1059	0,0007	0,0216	0,0183	0,0149	0,0041	1,9480	<b>0,3298</b>	0,7134	8 137	34,07	9,46	<b>9 016</b>	37,75	10,49	10 573	44,27	12,30	11 715	49,05	13,63	<b>429,21</b>
743	93,5998	3,0194	0,7578	0,0904	0,1210	0,0006	0,0202	0,0169	0,0253	0,0085	2,0118	<b>0,3283</b>	0,7140	8 136	34,06	9,46	<b>9 015</b>	37,74	10,48	10 566	44,24	12,29	11 708	49,02	13,62	<b>429,03</b>
744	93,5532	3,1625	0,7518	0,0830	0,1069	0,0044	0,0004	0,0093	0,0184		1,9810	<b>0,3291</b>	0,7135	8 136	34,06	9,46	<b>9 019</b>	37,76	10,49	10 570	44,26	12,29	11 718	49,06	13,63	<b>429,18</b>
745	92,6620	3,1324	0,7563	0,1047	0,1931	0,0035	0,0571	0,0503	0,0581	0,0007	2,7532	<b>0,2286</b>	0,7214	8 136	34,07	9,46	<b>9 018</b>	37,76	10,49	10 514	44,02	12,23	11 652	48,79	13,55	<b>426,83</b>

## Продовження Додатку Г

746	93,6149	3,1441	0,7234	0,0780	0,0990	0,0021	0,0198	0,0165	0,0146	0,0063	1,9143	<b>0,3670</b>	0,7134	8 135	34,06	9,46	<b>9 014</b>	37,74	10,48	10 571	44,26	12,29	11 713	49,04	13,62	<b>429,21</b>
747	93,3251	3,1985	0,7273	0,0767	0,1050	0,0086	0,0398	0,0408	0,0079	0,0065	2,1390	<b>0,3248</b>	0,7155	8 135	34,06	9,46	<b>9 014</b>	37,74	10,48	10 556	44,19	12,28	11 696	48,97	13,60	<b>428,58</b>
748	96,5904	1,7355	0,5279	0,0918	0,0871	0,0012	0,0256	0,0158	0,0191	0,0052	0,6704	<b>0,2300</b>	0,6953	8 135	34,06	9,46	<b>9 019</b>	37,76	10,49	10 707	44,83	12,45	11 870	49,70	13,81	<b>434,77</b>
749	93,7089	3,0400	0,7400	0,0840	0,1060	0,0006	0,0223	0,0181	0,0172	0,0079	1,9200	<b>0,3350</b>	0,7130	8 135	34,06	9,46	<b>9 014</b>	37,74	10,48	10 573	44,27	12,30	11 715	49,05	13,63	<b>429,34</b>
750	93,1386	3,3404	0,7597	0,0783	0,1051	0,0003	0,0219	0,0186	0,0139	0,0040	2,1645	<b>0,3547</b>	0,7162	8 135	34,06	9,46	<b>9 012</b>	37,73	10,48	10 550	44,17	12,27	11 687	48,93	13,59	<b>428,37</b>
751	93,4153	3,2003	0,7442	0,0779	0,1007	0,0000	0,0210	0,0165	0,0195		2,0673	<b>0,3373</b>	0,7146	8 134	34,05	9,46	<b>9 013</b>	37,73	10,48	10 560	44,21	12,28	11 701	48,99	13,61	<b>428,85</b>
752	94,1741	2,6181	0,7368	0,0593	0,1173	0,1016	0,0001	0,0015	0,0254		2,0372	<b>0,1286</b>	0,7101	8 133	34,05	9,46	<b>9 016</b>	37,75	10,49	10 591	44,34	12,32	11 742	49,16	13,66	<b>430,21</b>
753	93,5770	3,1444	0,7263	0,0785	0,0998	0,0021	0,0203	0,0166	0,0149	0,0066	1,9547	<b>0,3588</b>	0,7136	8 133	34,05	9,46	<b>9 012</b>	37,73	10,48	10 566	44,24	12,29	11 708	49,02	13,62	<b>429,15</b>
754	96,7686	1,5821	0,5303	0,0949	0,1009	0,0012	0,0298	0,0210	0,0138	0,0053	0,7017	<b>0,1504</b>	0,6941	8 133	34,05	9,46	<b>9 016</b>	37,75	10,49	10 714	44,86	12,46	11 878	49,73	13,81	<b>435,14</b>
755	96,6642	1,6666	0,5088	0,0912	0,0862	0,0010	0,0261	0,0151	0,0300	0,0046	0,6787	<b>0,2275</b>	0,6950	8 133	34,05	9,46	<b>9 019</b>	37,76	10,49	10 706	44,83	12,45	11 873	49,71	13,81	<b>434,86</b>
756	93,3812	3,2330	0,7683	0,0802	0,0964	0,0047	0,0014	0,0114	0,0158		1,9601	<b>0,4475</b>	0,7151	8 132	34,05	9,46	<b>9 015</b>	37,74	10,48	10 553	44,18	12,27	11 699	48,98	13,61	<b>428,70</b>
757	93,2088	3,2975	0,7466	0,0771	0,1036	0,0000	0,0218	0,0172	0,0186		2,1685	<b>0,3403</b>	0,7158	8 132	34,05	9,46	<b>9 011</b>	37,73	10,48	10 549	44,17	12,27	11 689	48,94	13,59	<b>428,49</b>
758	93,0159	3,3739	0,7641	0,0760	0,1031	0,0000	0,0213	0,0166	0,0194		2,2676	<b>0,3421</b>	0,7169	8 131	34,04	9,46	<b>9 009</b>	37,72	10,48	10 539	44,12	12,26	11 677	48,89	13,58	<b>428,17</b>
759	93,3496	3,1449	0,7661	0,0859	0,1180	0,0000	0,0206	0,0164	0,0190		2,0790	<b>0,4005</b>	0,7158	8 131	34,04	9,46	<b>9 010</b>	37,72	10,48	10 548	44,16	12,27	11 688	48,93	13,59	<b>428,49</b>
760	93,3610	3,2399	0,7426	0,0792	0,0975	0,0027	0,0192	0,0150	0,0108		2,0825	<b>0,3496</b>	0,7147	8 130	34,04	9,46	<b>9 014</b>	37,74	10,48	10 554	44,19	12,27	11 701	48,99	13,61	<b>428,82</b>
761	96,7051	1,7549	0,5262	0,0786	0,0755		0,0116	0,0122	0,0099		0,6861	<b>0,1399</b>	0,6933	8 130	34,04	9,46	<b>9 014</b>	37,74	10,48	10 718	44,87	12,46	11 883	49,75	13,82	<b>435,39</b>
762	97,1706	1,1499	0,4576	0,0847	0,1436	0,0000	0,0482	0,0402	0,0666		0,6261	<b>0,2125</b>	0,6940	8 130	34,04	9,46	<b>9 014</b>	37,74	10,48	10 711	44,85	12,46	11 875	49,72	13,81	<b>435,17</b>
763	85,6700	3,7545	1,7795	0,2350	0,6251	0,0145	0,1399	0,1239	0,1898	0,0062	6,9107	<b>0,5509</b>	0,7792	8 129	34,03	9,45	<b>8 992</b>	37,65	10,46	10 107	42,31	11,75	11 180	46,81	13,00	<b>410,69</b>
764	93,5539	3,1325	0,7222	0,0763	0,0976		0,0203	0,0158	0,0190		1,9986	<b>0,3638</b>	0,7138	8 129	34,03	9,45	<b>9 007</b>	37,71	10,48	10 559	44,21	12,28	11 701	48,99	13,61	<b>429,09</b>
765	93,7449	3,0190	0,7209	0,0830	0,1005	0,0045	0,0135	0,0168	0,0148		1,9562	<b>0,3259</b>	0,7124	8 128	34,03	9,45	<b>9 011</b>	37,73	10,48	10 568	44,25	12,29	11 716	49,05	13,63	<b>429,52</b>
766	96,7636	1,6370	0,4983	0,0877	0,0828	0,0010	0,0231	0,0139	0,0181	0,0043	0,6647	<b>0,2055</b>	0,6938	8 126	34,02	9,45	<b>9 012</b>	37,73	10,48	10 708	44,83	12,45	11 875	49,72	13,81	<b>435,24</b>
767	93,5948	3,1256	0,7247	0,0782	0,0980	0,0048	0,0010	0,0104	0,0171		1,9918	<b>0,3536</b>	0,7131	8 125	34,02	9,45	<b>9 007</b>	37,71	10,48	10 559	44,21	12,28	11 706	49,01	13,61	<b>429,30</b>
768	93,5633	3,0743	0,7177	0,0765	0,0987	0,0004	0,0199	0,0177	0,0221	0,0089	2,0396	<b>0,3609</b>	0,7137	8 122	34,00	9,45	<b>9 000</b>	37,68	10,47	10 551	44,17	12,27	11 691	48,95	13,60	<b>429,12</b>
769	93,5633	3,0743	0,7177	0,0765	0,0987	0,0004	0,0199	0,0177	0,0221	0,0089	2,0396	<b>0,3609</b>	0,7137	8 122	34,00	9,45	<b>9 000</b>	37,68	10,47	10 551	44,17	12,27	11 691	48,95	13,60	<b>429,12</b>
770	92,7757	3,4841	0,7773	0,0774	0,0996	0,0043	0,0015	0,0115	0,0157		2,4044	<b>0,3485</b>	0,7178	8 121	34,00	9,44	<b>9 002</b>	37,69	10,47	10 520	44,04	12,23	11 661	48,82	13,56	<b>427,90</b>
771	93,0051	3,3048	0,7600	0,0789	0,1111	0,0027	0,0243	0,0181	0,0124		2,3310	<b>0,3516</b>	0,7170	8 121	34,00	9,44	<b>9 002</b>	37,69	10,47	10 525	44,07	12,24	11 668	48,85	13,57	<b>428,14</b>
772	92,7365	3,0650	0,7186	0,0993	0,1855	0,0034	0,0527	0,0474	0,0617	0,0047	2,7968	<b>0,2284</b>	0,7205	8 121	34,00	9,44	<b>9 001</b>	37,68	10,47	10 500	43,96	12,21	11 638	48,72	13,53	<b>427,09</b>
773	93,3481	3,2058	0,7445	0,0786	0,0998	0,0058	0,0012	0,0099	0,0153		2,1564	<b>0,3346</b>	0,7144	8 120	34,00	9,44	<b>9 002</b>	37,69	10,47	10 544	44,15	12,26	11 689	48,94	13,59	<b>428,91</b>
774	94,3606	2,6341	0,6693	0,0899	0,1061	0,0024	0,0215	0,0193	0,0206		2,0761	<b>0,0001</b>	0,7069	8 120	34,00	9,44	<b>9 003</b>	37,69	10,47	10 599	44,38	12,33	11 752	49,20	13,67	<b>431,18</b>
775	93,1749	3,2897	0,6949	0,0598	0,0849	0,0740	0,0003	0,0054	0,0148		2,2296	<b>0,3717</b>	0,7159	8 120	34,00	9,44	<b>9 001</b>	37,69	10,47	10 532	44,09	12,25	11 675	48,88	13,58	<b>428,46</b>
776	93,5677	3,1079	0,7233	0,0780	0,0966	0,0045	0,0014	0,0112	0,0164		2,0329	<b>0,3601</b>	0,7132	8 119	33,99	9,44	<b>9 001</b>	37,69	10,47	10 551	44,18	12,27	11 698	48,98	13,60	<b>429,27</b>
777	93,1573	3,2924	0,7452	0,0779	0,1027	0,0079	0,0008	0,0088	0,0163		2,2553	<b>0,3354</b>	0,7155	8 119	33,99	9,44	<b>9 000</b>	37,68	10,47	10 534	44,10	12,25	11 678	48,89	13,58	<b>428,58</b>
778	93,1944	3,2429	0,7287	0,0745	0,1037	0,0000	0,0222	0,0173	0,0190		2,2721	<b>0,3252</b>	0,7156	8 119	33,99	9,44	<b>8 997</b>	37,67	10,46	10 534	44,10	12,25	11 672	48,87	13,57	<b>428,55</b>
779	93,0175	3,3069	0,7513	0,0748	0,1022	0,0009	0,0202	0,0185	0,0197	0,0092	2,3415	<b>0,3373</b>	0,7167	8 118	33,99	9,44	<b>8 995</b>	37,66	10,46	10 524	44,06	12,24	11 661	48,82	13,56	<b>428,23</b>
780	93,0175	3,3069	0,7513	0,0748	0,1022	0,0009	0,0202	0,0185	0,0197	0,0092	2,3415	<b>0,3373</b>	0,7167	8 118	33,99	9,44	<b>8 995</b>	37,66	10,46	10 524	44,06	12,24	11 661	48,82	13,56	<b>428,23</b>
781	97,0708	1,4513	0,4444	0,0769	0,0742	0,0008	0,0193	0,0120	0,0538	0,0048	0,6506	<b>0,1411</b>	0,6918	8 118	33,99	9,44	<b>9 002</b>	37,69	10,47	10 712	44,85	12,46	11 878	49,73	13,81	<b>435,86</b>
782	96,7858	1,5672	0,4750	0,0890	0,0789	0,0000	0,0238	0,0125	0,0337		0,7060	<b>0,2281</b>	0,6941	8 118	33,99	9,44	<b>9 000</b>	37,68	10,47	10 695	44,78	12,44	11 856	49,64	13,79	<b>435,14</b>
783	93,1116	3,2970	0,7304	0,0726	0,0977	0,0000	0,0208	0,0163	0,0186		2,2835	<b>0,3515</b>	0,7161	8 118	33,99	9,44	<b>8 995</b>	37,66	10,46	10 528	44,08	12,24	11 666	48,84	13,57	<b>428,40</b>
784	92,7705	3,0450	0,7112	0,0974	0,1820	0,0035	0,0541	0,0487	0,0586	0,0061	2,7960	<b>0,2269</b>	0,7201	8 117	33,99	9,44	<b>8 997</b>	37,67	10,46	10 498	43,95	12,21	11 636	48,72	13,53	<b>427,21</b>
785	93,1023	3,2728	0,7355	0,0748	0,1033	0,0000	0,0211	0,0164	0,0182		2,3199	<b>0,3357</b>	0,7161	8 117	33,98	9,44	<b>8 993</b>	37,65	10,46	10 526	44,07	12,24	11 664	48,83	13,56	<b>428,40</b>



## Продовження Додатку Г

786	91,0371	3,9285	0,9712	0,1022	0,1563	0,0012	0,0197	0,0170	0,0242	0,0087	3,2244	0,5095	0,7308	8 116	33,98	9,44	8 989	37,64	10,45	10 419	43,62	12,12	11 540	48,32	13,42	424,07
787	91,3922	4,0622	0,7697	0,0784	0,1207	0,0031	0,0315	0,0257	0,0273	0,0067	2,2522	1,2303	0,7324	8 115	33,98	9,44	8 990	37,64	10,45	10 407	43,57	12,10	11 528	48,27	13,41	423,61
788	93,0865	3,3177	0,4622	0,0762	0,1307	0,0026	0,0402	0,0334	0,0918	0,0064	1,6677	1,0846	0,7222	8 114	33,97	9,44	8 990	37,64	10,46	10 478	43,87	12,19	11 610	48,61	13,50	426,59
789	97,6744	0,6113	0,4145	0,1208	0,1525	0,0007	0,0744	0,0532	0,0764	0,0058	0,7414	0,0746	0,6913	8 114	33,97	9,44	8 997	37,67	10,46	10 709	44,84	12,45	11 875	49,72	13,81	436,02
790	96,5637	1,5906	0,4831	0,0897	0,0804	0,0000	0,0246	0,0126	0,0491		0,8799	0,2263	0,6957	8 114	33,97	9,44	8 995	37,66	10,46	10 675	44,69	12,42	11 835	49,55	13,76	434,64
791	93,0580	3,2846	0,7486	0,0773	0,1028	0,0042	0,0026	0,0128	0,0161		2,3541	0,3389	0,7160	8 111	33,96	9,43	8 991	37,65	10,46	10 520	44,04	12,23	11 662	48,83	13,56	428,43
792	93,4478	3,1439	0,7045	0,0683	0,0914	0,0004	0,0170	0,0191	0,0115	0,0068	2,1173	0,3720	0,7138	8 111	33,96	9,43	8 988	37,63	10,45	10 536	44,11	12,25	11 675	48,88	13,58	429,09
793	93,4031	3,0719	0,7283	0,0823	0,1130	0,0004	0,0178	0,0160	0,0128	0,0086	2,1984	0,3474	0,7144	8 111	33,96	9,43	8 988	37,63	10,45	10 532	44,09	12,25	11 670	48,86	13,57	428,91
794	97,6665	0,6192	0,4188	0,1222	0,1555	0,0009	0,0781	0,0567	0,0578	0,0054	0,7422	0,0767	0,6911	8 111	33,96	9,43	8 993	37,65	10,46	10 709	44,84	12,46	11 873	49,71	13,81	436,08
795	89,3559	3,7304	1,1249	0,1526	0,2656	0,0048	0,0777	0,0679	0,1363	0,0010	4,5172	0,5657	0,7473	8 108	33,95	9,43	8 981	37,60	10,44	10 293	43,10	11,97	11 401	47,74	13,26	419,37
796	93,0618	3,3067	0,7319	0,0741	0,0972	0,0043	0,0008	0,0087	0,0160		2,3512	0,3473	0,7157	8 107	33,94	9,43	8 987	37,63	10,45	10 516	44,03	12,23	11 658	48,81	13,56	428,52
797	93,0342	3,2465	0,7469	0,0807	0,1081	0,0047	0,0053	0,0146	0,0155		2,3984	0,3451	0,7163	8 107	33,94	9,43	8 987	37,63	10,45	10 512	44,01	12,23	11 653	48,79	13,55	428,34
798	97,4401	1,0393	0,4037	0,0729	0,1201	0,0000	0,0382	0,0317	0,0596		0,6177	0,1767	0,6910	8 106	33,94	9,43	8 990	37,64	10,46	10 702	44,81	12,45	11 868	49,69	13,80	436,12
799	92,7985	3,1942	0,7877	0,0813	0,1217	0,0013	0,0353	0,0255	0,0179	0,0082	2,4445	0,4839	0,7196	8 105	33,94	9,43	8 981	37,60	10,44	10 486	43,90	12,20	11 619	48,65	13,51	427,36
800	92,7985	3,1942	0,7877	0,0813	0,1217	0,0013	0,0353	0,0255	0,0179	0,0082	2,4445	0,4839	0,7196	8 105	33,94	9,43	8 981	37,60	10,44	10 486	43,90	12,20	11 619	48,65	13,51	427,36
801	93,1219	3,2447	0,7246	0,0754	0,1010	0,0045	0,0031	0,0137	0,0158		2,3738	0,3215	0,7154	8 105	33,93	9,43	8 985	37,62	10,45	10 517	44,03	12,23	11 659	48,81	13,56	428,61
802	93,1161	3,2220	0,7288	0,0650	0,0979	0,0043	0,0210	0,0207	0,0187	0,0073	2,1310	0,5672	0,7174	8 106	33,94	9,43	8 983	37,61	10,45	10 503	43,97	12,22	11 639	48,73	13,54	428,02
803	93,1728	3,2601	0,6997	0,0676	0,0888	0,0030	0,0187	0,0165	0,0106	0,0076	2,2517	0,4029	0,7054	8 104	33,93	9,43	8 985	37,62	10,45	10 515	44,02	12,23	11 658	48,81	13,56	431,64
804	96,9629	1,4402	0,4418	0,0846	0,0759	0,0009	0,0260	0,0137	0,0276	0,0038	0,6554	0,2672	0,6928	8 104	33,93	9,43	8 990	37,64	10,46	10 683	44,73	12,42	11 852	49,62	13,78	435,55
805	96,9629	1,4402	0,4418	0,0846	0,0759	0,0009	0,0260	0,0137	0,0276	0,0038	0,6554	0,2672	0,6928	8 104	33,93	9,43	8 990	37,64	10,46	10 683	44,73	12,42	11 852	49,62	13,78	435,55
806	94,3301	2,5165	0,6509	0,0882	0,1093	0,0039	0,0256	0,0271	0,0230		2,0520	0,1734	0,7083	8 102	33,92	9,42	8 983	37,61	10,45	10 566	44,24	12,29	11 715	49,05	13,63	430,76
807	93,2512	3,2553	0,6798	0,0617	0,0817	0,0030	0,0188	0,0130	0,0096		2,2430	0,3829	0,7145	8 102	33,92	9,42	8 981	37,60	10,44	10 519	44,04	12,23	11 660	48,82	13,56	428,88
808	90,9564	3,9020	0,9534	0,0982	0,1496	0,0044	0,0202	0,0229	0,0184		3,2958	0,5787	0,7314	8 101	33,92	9,42	8 977	37,58	10,44	10 395	43,52	12,09	11 519	48,23	13,40	423,90
809	93,6739	3,1010	0,6295	0,0581	0,0708	0,0035	0,0138	0,0113	0,0187	0,0062	2,0861	0,3271	0,7115	8 099	33,91	9,42	8 976	37,58	10,44	10 539	44,12	12,26	11 680	48,90	13,58	429,79
810	88,0564	4,0980	1,2772	0,1634	0,2868	0,0035	0,0860	0,0745	0,1336	0,0440	3,7828	1,9938	0,7653	8 099	33,91	9,42	8 966	37,54	10,43	10 160	42,54	11,82	11 247	47,09	13,08	414,41
811	93,9139	2,5100	0,8100	0,1010	0,1330	0,0007	0,0208	0,0164	0,0161	0,0071	2,1300	0,3410	0,7124	8 099	33,91	9,42	8 976	37,58	10,44	10 530	44,09	12,25	11 670	48,86	13,57	429,52
812	94,3861	2,4552	0,6462	0,0897	0,1106	0,0034	0,0261	0,0274	0,0229		2,0747	0,1577	0,7079	8 098	33,91	9,42	8 979	37,59	10,44	10 563	44,23	12,29	11 713	49,04	13,62	430,88
813	93,2241	3,2033	0,7071	0,0645	0,0844	0,0006	0,0175	0,0139	0,0123	0,0062	2,2514	0,4147	0,7151	8 097	33,90	9,42	8 973	37,57	10,44	10 508	44,00	12,22	11 646	48,76	13,54	428,70
814	93,0271	3,1198	0,7411	0,0753	0,1076	0,0010	0,0299	0,0224	0,0182	0,0081	2,3818	0,4677	0,7176	8 096	33,89	9,42	8 970	37,56	10,43	10 488	43,91	12,20	11 622	48,66	13,52	427,96
815	93,0271	3,1198	0,7411	0,0753	0,1076	0,0010	0,0299	0,0224	0,0182	0,0081	2,3818	0,4677	0,7176	8 096	33,89	9,42	8 970	37,56	10,43	10 488	43,91	12,20	11 622	48,66	13,52	427,96
816	97,2652	1,4041	0,4226	0,0659	0,0609	0,0007	0,0119	0,0080	0,0069	0,0062	0,6196	0,1280	0,6889	8 095	33,89	9,41	8 976	37,58	10,44	10 703	44,81	12,45	11 869	49,69	13,80	436,78
817	93,1408	3,2336	0,6959	0,0631	0,0863	0,0028	0,0183	0,0163	0,0109		2,2868	0,4452	0,7157	8 094	33,89	9,41	8 973	37,57	10,44	10 501	43,97	12,21	11 641	48,74	13,54	428,52
818	91,6488	3,0562	0,8731	0,1326	0,2024	0,0020	0,0599	0,0496	0,1003	0,0102	3,8047	0,0602	0,7275	8 094	33,89	9,41	8 966	37,54	10,43	10 415	43,60	12,11	11 536	48,30	13,42	425,03
819	97,2766	1,3860	0,4120	0,0643	0,0615	0,0000	0,0127	0,0082	0,0094		0,6454	0,1239	0,6888	8 092	33,88	9,41	8 973	37,57	10,44	10 700	44,80	12,44	11 866	49,68	13,80	436,81
820	89,0848	3,7951	1,1771	0,1561	0,2686	0,0046	0,0746	0,0645	0,1008	0,0014	4,6969	0,5755	0,7482	8 092	33,88	9,41	8 963	37,52	10,42	10 267	42,98	11,94	11 372	47,61	13,23	419,11
821	91,1232	3,5296	0,9531	0,1078	0,1690	0,0018	0,0423	0,0332	0,0531	0,0087	3,5023	0,4759	0,7314	8 091	33,88	9,41	8 962	37,52	10,42	10 383	43,47	12,08	11 501	48,15	13,38	423,90
822	97,2156	1,3947	0,4158	0,0658	0,0624	0,0000	0,0132	0,0086	0,0112		0,6850	0,1277	0,6893	8 090	33,87	9,41	8 971	37,56	10,43	10 694	44,77	12,44	11 859	49,65	13,79	436,65
823	93,1901	3,2386	0,6701	0,0589	0,0801	0,0028	0,0183	0,0139	0,0092		2,3436	0,3744	0,7146	8 090	33,87	9,41	8 969	37,55	10,43	10 503	43,97	12,21	11 644	48,75	13,54	428,85
824	97,1671	1,1078	0,3886	0,1006	0,0866	0,0007	0,0457	0,0218	0,0579	0,0056	0,7505	0,2671	0,6927	8 090	33,87	9,41	8 973	37,57	10,44	10 667	44,66	12,41	11 832	49,54	13,76	435,58
825	92,2598	3,5112	0,7506	0,0644	0,0951	0,0034	0,0252	0,0280	0,0229		2,8393	0,4001	0,7212	8 089	33,87	9,41	8 966	37,54	10,43	10 454	43,77	12,16	11 587	48,51	13,48	426,89

## Продовження Додатку Г

826	92,0910	3,5792	0,7551	0,0650	0,0960	0,0009	0,0258	0,0216	0,0340	0,0087	2,9183	<b>0,4044</b>	0,7223	8 088	33,86	9,41	<b>8 960</b>	37,52	10,42	10 444	43,73	12,15	11 571	48,44	13,46	<b>426,56</b>
827	97,3095	1,3716	0,4036	0,0613	0,0580		0,0094	0,0092	0,0078		0,6520	<b>0,1176</b>	0,6884	8 087	33,86	9,41	<b>8 969</b>	37,55	10,43	10 698	44,79	12,44	11 863	49,67	13,80	<b>436,94</b>
828	88,4773	5,4002	0,9248	0,0301	0,0686	0,0008	0,0216	0,0183	0,0607	0,0083	1,8699	<b>3,1194</b>	0,7458	8 086	33,85	9,40	<b>8 957</b>	37,50	10,42	10 173	42,59	11,83	11 269	47,18	13,11	<b>419,79</b>
829	97,3427	1,3462	0,3974	0,0605	0,0567		0,0093	0,0091	0,0079		0,6534	<b>0,1168</b>	0,6881	8 085	33,85	9,40	<b>8 966</b>	37,54	10,43	10 695	44,78	12,44	11 861	49,66	13,79	<b>437,03</b>
830	93,1001	3,1305	0,7174	0,0661	0,0967	0,0010	0,0216	0,0190	0,0077	0,0068	2,2951	<b>0,5380</b>	0,7168	8 085	33,85	9,40	<b>8 959</b>	37,51	10,42	10 480	43,88	12,19	11 613	48,62	13,51	<b>428,20</b>
831	93,6547	2,7245	0,6645	0,0859	0,1133	0,0035	0,0265	0,0286	0,0243		2,5216	<b>0,1526</b>	0,7119	8 083	33,84	9,40	<b>8 961</b>	37,52	10,42	10 513	44,02	12,23	11 656	48,80	13,56	<b>429,67</b>
832	88,9215	3,8382	1,1273	0,1490	0,2486	0,0055	0,0704	0,0590	0,1459	0,0195	3,5218	<b>1,8933</b>	0,7582	8 083	33,84	9,40	<b>8 947</b>	37,46	10,41	10 188	42,66	11,85	11 278	47,22	13,12	<b>416,34</b>
833	91,6643	3,3377	0,8686	0,1274	0,0987	0,0093	0,0542	0,0215	0,0602	0,0055	2,6910	<b>1,0616</b>	0,7315	8 083	33,84	9,40	<b>8 957</b>	37,50	10,42	10 372	43,42	12,06	11 493	48,12	13,37	<b>423,87</b>
834	97,3435	1,3090	0,3970	0,0643	0,0604	0,0006	0,0121	0,0080	0,0082	0,0055	0,6664	<b>0,1250</b>	0,6883	8 082	33,84	9,40	<b>8 963</b>	37,52	10,42	10 692	44,76	12,43	11 856	49,64	13,79	<b>436,97</b>
835	97,4795	1,2353	0,3797	0,0621	0,0582	0,0010	0,0124	0,0080	0,0130	0,0048	0,6424	<b>0,1036</b>	0,6873	8 080	33,83	9,40	<b>8 960</b>	37,52	10,42	10 696	44,78	12,44	11 861	49,66	13,79	<b>437,29</b>
836	97,2909	1,1240	0,3800	0,0913	0,0774	0,0007	0,0313	0,0152	0,0375	0,0051	0,6933	<b>0,2533</b>	0,6909	8 080	33,83	9,40	<b>8 964</b>	37,53	10,43	10 670	44,67	12,41	11 837	49,56	13,77	<b>436,15</b>
837	92,4187	3,4447	0,6978	0,0612	0,0916	0,0032	0,0240	0,0271	0,0223		3,0032	<b>0,2062</b>	0,7186	8 079	33,82	9,40	<b>8 955</b>	37,49	10,42	10 459	43,79	12,16	11 594	48,54	13,48	<b>427,66</b>
838	97,4315	1,2803	0,3827	0,0621	0,0550	0,0007	0,0111	0,0068	0,0071	0,0068	0,6373	<b>0,1186</b>	0,6875	8 079	33,83	9,40	<b>8 959</b>	37,51	10,42	10 694	44,77	12,44	11 859	49,65	13,79	<b>437,22</b>
839	97,5417	1,2300	0,3750	0,0591	0,0536	0,0006	0,0109	0,0070	0,0071	0,0051	0,5948	<b>0,1151</b>	0,6868	8 078	33,82	9,39	<b>8 958</b>	37,51	10,42	10 698	44,79	12,44	11 864	49,67	13,80	<b>437,45</b>
840	89,2764	3,7421	1,1359	0,1538	0,2636	0,0046	0,0732	0,0615	0,0704	0,0025	4,6346	<b>0,5814</b>	0,7460	8 076	33,81	9,39	<b>8 946</b>	37,45	10,40	10 261	42,96	11,93	11 367	47,59	13,22	<b>419,73</b>
841	97,4669	1,2552	0,3753	0,0584	0,0543		0,0092	0,0087	0,0077		0,6507	<b>0,1136</b>	0,6872	8 075	33,81	9,39	<b>8 957</b>	37,50	10,42	10 690	44,76	12,43	11 856	49,64	13,79	<b>437,32</b>
842	88,0576	3,9366	1,2378	0,1645	0,2889	0,0038	0,0877	0,0765	0,1475	0,0249	3,7972	<b>2,1770</b>	0,7666	8 075	33,81	9,39	<b>8 940</b>	37,43	10,40	10 123	42,38	11,77	11 207	46,92	13,03	<b>414,05</b>
843	97,4151	1,2626	0,3788	0,0617	0,0578	0,0006	0,0120	0,0071	0,0061	0,0061	0,6694	<b>0,1227</b>	0,6876	8 075	33,81	9,39	<b>8 955</b>	37,49	10,41	10 688	44,75	12,43	11 852	49,62	13,78	<b>437,19</b>
844	88,8975	5,0962	0,8636	0,0423	0,0898	0,0009	0,0249	0,0208	0,0584	0,0193	1,8976	<b>2,9887</b>	0,7418	8 074	33,80	9,39	<b>8 944</b>	37,45	10,40	10 178	42,61	11,84	11 276	47,21	13,11	<b>420,92</b>
845	91,5084	3,4843	0,8439	0,0906	0,1403	0,0036	0,0351	0,0371	0,0300	0,0050	3,4197	<b>0,4020</b>	0,7270	8 073	33,80	9,39	<b>8 947</b>	37,46	10,41	10 392	43,51	12,09	11 517	48,22	13,39	<b>425,18</b>
846	95,5105	1,9229	0,4998	0,0631	0,0895	0,0016	0,0297	0,0207	0,0339	0,0065	1,0304	<b>0,7914</b>	0,7046	8 073	33,80	9,39	<b>8 947</b>	37,46	10,41	10 556	44,19	12,28	11 699	48,98	13,61	<b>431,89</b>
847	97,5064	1,2230	0,3653	0,0563	0,0517		0,0090	0,0085	0,0075		0,6581	<b>0,1142</b>	0,6868	8 071	33,79	9,39	<b>8 950</b>	37,47	10,41	10 690	44,76	12,43	11 854	49,63	13,79	<b>437,45</b>
848	86,9551	4,0391	1,3945	0,1948	0,3492	0,0034	0,1107	0,0979	0,1402	0,0254	4,0246	<b>2,6651</b>	0,7782	8 071	33,79	9,39	<b>8 930</b>	37,39	10,39	10 041	42,04	11,68	11 111	46,52	12,92	<b>410,96</b>
849	97,5806	1,1751	0,3661	0,0560	0,0526	0,0006	0,0110	0,0072	0,0060	0,0047	0,6250	<b>0,1151</b>	0,6864	8 070	33,79	9,39	<b>8 950</b>	37,47	10,41	10 690	44,76	12,43	11 855	49,64	13,79	<b>437,57</b>
850	97,5310	1,2050	0,3578	0,0553	0,0505		0,0089	0,0084	0,0076		0,6621	<b>0,1134</b>	0,6866	8 068	33,78	9,38	<b>8 947</b>	37,46	10,41	10 687	44,75	12,43	11 852	49,62	13,78	<b>437,51</b>
851	97,5493	1,1990	0,3543	0,0557	0,0511		0,0088	0,0083	0,0083		0,6499	<b>0,1153</b>	0,6865	8 068	33,78	9,38	<b>8 947</b>	37,46	10,41	10 687	44,75	12,43	11 852	49,62	13,78	<b>437,54</b>
852	97,5016	1,2040	0,3594	0,0585	0,0533	0,0006	0,0115	0,0069	0,0058	0,0063	0,6715	<b>0,1206</b>	0,6869	8 067	33,78	9,38	<b>8 947</b>	37,46	10,41	10 683	44,73	12,42	11 847	49,60	13,78	<b>437,42</b>
853	97,5623	1,1825	0,3504	0,0548	0,0508		0,0096	0,0093	0,0083		0,6617	<b>0,1103</b>	0,6864	8 066	33,77	9,38	<b>8 945</b>	37,45	10,40	10 687	44,74	12,43	11 852	49,62	13,78	<b>437,57</b>
854	86,9328	4,0339	1,3815	0,1931	0,3435	0,0035	0,1103	0,0986	0,1480	0,0330	4,0479	<b>2,6739</b>	0,7784	8 066	33,77	9,38	<b>8 926</b>	37,37	10,38	10 034	42,01	11,67	11 104	46,49	12,91	<b>410,90</b>
855	97,6573	1,1331	0,3365	0,0519	0,0492	0,0007	0,0105	0,0067	0,0077	0,0045	0,6273	<b>0,1146</b>	0,6857	8 063	33,76	9,38	<b>8 942</b>	37,44	10,40	10 686	44,74	12,43	11 851	49,62	13,78	<b>437,80</b>
856	97,6290	1,1392	0,3363	0,0533	0,0500	0,0000	0,0106	0,0067	0,0086	0,0041	0,6529	<b>0,1093</b>	0,6858	8 063	33,76	9,38	<b>8 942</b>	37,44	10,40	10 684	44,73	12,43	11 849	49,61	13,78	<b>437,77</b>
857	87,0045	4,0086	1,3808	0,1917	0,3439	0,0034	0,1104	0,0958	0,1380	0,0171	3,9889	<b>2,7169</b>	0,7780	8 063	33,76	9,38	<b>8 923</b>	37,36	10,38	10 034	42,01	11,67	11 104	46,49	12,91	<b>411,01</b>
858	97,6414	1,1298	0,3353	0,0527	0,0483		0,0086	0,0080	0,0075		0,6617	<b>0,1067</b>	0,6857	8 061	33,75	9,38	<b>8 940</b>	37,43	10,40	10 682	44,72	12,42	11 847	49,60	13,78	<b>437,80</b>
859	92,2628	2,9551	0,7811	0,1272	0,0981	0,0090	0,0584	0,0243	0,0613	0,0069	2,7775	<b>0,8383</b>	0,7213	8 061	33,75	9,38	<b>8 935</b>	37,41	10,39	10 380	43,46	12,07	11 505	48,17	13,38	<b>426,86</b>
860	85,7601	3,4421	1,6415	0,2161	0,5465	0,0151	0,1298	0,1252	0,2569	0,0059	7,4162	<b>0,4446</b>	0,7771	8 061	33,75	9,38	<b>8 918</b>	37,34	10,37	10 036	42,02	11,67	11 103	46,48	12,91	<b>411,25</b>
861	92,2977	3,4578	0,6709	0,0539	0,0789	0,0033	0,0209	0,0244	0,0212		3,1487	<b>0,2223</b>	0,7187	8 059	33,74	9,37	<b>8 933</b>	37,40	10,39	10 431	43,67	12,13	11 563	48,41	13,45	<b>427,63</b>
862	97,7178	1,1094	0,3256	0,0504	0,0464		0,0080	0,0073	0,0064		0,6258	<b>0,1029</b>	0,6851	8 059	33,74	9,37	<b>8 938</b>	37,42	10,39	10 686	44,74	12,43	11 852	49,62	13,78	<b>437,99</b>
863	86,6649	5,6260	1,1480	0,1000	0,1450	0,0029	0,0400	0,0360	0,0320	0,0082	1,3710	<b>4,8260</b>	0,7755	8 059	33,74	9,37	<b>8 921</b>	37,35	10,38	9 981	41,79	11,61	11 049	46,26	12,85	<b>411,67</b>
864	92,3715	3,4032	0,6745	0,0555	0,0795	0,0034	0,0209	0,0246	0,0209		3,1299	<b>0,2161</b>	0,7183	8 057	33,73	9,37	<b>8 932</b>	37,40	10,39	10 433	43,68	12,13	11 566	48,42	13,45	<b>427,75</b>
865	89,2315	3,7368	1,1073	0,1502	0,2534	0,0044	0,0670	0,0555	0,0688	0,0048	4,7379	<b>0,5824</b>	0,7456	8 057	33,73	9,37	<b>8 926</b>	37,37	10,38	10 241	42,88	11,91	11 344	47,50	13,19	<b>419,84</b>

## Продовження Додатку Г

866	97,6988	1,0940	0,3274	0,0513	0,0469		0,0083	0,0077	0,0069		0,6530	<b>0,1057</b>	0,6852	8 056	33,73	9,37	<b>8 935</b>	37,41	10,39	10 681	44,72	12,42	11 847	49,60	13,78	<b>437,96</b>
867	97,8505	0,8957	0,2800	0,0475	0,0562	0,0000	0,0187	0,0151	0,0555		0,6695	<b>0,1113</b>	0,6856	8 056	33,73	9,37	<b>8 935</b>	37,41	10,39	10 679	44,71	12,42	11 844	49,59	13,78	<b>437,83</b>
868	88,0897	3,8499	1,1836	0,1598	0,2785	0,0043	0,0889	0,0792	0,1500	0,0236	3,9096	<b>2,1829</b>	0,7659	8 054	33,72	9,37	<b>8 916</b>	37,33	10,37	10 099	42,28	11,75	11 180	46,81	13,00	<b>414,24</b>
869	97,9717	0,5940	0,3860	0,0951	0,1051	0,0004	0,0197	0,0103	0,0170	0,0058	0,7255	<b>0,0694</b>	0,6854	8 054	33,72	9,37	<b>8 933</b>	37,40	10,39	10 677	44,70	12,42	11 842	49,58	13,77	<b>437,89</b>
870	97,7374	1,0660	0,3141	0,0496	0,0450		0,0080	0,0072	0,0077		0,6590	<b>0,1060</b>	0,6849	8 051	33,71	9,36	<b>8 930</b>	37,39	10,39	10 676	44,70	12,42	11 842	49,58	13,77	<b>438,05</b>
871	97,8249	1,0169	0,3019	0,0486	0,0450	0,0000	0,0098	0,0059	0,0073		0,6383	<b>0,1014</b>	0,6843	8 049	33,70	9,36	<b>8 928</b>	37,38	10,38	10 678	44,71	12,42	11 844	49,59	13,78	<b>438,25</b>
872	97,7730	1,0403	0,3062	0,0488	0,0449	0,0000	0,0102	0,0061	0,0080		0,6596	<b>0,1029</b>	0,6846	8 049	33,70	9,36	<b>8 928</b>	37,38	10,38	10 676	44,70	12,42	11 842	49,58	13,77	<b>438,15</b>
873	97,5654	0,7517	0,3069	0,0989	0,0826	0,0005	0,0492	0,0223	0,0457	0,0051	0,7866	<b>0,2851</b>	0,6897	8 049	33,70	9,36	<b>8 930</b>	37,39	10,39	10 637	44,53	12,37	11 801	49,41	13,73	<b>436,53</b>
874	87,9548	3,8976	1,2196	0,1624	0,2827	0,0038	0,0851	0,0735	0,1332	0,0264	3,9412	<b>2,2197</b>	0,7666	8 049	33,70	9,36	<b>8 909</b>	37,30	10,36	10 091	42,25	11,74	11 168	46,76	12,99	<b>414,05</b>
875	87,3586	5,2590	1,0940	0,1000	0,1460	0,0031	0,0380	0,0330	0,0310	0,0083	1,2900	<b>4,6390</b>	0,7695	8 049	33,70	9,36	<b>8 911</b>	37,31	10,36	10 006	41,89	11,64	11 078	46,38	12,88	<b>413,27</b>
876	98,0690	0,6842	0,2617	0,0502	0,0808	0,0000	0,0282	0,0219	0,0370		0,6347	<b>0,1323</b>	0,6845	8 047	33,69	9,36	<b>8 923</b>	37,36	10,38	10 674	44,69	12,41	11 837	49,56	13,77	<b>438,18</b>
877	97,8201	1,0135	0,2950	0,0470	0,0429	0,0000	0,0098	0,0058	0,0073		0,6585	<b>0,1001</b>	0,6942	8 047	33,69	9,36	<b>8 923</b>	37,36	10,38	10 677	44,70	12,42	11 840	49,57	13,77	<b>435,11</b>
878	98,0129	0,8857	0,2680	0,0499	0,0423	0,0004	0,0144	0,0077	0,0151	0,0050	0,5624	<b>0,1362</b>	0,6835	8 044	33,68	9,356	<b>8 926</b>	37,37	10,381	10 679	44,71	12,42	11 849	49,61	13,78	<b>438,50</b>
879	87,7560	3,8777	1,2190	0,1646	0,2854	0,0043	0,0911	0,0797	0,1504	0,0330	4,0540	<b>2,2848</b>	0,7688	8 042	33,67	9,35	<b>8 902</b>	37,27	10,35	10 066	42,14	11,71	11 142	46,65	12,96	<b>413,46</b>
880	98,3267	0,6001	0,2325	0,0429	0,0690	0,0001	0,0217	0,0184	0,0386	0,0065	0,5101	<b>0,1334</b>	0,6826	8 041	33,67	9,35	<b>8 919</b>	37,34	10,37	10 681	44,72	12,42	11 847	49,60	13,78	<b>438,79</b>
881	98,1583	0,8159	0,2420	0,0406	0,0354	0,0004	0,0094	0,0058	0,0302	0,0051	0,5568	<b>0,1001</b>	0,6824	8 040	33,66	9,35	<b>8 917</b>	37,33	10,37	10 681	44,72	12,42	11 847	49,60	13,78	<b>438,86</b>
882	97,9334	0,9389	0,2738	0,0450	0,0410	0,0000	0,0096	0,0055	0,0085		0,6495	<b>0,0948</b>	0,6834	8 040	33,66	9,35	<b>8 916</b>	37,33	10,37	10 673	44,69	12,41	11 837	49,56	13,77	<b>438,53</b>
883	97,9007	0,9611	0,2789	0,0449	0,0408	0,0000	0,0095	0,0055	0,0072		0,6538	<b>0,0976</b>	0,6836	8 040	33,66	9,35	<b>8 919</b>	37,34	10,37	10 671	44,68	12,41	11 837	49,56	13,77	<b>438,47</b>
884	97,7712	0,5888	0,2528	0,0931	0,0758	0,0003	0,0538	0,0235	0,0727	0,0054	0,7786	<b>0,2840</b>	0,6888	8 040	33,66	9,35	<b>8 921</b>	37,35	10,38	10 631	44,51	12,36	11 797	49,39	13,72	<b>436,81</b>
885	98,2051	0,6502	0,2306	0,0429	0,0638	0,0000	0,0207	0,0154	0,0366	0,0034	0,6202	<b>0,1111</b>	0,6829	8 035	33,64	9,34	<b>8 911</b>	37,31	10,36	10 671	44,68	12,41	11 835	49,55	13,76	<b>438,69</b>
886	98,1706	0,6573	0,2397	0,0453	0,0669		0,0183	0,0198	0,0269		0,6366	<b>0,1186</b>	0,6831	8 032	33,63	9,34	<b>8 909</b>	37,30	10,36	10 668	44,67	12,41	11 832	49,54	13,76	<b>438,63</b>
887	91,7156	3,4703	0,7124	0,0588	0,0924	0,0032	0,0248	0,0284	0,0252		3,5062	<b>0,3627</b>	0,7233	8 031	33,62	9,34	<b>8 902</b>	37,27	10,35	10 363	43,39	12,05	11 487	48,09	13,36	<b>426,27</b>
888	98,3651	0,5192	0,2038	0,0431	0,0717	0,0002	0,0323	0,0292	0,0271	0,0045	0,6025	<b>0,1013</b>	0,6821	8 030	33,62	9,34	<b>8 907</b>	37,29	10,36	10 671	44,68	12,41	11 836	49,55	13,77	<b>438,95</b>
889	98,2108	0,6194	0,2315	0,0436	0,0672	0,0000	0,0223	0,0168	0,0314		0,6368	<b>0,1202</b>	0,6829	8 030	33,62	9,34	<b>8 907</b>	37,29	10,36	10 666	44,66	12,40	11 830	49,53	13,76	<b>438,69</b>
890	98,1072	0,8368	0,2427	0,0391	0,0346		0,0066	0,0056	0,0054		0,6345	<b>0,0875</b>	0,6819	8 028	33,61	9,34	<b>8 904</b>	37,28	10,36	10 670	44,67	12,41	11 835	49,55	13,76	<b>439,02</b>
891	98,2440	0,7796	0,2276	0,0389	0,0345	0,0004	0,0091	0,0046	0,0039	0,0057	0,5585	<b>0,0932</b>	0,6811	8 027	33,61	9,34	<b>8 904</b>	37,28	10,35	10 674	44,69	12,41	11 840	49,57	13,77	<b>439,27</b>
892	98,1984	0,7790	0,2359	0,0374	0,0338	0,0003	0,0080	0,0048	0,0063	0,0045	0,6033	<b>0,0883</b>	0,6813	8 025	33,60	9,33	<b>8 901</b>	37,27	10,35	10 670	44,67	12,41	11 835	49,55	13,76	<b>439,21</b>
893	98,5254	0,3096	0,1398	0,0439	0,0441	0,0015	0,0259	0,0146	0,1190	0,0067	0,6940	<b>0,0755</b>	0,6821	8 023	33,59	9,33	<b>8 899</b>	37,26	10,35	10 661	44,63	12,40	11 825	49,51	13,75	<b>438,95</b>
894	98,1988	0,7757	0,2257	0,0370	0,0331	0,0000	0,0079	0,0042	0,0063		0,6258	<b>0,0855</b>	0,6912	8 023	33,59	9,33	<b>8 897</b>	37,25	10,35	10 670	44,67	12,41	11 832	49,54	13,76	<b>436,05</b>
895	97,9929	0,7655	0,2256	0,0589	0,0376	0,0005	0,0201	0,0075	0,0206	0,0050	0,6281	<b>0,2377</b>	0,6842	8 023	33,59	9,33	<b>8 902</b>	37,27	10,35	10 645	44,57	12,38	11 811	49,45	13,74	<b>438,28</b>
896	98,2592	0,7430	0,2146	0,0351	0,0315	0,0000	0,0075	0,0040	0,0055		0,6171	<b>0,0825</b>	0,6807	8 018	33,57	9,33	<b>8 895</b>	37,24	10,34	10 664	44,65	12,40	11 830	49,53	13,76	<b>439,40</b>
897	98,2926	0,7201	0,2075	0,0335	0,0293		0,0057	0,0045	0,0049		0,6246	<b>0,0773</b>	0,6894	8 016	33,56	9,32	<b>8 890</b>	37,22	10,34	10 667	44,66	12,41	11 830	49,53	13,76	<b>436,62</b>
898	98,3876	0,4184	0,1879	0,0521	0,0576	0,0004	0,0309	0,0197	0,0412	0,0061	0,6688	<b>0,1293</b>	0,6891	8 016	33,56	9,32	<b>8 890</b>	37,22	10,34	10 652	44,60	12,39	11 813	49,46	13,74	<b>436,72</b>
899	98,3100	0,7142	0,2057	0,0328	0,0289		0,0056	0,0045	0,0043		0,6171	<b>0,0769</b>	0,6802	8 013	33,55	9,32	<b>8 890</b>	37,22	10,34	10 664	44,65	12,40	11 830	49,53	13,76	<b>439,56</b>
900	98,2601	0,7186	0,2074	0,0361	0,0296	0,0004	0,0074	0,0041	0,0043	0,0054	0,6462	<b>0,0804</b>	0,6806	8 013	33,55	9,32	<b>8 888</b>	37,21	10,34	10 659	44,63	12,40	11 824	49,51	13,75	<b>439,44</b>
901	91,7978	3,3742	0,6579	0,0563	0,0917	0,0034	0,0247	0,0288	0,0275		3,7075	<b>0,2302</b>	0,7216	8 012	33,55	9,32	<b>8 882</b>	37,19	10,33	10 352	43,34	12,04	11 475	48,04	13,35	<b>426,77</b>
902	98,3175	0,7004	0,1999	0,0322	0,0282		0,0055	0,0043	0,0050		0,6324	<b>0,0746</b>	0,6801	8 011	33,54	9,32	<b>8 887</b>	37,21	10,34	10 661	44,64	12,40	11 828	49,52	13,76	<b>439,60</b>
903	98,5638	0,3090	0,1436	0,0429	0,0440	0,0001	0,0247	0,0142	0,0858	0,0049	0,6714	<b>0,0956</b>	0,6811	8 011	33,54	9,32	<b>8 887</b>	37,21	10,34	10 652	44,60	12,39	11 818	49,48	13,74	<b>439,27</b>
904	98,5060	0,4898	0,1704	0,0323	0,0474		0,0132	0,0148	0,0222	0,0099	0,6054	<b>0,0886</b>	0,6798	8 009	33,53	9,31	<b>8 885</b>	37,20	10,33	10 659	44,63	12,40	11 825	49,51	13,75	<b>439,69</b>
905	98,3945	0,6502	0,1862	0,0311	0,0273	0,0000	0,0068	0,0033	0,0052		0,6191	<b>0,0763</b>	0,6821	8 009	33,53	9,31	<b>8 883</b>	37,19	10,33	10 661	44,64	12,40	11 825	49,51	13,75	<b>438,95</b>

## Продовження Додатку Г

906	98,3574	0,6675	0,1894	0,0323	0,0281	0,0000	0,0073	0,0038	0,0059		0,6312	<b>0,0771</b>	0,6799	8 009	33,53	9,31	<b>8 883</b>	37,19	10,33	10 661	44,64	12,40	11 825	49,51	13,75	<b>439,66</b>
907	91,9728	3,2322	0,6403	0,0622	0,1001	0,0035	0,0267	0,0306	0,0281		3,7606	<b>0,1429</b>	0,7202	8 008	33,53	9,31	<b>8 877</b>	37,17	10,32	10 356	43,36	12,04	11 480	48,07	13,35	<b>427,18</b>
908	98,5267	0,4773	0,1641	0,0313	0,0448		0,0128	0,0142	0,0235		0,6165	<b>0,0888</b>	0,6797	8 006	33,52	9,31	<b>8 880</b>	37,18	10,33	10 659	44,63	12,40	11 823	49,50	13,75	<b>439,73</b>
909	98,1390	0,3728	0,1920	0,0803	0,0657	0,0003	0,0405	0,0184	0,0469	0,0054	0,7649	<b>0,2738</b>	0,6850	8 004	33,51	9,31	<b>8 883</b>	37,19	10,33	10 612	44,43	12,34	11 777	49,31	13,70	<b>438,02</b>
910	87,0323	5,7450	0,8120	0,0690	0,1020	0,0021	0,0270	0,0240	0,0210	0,0086	1,4330	<b>4,7240</b>	0,7607	8 004	33,51	9,31	<b>8 864</b>	37,11	10,31	9 953	41,67	11,58	11 023	46,15	12,82	<b>415,66</b>
911	98,5021	0,5871	0,1671	0,0284	0,0247	0,0000	0,0064	0,0031	0,0046		0,6068	<b>0,0697</b>	0,6787	8 001	33,50	9,31	<b>8 876</b>	37,16	10,32	10 661	44,63	12,40	11 825	49,51	13,75	<b>440,05</b>
912	98,7009	0,5134	0,1434	0,0261	0,0209	0,0002	0,0069	0,0033	0,0028	0,0067	0,5010	<b>0,0744</b>	0,6774	8 000	33,49	9,30	<b>8 875</b>	37,16	10,32	10 667	44,66	12,41	11 833	49,54	13,76	<b>440,47</b>
913	98,4510	0,5930	0,1664	0,0288	0,0243	0,0000	0,0069	0,0033	0,0057	0,0055	0,6427	<b>0,0724</b>	0,6790	7 999	33,49	9,30	<b>8 873</b>	37,15	10,32	10 654	44,61	12,39	11 818	49,48	13,74	<b>439,95</b>
914	98,5404	0,4884	0,1525	0,0353	0,0263	0,0002	0,0109	0,0054	0,0127	0,0043	0,5463	<b>0,1773</b>	0,6795	7 997	33,48	9,30	<b>8 873</b>	37,15	10,32	10 646	44,57	12,38	11 813	49,46	13,74	<b>439,79</b>
915	98,4775	0,5787	0,1626	0,0278	0,0232		0,0053	0,0037	0,0046		0,6456	<b>0,0710</b>	0,6788	7 997	33,48	9,30	<b>8 871</b>	37,14	10,32	10 651	44,59	12,39	11 816	49,47	13,74	<b>440,02</b>
916	98,5109	0,1891	0,0813	0,0604	0,0632	0,0001	0,0579	0,0259	0,0720	0,0054	0,7372	<b>0,1966</b>	0,6825	7 997	33,48	9,30	<b>8 876</b>	37,16	10,32	10 622	44,47	12,35	11 789	49,36	13,71	<b>438,82</b>
917	98,3796	0,2992	0,1458	0,0682	0,0505	0,0002	0,0396	0,0173	0,0494	0,0051	0,7355	<b>0,2096</b>	0,6827	7 997	33,48	9,30	<b>8 876</b>	37,16	10,32	10 620	44,46	12,35	11 787	49,35	13,71	<b>438,76</b>
918	98,5697	0,4728	0,1481	0,0351	0,0259	0,0003	0,0107	0,0051	0,0121	0,0041	0,5415	<b>0,1746</b>	0,6793	7 994	33,47	9,30	<b>8 873</b>	37,15	10,32	10 643	44,56	12,38	11 813	49,46	13,74	<b>439,86</b>
919	98,6646	0,3916	0,1320	0,0272	0,0386	0,0000	0,0152	0,0107	0,0197		0,6215	<b>0,0789</b>	0,6784	7 994	33,47	9,30	<b>8 868</b>	37,13	10,31	10 651	44,59	12,39	11 816	49,47	13,74	<b>440,15</b>
920	98,6780	0,2632	0,1200	0,0397	0,0376	0,0009	0,0230	0,0119	0,0469	0,0070	0,6960	<b>0,0758</b>	0,6852	7 992	33,46	9,29	<b>8 864</b>	37,11	10,31	10 645	44,57	12,38	11 806	49,43	13,73	<b>437,96</b>
921	98,7032	0,2600	0,1181	0,0389	0,0369	0,0010	0,0232	0,0118	0,0424	0,0062	0,6829	<b>0,0754</b>	0,6788	7 989	33,45	9,29	<b>8 864</b>	37,11	10,31	10 642	44,55	12,38	11 806	49,43	13,73	<b>440,02</b>
922	87,1722	3,7436	1,2138	0,1636	0,2843	0,0033	0,0935	0,0879	0,1728	0,0250	4,5469	<b>2,4931</b>	0,7736	7 987	33,44	9,29	<b>8 841</b>	37,01	10,28	9 965	41,72	11,59	11 031	46,19	12,83	<b>412,18</b>
923	98,6742	0,4731	0,1296	0,0221	0,0178		0,0043	0,0027	0,0031		0,6112	<b>0,0619</b>	0,6872	7 987	33,44	9,29	<b>8 859</b>	37,09	10,30	10 653	44,60	12,39	11 816	49,47	13,74	<b>437,32</b>
924	98,6628	0,4034	0,1348	0,0278	0,0334	0,0002	0,0085	0,0036	0,0040	0,0064	0,6277	<b>0,0874</b>	0,6778	7 984	33,43	9,29	<b>8 858</b>	37,08	10,30	10 643	44,56	12,38	11 807	49,44	13,73	<b>440,34</b>
925	98,7894	0,3078	0,1107	0,0258	0,0371	0,0001	0,0175	0,0118	0,0052	0,0055	0,6161	<b>0,0730</b>	0,6772	7 982	33,42	9,28	<b>8 856</b>	37,08	10,30	10 645	44,57	12,38	11 810	49,45	13,74	<b>440,54</b>
926	98,7565	0,4200	0,1142	0,0207	0,0168	0,0000	0,0051	0,0019	0,0036		0,6017	<b>0,0595</b>	0,6766	7 982	33,42	9,28	<b>8 854</b>	37,07	10,30	10 650	44,59	12,39	11 813	49,46	13,74	<b>440,73</b>
927	87,1886	3,7319	1,1967	0,1607	0,2798	0,0033	0,0900	0,0840	0,1760	0,0259	4,5678	<b>2,4953</b>	0,7732	7 980	33,41	9,28	<b>8 833</b>	36,98	10,27	9 959	41,70	11,58	11 024	46,16	12,82	<b>412,28</b>
928	87,1621	3,7488	1,2020	0,1625	0,2847	0,0033	0,0920	0,0862	0,1630	0,0227	4,5626	<b>2,5101</b>	0,7734	7 979	33,41	9,28	<b>8 832</b>	36,98	10,27	9 958	41,69	11,58	11 023	46,15	12,82	<b>412,23</b>
929	87,2259	3,7387	1,2069	0,1630	0,2843	0,0034	0,0916	0,0848	0,1462	0,0198	4,5259	<b>2,5095</b>	0,7726	7 977	33,40	9,28	<b>8 830</b>	36,97	10,27	9 959	41,70	11,58	11 025	46,16	12,82	<b>412,44</b>
930	98,7799	0,4055	0,1082	0,0188	0,0146		0,0038	0,0023	0,0031		0,6068	<b>0,0570</b>	0,6763	7 977	33,40	9,28	<b>8 852</b>	37,06	10,29	10 647	44,58	12,38	11 813	49,46	13,74	<b>440,83</b>
931	87,2108	3,6914	1,1930	0,1664	0,2868	0,0036	0,0974	0,0913	0,1593	0,0234	4,5707	<b>2,5059</b>	0,7732	7 977	33,40	9,28	<b>8 830</b>	36,97	10,27	9 956	41,68	11,58	11 020	46,14	12,82	<b>412,28</b>
932	98,8271	0,3712	0,0975	0,0175	0,0132		0,0038	0,0021	0,0034		0,6091	<b>0,0551</b>	0,6860	7 975	33,39	9,28	<b>8 847</b>	37,04	10,29	10 647	44,58	12,38	11 811	49,45	13,74	<b>437,70</b>
933	99,0518	0,1814	0,0648	0,0286	0,0189	0,0000	0,0153	0,0059	0,0197	0,0055	0,4832	<b>0,1249</b>	0,6758	7 975	33,39	9,28	<b>8 852</b>	37,06	10,29	10 648	44,58	12,38	11 818	49,48	13,74	<b>440,99</b>
934	93,5625	2,6068	0,3176	0,0472	0,0596	0,0077	0,0274	0,0172	0,0607	0,0013	0,1130	<b>3,1790</b>	0,7298	7 975	33,39	9,28	<b>8 840</b>	37,01	10,28	10 246	42,90	11,92	11 357	47,55	13,21	<b>424,36</b>
935	98,9160	0,2973	0,0816	0,0207	0,0129	0,0002	0,0067	0,0030	0,0075	0,0055	0,4900	<b>0,1586</b>	0,6763	7 973	33,38	9,27	<b>8 849</b>	37,05	10,29	10 639	44,54	12,37	11 809	49,44	13,73	<b>440,83</b>
936	98,9160	0,2973	0,0816	0,0207	0,0129	0,0002	0,0067	0,0030	0,0075	0,0055	0,4900	<b>0,1586</b>	0,6763	7 973	33,38	9,27	<b>8 849</b>	37,05	10,29	10 639	44,54	12,37	11 809	49,44	13,73	<b>440,83</b>
937	98,5888	0,3561	0,1045	0,0456	0,0167	0,0003	0,0155	0,0041	0,0137	0,0036	0,6052	<b>0,2459</b>	0,6794	7 973	33,38	9,27	<b>8 849</b>	37,05	10,29	10 615	44,44	12,35	11 782	49,33	13,70	<b>439,82</b>
938	99,0897	0,1773	0,0573	0,0263	0,0156	0,0001	0,0134	0,0048	0,0142	0,0054	0,4643	<b>0,1316</b>	0,6754	7 973	33,38	9,27	<b>8 849</b>	37,05	10,29	10 645	44,57	12,38	11 816	49,47	13,74	<b>441,12</b>
939	87,1722	3,7496	1,2007	0,1615	0,2819	0,0032	0,0901	0,0833	0,1508	0,0259	4,5643	<b>2,5165</b>	0,7729	7 972	33,38	9,27	<b>8 825</b>	36,95	10,26	9 952	41,67	11,57	11 017	46,12	12,81	<b>412,36</b>
940	87,2197	3,7535	1,1896	0,1599	0,2794	0,0032	0,0894	0,0824	0,1461	0,0173	4,5517	<b>2,5078</b>	0,7723	7 971	33,37	9,27	<b>8 824</b>	36,94	10,26	9 954	41,68	11,58	11 019	46,14	12,82	<b>412,52</b>
941	99,1009	0,1732	0,0561	0,0243	0,0145	0,0002	0,0124	0,0044	0,0134	0,0043	0,4844	<b>0,1119</b>	0,6751	7 970	33,37	9,27	<b>8 847</b>	37,04	10,29	10 647	44,58	12,38	11 818	49,48	13,74	<b>441,22</b>
942	87,1981	3,7401	1,1841	0,1584	0,2742	0,0032	0,0877	0,0813	0,1620	0,0274	4,5747	<b>2,5088</b>	0,7727	7 970	33,37	9,27	<b>8 822</b>	36,94	10,26	9 950	41,66	11,57	11 015	46,12	12,81	<b>412,42</b>
943	98,7803	0,1552	0,0420	0,0165	0,0143	0,0000	0,0311	0,0184	0,0726	0,0047	0,7109	<b>0,1540</b>	0,6788	7 970	33,37	9,27	<b>8 847</b>	37,04	10,29	10 617	44,45	12,35	11 785	49,34	13,71	<b>440,02</b>
944	87,2685	3,7251	1,1864	0,1616	0,2808	0,0035	0,0900	0,0823	0,1443	0,0152	4,4976	<b>2,5447</b>	0,7723	7 970	33,37	9,27	<b>8 823</b>	36,94	10,26	9 953	41,67	11,58	11 018	46,13	12,81	<b>412,52</b>
945	87,1957	3,7408	1,1892	0,1594	0,2756	0,0032	0,0869	0,0798	0,1565	0,0226	4,5725	<b>2,5178</b>	0,7726	7 968	33,36	9,27	<b>8 821</b>	36,93	10,26	9 949	41,65	11,57	11 014	46,11	12,81	<b>412,44</b>

## Продовження Додатку Г

946	98,9189	0,3067	0,0789	0,0156	0,0114	0,0000	0,0044	0,0012	0,0038		0,6064	<b>0,0527</b>	0,6753	7968	33,36	9,27	<b>8 840</b>	37,01	10,28	10 642	44,56	12,38	11 806	49,43	13,73	<b>441,16</b>
947	87,2418	3,7276	1,1900	0,1593	0,2762	0,0032	0,0862	0,0785	0,1413	0,0284	4,5701	<b>2,4974</b>	0,7719	7964	33,34	9,26	<b>8 816</b>	36,91	10,25	9 948	41,65	11,57	11 013	46,11	12,81	<b>412,63</b>
948	99,3107	0,1539	0,0309	0,0097	0,0038	0,0001	0,0044	0,0011	0,0001	0,0074	0,4187	<b>0,0592</b>	0,6727	7963	33,34	9,26	<b>8 836</b>	36,99	10,28	10 655	44,61	12,39	11 823	49,50	13,75	<b>442,01</b>
949	99,2357	0,1821	0,0398	0,0094	0,0050	0,0000	0,0013	0,0008	0,0036	0,0066	0,4623	<b>0,0534</b>	0,6731	7963	33,34	9,26	<b>8 836</b>	36,99	10,28	10 652	44,60	12,39	11 819	49,49	13,75	<b>441,88</b>
950	98,9287	0,2182	0,0597	0,0341	0,0095	0,0002	0,0128	0,0032	0,0084	0,0047	0,5759	<b>0,1446</b>	0,6761	7963	33,34	9,26	<b>8 837</b>	37,00	10,28	10 630	44,50	12,36	11 797	49,39	13,72	<b>440,90</b>
951	99,2046	0,1768	0,0403	0,0153	0,0056	0,0001	0,0031	0,0006	0,0021	0,0071	0,4732	<b>0,0712</b>	0,6735	7962	33,33	9,26	<b>8 834</b>	36,99	10,27	10 647	44,58	12,38	11 814	49,46	13,74	<b>441,75</b>
952	93,2718	2,9758	0,3184	0,0261	0,0388	0,0025	0,0099	0,0066	0,0092	0,0103	3,0802	<b>0,2504</b>	0,7096	7962	33,34	9,26	<b>8 826</b>	36,95	10,26	10 374	43,43	12,06	11 499	48,14	13,37	<b>430,36</b>
953	87,2210	3,7504	1,1997	0,1603	0,2768	0,0032	0,0854	0,0776	0,1240	0,0239	4,5628	<b>2,5149</b>	0,7717	7961	33,33	9,26	<b>8 813</b>	36,90	10,25	9 945	41,64	11,57	11 010	46,10	12,80	<b>412,68</b>
954	98,9685	0,2302	0,0632	0,0149	0,0140	0,0000	0,0065	0,0026	0,0081		0,6346	<b>0,0574</b>	0,6751	7961	33,33	9,26	<b>8 833</b>	36,98	10,27	10 634	44,52	12,37	11 799	49,40	13,72	<b>441,22</b>
955	87,2213	3,7082	1,1889	0,1647	0,2841	0,0034	0,0911	0,0836	0,1268	0,0199	4,5840	<b>2,5240</b>	0,7721	7961	33,33	9,26	<b>8 813</b>	36,90	10,25	9 943	41,63	11,56	11 007	46,08	12,80	<b>412,58</b>
956	98,8239	0,2243	0,0611	0,0362	0,0099	0,0003	0,0134	0,0031	0,0114	0,0045	0,5801	<b>0,2318</b>	0,6774	7958	33,32	9,26	<b>8 833</b>	36,98	10,27	10 612	44,43	12,34	11 777	49,31	13,70	<b>440,47</b>
957	99,0311	0,1980	0,0503	0,0129	0,0111	0,0000	0,0058	0,0023	0,0075	0,0066	0,6243	<b>0,0501</b>	0,6745	7958	33,32	9,26	<b>8 830</b>	36,97	10,27	10 634	44,52	12,37	11 799	49,40	13,72	<b>441,42</b>
958	87,5110	3,7221	1,1672	0,1574	0,2709	0,0034	0,0828	0,0737	0,0958	0,0217	4,4371	<b>2,4569</b>	0,7687	7958	33,32	9,26	<b>8 811</b>	36,89	10,25	9 960	41,70	11,58	11 028	46,17	12,83	<b>413,49</b>
959	99,1740	0,1531	0,0354	0,0113	0,0048	0,0000	0,0037	0,0014	0,0042	0,0049	0,4622	<b>0,1450</b>	0,6741	7956	33,31	9,25	<b>8 830</b>	36,97	10,27	10 635	44,53	12,37	11 804	49,42	13,73	<b>441,55</b>
960	87,2748	3,7308	1,1844	0,1578	0,2720	0,0031	0,0844	0,0770	0,1229	0,0272	4,5700	<b>2,4956</b>	0,7711	7956	33,31	9,25	<b>8 808</b>	36,88	10,24	9 944	41,63	11,56	11 008	46,09	12,80	<b>412,84</b>
961	87,2634	3,6982	1,1777	0,1616	0,2782	0,0033	0,0894	0,0819	0,1249	0,0168	4,5804	<b>2,5242</b>	0,7716	7956	33,31	9,25	<b>8 808</b>	36,88	10,24	9 940	41,62	11,56	11 004	46,07	12,80	<b>412,71</b>
962	99,1740	0,1531	0,0354	0,0113	0,0048	0,0000	0,0037	0,0014	0,0042	0,0049	0,4622	<b>0,1450</b>	0,6741	7956	33,31	9,25	<b>8 830</b>	36,97	10,27	10 635	44,53	12,37	11 804	49,42	13,73	<b>441,55</b>
963	99,1591	0,1456	0,0290	0,0088	0,0042	0,0001	0,0034	0,0012	0,0163	0,0056	0,5840	<b>0,0427</b>	0,6736	7955	33,31	9,25	<b>8 827</b>	36,96	10,27	10 637	44,53	12,37	11 803	49,41	13,73	<b>441,71</b>
964	87,2406	3,7047	1,1790	0,1613	0,2768	0,0033	0,0872	0,0792	0,1284	0,0246	4,5849	<b>2,5300</b>	0,7717	7955	33,30	9,25	<b>8 806</b>	36,87	10,24	9 937	41,61	11,56	11 001	46,06	12,79	<b>412,68</b>
965	99,0944	0,1800	0,0427	0,0100	0,0069		0,0034	0,0013	0,0035		0,6100	<b>0,0478</b>	0,6738	7954	33,30	9,25	<b>8 825</b>	36,95	10,26	10 633	44,52	12,37	11 799	49,40	13,72	<b>441,65</b>
966	87,1964	3,7398	1,1879	0,1610	0,2801	0,0034	0,0880	0,0793	0,1154	0,0223	4,5594	<b>2,5670</b>	0,7720	7954	33,30	9,25	<b>8 806</b>	36,87	10,24	9 934	41,59	11,55	10 999	46,05	12,79	<b>412,60</b>
967	87,2265	3,7103	1,1812	0,1611	0,2750	0,0033	0,0849	0,0765	0,1271	0,0236	4,5967	<b>2,5338</b>	0,7717	7952	33,29	9,25	<b>8 803</b>	36,86	10,24	9 935	41,59	11,55	10 998	46,05	12,79	<b>412,68</b>
968	98,7573	0,2217	0,0601	0,0342	0,0094	0,0002	0,0125	0,0030	0,0104	0,0037	0,5671	<b>0,3204</b>	0,6782	7951	33,29	9,25	<b>8 825</b>	36,95	10,26	10 596	44,36	12,32	11 761	49,24	13,68	<b>440,21</b>
969	98,6577	0,2471	0,0677	0,0415	0,0109	0,0001	0,0151	0,0036	0,0135	0,0058	0,6294	<b>0,3076</b>	0,6790	7951	33,29	9,25	<b>8 825</b>	36,95	10,26	10 592	44,34	12,32	11 756	49,22	13,67	<b>439,95</b>
970	87,2889	3,7111	1,1841	0,1610	0,2788	0,0034	0,0872	0,0776	0,1035	0,0174	4,5571	<b>2,5299</b>	0,7709	7951	33,29	9,25	<b>8 801</b>	36,85	10,24	9 938	41,61	11,56	11 001	46,06	12,79	<b>412,90</b>
971	87,2357	3,7323	1,1849	0,1605	0,2767	0,0034	0,0861	0,0767	0,1085	0,0226	4,5614	<b>2,5512</b>	0,7714	7951	33,29	9,25	<b>8 801</b>	36,85	10,24	9 936	41,60	11,56	10 999	46,05	12,79	<b>412,76</b>
972	99,1786	0,1436	0,0291	0,0083	0,0037	0,0001	0,0029	0,0007	0,0025	0,0073	0,5817	<b>0,0415</b>	0,6732	7950	33,29	9,25	<b>8 822</b>	36,93	10,26	10 634	44,52	12,37	11 800	49,40	13,72	<b>441,84</b>
973	99,1812	0,1425	0,0286	0,0081	0,0036	0,0001	0,0031	0,0009	0,0028	0,0074	0,5810	<b>0,0407</b>	0,6732	7950	33,29	9,25	<b>8 822</b>	36,94	10,26	10 635	44,53	12,37	11 800	49,41	13,72	<b>441,84</b>
974	87,2493	3,7419	1,1904	0,1608	0,2774	0,0034	0,0845	0,0750	0,0965	0,0226	4,5263	<b>2,5719</b>	0,7712	7949	33,28	9,24	<b>8 799</b>	36,84	10,23	9 934	41,59	11,55	10 996	46,04	12,79	<b>412,82</b>
975	99,1521	0,1478	0,0292	0,0086	0,0039	0,0000	0,0033	0,0001	0,0027		0,6098	<b>0,0425</b>	0,6733	7949	33,28	9,24	<b>8 821</b>	36,93	10,26	10 631	44,51	12,36	11 797	49,39	13,72	<b>441,81</b>
976	87,2956	3,7122	1,1828	0,1599	0,2766	0,0033	0,0856	0,0761	0,1007	0,0214	4,5407	<b>2,5451</b>	0,7708	7949	33,28	9,24	<b>8 799</b>	36,84	10,23	9 936	41,60	11,56	10 999	46,05	12,79	<b>412,92</b>
977	99,1177	0,1483	0,0307	0,0104	0,0041	0,0001	0,0040	0,0009	0,0050	0,0035	0,6298	<b>0,0455</b>	0,6736	7948	33,28	9,24	<b>8 820</b>	36,93	10,26	10 628	44,50	12,36	11 793	49,38	13,72	<b>441,71</b>
978	87,3050	3,6743	1,1538	0,1574	0,2674	0,0033	0,0847	0,0770	0,1358	0,0264	4,5914	<b>2,5235</b>	0,7711	7948	33,28	9,24	<b>8 799</b>	36,84	10,23	9 933	41,59	11,55	10 997	46,04	12,79	<b>412,84</b>
979	87,2916	3,6898	1,1747	0,1607	0,2754	0,0034	0,0864	0,0785	0,1073	0,0259	4,5870	<b>2,5193</b>	0,7708	7946	33,27	9,24	<b>8 797</b>	36,83	10,23	9 934	41,59	11,55	10 996	46,04	12,79	<b>412,92</b>
980	87,2752	3,6907	1,1787	0,1614	0,2764	0,0033	0,0866	0,0787	0,1052	0,0252	4,5966	<b>2,5220</b>	0,7709	7946	33,27	9,24	<b>8 797</b>	36,83	10,23	9 934	41,59	11,55	10 996	46,04	12,79	<b>412,90</b>
981	87,2872	3,7222	1,1838	0,1612	0,2792	0,0034	0,0862	0,0774	0,0922	0,0207	4,5502	<b>2,5363</b>	0,7707	7946	33,27	9,24	<b>8 799</b>	36,84	10,23	9 933	41,59	11,55	10 999	46,05	12,79	<b>412,95</b>
982	87,2378	3,7184	1,1777	0,1600	0,2728	0,0032	0,0839	0,0757	0,1048	0,0261	4,5981	<b>2,5415</b>	0,7711	7944	33,26	9,24	<b>8 794</b>	36,82	10,23	9 929	41,57	11,55	10 992	46,02	12,78	<b>412,84</b>
983	87,3448	3,6897	1,1656	0,1586	0,2703	0,0032	0,0841	0,0763	0,1067	0,0222	4,5784	<b>2,5001</b>	0,7702	7944	33,26	9,24	<b>8 797</b>	36,83	10,23	9 935	41,60	11,55	11 001	46,06	12,79	<b>413,08</b>
984	87,3190	3,6870	1,1753	0,1606	0,2742	0,0032	0,0848	0,0763	0,0995	0,0237	4,5806	<b>2,5158</b>	0,7704	7944	33,26	9,24	<b>8 794</b>	36,82	10,23	9 933	41,59	11,55	10 996	46,04	12,79	<b>413,03</b>
985	99,0301	0,1519	0,0334	0,0115	0,0049	0,0005	0,0048	0,0011	0,0024	0,0049	0,7087	<b>0,0458</b>	0,6741	7943	33,25	9,24	<b>8 813</b>	36,90	10,25	10 617	44,45	12,35	11 780	49,32	13,70	<b>441,55</b>

## Продовження Додатку Г

986	87,3639	3,7081	1,1748	0,1580	0,2704	0,0033	0,0816	0,0715	0,0897	0,0188	4,5268	<b>2,5331</b>	0,7698	7 942	33,25	9,24	<b>8 792</b>	36,81	10,23	9 935	41,60	11,55	10 999	46,05	12,79	<b>413,19</b>
987	87,2649	3,7045	1,1764	0,1610	0,2745	0,0033	0,0865	0,0772	0,0964	0,0283	4,6038	<b>2,5232</b>	0,7707	7 942	33,25	9,24	<b>8 792</b>	36,81	10,23	9 929	41,57	11,55	10 992	46,02	12,78	<b>412,95</b>
988	87,3315	3,7089	1,1767	0,1584	0,2720	0,0032	0,0823	0,0725	0,0903	0,0165	4,5573	<b>2,5304</b>	0,7700	7 942	33,25	9,24	<b>8 792</b>	36,81	10,23	9 933	41,59	11,55	10 996	46,04	12,79	<b>413,14</b>
989	87,3223	3,6860	1,1706	0,1589	0,2690	0,0032	0,0819	0,0734	0,0970	0,0255	4,5965	<b>2,5157</b>	0,7701	7 939	33,24	9,23	<b>8 790</b>	36,80	10,22	9 928	41,57	11,55	10 992	46,02	12,78	<b>413,11</b>
990	87,2702	3,7352	1,1784	0,1580	0,2704	0,0033	0,0814	0,0705	0,0832	0,0266	4,5791	<b>2,5437</b>	0,7702	7 937	33,23	9,23	<b>8 787</b>	36,79	10,22	9 924	41,55	11,54	10 987	46,00	12,78	<b>413,08</b>
991	99,2681	0,0492	0,0040	0,0007	0,0005	0,0030	0,0017	0,0002	0,0006	0,0074	0,6264	<b>0,0382</b>	0,6723	7 936	33,23	9,23	<b>8 806</b>	36,87	10,24	10 622	44,47	12,35	11 787	49,35	13,71	<b>442,14</b>
992	87,3534	3,6918	1,1647	0,1574	0,2661	0,0032	0,0799	0,0707	0,0869	0,0225	4,5856	<b>2,5178</b>	0,7695	7 934	33,22	9,23	<b>8 785</b>	36,78	10,22	9 926	41,56	11,54	10 989	46,01	12,78	<b>413,27</b>
993	87,3153	3,6979	1,1669	0,1580	0,2674	0,0032	0,0806	0,0712	0,0874	0,0237	4,6149	<b>2,5135</b>	0,7697	7 932	33,21	9,23	<b>8 782</b>	36,77	10,21	9 923	41,55	11,54	10 987	46,00	12,78	<b>413,22</b>
994	98,9559	0,0453	0,0036	0,0002	0,0004	0,0079	0,0017	0,0001	0,0047	0,0100	0,9310	<b>0,0392</b>	0,6740	7 913	33,13	9,20	<b>8 781</b>	36,76	10,21	10 578	44,29	12,30	11 738	49,14	13,65	<b>441,58</b>
995	98,7954	0,0430	0,0029	0,0001	0,0004	0,0018	0,0018	0,0001	0,0029	0,0107	1,1019	<b>0,0390</b>	0,6747	7 897	33,06	9,18	<b>8 763</b>	36,69	10,19	10 552	44,18	12,27	11 709	49,02	13,62	<b>441,35</b>
996	98,2913	0,0369	0,0016	0,0003	0,0005	0,0013	0,0017	0,0001	0,0045	0,0164	1,6067	<b>0,0387</b>	0,6772	7 856	32,89	9,14	<b>8 717</b>	36,50	10,14	10 477	43,87	12,18	11 626	48,68	13,52	<b>440,54</b>
997	97,2504	0,0388	0,0007	0,0051	0,0009	0,0003	0,0002	0,0928	0,1095	0,0159	2,4341	<b>0,0513</b>	0,6867	7 845	32,84	9,12	<b>8 703</b>	36,44	10,12	10 389	43,50	12,08	11 525	48,25	13,40	<b>437,48</b>
998	97,6818	0,0386	0,0002	0,0050	0,0001	0,0001	0,0000	0,0009	0,0001	0,0042	2,2134	<b>0,0556</b>	0,6802	7 806	32,68	9,08	<b>8 662</b>	36,27	10,07	10 387	43,49	12,08	11 526	48,26	13,41	<b>439,56</b>
999	97,5719	0,0479	0,0001	0,0000	0,0002	0,0001	0,0043	0,0050	0,0001	0,0171	2,3087	<b>0,0446</b>	0,6808	7 800	32,66	9,07	<b>8 655</b>	36,24	10,07	10 374	43,44	12,07	11 512	48,20	13,39	<b>439,37</b>
1000	97,6187	0,0229	0,0003	0,0003	0,0001	0,0027	0,0017	0,0001	0,0035	0,0094	2,2985	<b>0,0418</b>	0,6805	7 800	32,66	9,07	<b>8 655</b>	36,24	10,07	10 377	43,45	12,07	11 515	48,21	13,39	<b>439,47</b>
1001	97,5907	0,0229	0,0006	0,0002	0,0001	0,0017	0,0019	0,0002	0,0027	0,0124	2,3248	<b>0,0418</b>	0,6806	7 797	32,65	9,07	<b>8 652</b>	36,23	10,06	10 372	43,43	12,06	11 510	48,19	13,39	<b>439,44</b>
1002	97,5412	0,0253	0,0001	0,0005	0,0003	0,0011	0,0018	0,0000	0,0091	0,0180	2,3638	<b>0,0388</b>	0,6810	7 796	32,64	9,07	<b>8 651</b>	36,22	10,06	10 368	43,41	12,06	11 504	48,17	13,38	<b>439,31</b>
1003	97,5268	0,0236	0,0006	0,0006	0,0007	0,0030	0,0029	0,0008	0,0081	0,0184	2,3721	<b>0,0424</b>	0,6812	7 796	32,64	9,07	<b>8 650</b>	36,22	10,06	10 366	43,40	12,06	11 503	48,16	13,38	<b>439,24</b>
1004	97,3623	0,0389	0,0002	0,0049	0,0001	0,0001	0,0001	0,0177	0,0227	0,0135	2,4884	<b>0,0511</b>	0,6827	7 795	32,64	9,07	<b>8 649</b>	36,21	10,06	10 354	43,35	12,04	11 489	48,10	13,36	<b>438,76</b>
1005	97,5299	0,0281	0,0002	0,0003	0,0002	0,0065	0,0018	0,0001	0,0023	0,0134	2,4091	<b>0,0081</b>	0,6808	7 794	32,63	9,06	<b>8 649</b>	36,21	10,06	10 367	43,41	12,06	11 504	48,17	13,38	<b>439,37</b>
1006	97,5370	0,0237	0,0005	0,0002	0,0004	0,0019	0,0020	0,0005	0,0039	0,0147	2,3735	<b>0,0417</b>	0,6809	7 794	32,63	9,06	<b>8 648</b>	36,21	10,06	10 365	43,40	12,05	11 502	48,16	13,38	<b>439,34</b>
1007	97,3030	0,0395	0,0001	0,0050	0,0001	0,0001	0,0001	0,0228	0,0267	0,0191	2,5349	<b>0,0486</b>	0,6831	7 793	32,63	9,06	<b>8 647</b>	36,21	10,06	10 348	43,33	12,04	11 482	48,07	13,35	<b>438,63</b>
1008	97,4927	0,0266	0,0010	0,0010	0,0002	0,0030	0,0018	0,0001	0,0062	0,0186	2,4073	<b>0,0415</b>	0,6813	7 792	32,62	9,06	<b>8 646</b>	36,20	10,06	10 361	43,38	12,05	11 497	48,13	13,37	<b>439,21</b>
1009	97,4829	0,0258	0,0005	0,0004	0,0002	0,0022	0,0020	0,0002	0,0065	0,0159	2,4291	<b>0,0343</b>	0,6812	7 791	32,62	9,06	<b>8 645</b>	36,20	10,05	10 359	43,37	12,05	11 495	48,13	13,37	<b>439,24</b>
1010	97,4964	0,0241	0,0003	0,0002	0,0003	0,0024	0,0021	0,0003	0,0060	0,0204	2,4051	<b>0,0424</b>	0,6812	7 791	32,62	9,06	<b>8 646</b>	36,20	10,06	10 360	43,38	12,05	11 496	48,13	13,37	<b>439,24</b>
1011	97,4711	0,0259	0,0008	0,0004	0,0004	0,0014	0,0019	0,0002	0,0068	0,0175	2,4337	<b>0,0399</b>	0,6813	7 790	32,61	9,06	<b>8 644</b>	36,19	10,05	10 357	43,36	12,05	11 493	48,12	13,37	<b>439,21</b>
1012	97,3892	0,0389	0,0006	0,0050	0,0002	0,0001	0,0001	0,0100	0,0116	0,0177	2,4710	<b>0,0556</b>	0,6821	7 790	32,62	9,06	<b>8 644</b>	36,19	10,05	10 352	43,34	12,04	11 486	48,09	13,36	<b>438,95</b>
1013	97,4600	0,0270	0,0013	0,0002	0,0002	0,0018	0,0019	0,0001	0,0089	0,0153	2,4466	<b>0,0367</b>	0,6814	7 790	32,61	9,06	<b>8 644</b>	36,19	10,05	10 357	43,36	12,04	11 492	48,12	13,37	<b>439,18</b>
1014	97,4735	0,0248	0,0006	0,0004	0,0003	0,0030	0,0023	0,0004	0,0036	0,0168	2,4416	<b>0,0327</b>	0,6812	7 789	32,61	9,06	<b>8 643</b>	36,19	10,05	10 357	43,36	12,05	11 493	48,12	13,37	<b>439,24</b>
1015	97,4460	0,0274	0,0002	0,0001	0,0003	0,0020	0,0019	0,0004	0,0102	0,0188	2,4541	<b>0,0386</b>	0,6815	7 789	32,61	9,06	<b>8 643</b>	36,19	10,05	10 355	43,35	12,04	11 490	48,11	13,36	<b>439,15</b>
1016	97,4712	0,0384	0,0003	0,0050	0,0001	0,0002	0,0000	0,0009	0,0001	0,0138	2,4349	<b>0,0351</b>	0,6811	7 789	32,61	9,06	<b>8 643</b>	36,19	10,05	10 358	43,37	12,05	11 494	48,12	13,37	<b>439,27</b>
1017	97,4615	0,0386	0,0004	0,0050	0,0001	0,0002	0,0001	0,0010	0,0002	0,0136	2,4661	<b>0,0132</b>	0,6811	7 789	32,61	9,06	<b>8 643</b>	36,19	10,05	10 358	43,37	12,05	11 493	48,12	13,37	<b>439,27</b>
1018	97,4627	0,0253	0,0002	0,0004	0,0003	0,0010	0,0017	0,0001	0,0048	0,0189	2,4443	<b>0,0403</b>	0,6813	7 788	32,61	9,06	<b>8 642</b>	36,18	10,05	10 355	43,35	12,04	11 490	48,11	13,36	<b>439,21</b>
1019	97,4608	0,0258	0,0003	0,0004	0,0005	0,0020	0,0017	0,0003	0,0033	0,0177	2,4466	<b>0,0406</b>	0,6813	7 788	32,61	9,06	<b>8 642</b>	36,18	10,05	10 354	43,35	12,04	11 490	48,11	13,36	<b>439,21</b>
1020	97,4604	0,0260	0,0003	0,0003	0,0004	0,0017	0,0019	0,0001	0,0038	0,0177	2,4459	<b>0,0415</b>	0,6813	7 788	32,61	9,06	<b>8 642</b>	36,18	10,05	10 355	43,35	12,04	11 490	48,11	13,36	<b>439,21</b>
1021	97,4509	0,0253	0,0002	0,0004	0,0004	0,0037	0,0018	0,0002	0,0032	0,0181	2,4555	<b>0,0403</b>	0,6814	7 787	32,60	9,06	<b>8 641</b>	36,18	10,05	10 353	43,35	12,04	11 489	48,10	13,36	<b>439,18</b>
1022	97,4458	0,0260	0,0004	0,0003	0,0001	0,0026	0,0018	0,0001	0,0042	0,0173	2,4609	<b>0,0405</b>	0,6814	7 787	32,60	9,06	<b>8 641</b>	36,18	10,05	10 353	43,34	12,04	11 488	48,10	13,36	<b>439,18</b>
1023	97,4500	0,0256	0,0004	0,0006	0,0004	0,0018	0,0019	0,0002	0,0033	0,0177	2,4574	<b>0,0407</b>	0,6814	7 787	32,60	9,06	<b>8 641</b>	36,18	10,05	10 353	43,35	12,04	11 488	48,10	13,36	<b>439,18</b>
1024	97,4583	0,0258	0,0002	0,0002	0,0003	0,0025	0,0018	0,0002	0,0032	0,0179	2,4490	<b>0,0406</b>	0,6813	7 787	32,60	9,06	<b>8 641</b>	36,18	10,05	10 354	43,35	12,04	11 490	48,10	13,36	<b>439,21</b>
1025	97,4439	0,0260	0,0004	0,0002	0,0005	0,0026	0,0017	0,0001	0,0023	0,0170	2,4653	<b>0,0400</b>	0,6814	7 786	32,60	9,06	<b>8 640</b>	36,17	10,05	10 352	43,34	12,04	11 487	48,09	13,36	<b>439,18</b>

## Продовження Додатку Г

<b>1026</b>	97,4191	0,0271	0,0003	0,0010	0,0009	0,0028	0,0020	0,0004	0,0062	0,0188	2,4789	<b>0,0425</b>	0,6816	7 786	32,60	9,06	<b>8 640</b>	36,17	10,05	10 350	43,33	12,04	11 485	48,09	13,36	<b>439,11</b>
<b>1027</b>	97,4488	0,0256	0,0003	0,0001	0,0002	0,0019	0,0017	0,0001	0,0021	0,0196	2,4588	<b>0,0408</b>	0,6813	7 786	32,60	9,06	<b>8 640</b>	36,17	10,05	10 352	43,34	12,04	11 487	48,10	13,36	<b>439,21</b>
<b>1028</b>	97,4139	0,0385	0,0003	0,0050	0,0001	0,0002	0,0000	0,0009	0,0001	0,0189	2,4747	<b>0,0474</b>	0,6815	7 785	32,59	9,05	<b>8 638</b>	36,17	10,05	10 349	43,33	12,04	11 484	48,08	13,36	<b>439,15</b>
<b>1029</b>	97,4173	0,0262	0,0001	0,0004	0,0001	0,0017	0,0018	0,0002	0,0063	0,0188	2,4861	<b>0,0410</b>	0,6816	7 785	32,59	9,05	<b>8 639</b>	36,17	10,05	10 349	43,33	12,04	11 484	48,08	13,36	<b>439,11</b>
<b>1030</b>	97,4173	0,0381	0,0002	0,0050	0,0001	0,0002	0,0000	0,0009	0,0001	0,0138	2,4704	<b>0,0539</b>	0,6815	7 785	32,59	9,05	<b>8 639</b>	36,17	10,05	10 349	43,33	12,04	11 484	48,08	13,36	<b>439,15</b>
<b>1031</b>	97,4122	0,0391	0,0005	0,0050	0,0002	0,0002	0,0001	0,0010	0,0002	0,0153	2,4731	<b>0,0531</b>	0,6816	7 785	32,59	9,05	<b>8 638</b>	36,17	10,05	10 349	43,33	12,04	11 483	48,08	13,36	<b>439,11</b>
<b>1032</b>	97,4081	0,0397	0,0002	0,0050	0,0001	0,0002	0,0000	0,0010	0,0001	0,0119	2,4695	<b>0,0642</b>	0,6816	7 784	32,59	9,05	<b>8 638</b>	36,17	10,05	10 347	43,32	12,03	11 482	48,07	13,35	<b>439,11</b>
<b>1033</b>	97,3972	0,0401	0,0009	0,0050	0,0003	0,0002	0,0001	0,0010	0,0001	0,0173	2,4841	<b>0,0537</b>	0,6817	7 784	32,59	9,05	<b>8 637</b>	36,16	10,05	10 347	43,32	12,03	11 481	48,07	13,35	<b>439,08</b>
<b>1034</b>	97,4014	0,0395	0,0005	0,0050	0,0002	0,0001	0,0001	0,0010	0,0002	0,0176	2,4948	<b>0,0396</b>	0,6815	7 784	32,59	9,05	<b>8 637</b>	36,16	10,05	10 348	43,32	12,03	11 483	48,08	13,35	<b>439,15</b>
<b>1035</b>	97,3970	0,0268	0,0003	0,0009	0,0005	0,0017	0,0019	0,0001	0,0053	0,0220	2,5020	<b>0,0415</b>	0,6817	7 783	32,59	9,05	<b>8 637</b>	36,16	10,04	10 346	43,32	12,03	11 481	48,07	13,35	<b>439,08</b>
<b>1036</b>	97,3949	0,0395	0,0005	0,0050	0,0002	0,0002	0,0000	0,0009	0,0001	0,0149	2,4950	<b>0,0488</b>	0,6816	7 783	32,59	9,05	<b>8 637</b>	36,16	10,04	10 346	43,32	12,03	11 481	48,07	13,35	<b>439,11</b>
<b>1037</b>	97,3861	0,0382	0,0002	0,0049	0,0001	0,0002	0,0000	0,0009	0,0001	0,0176	2,5001	<b>0,0516</b>	0,6817	7 782	32,58	9,05	<b>8 636</b>	36,16	10,04	10 345	43,31	12,03	11 479	48,06	13,35	<b>439,08</b>
<b>1038</b>	97,3036	0,0390	0,0002	0,0050	0,0001	0,0002	0,0000	0,0009	0,0000	0,0233	2,5563	<b>0,0713</b>	0,6822	7 776	32,56	9,04	<b>8 629</b>	36,13	10,04	10 332	43,26	12,02	11 465	48,00	13,33	<b>438,92</b>
<b>1039</b>	97,3992	0,0292	0,0025	0,0015	0,0022	0,0011	0,0023	0,0014	0,0022	0,0231	2,4939	<b>0,0414</b>	0,6795	7 760	32,49	9,02	<b>8 615</b>	36,07	10,02	10 315	43,19	12,00	11 451	47,94	13,32	<b>439,79</b>
<b>1040</b>	97,3992	0,0292	0,0025	0,0015	0,0022	0,0011	0,0023	0,0014	0,0022	0,0231	2,4939	<b>0,0414</b>	0,6795	7 760	32,49	9,02	<b>8 615</b>	36,07	10,02	10 315	43,19	12,00	11 451	47,94	13,32	<b>439,79</b>

**ДОДАТОК Д**

**Лист про проведення випробувань приладу  
GAS-Hi-Q на об'єктах Богородчанського ЛВУМГ**



Публічне  
акціонерне товариство  
"УКРТРАНСГАЗ"



Public  
Joint-Stock Company  
"UKRTRANS-GAZ"

Філія Управління магістральних  
газопроводів

"ПРИКАРПАТТРАНСГАЗ"

Україна, 76018, м. Івано-Франківськ,  
вул. Незалежності, 48  
тел. факс: (0342) 75-09-23, 55-90-88  
e-mail: p-office@utg.ua



Main Pipeline  
Division  
PRYKARPATTRANS-GAZ

48, Nezalezhnomy str.  
Ivano-Frankivsk, Ukraine, 76018  
tel. fax: (0342) 75-09-23, 55-90-88  
e-mail: p-office@utg.ua

№ \_\_\_\_\_  
на № \_\_\_\_\_

Щодо продовження випробувань  
приладу «GAS-Hi-Q»

Начальнику  
Богородчанського ЛВУМГ  
п. Р.М. Юськіву

У відповідності до листа ПАТ «УКРТРАНСГАЗ» за №1001ВН-17-3943 від 06.12.2017 року щодо продовження випробувань приладу «GAS-Hi-Q» для контролю теплоти згорання природного газу в рамках етапу №3 за договором №1611000598 від 14.11.2016 року між ПАТ «УКРТРАНСГАЗ» та «Івано-Франківським національним технічним університетом нафти і газу», прошу надати дозвіл на проведення робіт з випробувань приладу «GAS-Hi-Q» на об'єктах Богородчанського ЛВУМГ на протязі грудня місяця 2017 року та допустити спільно з представниками філії УМГ «ПРИКАРПАТТРАНСГАЗ» наступних представників ІФНТУНГ:

1. Карпаша Максима Олеговича - проректора з науково-педагогічної роботи;
2. Райтера Петра Миколайовича - зав.кафедрою енергетичного менеджменту та технічної діагностики;
3. Рибіцького Ігора Володимировича - доцента кафедри енергетичного менеджменту та технічної діагностики;
4. Яворського Андрія Вікторовича - доцента енергетичного менеджменту та технічної діагностики;
5. Попович Ольгу Василівну - старшого наукового співробітника НДІ нафтогазової енергетики і екології;
6. Дойчика Валерія Миколайовича - старшого наукового співробітника НДІ нафтогазової енергетики і екології.

Заступник директора

Кісіль О.І. 88 2364

UB  
ПАТ УКРТРАНСГАЗ  
2601ВН-17-1620 від 14.12.2017

Р.Я. Пилипів



УКРАЇНА

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ІВАНО-ФРАНКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ НАФТИ І ГАЗУ

76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15;  
тел. (380) 03422 4-22-64, 4-24-53, факс (380) 03422 4-21-39; e-mail: public@nung.edu.ua

29.08.2017 № 110-37-62/37

на № \_\_\_\_\_ від \_\_\_\_\_

Щодо проведення випробувань приладу

Головному інженерові  
ПАТ «УКРТРАНСГАЗ»  
п. Зябченку Ю.Д.

Кловський узвіз, 9/1, м.Київ, 01021

**Шановний Юрію Дмитровичу!**

Календарним планом в рамках етапу №2 відповідно до договору № 1611000598 від 14.11.2016р на виконання науково-дослідної роботи «Послуги щодо наукового досліджування та експериментального розроблення у сфері техніки та технологій, крім біотехнологій (Проектування та виконання НДР) Виготовлення та промислова апробація портативного приладу експрес контролю теплоти згоряння природного газу» передбачено проведення випробування згаданого приладу.

Просимо Вас надати кандидатури та направити представників ПАТ «УКРТРАНСГАЗ» (УМГ «ПРИКАРПАТТРАНСГАЗ») для участі в робочій групі з випробування приладу.

Випробування пропонується провести за погодженням із фахівцями Вашого підприємства у період з 25 по 29 вересня 2017 відповідно до погодженої програми на базі ІФНТУНГ із залученням представників ПАТ «УКРТРАНСГАЗ».

**З повагою,**  
проректор з наукової роботи

Карнаш О.М.

**ДОДАТОК Е**  
**СОУ. МЕТРОЛОГІЯ. ПРИРОДНИЙ ГАЗ. ВИМІРЮВАННЯ НИЖЧОЇ**  
**ТЕПЛОТИ ЗГОРЯННЯ КОРЕЛЯЦІЙНИМ МЕТОДОМ**

СОУ 49.5-30019801-137:2017

**СТАНДАРТ ОРГАНІЗАЦІЇ УКРАЇНИ**

---

ПАТ "УКРТРАНСГАЗ", Київ, 19/04/2018, 11:42:10, UA-Ukraine.com, онлайн

**Метрологія. Природний газ****ВИМІРЮВАННЯ НИЖЧОЇ ТЕПЛОТИ ЗГОРЯННЯ КОРЕЛЯЦІЙНИМ  
МЕТОДОМ****Київ****ПАТ "УКРТРАНСГАЗ"****2017**

COY 49.5-30019801-137:2017

## ПЕРЕДМОВА

### 1 РОЗРОБЛЕНО

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

### РОЗРОБНИКИ:

**М. Карпаш** (керівник розробки); **О. Карпаш**, докт. техн. наук, **П. Райгер**, докт. техн. наук, **О. Попович**, канд. техн. наук; **А.Яворський**, канд. техн. наук;  
**І. Рибіський**, канд. техн. наук, **М. Болховітін**

### 2 ВНЕСЕНО:

Науково-технічне управління ПАТ "УКРТРАНГАЗ"

### 3 ПРИЙНЯТО ТА НАДАНО ЧИННОСТІ:

наказом ПАТ "УКРТРАНГАЗ" від 28.12.2017 № 906

### 4 ВВЕДЕНО ВПЕРШЕ

---

Право власності на цей документ належить ПАТ "УКРТРАНГАЗ".  
Відтворювати, тиражувати і розповсюджувати його повністю чи частково на  
будь-яких носіях інформації без дозволу ПАТ "УКРТРАНГАЗ" заборонено\*).

\*) Філії ПАТ "УКРТРАНГАЗ", а також окремі структурні підрозділи ПАТ "УКРТРАНГАЗ" мають право копіювати стандарт для власних потреб, за умови його нерозповсюдження за межі системи ПАТ "УКРТРАНГАЗ".

ПАТ "УКРТРАНГАЗ", 2017

СОУ 49.5-30019801-137:2017

## ЗМІСТ

	С.
1 Сфера застосування.....	1
2 Нормативні посилання.....	2
3 Терміни та визначення понять.....	4
4 Позначки та скорочення.....	4
5 Загальні положення.....	4
6 Засоби вимірювальної техніки, обладнання та матеріали.....	5
7 Умови вимірювань.....	6
8 Методика виконання вимірювань.....	7
9 Калібрування.....	13
10 Перевіряння правильності вимірювань.....	14
11 Точність вимірювань.....	15
12 Методи та засоби повірки.....	16
13 Вимоги до охорони праці та організація виконання робіт при проведенні вимірювання теплоти згорання кореляційним методом.....	19
Додаток А Форма протоколу оформлення результатів вимірювання теплоти згорання природного газу кореляційним методом.....	21
Додаток Б Форма картки засобу вимірювальної техніки.....	23
Додаток В Форма протоколу калібрування приладу для вимірювання теплоти згорання природного газу.....	24
Додаток Г Бібліографія.....	26

ПАТ "УКРПРАНСГАС", Київ, 19.04.2018, 14:42:09, 1482.YUN-PM, 285



---

**Метрологія. Природний газ**  
**ВИМІРЮВАННЯ НИЖЧОЇ ТЕПЛОТИ ЗГОРЯННЯ КОРЕЛЯЦІЙНИМ**  
**МЕТОДОМ**

Gas metering units Metrology. Natural gas  
MEASUREMENT OF THE LOWER HEAT OF COMBUSTION BY THE  
CORRELATION METHOD

---

Чинний від 2017-12-29

### **1 СФЕРА ЗАСТОСУВАННЯ**

1.1 Цей стандарт установлює методику вимірювання об'ємної теплоти згоряння природного газу (далі газ) кореляційним методом, який не вимагає вимірювання складу газу, або обчислень, що ґрунтуються на складі газу для використання у вимірвальних хіміко-аналітичних лабораторіях, діагностичних лабораторіях і підрозділах метрологічної служби ПАТ "УКРТРАНСПАЗ", що контролюють і використовують у своїй виробничій діяльності фізико-хімічні показники якості газу.

1.2 Цей стандарт може бути використаний для вимірювання нижчої теплоти згоряння газу, де використовуються такі інформативні параметри, як швидкість поширення ультразвуку в пробі газу, молярна частка діоксиду вуглецю в газі (не більше 2%), температура газу, надлишковий тиск та вологість відібраної проби. Робочий діапазон для нижчої теплоти згоряння міститься між 31,81 МДж/м<sup>3</sup> (7600 ккал/м<sup>3</sup>) і 37,68 МДж/м<sup>3</sup> (9000 ккал/м<sup>3</sup>) за стандартних умов, що визначається при температурі 20 °С та тиску 101,325 кПа (див. ISO 13443).

COU 49.5-30019801-137:2017

## 2 НОРМАТИВНІ ПОСИЛАННЯ

У цьому стандарті є посилання на такі нормативні документи:

ДСТУ-Н РМГ 60:2014 Метрологія. Суміші атестовані. Загальні вимоги щодо розроблення

ДСТУ ISO 6142-1:2017 Аналіз газів. Приготування калібрувальних газових сумішей. Частина 1. Гравіметричний метод для сумішей класу I

ДСТУ ISO 6976:2009 Природний газ. Обчислення теплоти згоряння, густини, відносної густини і числа Воббе на основі компонентного складу

ДСТУ ISO 10715:2009 Природний газ. Настанови щодо відбирання проб

ДСТУ ISO 13443:2015 Природний газ. Стандартні умови

ДСТУ ISO 14001:2015 Система екологічного управління. Вимоги та настанови щодо застосування (ISO 14001:2015, IDT)

ДСТУ ISO 15112:2009 Природний газ. Вимірювання енергії

ДСТУ ISO 15971:2014 Природний газ. Вимірювання властивостей. Теплота згоряння та число Воббе

ДСТУ OIML R 140:2014 Вимірювальні системи для газоподібного палива

ГОСТ 13109-97 Електрична енергія. Сумісність технічних засобів електромагнітна. Норми якості електричної енергії в системах електропостачання загального призначення.

МБУ 045/05-2011 Метрологія. Природний газ. Методика виконання вимірювань компонентного складу із застосуванням хроматографів «Кристалл» та обчислення густини, теплоти згоряння і числа Воббе

МБУ 049/05-2012 (МБУ 06-063:2011) Метрологія. Природний газ. Методика виконання вимірювань компонентного складу із застосуванням хроматографів HP/AC 6890 та обчислення густини, теплоти згоряння і числа Воббе

ПЛАТ "УКРПРАНСГАС", Київ, 19.04.2018, U-KRYUN-AM, м. Київ



СОУ 49.5-30019801-137:2017

НПАОП 0.00-4.01-08 Положення про порядок забезпечення працівників спеціальним одягом, спеціальним взуттям та іншими засобами індивідуального захисту

НПАОП 11.1-1.01-08 Правила безпеки в нафтогазодобувній промисловості України

НПАОП 40.1-1.32-01 (ДНАОП 0.00-1.32-01) Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок

НПАОП 73.1-1.11-12 Правила охорони праці під час роботи в хімічних лабораторіях

НАПБ А.01.001-2014 Правила пожежної безпеки в Україні

СОУ 49.5-30019801-121:2014 Охорона праці. Порядок допуску працівників сторонніх організацій до виконання робіт (завдань) на об'єктах ПАТ «УКРТРАНСГАЗ»

СОУ 60.3-30019801-091:2011 Охорона праці. Наряди-допуски на роботи з підвищеною небезпекою. Порядок оформлення, видачі та обліку

Використовуючи цей стандарт доцільно перевіряти чинність нормативних документів, на які є посилання, наведених у цьому розділі, наприклад, за допомогою електронного фонду нормативних документів (системи Hammer).

Якщо:

- нормативний документ, на який є посилання, замінено новим – треба застосовувати новий нормативний документ;
- у нормативний документ, на який є посилання, унесено зміни - треба застосовувати нормативний документ з урахуванням змін до нього;
- нормативний документ, на який є посилання, скасовано без заміни – положення стандарту, де на нього посилаються, застосовують за винятком наданого посилання.

СОУ 49.5-30019801-137:2017

### 3 ТЕРМІНИ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ПОНЯТЬ

У цьому стандарті використані терміни згідно з:

– Законом України "Про метрологію та метрологічну діяльність": засоби вимірювальної техніки, еталон, калібрування, повірка засобів вимірювальної техніки;

– ДСТУ ISO 9000: якість;

– ДСТУ ISO 6976: відтворваність;

– ДСТУ ISO 15971: збіжність, невизначеність, перевіряння, правильність, прецизійність, точність.

Нижче подано термін, додатково вжитий в цьому стандарті, та визначення позначених ним понять:

#### 3.1 випробування

Вимірювання кількісних та якісних характеристик об'єкта випробувань

### 4 ПОЗНАКИ ТА СКОРОЧЕННЯ

У цьому стандарті подані такі скорочення:

ЗВТ – засіб вимірювальної техніки

ПГ – природний газ

ПК – персональний комп'ютер

ТЗПГ – теплота згоряння природного газу

### 5 ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

5.1 Природний газ (ПГ), що призначений для промислового та комунально-побутового використання, підлягає періодичному контролю якості. Одним з показників якості ПГ є теплота згоряння природного газу (ТЗПГ).

СОУ 49.5-30019801-137:2017

5.2 Вимірювання ТЗП здійснюється опосередкованим вимірюванням. Під час опосередкованого вимірювання використовують співвідношення однієї або кількох фізичних властивостей і теплоти згоряння газу.

5.3 Для вимірювання ТЗП необхідно використовувати вимірвальні прилади, що належать до класу 1, класу 2 або класу 3 (відповідно до ДСТУ ISO 15971), що вимірюють об'ємну ТЗП кореляційним методом.

5.4 Оцінювання відповідності ЗВТ для проведення експрес контролю ТЗП повинне проводитись відповідно до Розділу 5 ДСТУ ISO 15971, ДСТУ OIML R 140.

## 6 ЗАСОБИ ВИМІРВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ, ОБЛАДНАННЯ ТА МАТЕРІАЛИ

Для вимірювання низької теплоти згоряння кореляційним методом використовується:

- вимірвальний прилад для вимірювання ТЗП кореляційним методом з вмонтованим датчиком вимірювання об'ємної частки CO<sub>2</sub> типу Gas-Hi-Q (або аналогічний); діапазон вимірювання ТЗП від 31,81 МДж/м<sup>3</sup> (7600 ккал/м<sup>3</sup>) до 37,68 МДж/м<sup>3</sup> (9000 ккал/м<sup>3</sup>) з точністю в межах від 0,1 МДж/м<sup>3</sup> до 0,5 МДж/м<sup>3</sup> (23 ккал/м<sup>3</sup> - 119 ккал/м<sup>3</sup>) за умови, що об'ємна частка CO<sub>2</sub> у газі не перевищує 2%;
- манометр для вимірювання надлишкового тиску типу ДМ 05-МП-3У (або аналогічний) з верхньою межею вимірювання 1,6 МПа і класом точності 1.5;
- гігрометр психрометричний ВИТ-1 (діапазон вимірювання температури від 0 °С до 50 °С, похибка вимірювання ±0,2°С, діапазон вимірювання вологості від 10 до 100 %) або аналогічний;
- барометр БАММ-1 (діапазон вимірювання тиску від 80 до 106 кПа (600-800 мм.рт.ст.), похибка ±0,2 кПа) або аналогічний;



СОУ 49.5-30019801-137:2017

- пробовідбірники високого тиску БМП2-с-(1,2)-1-20 і БМП2-с-(1,2)-4-20 об'ємом 1 л, 2 л і 4 л відповідно, або аналогічний пробовідбірник, який призначений для відбирання проб природного газу;
- редуктор високого тиску, з регулятором тиску обладнаний вхідним і вихідним контрольними манометрами і вихідним штуцером з різьбою G1/2" зовнішня (права) або відповідним перехідником з різьбою G1/2";
- ємність з водою об'ємом 300 мл для створення гідрозасуву;
- проби газу відібрані відповідно до ДСТУ ISO 10715 або інших чинних НД або робочі еталонні суміші приготовлені відповідно до ДСТУ-Н РМГ 60;
- калібрувальні газові суміші, приготовлені відповідно до ДСТУ ISO 6142-1.

ПАТ "ЮЛІЯ-АНАСТАС", Харків, 19.04.2016, 0442.YULIA-AM, чернові

## 7 УМОВИ ВИМІРЮВАНЬ

7.1 При виконанні вимірювань необхідно дотримуватись вимог технічної і санітарно-гігієнічної безпеки, відповідно до НПАОП 73.1-1.11-12.

7.2 Вимірювання повинні виконуватись за таких умов:

- тиск природного газу, при якому пробу подають у прилад має складати не більше 1,6 МПа;
- температура навколишнього середовища від 288 К до 308 К (від 15°C до 35°C);
- атмосферний тиск від 84,0 кПа до 106,7 кПа (від 630 мм рт. ст. до 800 мм рт. ст.);
- відносна вологість повітря не перевищує 80 %;
- напруга змінного струму, що живить апаратуру, від 187 В до 242 В;
- частота змінного струму, що живить апаратуру, (50±1) Гц.

## 8 МЕТОДИКА ВИКОНАННЯ ВИМІРЮВАНЬ

### 8.1 Відбір проб природного газу для проведення вимірювань

8.1.1 Відбір проб ПГ виконують відповідно до ДСТУ ISO 10715 або інших чинних НД.

8.1.2 Проби природного газу відбираються методом заповнювання-випускання у пробовідбірні балони. Для відбору проби газопровід повинен бути обладнаний місцем відбору, який складається з пробовідбірного зонда, запірної арматури і манометра.

### 8.2 Виконання вимірювань

8.2.1 Перед вимірюванням необхідно виконати продування вимірювальної камери досліджуванним газом протягом 3 хвилин з метою витіснення з неї залишків повітря чи газу з попередніх вимірювальних проб. Для продування використовується об'єм газу не менше 3 дм<sup>3</sup> за умов тиску газу на входній лінії приладу 6 кПа зі швидкістю пропускання газу 60 дм<sup>3</sup>/год.

8.2.2 Вимірювання проводяться після закінчення продування і заповнення вимірювальної камери досліджуванним газом та закриття впускного клапану вимірювальної камери і запірною крану точки відбору газу. Максимальний тиск природного газу для заповнення вимірювальної камери приладу на його вході не повинен перевищувати 1,6 МПа.

8.2.3 Максимальний надлишковий тиск у вимірювальній камері не повинен перевищувати 2,6 кПа.

8.2.4 Проводять вимірювання швидкості поширення ультразвуку в вимірюваній пробі газу в метрах за секунду, об'ємної частки вуглекислого газу CO<sub>2</sub> у відсотках, тиску газу у вимірювальній камері в кілопаскалях, температури газу у вимірювальній камері в градусах Цельсія, відносної вологості газу у відсотках. Вимірювання вказаних параметрів реалізовано у вимірювальному

СОУ 49.5-30019801-137:2017

приладі для визначення ТЗП кореляційним методом за допомогою окремих датчиків встановлених у вимірювальній камері.

8.2.5 Вимірювання ТЗП кореляційним методом полягає у її обчисленні за вимірними інформативними параметрами: швидкістю поширення ультразвуку в вимірюваній пробі газу в метрах за секунду, об'ємною часткою  $\text{CO}_2$  у відсотках, температурою газу в вимірювальній камері в градусах Цельсія. В процесі визначення нижчої ТЗП один з вхідних параметрів основної формули - швидкість поширення ультразвуку, корегується з врахуванням реальної температури вимірювання і виводиться, з приведення до температури вимірювання  $20\text{ }^\circ\text{C}$ . Розрахунок ТЗП проводиться приладом автоматично.

Для вимірювання ТЗП кореляційним методом використовують залежність, отриману шляхом апроксимації експериментальних даних за допомогою алгоритмів штучних нейронних мереж (двошарова нейронна мережа  $2 \times 12 \times 1$ ):

$$HV = \left( 1 - \frac{1400}{\left( 1 + e^{\left( (-1) \sum_{j=1}^{12} HV_{jd1} \cdot W_{jv} + bias2 \right)} \right)} \right) + 7950, \quad (8.1)$$

де

$$HV_{jd1} = \frac{2}{1 + e^{\left( (-1) \sum_{j=1}^{12} (HV_{jv} \cdot W_{jv} + bias1) \right)}} - 1 - \text{формула початкового розрахунку параметрів}$$

нейронної мережі;

де,  $W_{jv}$  - вагові коефіцієнти (константи) першого шару нейронної мережі,

$i = 1, \dots, 12$  - номер нейрона першого шару нейронної мережі;

$j = 1, 2$  - номер вхідного параметра нейронної мережі;

$LW_{jv}$  - вагові коефіцієнти другого шару нейронної мережі;

СОУ 49.5-30019801-137:2017

$bias_1$ , - значення коефіцієнтів зсуву (констант) для розрахунку параметрів першого шару нейронної мережі;

$bias_2$ , - значення коефіцієнтів зсуву (констант) для розрахунку параметрів другого шару нейронної мережі;

$Input_1$  (за умови  $j = 1$ ) – виміряне у вимірвальній камері ЗВТ значення швидкості поширення ультразвукових коливань в природному газі (нормоване), м/с;

$Input_2$  (за умови  $j = 2$ ) – виміряне у вимірвальній камері ЗВТ значення об'ємної частки вуглекислого газу  $CO_2$  в природному газі (нормоване), %;

Обчислення виконують за допомогою модуля обробки інформації на основі цифрового сигнального процесора вимірвального приладу для вимірювання ТЗП кореляційним методом.

По закінченню вимірювань та обчислень на екран вимірвального приладу виводяться числові значення:

- нижчої теплоти згорання природного газу, МДж/м<sup>3</sup> (ккал/м<sup>3</sup>),
- швидкості поширення ультразвуку в вимірюваній пробі газу, м/с,
- тиску газу в вимірвальній камері, кПа,
- об'ємної частки  $CO_2$ , %,
- відносної вологості газу, %,
- тиску газу в вимірвальній камері, кПа.

8.2.6 Після перегляду даних вимірвальної прилад переходить в режим вибору подальших операцій.

Блок обробки інформації вимірвального приладу містить спеціальний модуль передавання інформації на верхній рівень або в персональний комп'ютер по протоколу Modbus через послідовні лінії зв'язку з інтерфейсом RS-485. Програмне забезпечення ЗВТ передає інформацію в ПК після закінчення процесу вимірювання і вибору функції ЗВТ "Передача інформації". Далі подається запит на отримання інформації з ПК. Після отриманням від ПК запиту на передачу



СОУ 49.5-30019801-137:2017

інформації, ЗВТ здійснює передачу даних про результати вимірювання з власної електроперепрограмованої пам'яті даних в ПК через послідовний інтерфейс RS-485 за протоколом Modbus. Роздрукування результатів вимірювань можливе через друкувальний пристрій ПК під керуванням програмного забезпечення операційної системи та прикладного програмного забезпечення ПК.

8.2.6 У випадку виходу значень ТЗПГ за межі діапазону значень (31,81 МДж/м<sup>3</sup>-37,68 МДж/м<sup>3</sup>), повинна бути відібрана додаткова проба відповідно до п.8.1.1 та передана у відповідну хіміко-аналітичну лабораторію ПАТ «УКРТРАНСТАЗ» для хроматографічного аналізу відповідно до МВУ 045/05, МВУ 049/05 (МВУ 06-063).

### 8.3 Вимоги щодо безпеки при виконанні вимірювань

8.3.1 До виконання вимірювань допускаються особи, які пройшли інструктаж з охорони праці під час роботи з газовим обладнанням, що працює з надлишковим тиском природного газу понад 1,2 МПа, а також особи, які пройшли навчання, перевірку знань та медичний огляд і допущені відповідним наказом до виконання газонебезпечних робіт.

8.3.2 Перед початком роботи необхідно уважно ознайомитись з технічними описами і інструкціями вимірювального приладу для вимірювання ТЗПГ.

8.3.3 Устаткування, яке використовують для відбирання проб природного газу високого тиску, потрібно регулярно перевіряти і за необхідності повторно оглядати відповідно до експлуатаційної документації.

Під час транспортування і зберігання на пробовідбірні балони потрібно встановлювати запобіжні ковпаки, якщо це передбачено.

На пробовідбірних балонах потрібно нанести маркування із зазначенням місткості, робочого тиску і випробувального тиску.



СОУ 49.5-30019801-137:2017

Пробовідбірні балони необхідно захистити від пошкодження під час транспортування і зберігання. Ящики для транспортування мають відповідати балонам конкретного типу.

На пробовідбірних балонах мають бути захищені від пошкоджень етикетки або супровідна документація з відповідною інформацією.

Пробовідбірні балони і відповідні рукави високого тиску потрібно періодично оглядати і перевіряти на герметичність. Періодичність даного огляду наведена у відповідних ТУ на обладнання.

Постійні пробовідбірні лінії потрібно відповідно закріпити. До з'єднань, які в процесі експлуатації можуть пошкодити, необхідно забезпечити легкий доступ для перевіряння герметичності.

Виходи пробовідбірного балону потрібно обладнати двома замковими клапанами і випускним вентилям. Коли пробовідбірні балони не використовують, на них необхідно встановити запобіжні ковпаки.

8.3.4 Для запобігання пожежі або вибухам у місцях, де можливо утворення сумішей повітря з природним газом у межах концентрації поширення полум'я (для природного газу в суміші з повітрям межі вибухової концентрації складають приблизно від 4 % до 16 % за об'ємною часткою), необхідно дотримуватися таких вимог:

- заборонено користуватися відкритим вогнем;
- заборонено куріння;
- заборонено застосовувати устаткування або інструменти, які можуть спричинити іскроутворення;
- заборонено застосовувати устаткування, що працює за температури вище за температуру самозаймання газових сумішей, зазвичай вище ніж 400°C (для природного газу);
- не можна застосовувати речовини, які активно реагують з газом;
- не можна запускати двигуни внутрішнього згорання з іскровим запаленням;

COU 49.5-30019801-137:2017

- вентиляція має запобігати утворенню займистого середовища;
- продування ліній передавання газу необхідно спрямовувати в «безпечне місце» (відповідно до DSTU ISO 10715). Виділення газу на місці відбирання проб під час ручного відбирання проб має бути обмежено до мінімуму;
- для виявлення наявності газу в потенційно небезпечних місцях відбирання проб треба встановлювати газові сигналізатори;
- необхідно забезпечити вільний доступ до ручного та/або автоматичного протипожежного устаткування;
- персонал, що здійснює відбирання проб, має бути підготовлений до відповідних дій у разі виникнення пожежі.

#### 8.4 Оформлення результатів вимірювань

##### 8.4.1 На дисплеї приладу відображається:

- визначена питома теплота згорання природного газу (нижча) при температурі згорання / вимірювання 25 °C/20 °C - у вигляді цілих значень, одиниці вимірювання ккал/м<sup>3</sup> (МДж/м<sup>3</sup>);
- виміряне значення швидкості поширення ультразвукових коливань у газовій пробі - у вигляді цілих значень з однією значущою цифрою після коми, одиниці вимірювання м/с;
- виміряне значення об'ємної частки вуглекислого газу у газовій пробі - у вигляді цілих значень з трьома значущими цифрами після коми, одиниці вимірювання %;
- виміряне значення температури газової проби - у вигляді цілих значень з однією значущою цифрою після коми, одиниці вимірювання °C;
- виміряне значення тиску газу у вимірювальній камері – у вигляді цілих значень з двома значущими цифрами після коми, одиниці вимірювання кПа;
- виміряне значення відносної вологості газової проби - у вигляді цілих значень, одиниці вимірювання %.

COY 49.5-30019801-137:2017

8.4.2 За результатами вимірювання оформлюють протокол, форма якого наведена в додатку А.

### 8.5 Використання результатів вимірювань

8.5.1 Результати вимірювань ТЗПГ можуть бути використані з метою попереднього оцінювання якості природного газу у виробничих умовах. У випадку виявлення значних відхилів значення теплоти згорання від базових (нормативних) треба провести хроматографічний аналіз відібраних проб газу відповідно до чинних нормативних документів.

8.5.2 Результати вимірювань ТЗПГ можуть бути використані для вимірювання енергії природного газу відповідно до 6.3 ДСТУ ISO 15112.

8.5.3 Результати вимірювання можна застосовувати для розрахунків за поставлений та/або спожитий природний газ тільки за умови підтвердження відповідності вимірювального приладу (калориметра) вимогам Технічного регламенту законодавчо регульованих засобів вимірювальної техніки, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 13 січня 2016 р. № 94.

## 9 КАЛІБРУВАННЯ

9.1 Калібрування приладу для вимірювання ТЗПГ проводиться у відповідності до розділу 7 ДСТУ ISO 15971.

9.2 Початкове калібрування ЗВТ виконує виробник з використанням відривних сумішей газів, як тестових зразків природного газу.

9.3 Повторне калібрування ЗВТ повинно виконуватись за таких умов:

- після виконання ремонту ЗВТ, який був пов'язаний з ремонтом модуля вимірювальної камери або модуля оброблення інформації ЗВТ;
- після ремонту пов'язаного із заміною хоча би одного з давачів ЗВТ у зв'язку з виходом його з ладу;

COU 49.5-30019801-137:2017

- якщо в процесі проведення вимірювань покази ЗВТ по основному вимірюваному параметру – німача теплота згорання природного газу, постійно відтворюються найбільшим/найменшим значенням діапазону вимірювання або ці значення більше як на 50% діапазону вимірювання відхиляються від значення теплота згорання даного зрізця природного газу, отриманого хроматографічним методом, то вказане свідчить, що даний склад природного газу не використовувався при початковому калібруванні приладу і є доцільним додаткова калібровка ЗВТ.

9.4 Періодичне калібрування пристрою (раз у два роки) виконується з метою врахування природних процесів зміни чутливості датчиків з часом, очистки робочих поверхонь, що можуть забруднюватися мікродисперсними аерозолями, що попадають у вимірювальну камеру разом з вимірюваним середовищем природного газу.

9.5 Для калібрування ЗВТ необхідно використовувати калібрувальні газові суміші, приготовані згідно з ДСТУ ISO 6142-1, відібрані проби газу або робочі еталонні газові суміші компонентів природного газу, що мають відповідні сертифікати з вказаною теплою згорання із зазначенням невизначеності. Бажано, щоб одна калібрувальна суміш мала теплоту згорання на  $0,5 \text{ МДж/м}^3$  нижчу за мінімальне значення, очікуване під час експлуатації, а іншій — на  $0,5 \text{ МДж/м}^3$  більшу за найбільше значення, але в межах від  $31,81 \text{ МДж/м}^3$  до  $37,68 \text{ МДж/м}^3$ .

## 10 ПЕРЕВІРЯННЯ ПРАВИЛЬНОСТІ ВИМІРЮВАНЬ

10.1 Перевіряння правильності вимірювань проводиться відповідно до Розділу 8 ДСТУ ISO 15971.

10.2 Перевіряння слід проводити, коли відбулась зміна точки відбору проби та умов вимірювання, або за потреби заявника пересвідчитись у придатності ЗВТ до застосування; але не рідше ніж 1 раз в місяць.

СОУ 49.5-30019801-137:2017

**11 ТОЧНІСТЬ ВІМІРЮВАНЬ****11.1 Контроль збіжності результатів**

11.1.1 Контроль збіжності результатів вимірювання виконується по кожній пробі природного газу за результатами двох послідовних визначень ТЗПГ.

11.1.2 Норми збіжності та відтворюваності результатів вимірювання ТЗПГ при довірчій ймовірності 95% подані у табл 11.1

11.1.3 Результати контролю вважаються задовільними, якщо розбіжності між результатами двох визначень не перевищують норм, наведених в табл. 11.1.

Таблиця 11.1 Норми збіжності та відтворюваності результатів вимірювання ТЗПГ при довірчій ймовірності 95%

Теплота згорання природного газу, ккал/м <sup>3</sup>	Розходження між результатами двох визначень, що допускаються, %, не більше	
	Збіжність	Відтворюваність
від 7600 до 8000	0,0017	0,0034
від 8000 до 8500	0,002	0,004
від 8500 до 9000	0,003	0,006

11.1.4 Якщо отримані незадовільні результати контролю збіжності, виконують третє вимірювання і контролюють збіжність по двох останніх вимірюваннях. Якщо ж і в цьому випадку збіжність буде незадовільною, то прилад вважається несправним і до усунення несправності роботи на ньому слід припинити.

**11.2 Контроль відтворюваності результатів**

11.2.1 Контроль відтворюваності виконується один раз на рік за результатами визначення ТЗПГ одержаних на двох різних приладах для визначення ТЗПГ кореляційним методом.

11.2.2 Результати контролю вважаються задовільними, якщо розбіжності між результатами двох визначень не перевищують норм, наведених в табл. 11.1

ПАТ "УКРПР АНГСТАС", Наполеєв, 19.04.2018, 14:21:09 AM, членів



СОУ 49.5-30019801-137:2017

11.2.3 Якщо отримані незадовільні результати контролю відтворюваності, виконують повторне вимірювання. Якщо ж і в цьому випадку відтворюваність буде незадовільною, то прилад вважається несправним і до усунення несправності роботи на ньому слід припинити.

## 12 МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ ПОВІРКИ

12.1 Первинна повірка ЗВТ здійснюється при його випуску. В процесі експлуатації проводиться періодична повірка з міжповірочним інтервалом 1 рік або у випадку заміни робочих модулів ЗВТ.

Повірка проводиться:

а) науковими метрологічними центрами, які мають міжнародно визнані калібрувальні та вимірювальні можливості за відповідними видами та підвидами вимірювань, та/або із застосуванням національних еталонів;

б) науковими метрологічними центрами, метрологічними центрами та повірочними лабораторіями, уповноваженими на проведення повірки відповідних засобів.

12.2 При повірці повинні витримуватись такі умови:

- температура навколишнього повітря  $(20 \pm 2)$  °С;
- відносна вологість повітря від 45 % до 75 %;
- атмосферний тиск – від 86,0 кПа до 106,0 кПа;
- напруга мережі живлення змінного струму  $220 \text{ В} \pm 2 \%$ ;
- частота струму  $(50 \pm 0,4)$  Гц за ГОСТ 13109-97.

12.3 Операції повірки передбачають наступне:

- зовнішній огляд приладу;
- перевірку працездатності приладу;
- перевірку розширеної невизначеності вимірювального приладу при визначенні нижчої теплоти згоряння природного газу

12.3.1 Розширену невизначеність визначають за наступною методикою:

СОУ 49.5-30019801-137:2017

Розраховується середнє арифметичне значення ТЗПГ з десяти ( $i=10$ ) вимірювань для одної проби газу.

$$E = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n E_i, \quad (12.1)$$

12.3.2. Для джерел невизначеності випадкового характеру обчислюється стандартна невизначеність за типом А:

$$u_A(E) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (E_i - E)^2}{n(n-1)}} \quad (12.2)$$

або у відсотках:

$$u_A(E)_{\%} = \frac{u_A(E)}{E} \cdot 100\% \quad (12.3)$$

12.3.3. Для джерел невизначеності систематичного характеру (приладова похибка) розраховується стандартна невизначеність за типом Б:

$$u_B(E) = \frac{\Delta E}{\sqrt{3}} = \frac{E \cdot \delta_{\text{max}} / 100\%}{\sqrt{3}} \quad (12.4)$$

де  $\delta_{\text{max}}$  – допустима основна відносна похибка вимірювань ТЗПГ приладу, яка складає 5%,

або у відсотках:

$$u_B(E)_{\%} = \frac{u_B(E)}{E} \cdot 100\% \quad (12.5)$$

12.3.4. Розраховується сумарна стандартна невизначеність:

$$u_C(E) = \sqrt{u_A^2(E) + u_B^2(E)} \quad (12.6)$$

або у відсотках:

$$u_C(E)_{\%} = \frac{u_C(E)}{E} \cdot 100\% \quad (12.7)$$

12.3.5 Для довірчої ймовірності (ймовірності охоплення)  $P = 0.95$  %, коефіцієнт охоплення  $k = 2$  розширена невизначеність вимірювань розраховується за формулою:

$$U(E) = k \cdot u_C(E) \quad (12.8)$$

СОУ 49.5-30019801-137:2017  
або у відсотках:

$$U(E)_{\%} = \frac{U(E)}{E} \cdot 100\% \quad (12.9)$$

12.4 Для перевірки розширеної невизначеності вимірювань нелінійної теплоти згорання природного газу використовують калібрувальні газові суміші з розрахованою за складом теплотою згорання відповідно до ДСТУ ISO 6976. Калібрувальні газові суміші необхідно підбирати так, щоб вони максимально охоплювали діапазон розкиду параметрів природного газу, який визначає прилад.

Таких калібрувальних газових сумішей має бути не менше 5-ти, з питомою теплотою згорання, що рівномірно охоплює діапазон вимірювання ЗВТ.

12.5 Для визначення розширеної невизначеності вимірювання ТЗП, використовуючи атестовані калібрувальні гази, необхідно:

- провести багатократні вимірювання (не менше 5-ти) з повним комплексом заповнення і продувки газовимірювальної камери ЗВТ для кожної взірцевої проби. Для відібраної проби в газовимірювальній камері приладу проводиться не менше 10-ти вимірювань ТЗП.

- визначити середнє значення вимірів  $X_{cp}$  для кожної з проб;
- визначити розширену невизначеність вимірювань за пп.12.3.1-12.3.5;

Прилад допускається до подальшого застосування, якщо при проведенні вимірів на всіх калібрувальних пробах газу покази приладу відрізняються від значень, наведених у свідоцтвах на калібрувальні газові суміші, не більше, ніж на 0,25 % для 1 класу приладів (відповідно до ДСТУ ISO 15971), 0,5% для 2 класу, 1% для 3 класу.

12.6 Результати повірок оформляються свідоцтвом встановленої форми та протоколом повірки (Додаток Б).



СОУ 49.5-30019801-137:2017

## **13 ВИМОГИ ДО ОХОРОНИ ПРАЦІ ТА ОРГАНІЗАЦІЯ ВИКОНАННЯ РОБІТ ПРИ ПРОВЕДЕННІ ВИМІРЮВАННЯ ТЕПЛОТИ ЗГОРЯННЯ КОРЕЛЯЦІЙНИМ МЕТОДОМ**

### **13.1 Загальні вимоги**

13.1.1 При визначенні ТЗПГ кореляційним методом необхідно суворо дотримуватися правил з вибухо- та пожежної безпеки, обладнання та приміщення регламентуються системою стандартів безпеки праці, що затверджені в установленому порядку та використовуються ПАТ «УКРТРАНСГАЗ».

13.1.2 Під час проведення робіт з вимірювання ТЗПГ кореляційним методом слід враховувати вимоги НПАОП 73.1-1.11-12, НПАОП 11.1-1.01, НПАОП 40.1-1.32, НАПБ А.01.001, умов безпеки, викладених в експлуатаційних документах на засоби контролю та інших чинних в Україні нормативних документів, в т.ч. на метод контролю, викладений в цьому стандарті.

13.1.3 Вимірювання повинні проводитися тільки з використанням справних інструментів, апаратури та повірених ЗВТ.

13.1.4 Використовувані ЗВТ повинні бути надійно зземленими.

13.1.5 Робоче місце забезпечується первинними засобами пожевогасіння. Персонал повинен уміти користуватись цими засобами.

13.1.6 У разі виникнення пожежі фахівці, що залучені до виконання вимірювань, зобов'язані діяти відповідно до вимог розділу 8 НАПБ А.01.001.

13.1.7 При проведенні робіт слід керуватися вимогами чинних стандартів в галузі охорони навколишнього середовища, зокрема ДСТУ ISO 14001.

### **13.2 Вимоги до фахівців, які проводять вимірювання**

13.2.1 Допуск фахівців для проведення вимірювань здійснюють відповідно до СОУ 60.3-30019801-091 (при необхідності СОУ 49.5-30019801-121).

СОУ 49.5-30019801-137:2017

13.2.2 Фахівці, що проводять вимірювання, повинні бути забезпечені спеціальним одягом та взуттям та іншими засобами індивідуального захисту відповідно до НПАОП 0.00-4.01-08 .

13.2.3 Стаж роботи в галузі технічних вимірювань повинен бути не менше 1 року.

13.2.4 Фахівець, який здійснює вимірювання повинен знати засоби контролю та діяти згідно п.8 даного стандарту.

13.2.5 Фахівець, який здійснює вимірювання теплоти згорання газу повинен володіти практичними навиками роботи із ЗВТ та вміти оформляти результати контролю.

13.2.6 Фахівці, що проводять вимірювання теплоти згорання газу, повинні дотримуватись інструкцій з охорони праці та пожежної безпеки на підприємстві, на якому проводяться вимірювання.

ПАТ "УКРПРАНСГАЗ", Харків, 19.04.2018, U-03.YUN-AM, чинний

**ДОДАТОК Ж**

**Програма та методика випробувань приладу для визначення теплоти згоряння природного газу GAS-Hi-Q**

ПОГОДЖЕНО

/Начальник управління метрології та  
газовимірювань

М.І. Болховітин

25.09.2017

Начальник науково-технічного  
управління

І.О. Орлов

25.09.2017

ЗАТВЕРДЖЕНО

Г.в.о Президента



М.П. Химко

25.09.2017

**ПРИЛАД ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ТЕПЛОТИ ЗГОРАННЯ  
ПРИРОДНОГО ГАЗУ  
«GAS-Hi-Q»**

Програма та методика випробувань

РОЗРОБЛЕНО

Ректор



Є.І. Крижанівський

РОЗРОБЛЕНО

Директор НДІ НГЕіЕ



М.О. Карпаш

## 1 ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Ця програма призначена для проведення випробувань дослідного зразку приладу експрес-контролю теплоти згорання природного газу GAS – Hi - Q (надалі - прилад) кореляційним методом, в якому використовуються такі інформативні параметри, як швидкість поширення ультразвукових коливань, концентрація діоксиду вуглецю, температура, надлишковий тиск та вологість відібраної проби природного газу.

Програма розроблена відповідно до ДСТУ 3974-2000.

## 2 ОБ'ЄКТ ВИПРОБУВАНЬ

Об'єктом випробувань є прилад експрес контролю теплоти згорання природного газу GAS – Hi-Q, розроблений та виготовлений Івано-Франківським національним технічним університетом нафти і газу.

Прилад експрес контролю теплоти згорання природного газу повинен дозволяти проводити вимірювання та відображення нижчої теплоти згорання природного газу в діапазоні від 7600 до 9000 ккал/м<sup>3</sup> (від 31,81 до 37,68 МДж/м<sup>3</sup>), за умови, що сумарна молярна частка азоту та CO<sub>2</sub> у газі не перевищує 3 %. Роздільна здатність відображення теплоти згорання природного газу 1 ккал/м<sup>3</sup> (0,004 МДж/м<sup>3</sup>). Характеристики, з якими можуть бути пов'язані границі невизначеності теплоти згорання не перевищують ± 0,5 МДж/м<sup>3</sup> (до 1,0 %).

Для проведення випробувань необхідний 1 дослідний зразок.

Комплектність дослідних зразків для випробувань представлена у табл. 1

Таблиця 1 – Комплектність приладу

Найменування та позначення	Кількість
Прилад GAS-Hi-Q (електронний блок в переносному корпусі-чемодані)	1
Шланг газовий армований L = 1000 1/2" В/В згідно ТУ У25.2-32566213-001	1
Шланг силіконовий L = 1000, d <sub>вн</sub> = 4 мм, s = 2 мм ТУ 9398-003-00152106-2003	1

## 3 МЕТА ВИПРОБУВАНЬ

Метою випробувань є:

- Визначення відповідності приладу технічному завданню, вимогам діючим нормативним документам
- Визначення готовності приладу до впровадження в дослідну експлуатацію на ПАТ «УКРТРАНСГАЗ»

## 4 ОБСЯГ ВИПРОБУВАНЬ

4.1 Основними етапами проведення випробувань є: перевіряння відповідності конструкторської документації вимогам НД, зовнішній огляд приладу (без розбирання), перевіряння комплектності, перевірка працездатності.



4.2 При зовнішньому огляді необхідно перевірити:

- якість кріплення органів керування, чіткість їх дії і фіксацію;
- справність з'єднувальних роз'ємів;
- наявність та цілісність пломб;
- стан робочих, захисних та інших поверхонь на предмет наявності

пошкоджень, які можуть вплинути на працездатність приладу та на відтворення результатів контролю.

4.3 Перевіряння комплектності приладу проводиться відповідно до табл.1.

4.4 При перевірці працездатності необхідно проводити в обсягах, що наведені в таблиці 2.

Таблиця 2 – Перелік операцій при випробуванні приладу

Назва операції	Пункт методики
Перевіряння дисплею приладу	7.1
Перевіряння герметичності приладу	7.2
Визначення границь вимірювання теплоти згорання природного газу	7.3
Перевіряння границі невизначеності	7.4
Перевіряння ступеню захисту приладу	7.5
Перевіряння маркування приладу	7.6
Перевіряння рівня шуму, створюваного приладом	7.7
Перевіряння часу вимірювання	7.8
Перевіряння програмних засобів	7.9

## 5 ЗАСОБИ ТА ПОРЯДОК ВИПРОБУВАНЬ

5.1 Умови проведення випробувань:

- температура навколишнього повітря від 15 °С до 35°С;
- відносна вологість повітря від 45 до 75 %;
- атмосферний тиск – від 86,0 до 106,0 кПа;
- напруга мережі живлення змінного струму 220 В ± 10 %;
- частота змінного струму мережі живлення (50±0,2) Гц

5.2 Для проведення випробувань необхідним є наступне обладнання та матеріали:

- проби природного газу теплотою згорання від 7600 до 9000 ккал/м<sup>3</sup>(від 31,81 до 37,68 МДж/м<sup>3</sup>);
- пробовідбірники високого тиску БМП2-с-(1,2)-1-20 і БМП2-с-(1,2)-4-20 (або їх аналоги) об'ємом 1 л і 4 л відповідно або рукава високого тиску з відповідними різьбовими з'єднувачами для безпосереднього підключення в точку відбору
- манометр для визначення надлишкового тиску типу ДМ 05-МП-3У згідно з ТУ У 33.2-14307481-031:2005 (або аналогічний) з верхньою межею вимірювання 1,6 МПа і класом точності 1.5;

- гігрометр психометричний ВИТ-1 згідно ТУ У 14307481.001-92 (діапазон вимірювання температури від 0 до 50 °С, похибка вимірювання  $\pm 0,2^{\circ}\text{C}$ , діапазон вимірювання вологості від 10 до 100 %)
- барометр БАММ-1 згідно ТУ У 25-11.1513-79 (діапазон вимірювання тиску від 80 до 106 кПа (від 600 до 800 мм.рт.ст.), похибка вимірювань  $\pm 0,2$  кПа
- газоаналізатор Eurotron Mini GAS Sniffer 7890 (або аналогічний);
- гігрометр психометричний ВИТ-1 або аналогічний (діапазон вимірювання температури від 0 °С до 50 °С, похибка вимірювання  $\pm 0,2^{\circ}\text{C}$ ;
- циліндрична прозора ємність з водою об'ємом не менше 300 мл для створення гідрозатвору.

5.3 Підготовка засобів вимірювань проводиться відповідно до їх інструкції.

## 6 ВИМОГИ ЩОДО БЕЗПЕКИ ПРИ ВИКОНАННІ ВИМІРЮВАНЬ

6.1 Для проведення вимірювань за допомогою приладу для експрес контролю потрібно:

- перевірити тиск газу на виході з пробовідбірника за допомогою манометра; максимально допустимий тиск – 1,6 МПа.
- під'єднати шланг газовий армований до пробовідбірника та до вхідного штуцера приладу;
- закріпити на виході з вимірювальної камери до вихідного штуцера приладу силіконовий шланг та занурити інший його кінець у відкриту ємність з водою, яку розмістити поближче до витяжної вентиляції.

6.2 При виконанні вимірювань слідувати вимогам НПАОП 40.1-1.32-01 (розділ 4.5)

## 7 МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ВИМІРЮВАННЯ

### 7.1 Перевіряння дисплею приладу

7.1.1 Ввімкнути прилад шляхом переведення в верхнє положення вимикача «ЖИВЛЕННЯ».

7.1.2 Для перевірки дисплею приладу програмно мікропроцесором в режимі тестування формується послідовність команд, яка призводить до послідовного засвічування дисплею різними кольорами, при кожному засвічуванні дисплею по його однорідності кольору відображення оцінюється чи є пошкодження дисплею.

7.1.3 Послідовність команд для перевірки дисплею наступна:

- формується команда загасити дисплей (колір усього поля дисплею має бути чорний)
- формується команда засвітити дисплей білим кольором і оцінюється чи є на дисплеї чорні крапки (пошкоджені пікселі-комірки).
- формуються команди засвічування усього поля дисплея базовими кольорами (синім, червоним і зеленим).

7.1.4 Якщо на дисплеї відсутні контрастні точки іншого кольору відміни від базового, то приймається, що пошкоджень дисплею немає. Допускається



наявність до п'яти окремих контрастних крапок по периферії зображення дисплея або в його кутах.

## 7.2 Перевіряння герметичності приладу

7.2.1 Ввімкнути прилад шляхом переведення в верхнє положення вимикача «**ЖИВЛЕННЯ**».

7.2.2 Для перевіряння герметичності приладу потрібно під'єднати до приладу пробовідбірник заповнений природним газом до вхідного штуцера приладу для експрес контролю.

7.2.3 Відкрити клапан на вході вимірювальної камери натисканням клавіші «**Клапан 1 на ВХОДІ ВІДКРИТИ**», після чого він перейде в статус «**ON**» на дисплеї.

7.2.4 Закрити клапан на виході з вимірювальної камери натисканням клавіші «**Клапан 2 на ВИХОДІ ЗАКРИТИ**», після чого він перейде в статус «**OFF**».

7.2.5 Відкрити запірний елемент пробовідбірника – наповнити вимірювальну камеру природним газом.

7.2.6 Через 1 хв перекрити запірний елемент пробовідбірника, закрити клапан на вході вимірювальної камери натисканням клавіші «**КЛАПАН 1 на ВХОДІ ЗАКРИТИ**», після чого він теж перейде в статус «**OFF**».

7.2.7 За допомогою газоаналізатора та інструкції з експлуатації провести перевірку на наявність природного газу, переміщуючи газоаналізатор вздовж периметру з'єднання корпусу і верхньої панелі приладу.

## 7.3. Визначення границь вимірювання теплоти згорання природного газу

7.3.1 Вимірювання теплоти згорання природного газу проводять у відповідності із п.7.3.2-7.3.11. При цьому, операцію вимірювання проводять не менше 10-и разів на кожній калібрувальній пробі природного газу. Границі визначення теплоти згорання природного газу повинні бути у межах 7600 до 9000 ккал/м<sup>3</sup> (від 31,81 до 37,68 МДж/м<sup>3</sup>).

7.3.2 Під'єднати до приладу пробовідбірник заповнений природним газом до вхідного штуцера приладу для експрес контролю і відкрити запірний елемент пробовідбірника.

7.3.3 Ввімкнути прилад шляхом переведення в верхнє положення вимикача «**ЖИВЛЕННЯ**».

7.3.4 Перед проведенням вимірювання необхідно провести продування вимірювальної камери для витіснення з неї залишків повітря чи газу з попередніх вимірювальних проб. Для цього спочатку відкрити клапан на виході з вимірювальної камери натисканням на дисплеї приладу клавіші «**КЛАПАН 2 на ВИХОДІ ВІДКРИТИ**», після чого він перейде в статус «**ON**».

7.3.5 Відкрити клапан на вході вимірювальної камери натисканням клавіші «**Клапан 1 на ВХОДІ ВІДКРИТИ**», після чого він перейде в статус «**ON**» на дисплеї.



7.3.6 Після відкриття обох клапанів витримати прилад в цьому режимі не менше 15 с. Процес продування візуально спостерігати за виходом бульбашок газу зі зрізу гнучкого силіконового шлангу зануреного в прозору ємність з водою.

7.3.7 Закрити клапан на виході з вимірювальної камери натисканням клавіші **«Клапан 2 на ВИХОДІ ЗАКРИТИ»**, після чого він перейде в статус **«OFF»**.

7.3.8 Закрити запірний елемент пробовідбірника для припинення подальшої подачі газу у вимірювальну камеру приладу.

7.3.9 Закрити клапан на вході вимірювальної камери натисканням клавіші **«КЛАПАН 1 на ВХОДІ ЗАКРИТИ»**, після чого він теж перейде в статус **«OFF»**. Стан клапанів буде відображено на дисплеї. Після закриття обох клапанів витримати прилад в даному стані протягом 60 с для стабілізації властивостей відібраної в вимірювальній камері проби газу.

7.3.10 Для початку вимірювань натиснути на дисплеї клавішу **«Продування закінчене. ПОЧАТИ ВИМІРЮВАННЯ»**. Після її натискання запускається процес зчитування даних з давачів вимірювальної камери та подальша їх обробка програмним забезпеченням приладу. Після 10-ти циклів вимірювання на дисплей приладу виводяться осереднені результати: нижча теплота згорання природного газу в ккал/м<sup>3</sup>, швидкість поширення ультразвуку в вимірюваній пробі газу в м/с, тиск газу в вимірювальній камері в кПа, температура газу вимірювальній камері в °С, відносна вологість газу в %.

7.3.11 Для завершення вимірювання в ручному режимі необхідно натиснути клавішу **«Закінчити вимірювання»**. Прилад перейде в режим вибору подальших операцій і на дисплей виведуться чотири сенсорні клавіші меню.

7.3.12 Для перегляду результатів вимірювання необхідно натиснути клавішу **«Перегляд даних»** та перейти в режим **«Перегляд у вигляді таблиці»**.

7.3.13 Записати виміряні значення до Протоколу вимірювань.

7.3.14 Провести повторні вимірювання ТЗПГ відповідно до п.7.3.2 – п.7.3.13 для кожної калібрувальної проби газу.

#### 7.4 Перевіряння границі невизначеності

7.4.1 Основну відносну похибку вимірювання визначають у відповідності з ДСТУ ГОСТ 8.207:2008.

7.4.2 Основна відносна похибка вимірювання повинна бути не більшою 3%.

#### 7.5 Перевіряння ступеню захисту приладу

7.5.1 Оцінюють конструкцію приладу експрес-контролю з точки зору зручності портативності та відповідності до IP67 (відповідно до ГОСТ 14254-2015 (IEC 60529:2013)), що повинно бути підтверджене підтверджуючими документами (сертифікатами).

### 7.6 Перевіряння маркування приладу

7.6.1 Перевірка правильності маркування приладу проводиться відповідно до вимог ДСТУ EN 61310-2:2014.

### 7.7 Перевіряння рівня шуму, створюваного приладом

7.7.1 Вимірювання рівня шуму проводиться відповідно до ГОСТ 12.1.028-80.

### 7.8 Перевіряння часу вимірювання

7.8.1 Для перевіряння часу вимірювань використовується годинниковий пристрій – секундомір.

7.8.2 Запуск годинникового пристрою відбувається при натисненні кнопки «Продування закінчене. ПОЧАТИ ВИМІРЮВАННЯ» в процесі вимірювання ТЗ приладом для експрес-контролю та зупиняється при натисненні кнопки «Закінчити вимірювання»

7.8.3 Час проведення вимірювань не повинен перевищувати 5хв.

### 7.9 Перевіряння програмних засобів

7.9.1 Випробування програмних засобів проводиться у відповідності до вимог ДСТУ 7363:2013

### 7.10 Порядок робіт за умови виникнення можливих ушкоджень дослідного зразка у процесі випробувань

7.10.1 Можливі несправності, їх зовнішні ознаки, ймовірні причини та способи усунення наведені в таблиці 3.

Таблиця 3 - Ймовірні причини та способи їх усунення

Зовнішні ознаки відмови чи пошкодження	Ймовірна причина	Способи усунення
При увімкненні живлення приладу не загорається світловий індикатор живлення і не вмикається цифровий дисплей	Відсутня подача живлення	Перевірити напругу живлення мережі і цілісність кабелю живлення
Прилад не вмикається, індикатор живлення і дисплей не засвічується	Спрацювання запобіжника	Перевірити запобіжник і знайти причину його спрацювання. Замінити запобіжник
Прилад не працює в режимі вимірювання	Від'єднаний кабель зв'язку з вимірювальною камерою	Приєднати кабель зв'язку до вимірювальної камери

## **8 ОФОРМЛЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ВИПРОБУВАНЬ**

8.1. Результати випробувань фіксуються у протоколі проведення випробувань та складається акт за формою додатка Е ДСТУ 3974:2000.

## **ДОДАТОК И**

**Результати (АКТИ) випробувань приладу для визначення теплоти згоряння природного газу GAS-Hi-Q**



ЗАТВЕРДЖЕНО

Ректор

Івано-Франківського  
національного технічного  
університету нафти і газу

Є. І. Крижанівський

АКТ

попередніх випробувань

приладу для визначення теплоти згорання природного газу «GAS – Ні - Q»  
в рамках виконання договору №1611000598 від 14.11.2016

Комісія у складі:

голови *Луцика Р.П.*, начальника відділу газовимірювань та метрології УМГ  
«ПРИКАРПАТТРАНСГАЗ»,

членів комісії *Тимофіїва О.Ю.*, провідного інженера технічного відділу УМГ  
«ПРИКАРПАТТРАНСГАЗ»; *Карпаша М.О.*, директора НДІ НГЕіЕ; *Райтера  
П.М.*, завідувача кафедри ЕМ і ТД; *Рибіцького І.В.*, доцента кафедри ЕМ і  
ТД; *Попович О.В.*, доцента кафедри ЕМ і ТД; *Дойчика В.М.*, старшого  
наукового співробітника НДІ НГЕіЕ;

що працювала на підставі наказу ІФНТУНГ №163 від 25.09.2017, у період із «27»  
по «28» вересня 2017 року провела попередні випробування приладу для  
визначення теплоти згорання природного газу «GAS – Ні - Q».

Випробування проведені в лабораторії кафедри «Енергетичного менеджменту і  
технічної діагностики» Івано-Франківського національного технічного  
університету нафти й газу за Програмою і методикою, яка розроблена Івано-  
Франківським національним технічним університетом нафти й газу, погоджена  
начальником управління метрології та газовимірювань ПАТ «УКРТРАНСГАЗ»  
М. І. Болховітіним і начальником науково-технічного управління ПАТ  
«УКРТРАНСГАЗ» та затверджена т.в.о. Президента ПАТ «УКРТРАНСГАЗ»  
М.П. Химком.

1. Мета випробувань: визначення відповідності приладу технічному завданню, вимогам діючих нормативних документів; визначення готовності приладу до впровадження в дослідну експлуатацію на ПАТ «УКРТРАНСГАЗ»
2. Результати випробувань

- 2.1 Перевіряння дисплею приладу проводилось відповідно до п.7.1 Програми і методики випробувань. На дисплеї приладу відсутні контрастні точки, пошкоджень дисплею немає.
- 2.2 При проведенні дослідження герметичності приладу, газоаналізатор не зафіксував наявність природного газу поза межами вимірювальної камери. Прилад герметичний.
- 2.3 Визначення границь вимірювання теплоти згорання природного газу

Проба № 1042

Дата відбору проби 19.09.2017

Теплота згорання нижча (відповідно до протоколу) 8133 ккал/м<sup>3</sup>

Вміст CO<sub>2</sub>, % мол (відповідно до протоколу) 1,934

Виміряні значення приладом GAS-Hi-Q

№ вим.	Теплота згорання нижча, ккал/м <sup>3</sup>	Вміст CO <sub>2</sub> , % мол	Температура в камері, °C	Тиск в камері, кПа
1	8128	1,894	20,4	1,214
2	8174	1,863	20,6	1,215
3	8173	1,863	20,2	1,212
4	8176	1,876	20,1	1,209
5	8188	1,874	20,4	1,208
6	8187	1,863	20,9	1,204
7	8187	1,863	20,0	1,218
8	8173	1,863	20,1	1,224
9	8188	1,863	20,3	1,207
10	8188	1,863	20,8	1,222

Проба № 30574 (випробування з серійного газу 3916-44116)

Дата відбору проби зібрано 14.12.2017

Теплота згорання нижча (відповідно до протоколу) 8171 ккал/м<sup>3</sup>

Вміст CO<sub>2</sub>, % мол (відповідно до протоколу) 0,149

Виміряні значення приладом GAS-Hi-Q

№ вим.	Теплота згорання нижча, ккал/м <sup>3</sup>	Вміст CO <sub>2</sub> , % мол	Температура в камері, °C	Тиск в камері, кПа
1	8259	0,291	20,9	1,216
2	8231	0,289	20,9	1,227
3	8243	0,291	20,6	1,225
4	8259	0,291	20,4	1,222
5	8269	0,290	20,1	1,233
6	8266	0,291	20,9	1,231
7	8243	0,291	20,6	1,231
8	8277	0,296	20,0	1,238
9	8284	0,281	20,1	1,240
10	8294	0,291	20,8	1,231



Проба № —Дата відбору проби —Теплота згорання нижча (відповідно до протоколу) протокол відсутнійВміст CO<sub>2</sub>, % мол (відповідно до протоколу) протокол відсутній

Виміряні значення приладом GAS-Hi-Q

№ вим.	Теплота згорання нижча, ккал/м <sup>3</sup>	Вміст CO <sub>2</sub> , % мол	Температура в камері, °C	Тиск в камері, кПа
1	8438	2,060	20,8	1,220
2	8449	2,038	20,6	1,228
3	8449	2,037	20,6	1,226
4	8447	2,034	20,4	1,228
5	8396	2,032	20,8	1,219
6	8398	2,014	20,3	1,236
7	8447	2,018	20,8	1,234
8	8385	2,021	20,9	1,227
9	8425	2,015	20,5	1,216
10	8432	2,019	20,2	1,214

## 2.4 Границя невизначеності приладу:

приведена до верхньої границі вимірювання

приладу для проб N1042 0,55%; для проб N30574 1,02%приведена до діапазону вимірювань N1042 - 3,5%; N30574 - 6,5%

2.5 Конструкція приладу відповідає вимогам IP67, що підтверджується відповідним сертифікатом на корпус приладу

2.6 Маркування приладу відповідає вимогам ДСТУ EN 61310-2:2014.

2.7 Прилад не є джерелом шуму і тепловиділень.

2.8 Сумарний час вимірювання для однієї проби не перевищує 5хв.

2.9 Програмні засоби відповідають вимогам ДСТУ 7363:2013.

## 3. Рекомендації комісії з попередніх випробувань

Провести випробування приладу на об'єктах  
УМГ „Прикарпаттрансгаз“

4. Висновки комісії щодо придатності виробів до подання на подальші випробування

*Примар допускається до подальших випробувань на об'єктах ПАТ «Укртрансгаз»*

Додатки

1. Технічне завдання приладу
2. Програма і методика проведення випробувань
3. Копії протоколів аналізу відібраних проб природного газу
4. Сертифікат, що підтверджує відповідність захисту IP67

Голова комісії



Р.П. Луцик

Члени комісії



О.Ю. Тимофіїв



М.О. Карпаш



П.М. Райтер



І.В. Рибіцький



О.В. Попович



В.М. Добітик



**Державне підприємство**  
**Всеукраїнський державний науково-виробничий центр стандартизації,**  
**метрології, сертифікації та захисту прав споживачів**  
**(ДП "Укрметртестстандарт")**

Свідоцтво про уповноваження № В 008-2014 від 24.02.2014 р.  
 Київ, 03143, вул. Метрологічна, 4 тел. 526-36-87, факс. 522-67-01, www.ukrcsm.kiev.ua, pgs@ukrcsm.kiev.ua

**СЕРТИФІКАТ на ПГС**

№ 3916-44/16

Виданий 14.12.2016

**Робоча еталонна газова суміш**

компонентів природного газу

Випускається згідно з ТУ У 24.1-02568182-001:2005 (зміна №1 від 10.06.2013)  
 і є стандартним зразком складу газової суміші ДП "Укрметртестстандарт" 4.6\_UMTS\_44.51-10,  
 Сертифікат затвердження типу № 51

Визначені компоненти	Молярна частка, %	Об'ємна частка, %	Абсолютна розширена невизначеність, % *
Кисень	0,0041	0,0041	0,0002
Азот	0,788	0,790	0,008
Діоксид вуглецю	0,150	0,149	0,002
Етан	1,796	1,785	0,018
Пропан	0,797	0,786	0,008
н-Бутан	0,103	0,100	0,002
і-Бутан	0,103	0,100	0,002
н-Пентан	0,0199	0,0188	0,0010
і-Пентан	0,0253	0,0242	0,0010
нео-Пентан	0,0021	0,0020	0,0001
Гексан	0,0100	0,0092	0,0005
Метан	96,2016	96,2317	0,0300

Примітка \* коефіцієнт охоплення дорівнює 2

Суміш нетоксична, займиста,

Характеристики (при 20 °С та 101,3 кПа)		Значення	Абсолютна розширена невизначеність *	Значення	Абсолютна розширена невизначеність *
Теплота згорання	- вища	9061 Ккал/м <sup>3</sup>	10	37,95 МДж/м <sup>3</sup>	0,05
	нижча	8171 Ккал/м <sup>3</sup>	10	34,22 МДж/м <sup>3</sup>	0,05
Густина	відносна	0,5802	0,0010		
	абсолютна	0,6988 кг/м <sup>3</sup>	0,0010		
Воббе Число	вище	11897 Ккал/м <sup>3</sup>	10	49,82 МДж/м <sup>3</sup>	0,05
	нижче	10727 Ккал/м <sup>3</sup>	10	44,92 МДж/м <sup>3</sup>	0,05

№ балону	Місткість балона, дм <sup>3</sup>	Тиск у балоні, МПа	Мінімальний робочий тиск, МПа	Температура зберігання, °С	Тип вентиля
30574	10	7,0	0,5	30	КВ-1П

Термін придатності суміші:

14.12.2017

Виконавець

Кіпніс Б.А.

Державне підприємство  
 Всеукраїнський державний науково-виробничий центр стандартизації, метрології, сертифікації та захисту прав споживачів  
 (ДП "Укрметртестстандарт")  
 Ідентифікаційний код 02568182  
 вчлени зберігачі вторинного еталона ДОЦТВ  
 Кісель С.П.

ІІАІ "Івано-Франківькгаз"

Хімічна лабораторія  
Свідоцтво про технічну компетенті ІФ 083Від 13.06.2017р.  
Чинно до 13.06.2020р.

Протокол аналізу газу № 1042

Місце відбору ГРС Калуш - 1

Умови відбору: температура °С Тиск 19 кгс/см<sup>2</sup>

Дата відбору 19.09.2017р Дата аналізу 20.09.2017р

## РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ:

1. Компонентний склад газу, визначений хроматографічним методом за ДСТУ ISO 6974:2007 та МВУ 045/05-2011

Назва компонентів	Вміст, % мол.	Розширена невизначеність, %
Метан	91,9451	0,0204
Етан	4,7355	0,0039
Пропан	0,0325	0,0020
ізо-Бутан	0,0035	0,0013
н-Бутан	0,0053	0,0013
нео-Пентан	0,0003	3,1687E-5
ізо-Пентан	0,0036	0,0002
н-Пентан	0,0044	0,0001
Гексан + вищ.	0,2725	0,0021
Кисень	0,0070	0,0002
Азот	1,0564	0,0054
Діоксид вуглецю	1,9339	0,0190
Інші компоненти		

2. Фізико-хімічні показники газу, розраховані за ДСТУ ISO 6976:2009:

Фізико-хімічний показник газу (при 20 °С та 101,325 кПа)	Значення		Розширена невизначеність
	МДж/м <sup>3</sup>	кВт*год/м <sup>3</sup>	
Густина відносна	0,6082		0,0002
Густина абсолютна, кг/м <sup>3</sup>	0,7326		0,0002
Теплота згоряння нижча	34,0552	9,4571	0,0317
Теплота згоряння вища	37,7441	10,4815	0,0352
Число Воббе вище	48,3961	13,4396	0,0458
Число Воббе нижче	43,6662	12,1261	0,0413
Температура точки роси газу по волозі при 3,92 Мпа, °С			
Температура точки роси вуглеводнів, °С			

Начальник лабораторії

Г.В.Хомик

Epsilon

# CERTIFICATE OF TEST

MANUFACTURER: Pelican Products Inc.  
23215 Early Avenue  
Torrance  
California 90505  
USA

APPARATUS: Protector Case Range, Case Type Numbers  
1100, 1120, 1150, 1200, 1300, 1400, 1450,  
1500, 1520, 1550, 1600, 1650, 1700, 1750.

STANDARDS: EN60529 : 1991  
IEC60529 : 1989

IP RATED: IP67

This is to certify that the above equipment has been tested in accordance with the requirements of EN60529 : 1991 and IEC60529 : 1989 and offers a degree of protection IP67.



Stephen L D'Henin  
Technical Director



ЗАТВЕРДЖУЮ

Керівник  
підприємства

Є.І. Крижанівський

«20» грудня 2017р.

**ПРОТОКОЛ**

**вимірювання теплоти згоряння природного газу приладом Gas-Ni-G  
в рамках виконання договору №1611000598 від 14.11.2016  
на базі УМГ «ПРИКАРПАТТРАНСГАЗ» ПАТ «УКРТРАНСГАЗ»**

1. Дата проведення випробувань 30.11.2017, 08.12.2017 та 20.12.2017.
2. Умови проведення вимірювання (приміщення, температура, тиск, вологість)  
Операторна ГРС «Угринів» та вимірювальна хіміко-аналітична лабораторія  
Богородчанського ЛВУМГ філії УМГ «ПРИКАРПАТТРАНСГАЗ»  
стандартні умови вимірювання

**Результати вимірювань:**

Місце відбору проби: безпосередньо з магістрального газопроводу в пробовідбірний балон після 20 хв. заповнення з терміном перебування в приміщенні до 30 хв., (для підігріву), температура навколишнього середовища +2°C ГРС Угринів (відбір проби 30.11.2017).

Теплота згоряння нижча (відповідно до миттєвих даних електронного протоколу потокового хроматографа «Danalyzer-370 XA») 8303-8309

Вміст CO<sub>2</sub>, % мол. (відповідно до миттєвих даних електронного протоколу потокового хроматографа HP «Danalyzer-370 XA» протоколу) 0,698-0,727

Виміряні значення приладом GAS-Ni-Q

№ вим.	Швидкість УЗ	Теплота згоряння нижча, ккал/м <sup>3</sup>	Вміст CO <sub>2</sub> , % мол	Температура в камері, °C	Тиск в камері, кПа
1	429,3	8578	0,790	23,1	1,208
2	429,4	8576	0,792	23,0	1,220
3	429,3	8550	0,795	23,1	1,209
4	429,1	8560	0,788	23,4	1,216
5	429,3	8563	0,790	23,4	1,218
6	429,1	8565	0,786	23,5	1,213
7	429,2	8566	0,783	23,5	1,213
8	429,2	8553	0,790	23,8	1,195
9	429,3	8558	0,786	23,5	1,209
10	429,4	8570	0,783	23,8	1,210

**ВИСНОВКИ:**

1. Прилад для експресконтролю теплоти згорання природного газу «GAS-Hi-Q» не передбачений для використання в вибухонебезпечних зонах ГРС та приміщеннях.
2. Відібрані у газовідбірні балони проби природного газу, які використовуються при визначенні теплоти згорання природного газу за допомогою приладу «Gas-Hi-Q» повинні бути витримані у приміщеннях, протягом 25-30 хв., для стабілізації фізико-хімічних параметрів та уникання конденсації газу на стінках вимірювальної камери приладу при різкій зміні температури з метою забезпечення достовірних даних результатів вимірювань.
3. Згідно результатів лабораторних досліджень на об'єктах філії УМГ «ПРИКАРПАТТРАНСГАЗ» прилад «Gas-Hi-Q» забезпечує визначення теплоти згорання (нижчої) природного газу в діапазоні від 7600 до 9000 ккал/м<sup>3</sup> з похибкою вимірювання в межах діапазону вимірювань не більше 3%.

Підписи фахівців, які провели вимірювання:

Начальник відділу газовимірювань та

метрології УМГ «ПРИКАРПАТТРАНСГАЗ»



Р.П. Луцик

Інженер I-ої категорії відділу газовимірювань та

метрології УМГ «ПРИКАРПАТТРАНСГАЗ»



О.І. Кісіль

Провідний інженер технічного відділу

УМГ «ПРИКАРПАТТРАНСГАЗ»



О.Ю. Тимофеев

Проректор з науково-педагогічної роботи

Завідувач кафедри ЕМ і ТД

Доцент кафедри ЕМ і ТД

Ст. наук. співробітник НДІ НГЕ і Е

Ст. наук. співробітник НДІ НГЕ і Е



М.О. Карпаш



П.М. Райтер



І.В. Рибіцький



О.В. Попович



В.М. Дойчик

## **ДОДАТОК К**

### **АКТИ**

**Виготовлення та оцінки технічної відповідності взірця приладу для  
контролю теплоти згоряння природного газу**



ЗАТВЕРДЖУЮ  
 Директор НДІ НІ ЕІЕ  
 М.О. Карпаш  
 2017 р.



### АКТ

#### виготовлення дослідного зрізця приладу для контролю теплоти згорання природного газу

Робоча група у складі: керівника – провідного наукового співробітника, кандидата технічних наук Яворського А.В. і членів групи – провідного наукового співробітника, кандидата технічних наук Рибіцького І.В., старшого наукового співробітника Дойчика В.М. склала цей акт проте, що:

1 У період з 01 квітня 2017 р. по 30 вересня 2017 р. згідно з етапом 2 “Виготовлення дослідного зразка. Розроблення програми та методики випробування та затвердження її” календарного плану НДДКР “Виготовлення та промислова апробація портативного приладу експрес контролю теплоти згорання природного газу” договору № 1611000598 186/2016 від 14.11.2016, виготовлено, проведено монтаж та налагодження складових і дослідного зрізця у цілому приладу для експрес-контролю теплоти згорання природного газу.

2 Робоча група встановила, що дослідний зрізець приладу для експрес-контролю теплоти згорання природного газу відповідає вимогам технічного завдання та конструкторській документації і готовий для проведення випробувань.

Голова робочої групи

 А.В. Яворський

Члени робочої групи

 І.В. Рибіцький

 В.М. Дойчик

ЗАТВЕРДЖЕНО  
 Ректор Івано-Франківського  
 національного технічного  
 університету нафти і газу  
 С. І. Крижанівський

АКТ

оцінки технічної відповідності

приладу для визначення теплоти згорання природного газу «GAS – Hi - Q»  
 в рамках виконання договору №1611000598 від 14.11.2016

Продукція: Прилад експресконтролю теплоти згорання природного газу  
 Призначення продукції: опосередковане визначення нижчої теплоти згорання природного газу на основі комплексного використання результатів вимірювання швидкості поширення ультразвукових коливань і концентрації діоксиду вуглецю у відібраній пробі природного газу за допомогою алгоритмів штучних нейронних мереж, які реалізовані програмно в приладі

Ідентифікаційне маркування: Gas-Hi-Q

Виробник продукції: Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Діапазон вимірювань 7600 – 9000 ккал/м<sup>3</sup>

Роздільна здатність відображення теплоти згорання природного газу 1 ккал/м<sup>3</sup>

Границя невизначеності ± 0,5 МДж/м<sup>3</sup> (приблизно 1,0 %)

Границі температурних режимів: від 5 °C до 30 °C (прилад не призначений для роботи в умовах вологості з конденсацією)

Зовнішні механічні умови M1

Зовнішні електромагнітні умови E2

Дані про умови експлуатації:

- тиск природного газу, при якому пробу подають у прилад має складати не більше 1,6 МПа;
- температура навколишнього середовища від 288 К до 308 К (від 15°C до 35°C);
- атмосферний тиск від 84,0 кПа до 106,7 кПа (від 630 мм рт. ст. до 800 мм рт. ст.);
- відносна вологість повітря не перевищує 80 %;
- напруга змінного струму, що живить апаратуру, від 187 В до 242 В;
- частота змінного струму, що живить апаратуру, (50±1) Гц.

Начальник відділу газовимірювань та метрології УМГ

«ПРИКАРПАТТРАНСГАЗ»

Р.П. Луцик

Провідний інженер технічного відділу УМГ

«ПРИКАРПАТТРАНСГАЗ»

О.Ю. Тимофеев

Проректор з наукової роботи ІФНТУНГ

І.І. Чудик



## **ДОДАТОК Л**

**Листи щодо проведення апробації, результати та методика випробувань  
на АГНКС ПАТ «Концерн Галнафтогаз»**



УКРАЇНА

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ  
ІВАНО-ФРАНКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ НАФТИ І ГАЗУ

76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15;  
тел. (380) 03422 4-22-64, 4-24-53, факс (380) 03422 4-21-39; e-mail: public@nung.edu.ua

18.11.2016 № 110-37-55/37

Директору ПАТ «Концерн Галнафтогаз»  
п. Купибіді Н.І.

79056, м. Львів, вул. Пластова, 1

Щодо надання роз'яснень  
за результатами виконаних робіт  
за договором підряду 33/2016  
від «23» серпня 2016р.

Шановний Назарію Івановичу!

Івано-Франківським національним технічним університетом нафти і газу (ІФНТУНГ) згідно з договором підряду №33/2016 від 23.08.2016р. були виконані роботи з «Вимірювання об'ємів витоків природного газу на АГНКС №1, с. Дем'янів» та «Розроблення методики визначення витоків природного газу на АГНКС ПАТ «Концерн Галнафтогаз».

В ході виконання робіт за даним договором фахівцями ІФНТУНГ було проведено вимірювання та розрахунок втрат природного газу на АГНКС №1 при експлуатації, проведенні регламентних робіт, а також при виникненні аварійних ситуацій. Зокрема встановлено, що процесі експлуатації АГНКС відбуваються постійні втрати природного газу через негерметичні елементи обладнання, нещільності в клапанах, ступенях компресора.

Зокрема встановлено, що з продувної свічки компресорної установки (КУ), через яку відбувається скид газу в атмосферу та дренаж I-III ступеней нагнітання, входу та виходу КУ добовий витік природного газу складає 19,2 м<sup>3</sup>. Для продувної свічки КУ, через яку відбувається скид газу в атмосферу при спрацюванні запобіжних клапанів добовий витік природного газу складає 1,8 м<sup>3</sup>.

Ці втрати відбуваються як при роботі компресорної установки, так і при її простоюванні (за умови знаходження обладнання АГНКС під робочим тиском), є стабільними і сумарно складають 21 м<sup>3</sup> в добу.

/ Ректор

Крижанівський Є.І.



УКРАЇНА

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ  
ІВАНО-ФРАНКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ НАФТИ І ГАЗУ

76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15;  
тел. (380) 03422 4-22-64, 4-24-53, факс (380) 03422 4-21-39; e-mail: public@nung.edu.ua

28.08.2016 № 210-3755/37

Директору ПАТ «Концерн Галнафтогаз»  
п. Купибіді Н.І.

79056, м. Львів, вул. Пластова, 1

Щодо надання роз'яснень  
за результатами виконаних робіт  
за договором підряду 33/2016  
від «23» серпня 2016р.

### Шановний Назарію Івановичу!

Івано-Франківським національним технічним університетом нафти і газу (ІФНТУНГ) згідно з договором підряду №33/2016 від 23.08.2016р. були виконані роботи з «Розроблення методики визначення витоків природного газу на АГНКС ПАТ «Концерн Галнафтогаз».

Повідомляємо, що Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу відповідно до наказу №241 від 15 серпня 2016 р. ДП «УкрНДНЦ Національного органу стандартизації (копія наказу додається) здійснює функції секретаріату ТК 146 «Матеріали, обладнання, технології і споруди для нафтогазової промисловості». Цим же наказом затверджено положення про технічний комітет стандартизації ТК 146.

На ТК 146, відповідно до згаданого вище наказу, покладаються функції розроблення, розгляду та погоджування національних стандартів, стандартів підприємств та методик в тому числі і таких об'єктів стандартизації: «Вимірювання витрат рідин і газів узагалі», «Системи газопостачання», «Вимірювання об'єму, маси, густини, в'язкості».

Івано-Франківським національним технічним університетом нафти і газу в рамках своєї статутної діяльності та повноваженнями наданими Національним органом стандартизації розроблено ряд методик з визначення втрат та витрат енергоносіїв для підприємств нафтогазового комплексу, зокрема і дана «Методика визначення об'ємів витоків природного газу на АГНКС», яка розроблялась в межах договору між ПАТ «Концерн Галнафтогаз» та ІФНТУНГ.

Додаток: копія наказу ДП УкрНДНЦ – 1 арк.  
копія положення про ТК146 – 16 арк.

/ Ректор

Крижанівський Є.І.

УДК 620.179  
КП  
№ держреєстрації 0116 U 005725  
Інв. №

Міністерство освіти і науки України  
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу  
вул. Карпатська, 15, м. Івано-Франківськ, 76019  
тел. (03422) 4-00-89, факс (03422) 4-20-15



**ЗАТВЕРДЖУЮ**  
Ректор ІФНТУНГ,  
д-р техн. наук, проф.

Крижанівський Є.І.

**ЗВІТ  
ПРО НАУКОВО-ДОСЛІДНУ РОБОТУ**

**ВИМІРЮВАННЯ ОБ'ЄМІВ ТА РОЗРОБЛЕННЯ МЕТОДИКИ  
ВИЗНАЧЕННЯ ВИТОКІВ ПРИРОДНОГО ГАЗУ НА АГНКС  
ПАТ «КОНЦЕРН ГАЛНАФТОГАЗ**

договір № 33/2016

Керівник НДР  
п.н.с НДІ НГЕіЕ,  
канд.техн. наук, доц.

Рибіцький І.В.

**2016 р.**

Рукопис закінчено

28 вересня 2016 р

## РЕФЕРАТ

Звіт про НДР: 39с., 5 джерел.

Об'єкт дослідження – технологічні втрати природного газу на автомобільній газонаповнювальній компресорній станції.

Метою науково-технічної роботи є розроблення методики та проведення вимірювань технологічних втрат природного газу на АГНКС.

Методи дослідження та апаратура: для виконання науково-дослідної роботи було використано метод математичного моделювання, системного аналізування та синтезу. Як апаратуру було використано спеціалізоване устаткування для проведення експериментальних досліджень – комплекс для виконання вимірювань в галузі неруйнівного контролю, засоби вимірювальної техніки.

У результаті виконання роботи було проаналізовано основні причини виникнення витоків, за допомогою вимірювальних засобів виявлено місця та їх об'єми, розроблено методику розрахунку об'ємів витоків природного газу на АГНКС в різних режимах роботи та обслуговування.

АГНКС, ВИТІК, ПРИРОДНИЙ ГАЗ, ВИМІРЮВАННЯ, КОМПРЕСОР

---

**ПАТ «КОНЦЕРН ГАЛНАФТОГАЗ»**

---

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Генеральний директор

ПАТ «КОНЦЕРН

ГАЛНАФТОГАЗ»

Наказ № \_\_\_\_ від \_\_.\_\_.2016р.

**МЕТОДИКА  
ВИЗНАЧЕННЯ ОБ'ЄМІВ ВИТОКІВ  
ПРИРОДНОГО ГАЗУ НА АГНКС**

Порядок розрахунку

**РОЗРОБЛЕНО**

Проректор з наукової роботи

ІФНТУНГ

\_\_\_\_\_ О.М. Карпаш  
" \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 2016 р.

## Передмова

- 1 РОЗРОБЛЕНО** НДІ «Нафтогазової енергетики та екології» Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу
- 2 ВНЕСЕНО** (назва підрозділу) ПАТ «КОНЦЕРН ГАЛНАФТОГАЗ»
- 3 ЗАТВЕРДЖЕНО та НАДАНО ЧИННОСТІ** наказом ПАТ «КОНЦЕРН ГАЛНАФТОГАЗ» від 20 \_\_ - \_\_ - \_\_ № \_\_\_\_\_
- 4 ВВЕДЕНО ВПЕРШЕ**
- 5 ТЕРМІН ДІЇ** – без обмеження
- 6 РОЗРОБНИКИ:** від НДІ НГЕіЕ – І.В. Рибіцький (керівник), М.О. Карпаш, А.В. Яворський; П.М. Райтер, від ПАТ «КОНЦЕРН ГАЛНАФТОГАЗ» – Л.А. Березовський

---

© ПАТ «КОНЦЕРН ГАЛНАФТОГАЗ»

Ця методика не може бути повністю чи частково відтворена, тиражована та розповсюджена без дозволу ПАТ «КОНЦЕРН ГАЛНАФТОГАЗ».

---

## Зміст

1	Галузь використання	1
2	Нормативні посилання	1
3	Загальні положення	4
4	Розрахунок об'ємів втрат природного газу	7
5	Вимірювання об'ємів втрат природного газу	11
6	Оформлення результатів вимірювань	25
7	Вимоги техніки безпеки	27
	Додатки	29



# МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ОБ'ЄМІВ ВИТОКІВ ПРИРОДНОГО ГАЗУ НА АГНКС

## Порядок розрахунку

---

Затверджено і введено в дію наказом від \_\_. \_\_.20\_\_ № \_\_\_\_  
Чинний від 20\_\_-\_\_-\_\_

### 1 ГАЛУЗЬ ВИКОРИСТАННЯ

Ця методика визначення об'ємів витоків природного газу на АГНКС (далі «Методика») регламентує вимоги до порядку розрахунку об'ємів витоків (втрат) природного газу АГНКС та ГРС.

Дана «Методика» розповсюджується на роботи:

а) по експериментальному визначенню наявності витоків газу з обладнання, встановленого на комунікаціях і об'єктах газорозподільчих станцій (ГРС);

б) по вимірюванню та розрахунку об'ємів виявлених витоків газу;

в) по визначенню загазованості приміщень.

В процесі проведення робіт проводять перевірку герметичності і витоків газу з торців свічних кранів в положенні «закрито», надземної і підземної частин всіх кранів і засувок в положенні «закрито» і «відкрито», в тому числі системи автоматичного управління кранами, конденсатозбірників, дренажних трубок, метанольниці, ліній їх продувки, включаючи крани і засувки на них, підземних і надземних діляниць газопроводів, незалежно

Визначення об'ємів включає розрахунок, перегляд, узгодження та затвердження норм втрат при експлуатації АГНКС, а також організацію контролю за їх дотриманням.

Вимоги цієї методики є обов'язковими для застосування підрозділами ПАТ «КОНЦЕРН ГАЛНАФТОГАЗ», які експлуатують АГНКС.

### 2 НОРМАТИВНІ ПОСИЛАННЯ

В цьому стандарті є посилання на такі нормативні документи:

- ДСТУ 1.0-93 Державна система стандартизації України;
- ДСТУ 1.2-93 Державна система стандартизації України. Порядок розроблення державних стандартів;
- ДСТУ 1.5- 93 Державна система стандартизації України. Загальні вимоги до побудови, викладання, оформлення та змісту стандартів;
- ДСТУ ISO 7504-2003 Аналіз газів. Словник термінів.

- ДСТУ ISO 12213-1:2009 (ISO 12213-1:2006, IDT) Природний газ. Обчислення фактора стисливості. Частина 1. Настанови
- ДСТУ ISO 12213-2:2009 (ISO 12213-2:2006, IDT) Природний газ. Обчислення фактора стисливості. Частина 2. Обчислення на основі молярного складу
- ДСТУ ISO 12213-3:2009 (ISO 12213-3:2006, IDT) Природний газ. Обчислення фактора стисливості. Частина 3. Обчислення на основі фізичних властивостей.
- ГОСТ 2939-63 Газы. Условия для определения объема.
- Методические рекомендации по нормированию и учету расхода топлива, теплоэнергии и электроэнергии в добыче и промышленной подготовке газа,  
Х., УкрНИИГаз, 1984. –75 с;
- Л.А.Некрасов. Определение коэффициентов расхода газа при замере дебита диафрагменным измерителем. М.: Газовая промышленность, №7, 1976. – 2 с;
- Катц Д.Д. Руководство по добыче, транспорту и переработке природного газа. Перевод с англ.- М.,Недра, 1965.-675 с.
- Межгосударственный стандарт; Газ природный. Методы расчета физических свойств. Определение коэффициента сжимаемости., М., Издательство стандартов. Дата введения 1997-07-01.
- ДСТУ ГОСТ 8.586.1:2009 (ИСО 5167-1:2003). Вимірювання витрати та кількості рідини і газу із застосуванням стандартних звужувальних пристроїв. Частина 1. Принцип методу вимірювання та загальні вимоги.
- ДСТУ ГОСТ 8.586.2:2009 (ИСО 5167-2:2003). Вимірювання витрати та кількості рідини і газу із застосуванням стандартних звужувальних пристроїв. Частина 2. Діафрагми. Технічні вимоги.
- ДСТУ ГОСТ 8.586.5:2009 Вимірювання витрати та кількості рідини і газу із застосуванням стандартних звужувальних пристроїв. Частина 5. Методика виконання вимірювань.
- ДСТУ 4313:2004 Газ природний горючий. Вимірювання витрати. Терміни та визначення понять.
- ГОСТ 30319.2-96 Газ природный. Методы расчета физических свойств. Определение коэффициента сжимаемости.
- ГОСТ 30319.3-96 Газ природный. Методы расчета физических свойств. Определение физических свойств по уравнению состояния.

### **3 ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ**

3.1 Визначення місць витоків та дослідження герметичності обладнання АГНКС включає в себе наступні основні види і стадії робіт:

- пошук місць витоків природного газу з обладнання та елементів АГНКС;
- вимірювання та розрахунок об'ємів витоків природного газу з негерметичного обладнання;
- визначення загазованості закритих приміщень;

3.2 Дана Методика призначений для розрахунку та вимірювання об'ємів витоків природного газу при експлуатації автомобільних газонаповнювальних компресорних станцій (АГНКС), що обладнані різними типами компресорів.

Метою розрахунку та вимірювання об'ємів витоків природного газу є пошук шляхів зменшення їх втрат та визначення рівня найбільш раціонального та ефективного використання енергоресурсів.

3.3 При роботі обладнання АГНКС виникають витрати природного газу через негерметичність обладнання, проведення планових (позапланових, регламентних) ремонтних робіт, робіт з технічного обслуговування, діагностування обладнання, а також при виникненні аварійних ситуацій, зокрема:

- продування та ремонтах і посвідченнях сепараторів, фільтрів, акумуляторів, манометрів, регуляторів тиску, ступенів стиснення газу компресорної установки;
- при заправках автомобілів;
- перевірках запобіжних клапанів;
- аварійних зупинках компресора;
- при заміні (регенерації) адсорбенту;
- при перевірці спрацювання системи газозахисту;
- втрати природного газу через сальники компресорних циліндрів.

3.3 В процесі роботи АГНКС на її окремих елементах виникають втрати природного газу різні за об'ємом, зокрема діапазони втрат можуть складати:

- мікро-витоки (менше 50 літрів на добу);
- міні-витоки (в середньому 0,55 м<sup>3</sup>/доба);
- малі витоки (в середньому 15 м<sup>3</sup>/доба);
- середні витоки (в середньому 86 м<sup>3</sup>/доба);
- великі витоки (в середньому 430 м<sup>3</sup>/доба);
- дуже великі, перед аварійні витоки (більше 720 м<sup>3</sup>/доба).

В таблиці 3.1 наведені також приблизні діапазони об'ємів для кожного виду витоків газу за годину, за добу і за рік.

3.4 З метою підвищення точності визначення об'ємів витрат природного газу мають бути враховані такі технічні та експлуатаційні фактори:

- час експлуатації обладнання;

- час простою обладнання при непрацюючому компресорі та заповнених емкостях та баках-акумуляторах;
- періодичність проведення ремонтних робіт на обладнанню;
- час та періодичність продування сепараторів, фільтрів, акумуляторів, ступенів стиснення газу компресорів;
- кількість автомобілів, що заправляються (навантаження) АГНКС;
- кількість зупинок;
- періодичність заміни адсорбенту;
- наявність чи відсутність утилізації газу, що викидається в атмосферу або у вхідний газопровід;
- вплив параметрів (тиск, температура, вологість) газу на вході АГНКС;
- тривалість опалювального періоду, інше.

*Таблиця 3.1 - Класифікація витоків газу за їх об'ємом*

Види витоків	Об'єми витоків, літр/годину		Об'єми витоків, м <sup>3</sup> /добу		Об'єми витоків, тис.м <sup>3</sup> /рік	
	Від-до	Середнє	Від-до	Середнє	Від-до	Середнє
1 Мікро-витоки	Менше 4	Менше 2	Менше 0,1	Менше 0,05	Менше 0,035	Менше 0,017
2 Міні-витоки	4-40	22	0,1-1	0,55	0,035-0,35	0,20
3 Середні витоки	1200-6000	3600	29-144	86	10,6-52,6	31,6
4 Великі витоки	6000-30000	18000	144-720	430	52,6-260	157,7
5 Дуже великі, передаварійні витоки	Більше 30		Більше 720		Більше 261	

3.5 Вимоги даної Методики можуть бути використані Державними органами, які відповідають за енергозбереження при контролі за раціональним використанням паливно-енергетичних ресурсів.

#### 4 РОЗРАХУНОК ОБ'ЄМІВ ВТРАТ ПРИРОДНОГО ГАЗУ

При роботі АГНКС виникають втрати природного газу, які пов'язані з негерметичністю обладнання, що знаходиться під високим тиском та проведенні робіт з технічного щоденного обслуговування, виникнення аварійних ситуацій та технічного обслуговування при проведенні гідравлічних випробувань, ремонті та експертному обстеженні.

4.1 У втрати природного газу при технічному обслуговуванні входять втрати газу необхідні для продування сепараторів, фільтрів, акумуляторів, продувочних ємностей, манометрів, регуляторів тиску, 1-3 ступенів стиснення газу компресорів і визначаються наступним шляхом.

Для визначення втрат газу на продування фільтрів, конденсатозбірників і конденсатоуловлювачів вихідні дані по кожному елементу зводяться в таблицю 4.1.

Таблиця 4.1 – Вихідні дані для проведення розрахунку втрат газу на продування

Найменування величини	Позначка
Фактичний тиск газу в газопроводі	$P$ , МПа
Фактична температура газу в газопроводі	$T$ , К
Діаметр запірної арматури дренажної лінії	$d$ , м
Кількість продування за розрахунковий період	$n$
Час одного продування за регламентом проведення робіт	$\tau$ , с
Густина газу в газопроводі в стандартних умовах	$\rho_0$ , кг/м <sup>3</sup>
Стала величина	$\pi = 3,14$
Температура газу в стандартних умовах	$T_0$ , К
Тиск природного газу в стандартних умовах	$P_0$ , МПа

4.2. Розрахунок ведеться згідно з таблицею 4.2 для кожного обладнання АГНКС, що продувався за розрахунковий період.

Таблиця 4.2 – Порядок проведення розрахунку втрат газу на продування

Назва параметру	Розрахункова формула (позначка, додаток)
Відносна густина газу за повітрям	$\Delta_{II} = \rho_o / 1,205$ , б/р
Коефіцієнт стисливості газу	Z, (згідно з додатком)
Швидкість критичного витоку газу в атмосферу	$W_{кр} = \sqrt{Z \cdot \Delta_{II} \cdot T}$ , м/с
Витрати газу на продування одного типу обладнання в секунду за відсутності відхилення вихідних параметрів	$Q_{пр} = W_{кр} \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot \frac{P \cdot T_0}{P_0 \cdot T \cdot Z}$ , $\frac{м^3}{с}$
Витрати газу на продування одного типу обладнання за час продування	$Q_{кв} = Q_{пр} \cdot \tau$ , $м^3$
Витрати газу на продування типу обладнання за розрахунковий період	$Q_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n Q_{кв_i}$ , $м^3$

4.3 В процесі технічного обслуговування (експертного обстеження з переосвідченням посудин працюючих під тиском), при проведенні ремонтних, профілактичних, вогневих та інших робіт з випускання газу із комунікацій АГНКС, акумуляторів, сепараторів, фільтрів, продувочних ємностей (охолоджувачів газу тощо), ступеней компресорної установки виникають втрати, які визначаються за формулою:

$$Q_{pp} = K \cdot (293 \cdot V \cdot P / T \cdot Z \cdot P_{атм}) , \quad (4.1)$$

де V - геометричний об'єм ( $м^3$ ) комунікацій АГНКС і апаратів;

P - тиск (Мпа) ;

T - температура ( $^{\circ}K$ ) газу ;

$P_{атм}$  - атмосферний тиск, що дорівнює 0,10134 Мпа ;

Z - коефіцієнт стиску газу (в комунікаціях і апаратах);

K - коефіцієнт, що враховує продування комунікацій та обладнання АГНКС після ремонту з метою витискання повітря,

( K = 2, якщо продування здійснюється , якщо ні то K = 1).

Кількість операцій проведення ремонтних робіт визначається графіком.

4.4 Витрати газу при заправках автомобілів природним газом розраховуються за формулою:

$$Q_{\text{за}} = K * (293 * V * P * n / T * Z * P_{\text{атм}}), \quad (4.2)$$

де  $V$  - геометричний об'єм ( $\text{м}^3$ ) шлангу заправки автомобілів;

$P$  - тиск (МПа);

$T$  - температура ( $^{\circ}\text{К}$ ) газу, що заправляється в автомобілі;

$P_{\text{атм}}$  - атмосферний тиск, що дорівнює 0,10134 Мпа;

$Z$  - коефіцієнт стиску газу;

$K$  - коефіцієнт, що враховує збільшення кількості стравлювань газу з

шлангів заправки автомобілів внаслідок негерметичного з'єднання,  $K = 1,15$

$n$  - кількість автомобілів, що заправляються за обліковий період .

4.5 Витрати газу, що викидається в атмосферу при зупинках компресора можуть бути визначені за п. 4.1.3 з врахуванням об'ємів порожнин, які знаходяться під тиском та опорожнюються, або визначається за формулою:

$$Q_{\text{xx}} = Q_1 - Q_2, \quad (4.3)$$

де  $Q_1$  - надмірний об'єм газу, що виникає на ступенях тиску при зупинці компресора або переведеннях його на холостий хід;

$Q_2$  - об'єм утилізації газу внаслідок його розподілу по вхідному газопроводу при підвищенні в ньому тиску від робочого до спрацювання запобіжного клапану, що встановлено на вхідному газопроводі.

Надмірний об'єм газу, що виникає на ступенях стискування при зупинці компресора розраховується за формулою:

$$Q_1 = V_i (P_i - P_{\text{зк}}) * 293 / (T_i * Z_i * P_{\text{атм}}), \quad (4.4)$$

де  $V_i$  - геометричний об'єм ( $\text{м}^3$ );

$P_i$  - тиск (МПа);

$T_i$  - температура ( $^{\circ}\text{К}$ );

$Z_i$  - коефіцієнт стиску газу.

Об'єм втрат газу внаслідок його розподілу по вхідному газопроводу визначається за формулою:

$$Q_2 = V_{\text{вх}} * (P_{\text{зк}} - P_{\text{р}}) * 293 / (T_{\text{вх}} * Z_{\text{вх}} * P_{\text{атм}}), \quad (4.5)$$

де  $V_{\text{вх}}$  - геометричний об'єм газопроводу від замірної діафрагми до оберненого клапану на виході компресора;

$P_{\text{зк}}$  - тиск настроювання запобіжного клапану на вході АГНКС ;

$P_{\text{р}}$  - робочий вхідний тиск;

$P_{\text{вх}}$  - тиск (МПа) на вході;

$T_{\text{вх}}$  - температура ( $^{\circ}\text{K}$ );

$Z_{\text{вх}}$  - коефіцієнт стиску газу (на вході АГНКС).

4.6 Витрати газу через сальники компресорних циліндрів розраховуються за формулою

$$Q_{\text{кц}} = q * T, \quad (4.6)$$

де  $q$  - питомі витрати природного газу через сальники компресорних циліндрів, л/год ;

$T$  - напрацювання компресора, год.

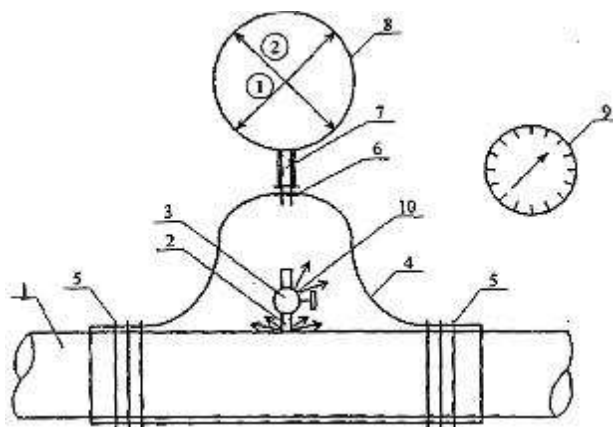
## 5 ВИМІРЮВАННЯ ОБ'ЄМІВ ВТРАТ ПРИРОДНОГО ГАЗУ

**5.1 Основні технічні засоби для пошуку місць витоків природного газу на АГНКС і визначення їх об'ємів.**

5.1.1 Основні технічні засоби для пошуку місць витоків природного газу та визначення їх об'ємів підрозділяються на групи в залежності від виду витоків газу.

5.1.2 Для пошуку місць мікро-витоків природного газу на АГНКС і оцінки їх об'ємів використовують:

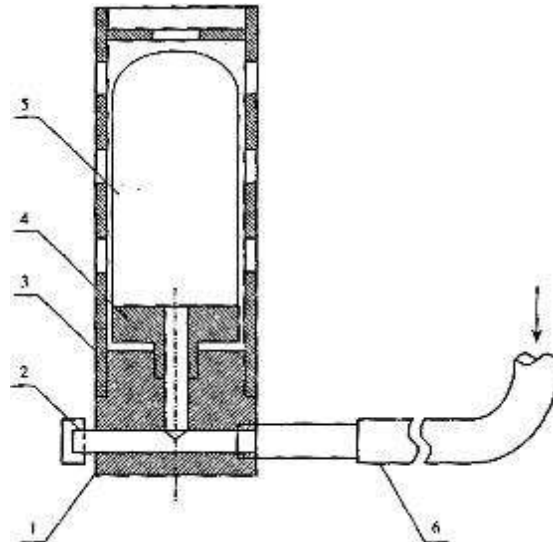
- метод намилювання місць витоків газу;
- метод використання малих гумових куль (до 0,2-0,8 л) (рисунок 5.1);
- метод визначення об'єму і концентрації природного газу всередині мікробоксу над витокком та ін. (рисунок 5.2).



1 – газопровід; 2 – штуцер; 3 - вентиль (негерметичний); 4 - поліетиленова плівка-накидка; 5 - ущільнювальні джгути; 6 - герметизуючі диски;



7 - відвідна трубка-штуцер; 8 - гумова оболонка-куля об'ємом двох типових розмірів; а) 0,2 - 0,5 літрів або б) 1 - 2 літрів; 9-секундомір; 10 - місце витоку  
 Рисунок 5.1 - Схема методу вимірювання об'ємів мікро витоків і міні витоків газу за допомогою поліетиленової плівки-накидки і гумової оболонки-кулі

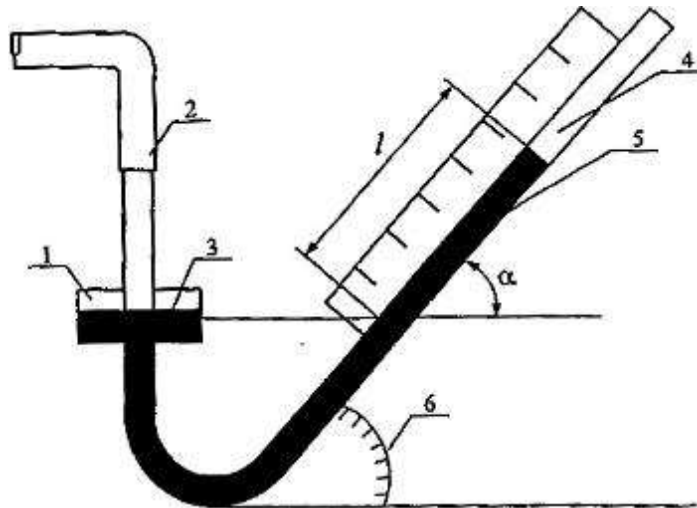


1 - трійник; 2 - дренажний отвір з пробкою; 3 - калібрований обмежувач з оглядовими вікнами; 4 - тримач гумової оболонки на калібрований об'єм (0,2-1,0 дм<sup>3</sup>); 5 - гумова оболонка-куля; 6 - гумовий шланг подачі газу від місця витоку.

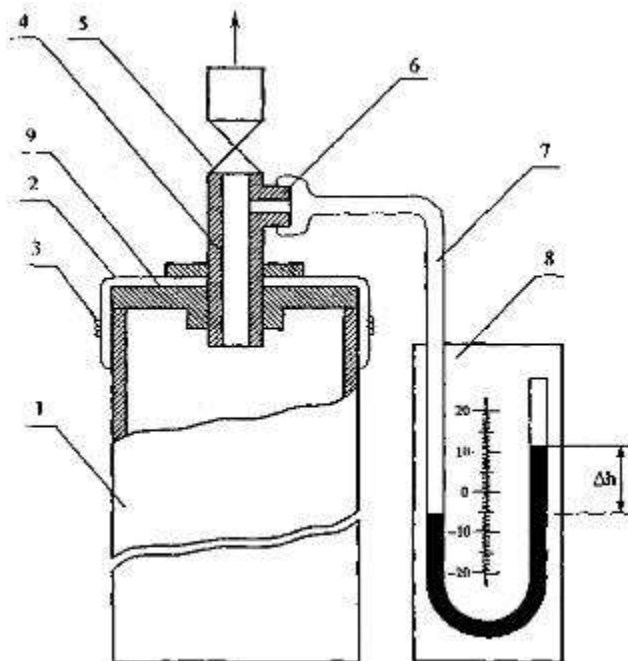
Рисунок 5.2 – Пристрій для визначення об'єму мікро- та мінівитоків природного газу об'ємним методом з каліброваним обмежувачем

5.1.3 Для пошуку місць міні-витоків газу та оцінки їх об'ємів використовують:

- а) рідинні мікроманометри (рисунок 5.3);
- б) поліетиленові накладки, герметизуючі заглушки (рисунок 5.4) з відвідним штуцером;
- в) гумові оболонки з каліброваним обмежувачем об'єму та ін.



1 - ємність для рідини (води, ртуті і т.п.); 2 - трубка з'єднувальна;  
 3 - рідина в ємності; 4 - трубка похила; 5 - рідина в трубці мікроманометра;  
 6 - вимірювач куга нахилу трубки  
 Рисунок 5.3 – Рідинний манометр



1 - продувна свічка; 2 - поліетиленовий кожух; 3 - гумовий хомут;  
 4 - дренажний патрубок-трійник; 5 – вентиль; 6 - штуцер для відбору газу;  
 7 - гумова трубка; 8 – U-подібний дифманометр; 9 – кришка.  
 Рисунок 5.4 – - Схема вимірювання витоків газу на торці свічного відводу  
 через закриті затвори кранів за допомогою герметизуючої заглушки

5.1.4 Для пошуку місць малих витоків газу та визначення їх об'ємів застосовують:

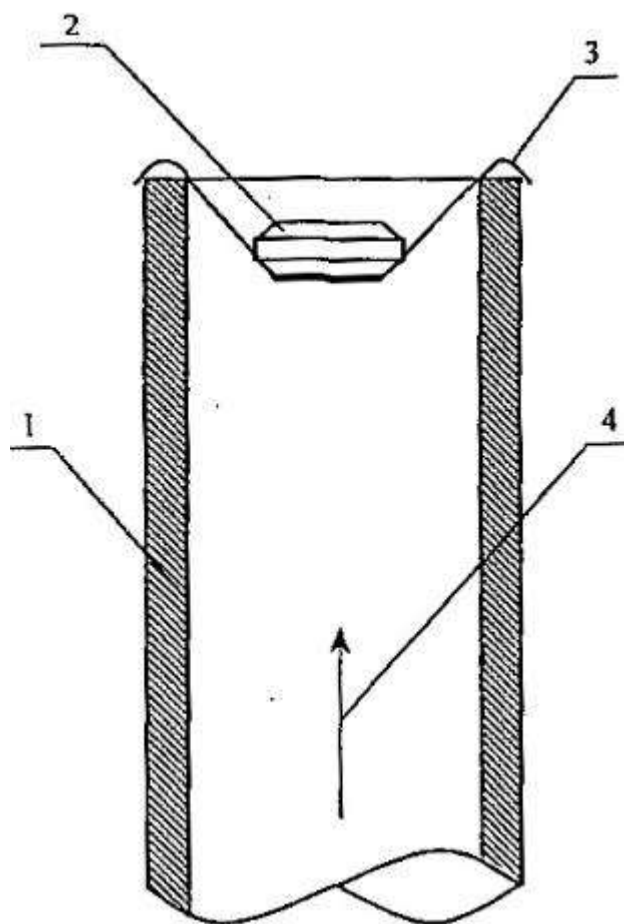
- а) акустичний метод;
- б) середні гумові кулі та оболонки об'ємом від 2 до 10 л;
- в) спецаглушки на торцях негерметичних свічок (рисунок 5.4);
- г) індикатор горючих газів;
- д) індикатор витоків газу;
- е) газовий лічильник, з діапазоном вимірювання від 0,02 до 2,5 м<sup>3</sup>/год;
- ж) поліетиленові плівки з штуцерами для відводу газу до гумової кулі до газового лічильника і т.д.

5.1.5 Для визначення об'ємів середніх витоків газу використовують:

- а) анемометри крильчасті (рисунок 5.5);
- б) анемометри чашкові (рисунок 5.5);
- в) спеціальні заглушки конструкції з дифманометрами (рисунок 5.4);
- г) накладки на свищі (і нещільності) з відвідною трубкою і дифманометром;
- д) газові лічильники, з діапазоном вимірювання від 0,04 до 6 м<sup>3</sup>/год.;
- е) малі метеорологічні кулі та ін.

5.1.6 Для визначення об'ємів великих витоків газу застосовують:

- а) трубку Піто – для вимірювання великих витоків газу через свічки (рисунок 5.6);
- б) чашковий анемометр, при швидкості газу в свічках до 15 м<sup>3</sup>/с (рисунок 5.5);
- в) формулу Критичного витікання газу (якщо відомо діаметр або площу витоку);
- г) дистанційну лазерну систему для виявлення місць витоків метану з об'ємом більше 500 м<sup>3</sup>/добу.

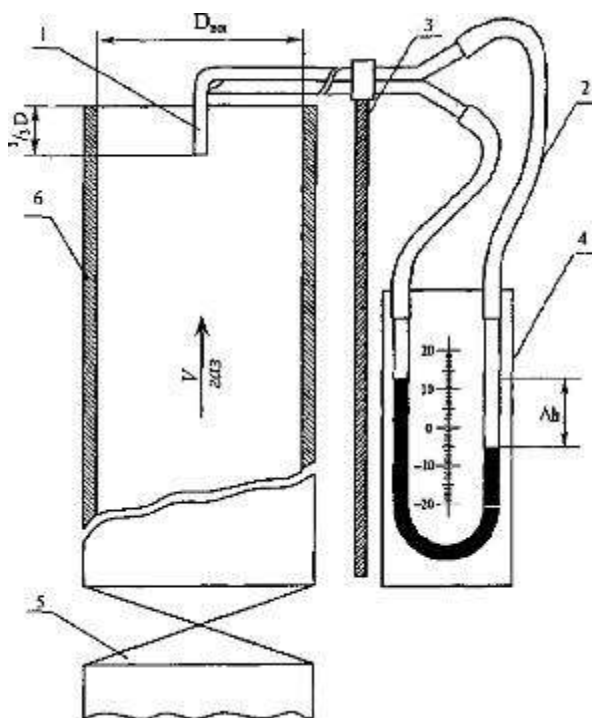


*1 - продувна свічка; 2 - анемометр чашковий (або крильчастий);  
3 - тримач анемометра; 4 - потік газу*

Рисунок 5.5 - Схема визначення середніх і великих витоків газу через свічкові відводи за допомогою анемометрів чашкового або крильчастого типу

5.1.7 Для визначення об'ємів дуже великих витоків газу використовують:

- а) пневмометричну трубку 2-го типу - трубку Літо (рисунок 5.6);
- б) пружинні технічні, контрольні та зразкові манометри на тиск до 0,1 МПа;
- в) також технічні засоби, які застосовують при вимірювання великих витоків газу.



1 - трубка Піто; 2 - гумові шланги; 3 – штанга; 4 – U-подібний дифманометр; 5 - кран свічковий; 6 - продувна свічка

Рисунок 5.6 - Схема заміру великих витоків газу за допомогою трубки Піто

## 5.2 Підготовка та організація проведення вимірювань.

5.2.1 Вимірювання витоків газу з газопроводів і обладнання АГНКС повинна проводити робоча група у складі:

- представників експлуатаційного персоналу, який відповідає за роботу обладнання АГНКС;
- представників персоналу, який обслуговує обладнання АГНКС;
- персоналу, який проводить облік газу;
- представників спеціалізованих наукових та інженерно-технічних організацій;
- представників керівництва ПАТ «КОНЦЕРН ГАЛНАФТОГАЗ».

5.2.2 Склад робочої групи та її керівник призначається керівництвом ПАТ «КОНЦЕРН ГАЛНАФТОГАЗ» спеціальним наказом.

5.2.3 Представник керівництва ПАТ «КОНЦЕРН ГАЛНАФТОГАЗ» надає робочій групі для ознайомлення:

- схему і паспорт АГНКС;
- проектну, технічну та експлуатаційну документацію АГНКС;
- дані про відмови та аварії на АГНКС;
- проектну, технічну та експлуатаційну документацію ГРС;
- дані про збір конденсату і води на ГРС
- дані про вузли обліку газу;

- дані про очистку пиловловлювачів від бруду та інш.

5.2.4 На основі аналізу документації і попереднього огляду комунікацій та об'єктів АГНКС та ГРС робоча група складає план роботи, який затверджує керівництво ПАТ «КОНЦЕРН ГАЛНАФТОГАЗ».

В "Робочому плані роботи по проведенню робіт з вимірювання витоків на АГНКС та ГРС має бути вказано: а) найменування всіх об'єктів, які перевіряються;

- б) прізвище і посади відповідальних за вимірювання;
- в) перелік приладів для вимірювання;
- г) планові терміни проведення робіт;
- д) форми звітності.

5.2.5 Перед початком робіт представник керівництва ПАТ «КОНЦЕРН ГАЛНАФТОГАЗ» і робочої групи проводять попередній інструктаж всіх членів групи, на якому:

- а) знайомлять з основною метою роботи;
- б) знайомлять з даною "Методикою";
- в) перевіряють наявність і справність основних технічних засобів для пошуку місць витоків газу і визначення їх об'ємів, а також знання членами групи будови цих приладів і методики роботи з ними;
- г) перевіряють знання правил техніки безпеки на АГНКС та ГРС кожним членом групи (при цьому складають список тих, що інструктуються, теми інструктажу і підписи інструктованих).

5.2.6 Заміри витоків необхідно проводити по наряду-допуску на газонебезпечні роботи.

### **5.3 Технологія вимірювання і розрахунок об'ємів витоків газу.**

5.3.1 Для визначення об'єму мікро- і міні-витоків газу проводять (рисунок 5.1):

- повну герметизацію місця витoku газу за допомогою спеціальної поліетиленової плівки-накидки (4), в якій є відвідна трубка-штуцер (7) з двома герметизуючими прокладками і дисками (6);
- на трубку-штуцер (7) щільно одягають і герметизують гумову оболонку-кулю (8);
- включають секундомір (9) і ведуть відлік часу  $t$  в секундах;
- після заповнення газом і досягнення об'єму  $V$ , лінійкою вимірюють діаметр  $d$  (см) гумової оболонки-кулі в 2-х, 3-х напрямках (зверху і збоку), усереднюють дані всіх замірів і обчислюють його об'єм за формулою:

$$V=10^{-3}*\pi*d^3/6, \text{ дм}^3 \text{ (літр)}, \quad (5.1)$$

- об'єм витоку визначають наступним чином:

$$q = V/t, \text{ дм}^3/\text{с (л/с)}, \quad (5.2)$$

де  $t$  - час в секундах.

5.3.2 Для підвищення точності визначення дуже малих об'ємів витоків при тиску більше 5-10 мм вод. ст. використовують схему їх заміру за допомогою гумової оболонки з каліброваним обмежувачем (рисунок 5.2). Розміри таких обмежувачів можуть змінюватись від 0,25 до 1,0 л і більше.

5.3.3 Для точного вимірювання дуже малих витоків газу при тиску до 10 мм вод. ст. слід застосовувати мікроманометри (рисунок 5.3). Для визначення фактичного тиску газу по висоті стовпа рідини в мікроманометрі використовують формулу

$$\Delta h = l*\sin\alpha, \quad (5.3)$$

де  $\Delta h$  - висота стовпа рідини, мм вод. ст.;

$l$  - довжина трубки мікроманометра, що заповнена водою вище початкового рівня в посудині, мм;

$\alpha$  - кут нахилу трубки до горизонту, град.

При цьому по секундоміру відраховується час зростання тиску в мікроманометрі. Потім об'єм витоку визначають за формулою:

$$q = V*(l+ \Delta h *10^{-4})/t, \text{ дм}^3/\text{с (л/с)}, \quad (5.4)$$

де  $V$  - об'єм пристрою, до якого підключено мікроманометр,  $\text{дм}^3$ ;

$t$  - час в секундах.

5.3.4 Вимірювання малих і середніх витоків газу з свічок (через закриті затвори свічкових кранів) необхідно проводити за допомогою герметизуючої заглушки конструкції (рисунок 5.4).

Цей метод застосовують для визначення витоків газу, які за 5-10 хвилин утворюють у свічці надлишковий тиск до 100-150 мм вод. ст.

На торець свічки (1) встановлюють кришку (9) з дренажним патрубком-трійником (4) і вентилям (5). На кришку (9) накладають поліетиленовий кожух (2), який ущільнюють гумовим хомутом (3). До штуцера (6) для відбору газу підключають гумову трубку (7) і дифманометр (8). Після герметизації місця витоку і під'єднанім дифманометра (8) закривають дренажну лінію вентилям (5) і одночасно включають хронометр. Через деякий проміжок часу знімають показання перепаду тиску по манометру і фіксують час.

При вимірюванні об'ємів витоків газу з негерметичної свічки шляхом накладання на торець заглушки (рисунок 5.4) використовують формулу

$$q = 60 * V * (1 + \Delta h * 10^{-4}) / t, \text{ дм}^3/\text{с (л/с)}, \quad (5.4)$$

де  $V$  - геометричний об'єм внутрішньої порожнини, яка герметизується (від крана до верху свічки),  $\text{м}^3$ ;

$\Delta h$  - збільшення надлишкового тиску газу у свічці, яке визначається подифманометру за час  $t$ , мм вод. ст.;

$t$  - час зростання тиску газу в свічці, в секундах.

5.3.5 При вимірюванні об'ємів малих витоків газу (від 40 до 1200 літрів за годину або від 0,67 до 20 літрів за хвилину) і середніх витоків газу (до 6,0 м<sup>3</sup>/год.) при тиску газу більше 10-20 мм вод. ст. рекомендованим є застосування газових лічильників, які маю ціну поділки ролика меншого розряду - 0,2 л, поріг чутливості - 3 дм<sup>3</sup>/год. або 0,05 літра за хвилину.

Перед вимірюванням об'єму витoku газу записують початкові покази лічильника, а через час  $t$  по хронометру - його нові покази (в м<sup>3</sup>). При цьому час спостереження має бути таким, щоб забезпечити розхід газу не менше 3 - 5 літрів, потім визначають розхід газу за хвилину і проводять перерахунок об'єму в м<sup>3</sup>/год.

5.3.6 Об'єм малих витоків газу на кранах і на свічках через негерметичні крани визначається шляхом заповнення кулі, яка одягається на торець свічки і на вузол крана, а розрахунок об'єму проводять за допомогою формули

$$q = 60 * (V_{\text{св}} + V_{\text{к}}) * (1 + \Delta h * 10^{-4}) / t, \text{ дм}^3/\text{с (л/с)}, \quad (5.4)$$

де  $V_{\text{к}}$  - об'єм кулі, заповненої газом,  $\text{м}^3$ . Градууювальну криву складають при таруванні (до установки кулі на місце витoku). Об'єм кулі уточнюють за допомогою мірної стрічки по периметру кулі, розрахунок проводять за формулою (5.1).

$V_{\text{св}}$  - геометричний об'єм внутрішньої порожнини, яка герметизується,  $\text{м}^3$ ;

5.3.7 Середні і великі витoki газу через свічкові відводи визначають за допомогою крильчастого і чашкового анемометрів (рисунок 5.5). Після візуального або акустичного визначення наявності витoku газу через свічки анемометр встановлюють на 1/10 діаметра труби нижче торця свічки, включають хронометр і записують покази лічильного пристрою. Через деякий час виключають хронометр і записують нові покази. При застосуванні



анемометра для вимірювання швидкості потоку газу в свічці УГ використовують формулу

$$V_{\Gamma} = 1,34 * V_{ан}, \text{ м/с}, \quad (5.7)$$

де  $V_{ан}$  - швидкість газового потоку за показниками анемометра, м/с.

Об'єм витоку газу визначається за швидкістю потоку газу в свічці

$$q_{доб} = 63,1 * D^2 * V_{\Gamma}, \text{ м}^3/\text{год} \quad (5.8)$$

де  $D$  - внутрішній діаметр свічки (або її еквівалентний діаметр), м.

5.3.8 При вимірюванні великих витоків газу застосовують пневмометричну трубку першого типу, яка встановлюється в центрі вихідного перерізу свічної труби, і  $U$  - подібний манометр, який слід жорстко закріпити.

Розхід газу через відкритий торець свічки визначають за формулою

$$Q_{св} = 8,84 * 10^{-3} * D^2 * (P_{н} + 1,033) / \sqrt{\Delta}, \text{ м}^3/\text{хв} \quad (5.9)$$

де  $P_{н}$  - надлишковий тиск газу в кгс/см<sup>2</sup>;

$\Delta$  - відносна питома вага (густина) газу, б/р.

5.3.9 При вимірюванні великих витоків газу з свічок застосовують пневмометричну трубку другого типу (трубку Піто) (рисунок 5.6), її наконечник встановлюють у центрі труби на відстані нижче за 1/2 діаметра свічки від її торця, а об'єм витоку визначають за формулою

$$Q = 0,19 * 10^{-3} * D^2 * (H_a / \Delta)^{0,5} * (P_a / 10330)^{0,5}, \text{ м}^3/\text{хв}, \quad (5.10)$$

де  $H_a$  - висота стовпа рідини (перепад) в  $U$ - подібному дифманометрі, мм;

$P_a$  - абсолютний тиск, мм вод. ст.;

$D$  - внутрішній діаметр, мм;

$\Delta$  - відносна густина газу за повітрям,  $\Delta \approx 0,6$ .

5.3.10 Витоки газу при критичному витіканні через свічки з технічною похибкою (10-12%) можна порівняти з його витіканням через діафрагмовий вимірювач (див. рисунок 5.7).

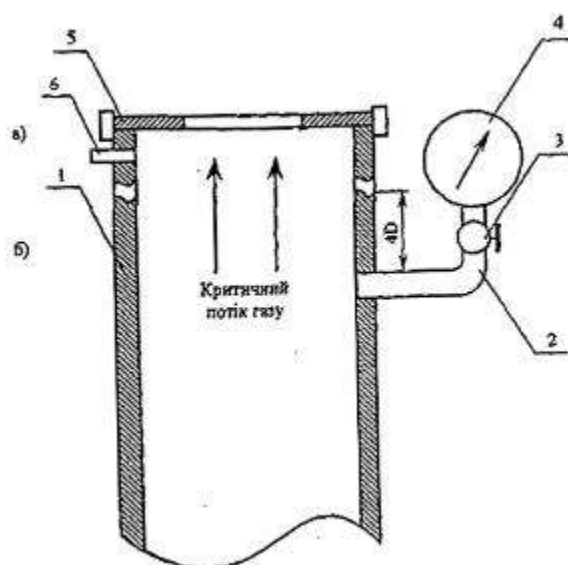
Тоді об'єм витрати природного газу при критичному витіканні через малі отвори або свічку в атмосферу (в умовах, коли тиск газу до отвору або крану в свічці в 2 і більше разів вище за тиск після нього) визначається за формулою

$$Q = 10 * C * P / (\Delta * T * Z)^{0,5}, \text{ тис.м}^3/\text{доб}, \quad (5.11)$$

де С - коефіцієнт, який визначається по таблиці 5.1;  
 Р - абсолютний тиск газу перед діафрагмою, МПа;  
 $\Delta$  - відносна густина газу (приймається в межах 0,57 - 0,62);  
 Т - абсолютна температура газу, К;  
 Z - коефіцієнт стиску газу ( $Z \approx 0,98$ ) при тиску Р (див. Додаток).

Приклад:

$$Q = 10 * C * P / (\Delta * T * Z)^{0,5} = 10 * C * P / (0,6 * 293 * 0,98)^{0,5} = C * P / 13,13 = 0,76 * C * P$$



1 – Продувна свічка; 2 – Відвідна труба; 3 – Вентиль; 4 – Манометр;  
 5 – Діафрагмовий вимірювач; 6 – Штуцер для манометра

Рисунок 5.7 - Схема вимірювання витоків газу при критичному витіканні газу через свічки за допомогою:

- а) методу з застосуванням дифманометра;
- б) методу бокового статичного тиску.

Таблиця 5.1- Коефіцієнт С при вимірюванні розходу газу за допомогою дифманометра

Діаметр діафрагми		Коефіцієнт С при діаметру 02"	Діаметр діафрагми		Коефіцієнт С при діаметру 0 2"
в дюймах	в мм		в дюймах	в мм	
1/8	3,17	1,89	5/16	7,95	11,92
3/16	4,17	4,32	3/8	9,51	16,92

7/32	5,39	5,77	7/16	11,13	24,25
1/4	6,35	7,73	1/2	12,7	30,45

5.3.11 Спосіб визначення витоків газу за допомогою замірів загазованості полягає в наступному:

а) всередині приміщення мікробоксу, ГРС, будинку оператора тощо проводять по 2 - 3 заміри концентрації метану в повітрі в % за допомогою інтерферометрів або метанометрів в наступних місцях:

- в центрі приміщення на висоті 0,5 - 1,0 м від підлоги,
- на висоті 1,5 - 1,8 м,
- 2,2 - 2,5 м від підлоги
- під стелею (через витяжні отвори);

б) потім усереднюють покази приладів;

в) вираховують об'єм приміщення  $V_{\text{п}}$  в  $\text{м}^3$ ;

г) вираховують вихідну абсолютну концентрацію метану  $q^{\circ}_{\text{конц}}$  за формулою

$$q^{\circ}_{\text{конц}} = V_{\text{п}} * r^{\circ}_{\text{k}}, \text{ м}^3, \quad (5.12)$$

де  $r^{\circ}_{\text{k}}$  - середня вихідна концентрація метану в повітрі приміщення, в долях одиниць;

д) через 20 - 30 хвилин повторюються заміри аналогічно пп. а) і б);

е) проводять розрахунок нової концентрації метану  $q^{\text{H}}_{\text{конц}}$  за формулою

$$q^{\text{H}}_{\text{конц}} = V_{\text{п}} * r^{\text{H}}_{\text{k}}, \text{ м}^3, \quad (5.13)$$

де  $r^{\text{H}}_{\text{k}}$  - нова середня вихідна концентрація метану в повітрі приміщення, в долях одиниць;

ж) середню швидкість витоку газу в даному приміщенні визначають за формулою

$$U_{\text{вит}} = (q^{\text{H}}_{\text{конц}} - q^{\circ}_{\text{конц}}) / t, \text{ м}^3/\text{с}, \quad (5.14)$$

де  $t$  - час між другим та першим циклом замірів, с.

## 6 ОФОРМЛЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ВИМІРЮВАНЬ

6.1 Результати експериментальних вимірювань витоків з обладнання АГНКС слід обробляти по кожній групі окремо:

- постійні втрати природного газу
- втрати при щоденному обслуговуванні

- втрати при аварійному скиді
- втрати при технічному обслуговуванні.

Постійні втрати природного газу виникають при роботі АГНКС, коли в порожнинах обладнання знаходиться природний газ при робочому тиску і пов'язані з негерметичністю обладнання АГНКС.

Втрати при щоденному обслуговуванні включають:

- втрати при дренаванні фільтрів газозаправних колонок;
- втрати при дренаванні компресорної установки;
- втрати при дренаванні фільтрів на ГРС.

Втрати при аварійному скиді включають:

- втрати в газових акумуляторах та газопроводах високого тиску;
- втрати з порожнини ступеней компресорної установки;
- втрати з порожнини вхідної буферної ємності;
- втрати з буферних ємностей ступеней компресорної установки.

Втрати при технічному обслуговуванні включають:

- втрати при обслуговуванні вхідного фільтру;
- втрати при обслуговуванні трубопроводів;
- втрати при обслуговуванні посудин ГРС;
- втрати при обслуговуванні посудин мікробоксу;
- втрати при обслуговуванні (ремонті) ступеней компресорної установки та буферних ємностей;
- втрати при обслуговуванні газових акумуляторів;
- втрати при обслуговуванні підвідного газопроводу.

6.2 Результати вимірювань витоків (втрат) природного газу з свічок, втрати при щоденному обслуговуванні, втрати при аварійному скиді та втрати при технічному обслуговуванні, включаючи ремонти, гідравлічні випробування, технічне діагностування обладнання мікробоксу АГНКС та ГРС оформлюються у вигляді актів (див. Додатки):

- Акт втрат природного газу при щоденному обслуговуванні на АГНКС;
- Акт втрат природного газу при аварійному скиді на АГНКС;
- Акт втрат природного газу на АГНКС при проведенні технічного обслуговування (включаючи ремонт, технічне обслуговування, та обстеження);
- Акт втрат природного газу на АГНКС за період (зведений акт).

## **7 ВИМОГИ ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ**

7.1 При проведенні робіт по обстеженню герметичності труб, кранів і обладнання АГНКС та ГРС ПАТ «КОНЦЕРН ГАЛНАФТОГАЗ» слід суворо керуватись вимогами по техніці безпеки, викладеними в нормативних документах:

- ДНАОП 1.1.23-1.03-84 “Правила безпеки при експлуатації магістральних газопроводів”;
- СТП 320.30019801.018-2000 “Правила технічної експлуатації магістральних газопроводів”;
- СТП 320.30019801.035-2001 “Порядок надання допуску на виконання технічного діагностування технологічних об’єктів газотранспортної системи ДК “Укртрансгаз”;
- ДНАОП 0.00-1.20-98 “Правила безпеки систем газопостачання України”.
- Положение по технической эксплуатации газораспределительных станций магистральных газопроводов”;
- НАОП 1.1.23-1.07-90 “Правила безопасности при эксплуатации средств и систем автоматизации и управления в газовой промышленности”;
- Типовой инструкции по организации безопасного проведения газоопасных работ (М., Недра, 1986).

7.2 До проведення вимірювань втрат природного газу на АГНКС ПАТ «КОНЦЕРН ГАЛНАФТОГАЗ» допускається персонал, який пройшов спеціальну підготовку і здав іспити в обсязі вимог “Типовой инструкции по организации безопасного проведения газоопасных работ”, посадових інструкцій, технологічних інструкцій приладів, а також вимог даної “Методики”.

7.3 Відповідальним за проведення вимірювань втрат природного газу призначається інженерно-технічний працівник ПАТ «КОНЦЕРН ГАЛНАФТОГАЗ», який назначається наказом керівника АГНКС, де проводяться роботи. Але, в будь-якому випадку, відповідальність за результати вимірювання та недотримання правил техніки безпеки при проведенні даних робіт несе керівник (начальник) та головний інженер (за наявності такої посади, або хто її суміщає) АГНКС.

Всі роботи по вимірюванні втрат природного газу на АГНКС необхідно проводити в присутності експлуатаційного (відповідального за ділянку) персоналу.

7.4 При дослідженні витоків газу на свічках, при роботі на висоті більше 1,5 м необхідно використовувати драбину, при цьому:

- міцно закріплювати верх драбини (до свічки, патрубку тощо);
- опори драбини внизу повинен страхувати другий робітник, він же подає і приймає прилади і пристрої від першого робітника наверху;
- робітник, що працює на висоті, повинен прикріплюватися до свічки або іншої опори за допомогою страхувального поясу.

7.5 Під час виконання вимірювань повинні бути виключені будь-які довільні дії по маніпулюванню кранами на газопроводах, свічними кранами і вентилями, датчиками контрольно-вимірювальних приладів і т.д. без дозволу представника ПАТ «КОНЦЕРН ГАЛНАФТОГАЗ», відповідального за вимірювання.

7.6 Видача посадовим особам вказівок або розпоряджень, які вимагають порушень правил безпеки, а також неприймання цими особами заходів по усуненню порушень, які допускаються в їх присутності підлеглими, тягне за собою відповідальність в адміністративному, дисциплінарному і судовому порядку. Відповідні дії фіксуються окремим актом порушення.

7.7 При роботах на АГНКС та ГРС працівники повинні мати доступ до телефонного або радіозв'язку з диспетчером (оператором) АГНКС.

## Додаток А

### ПРИКЛАДИ РОЗРАХУНКІВ НОРМАТИВНИХ ВИТРАТ ПРИРОДНОГО ГАЗУ НА ВЛАСНІ ПОТРЕБИ

1 Втрати газу, необхідні для продування сепараторів, фільтрів, акумуляторів, продувочних ємностей, 1-3 ступенів стиснення газу компресорів, перевірках запобіжних клапанів.

Під час ручного продування апаратів газ стравлюється в атмосферу після того, як вся волога вийшла з апаратів. Час продувки залежить від часу закриття продувочного крану .

При автоматичних продуваннях апаратів час продувки залежить від часу відкриття та закриття продувочного крану з урахуванням часу продування, що задається реле часу та технологічним регламентом.

Враховуючи те, що прохідний отвір продувального крану під час відкриття та закриття крану змінюється від нуля до максимального значення і навпаки від максимального значення до нуля, фактичний час продування визначається часом, що проходить від початку відкриття до закриття крану зменшеним в чотири рази. Наприклад, час, що проходить від відкриття до закриття продувальних кранів 1-3 ступенів тиску компресора дорівнює 10 секундам, діаметр крану 25 мм. В розрахунки витрат газу при їх продуванні вносити час продувки 2,5 (10/4) секунд, діаметр крану залишати 25 мм.

Вихідні дані :

- абсолютний тиск газу в апараті  $P = 1,2$  МПа;
- діаметр продувального крана  $d = 25$  мм;
- тривалість продування апарату  $t = 2,5$  с;
- кількість операцій продування апарату за звітний період  $n = 10$
- відносна густина газу за стандартних умов  $\Delta_n = 0,6$
- температура газу в апараті  $T = 293$  °К;
- коефіцієнт стисливості газу  
 $Z = 0,9746$  (згідно таблиці 1)

Витрати газу дорівнюють

$$Q_{\text{пр}} = 20 P d^2 t n / 864 (\Delta_n T Z)^{1/2} = 20 \cdot 1,2 \cdot 25^2 \cdot 2,5 \cdot 10 / 864 (0,6 \cdot 293 \cdot 0,9746)^{1/2} = 33,2 \text{ м}^3$$

2 Втрати газу, які мають місце в процесі проведення ремонтних, профілактичних, вогневих та інших робіт (випускання газу із комунікацій АГНКС, акумуляторів, сепараторів, фільтрів, продувочних ємностей, охолоджувачів газу тощо)

Вихідні дані:

- геометричний об'єм акумулятора  $V = 9 \text{ м}^3$ ;
- атмосферний тиск  $P_{\text{атм}} = 0,10134$  Мпа;
- при ремонті продув комунікацій не здійснюється тому ( $K=1$ );

- абсолютний тиск газу в апараті  $P = 20$  МПа;
- температура газу в апараті  $T = 293$  К;
- коефіцієнт стисливості газу  
 $Z = 0,79035$

Витрати газу визначаємо за формулою (6) п.4.1.2.

$$Q_{pp} = K(293V P / T Z P_{атм}) = (293 \cdot 9 \cdot 20) / (293 \cdot 0,79035 \cdot 0,10134) = 2247,36 \text{ м}^3$$

### 3 Втрати газу в процесі роботи пневматичних циліндрів кранів

Вихідні дані:

- геометричний об'єм пневматичних циліндрів, що спрацьовують в процесі пуску і зупинці компресора  $V=0,1 \text{ м}^3$  ;
- атмосферний тиск  $P_{атм} = 0,10134$  Мпа ;
- абсолютний тиск газу для живлення пневмоциліндрів  $P = 5,5$  МПа;
- температура газу  $T = 293$  °К;
- кількість пусків (зупинок) компресорів за плановий (звітний) період  $n=125$ ;
- коефіцієнт стисливості газу  
 $Z = 0,8870$  (згідно таблиці 1)

Витрати газу дорівнюють

$$Q_{пр} = (293V P n) / (T Z P_{атм}) = (293 \cdot 0,1 \cdot 5,5 \cdot 125) / (293 \cdot 0,8870 \cdot 0,10134) = 764,81 \text{ м}^3$$

### 4 Втрати газу, що викидається в атмосферу або у вхідний газопровід при зупинках або переведеннях компресорів на холостий хід

Вихідні дані:

- геометричний об'єм комунікацій вхідного газопроводу, включаючи сепаратори С1 та сепаратор на вході компресора  $V_{вх} = 2,694 \text{ м}^3$ ;
- геометричний об'єм комунікацій ступенів стиску газу:  
1 ст. =  $0,689 \text{ м}^3$ , 2 ст. =  $0,329 \text{ м}^3$ , 3 ст. =  $0,170 \text{ м}^3$ , 4 ст. (до оберненого клапана) =  $0,079 \text{ м}^3$ ;
- тиск газу по ступеням стиску газу:  
1 ст. =  $1,4$  МПа, 2 ст. =  $4,3$  МПа, 3 ст. =  $10,2$  МПа, 4 ст. =  $22$  МПа;
- температура газу по ступеням стиску :  
1 ст. =  $324$  К, 2 ст. =  $324$  К, 3 ст. =  $324$  К, 4 ст. =  $324$  К, на вході АГНКС -  $288$  К;
- тиск настроювання запобіжних клапанів, що встановлені на вході АГНКС

$$P_{зк} = 0,55 \text{ МПа};$$

- робочий тиск на вході АГНКС  $P_p = 0,45$  МПа;

Знаходимо надмірний об'єм газу, що виникає на 1-4 ступенях стиску при зупинці компресора або переведеннях його на холостий хід за формулою

$$Q_1 = V_i (P_i - P_{зк}) 293 / (T_i Z_i P_{атм}) ,$$

Надмірний об'єм газу, що утворюється на 1 ступені стиску

$$Q_{1сн} = 0,689 \times (1,4 - 0,55) \times 293 / (324 \times 0,98 \times 0,1033) = 5,23 \text{ м}^3$$



Надмірний об'єм газу, що утворюється на 2 ступені стиску

$$Q_{2\text{сн}} = 0,329 \times (4,3 - 0,55) \times 293 / (324 \times 0,9426 \times 0,1033) = 11,46 \text{ м}^3$$

Надмірний об'єм газу, що утворюється на 3 ступені стиску

$$Q_{3\text{сн}} = 0,17 \times (10,2 - 0,55) \times 293 / (324 \times 0,86 \times 0,1033) = 16,7 \text{ м}^3$$

Надмірний об'єм газу, що утворюється на 4 ступені стиску

$$Q_{4\text{сн}} = 0,079 \times (22 - 0,55) \times 293 / (324 \times 0,8 \times 0,1033) = 18,54 \text{ м}^3$$

Сумарний надмірний об'єм газу, що утворюється на 1-4 ступенях стиску:

$$Q_1 = 5,23 + 11,46 + 16,7 + 18,54 = 51,93 \text{ м}^3$$

Визначаємо об'єм утилізації газу в наслідок його розподілу по вхідному газопроводу при підвищенні в ньому тиску від робочого (0,45 МПа) до тиску спрацювання запобіжних клапанів, що встановлені на вхідному газопроводі (0,55 МПа):

$$Q_2 = V_{\text{вх}} (P_{\text{зк}} - P_{\text{р}}) 293 / (T_{\text{вх}} Z_{\text{вх}} P_{\text{атм}}) = \\ = 2,694 \times (0,55 - 0,45) \times 293 / (288 \times 0,99 \times 0,1033) = 2,68 \text{ м}^3$$

Таким чином, об'єм газу, що стравлюється в атмосферу при одній зупинці або переведенні на холостий хід компресора становить:

$$Q_{\text{хх}} = Q_1 - Q_2 = 51,93 - 2,68 = 49,25 \text{ м}^3$$

## Додаток Б

Форми актів, які заповнюються при втратах природного газу

Акт № \_\_\_\_\_  
від "\_\_\_" "\_\_\_" 20\_\_ р.

**Втрати природного газу на АГНКС №1**  
за період з "\_\_\_" "\_\_\_" 20\_\_ р. по "\_\_\_" "\_\_\_" 20\_\_ р. ( \_\_\_ днів)

№ п/п	Перелік операцій	Втрати	Одиниця виміру втрати	Тривалість операції	Одиниця виміру тривалості операції	Кількість операцій за звітний період, шт.	Сумарно за звітний період, м3	Примітка
<b>1</b>	<b>Постійні втрати природного газу</b>							
1.1	Продувна свічка №1	19,2	м3/доба	24	год	1	<b>19,2</b>	При роботі НУ
1.2	Продувної свічка №2	1,8	м3/доба	24	год	1	<b>1,8</b>	При роботі НУ
<b>2</b>	<b>Втрати при щоденному обслуговуванні</b>							
	<i>Дренування фільтрів</i>							
2.1	Газозаправна колонка №1	4,05	м3/хв	1	хв	1	<b>4,05</b>	1 раз в зміну
2.2	Газозаправна колонка №2	4,05	м3/хв	1	хв	1	<b>4,05</b>	1 раз в зміну
2.3	Газозаправна колонка №3	4,05	м3/хв	1	хв	1	<b>4,05</b>	1 раз в зміну
	<i>Дренування компресорної установки</i>							
2.4	1-ша ступінь	0,72	м3/хв	1	хв	1	<b>0,72</b>	1 раз в зміну
2.5	2-ша ступінь	1,84	м3/хв	1	хв	1	<b>1,84</b>	1 раз в зміну
2.6	3-ша ступінь	3,26	м3/хв	1	хв	1	<b>3,26</b>	1 раз в зміну
2.7	Вхід	1,26	м3/хв	1	хв	1	<b>1,26</b>	1 раз в зміну
2.8	Вихід	3,43	м3/хв	1	хв	1	<b>3,43</b>	1 раз в зміну
2.9	Вхідний фільтр (зовні мікробоксу)	1,32	м3/хв	1	хв	1	<b>1,32</b>	1 раз в 10 днів
2.10	Вхідний фільтр (в мікробоксі)	1,87	м3/хв	1	хв	1	<b>1,87</b>	1 раз в 15 днів
	<i>Дренування ГРС</i>							
2.11	Дренування фільтрів	13,62	м3/хв	1	хв	1	<b>13,62</b>	
<b>3</b>	<b>Втрати при аварійному скиді</b>							
3.1	Три блони акумуляторів з газопроводами	721,992	м3			1	<b>721,992</b>	
3.2	1-ша ступінь	0,02	м3			1	<b>0,02</b>	
3.3	2-ша ступінь	0,052	м3			1	<b>0,052</b>	
3.4	3-ша ступінь	0,033	м3			1	<b>0,033</b>	
3.5	Вхідна буферна ємність	18,2	м3			1	<b>18,2</b>	
3.6	Буферна ємність I-го ступеня зі сторони всмоктування	0,73	м3			1	<b>0,73</b>	
3.7	Буферна ємність I-го ступеня зі сторони напітання	1,26	м3			1	<b>1,26</b>	
3.8	Буферна ємність II-го ступеня зі сторони напітання	0,91	м3			1	<b>0,91</b>	
3.9	Буферна ємність III-го ступеня зі сторони напітання	1,2	м3			1	<b>1,2</b>	
<b>4</b>	<b>Втрати при технічному обслуговуванні (т/древлі-ні випробуван, ремонт)</b>							
4.1	Вхідний фільтр (зовні мікробоксу)	0,068	м3			1	<b>0,068</b>	
4.2	Трубопровід від ГРС до компресорної установки	8,802	м3			1	<b>8,802</b>	
4.3	На ГРС посудини (фільтри)	1,48	м3			1	<b>1,48</b>	
4.4	Трубопроводи на ГРС	8,541	м3			1	<b>8,541</b>	
4.5	1-ша ступінь	0,02	м3			1	<b>0,02</b>	
4.6	2-ша ступінь	0,052	м3			1	<b>0,052</b>	
4.7	3-ша ступінь	0,033	м3			1	<b>0,033</b>	
4.8	Вхідна буферна ємність	18,2	м3			1	<b>18,2</b>	
4.9	Буферна ємність I-го ступеня зі сторони всмоктування	0,73	м3			1	<b>0,73</b>	
4.10	Буферна ємність I-го ступеня зі сторони напітання	1,26	м3			1	<b>1,26</b>	
4.11	Буферна ємність II-го ступеня зі сторони напітання	0,91	м3			1	<b>0,91</b>	
4.12	Буферна ємність III-го ступеня зі сторони напітання	1,2	м3			1	<b>1,2</b>	
4.13	Три блони акумуляторів	720	м3			1	<b>720</b>	
4.14	Вхідна буферна ємність	18,2	м3			1	<b>18,2</b>	
4.15	Підвідний газопровід (до ГРС)	258,44	м3			1	<b>258,44</b>	
	<b>Сумарно за період</b>						<b>1842,803</b>	

Зауваження до роботи обладнання \_\_\_\_\_

Машиністи, які працювали за звітний період \_\_\_\_\_

Організація та працівники керівника групи, що здійснювала технічне обслуговування \_\_\_\_\_

Начальник АГНКС \_\_\_\_\_

**Акт № \_\_\_\_\_**  
**від " \_\_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 20\_\_ р**

**Втрати природного газу при щоденному обслуговуванні на АГНКС №1**

№ п/п	Перелік операцій	Втрати	Одиниця виміру втрати	Тривалість операції	Одиниця виміру тривалості операції	Кількість операцій за звітний період, шт.	Сумарно за звітний період, м3	Примітка
<b>1</b>	<b>Постійні втрати природного газу</b>							
1.1	Продувна свічка №1	19,2	м3/доба	24	год	1	<b>19,2</b>	При роботі КУ
1.2	Продувної свічка №2	1,8	м3/доба	24	год	1	<b>1,8</b>	При роботі КУ
<b>2</b>	<b>Втрати при щоденному обслуговуванні</b>							
	<i><b>Дренування фільтрів</b></i>							
2.1	Газозаправна колонка №1	4,05	м3/хв	1	хв	1	<b>4,05</b>	1 раз в зміну
2.2	Газозаправна колонка №2	4,05	м3/хв	1	хв	1	<b>4,05</b>	1 раз в зміну
2.3	Газозаправна колонка №3	4,05	м3/хв	1	хв	1	<b>4,05</b>	1 раз в зміну
	<i><b>Дренування компресорної установки</b></i>							
2.4	1-ша ступень	0,72	м3/хв	1	хв	1	<b>0,72</b>	1 раз в зміну
2.5	2-ша ступень	1,84	м3/хв	1	хв	1	<b>1,84</b>	1 раз в зміну
2.6	3-ша ступень	3,26	м3/хв	1	хв	1	<b>3,26</b>	1 раз в зміну
2.7	Вхід	1,26	м3/хв	1	хв	1	<b>1,26</b>	1 раз в зміну
2.8	Вихід	3,43	м3/хв	1	хв	1	<b>3,43</b>	1 раз в зміну
2.9	Вхідний фільтр (зовні мікробоксу)	1,32	м3/хв	1	хв	1	<b>1,32</b>	1 раз в 10 днів
2.10	Вхідний фільтр (в мікробокси)	1,87	м3/хв	1	хв	1	<b>1,87</b>	1 раз в 15 днів
	<i><b>Дренування ГРС</b></i>							
2.11	Дренування фільтрів	13,62	м3/хв	1	хв	1	<b>13,62</b>	
	<b>Сумарно</b>						<b>60,47</b>	

Зауваження до роботи обладнання \_\_\_\_\_

**Зміну дає:**

Наповнювач \_\_\_\_\_  
 Машиніст \_\_\_\_\_

**Зміну приймає:**

Наповнювач \_\_\_\_\_  
 Машиніст \_\_\_\_\_

**Начальник АГНКС** \_\_\_\_\_

Акт № \_\_\_\_\_  
від " \_\_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 20\_\_ р

**Втрати природного газу при аварійному скиді на АГНКС №1**

№ п/п	Перелік операцій	Втрати	Одиниця виміру втрати	Скид відбувся 1-"ТАК" 0 - "НІ"	Сумарно, м3	Примітка
1	Три блоки акумуляторів з газопроводами	721,992	м3	1	721,992	
2	1-ша ступень	0,02	м3	1	0,02	
3	2-ша ступень	0,052	м3	1	0,052	
4	3-ша ступень	0,033	м3	1	0,033	
5	Вхідна буферна ємність	18,2	м3	1	18,2	
6	Буферна ємність I-го ступеня зі сторони всмоктування	0,73	м3	1	0,73	
7	Буферна ємність I-го ступеня зі сторони нагнітання	1,26	м3	1	1,26	
8	Буферна ємність II-го ступеня зі сторони нагнітання	0,91	м3	1	0,91	
9	Буферна ємність III-го ступеня зі сторони нагнітання	1,2	м3	1	1,2	
<b>Сумарно за період</b>					<b>744,397</b>	

Зуваження до роботи обладнання: \_\_\_\_\_

Час (год./хв.) та причина аварійного скиду: \_\_\_\_\_

Зміну здав:

Наповнювач \_\_\_\_\_

Машиніст \_\_\_\_\_

Зміну прийняв:

Наповнювач \_\_\_\_\_

Машиніст \_\_\_\_\_

**Начальник АГНКС** \_\_\_\_\_

*Примітка: при аварійному скиді також заповнюється акт втрат природного газу при щоденному обслуговуванні з врахуванням часу роботи установок до моменту виникнення аварійної ситуації.*

**Акт № \_\_\_\_\_ від " \_\_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 20\_\_ р**  
**Втрати природного газу на АГНКС №1 при проведенні технічного обслуговування**

№ п/п	Перелік операцій	Втрати	Одиниця виміру втрати	Операція проводилась 1-"ТАК" 0 - "НІ"	Сумарно за операцію, м3	Примітка
<b>Технічне обслуговування (гідрравлічні випробування, ремонт, обстеження)</b>						
1	Вхідний фільтр (зовні мікробоксу)	0,068 м3		1	0,068	
2	Трубопровід від ГРС до компресорної установки	8,802 м3		1	8,802	
3	На ГРС посудини (фільтри)	1,48 м3		1	1,48	
4	Трубопроводи на ГРС	8,541 м3		1	8,541	
5	1-ша ступень	0,02 м3		1	0,02	
6	2-ша ступень	0,052 м3		1	0,052	
7	3-ша ступень	0,033 м3		1	0,033	
8	Вхідна буферна ємність	18,2 м3		1	18,2	
9	Буферна ємність I-го ступеня зі сторони всмоктування	0,73 м3		1	0,73	
10	Буферна ємність I-го ступеня зі сторони нагнітання	1,26 м3		1	1,26	
11	Буферна ємність II-го ступеня зі сторони нагнітання	0,91 м3		1	0,91	
12	Буферна ємність III-го ступеня зі сторони нагнітання	1,2 м3		1	1,2	
13	Три блоки акумуляторів з газопроводами	721,992 м3		1	721,992	
14	Вхідна буферна ємність	18,2 м3		1	18,2	
15	Підвідний газопровід (до ГРС)	258,44 м3		1	258,44	
<b>Сумарно</b>					<b>1039,928</b>	

Зауваження до роботи обладнання \_\_\_\_\_

**Зміну здає:**

Наповнювач \_\_\_\_\_

Машиніст \_\_\_\_\_

**Зміну прийняв:**

Наповнювач \_\_\_\_\_

Машиніст \_\_\_\_\_

Організація, прізвища керівника та членів групи, що здійснювала технічне обслуговування \_\_\_\_\_

**Начальник АГНКС** \_\_\_\_\_

*Примітка: при заповненні акту втрат природного газу при проведенні технічного обслуговування також заповнюється акт втрат природного газу при щоденному обслуговуванні з врахуванням часу роботи установки до моменту початку робіт з технічного обслуговування.*

## Додаток В

## Значення коефіцієнта стиску (Z) природного газу з відносною густиною 0,6

Таблиця 1 Коефіцієнт стиску (Z) природних газів з відносною густиною 0,6											
Тиск, МПа	Температура °К										
	273	278	283	288	293	298	303	308	313	318	323
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0,2	0,9839	0,9848	0,9858	0,9865	0,9872	0,9883	0,9886	0,9891	0,9897	0,9902	0,9909
0,5	0,9758	0,9772	0,9786	0,9798	0,9809	0,9822	0,983	0,9839	0,9848	0,9856	0,9865
1	0,9677	0,9696	0,9714	0,9731	0,9746	0,9761	0,9774	0,9787	0,9799	0,981	0,9821
1,5	0,9596	0,962	0,9642	0,9664	0,9683	0,97	0,9718	0,9735	0,975	0,9764	0,9777
2	0,946	0,9493	0,9524	0,9551	0,9578	0,9602	0,9625	0,9647	0,9668	0,9686	0,9704
2,5	0,9324	0,9365	0,9404	0,944	0,9473	0,9504	0,9533	0,9561	0,9587	0,9611	0,9634
3	0,9187	0,9239	0,9286	0,933	0,937	0,9407	0,9442	0,9476	0,9507	0,9536	0,9563
3,5	0,9052	0,9113	0,9168	0,922	0,9267	0,9311	0,9352	0,9391	0,9427	0,9461	0,9494
4	0,8917	0,8988	0,9052	0,911	0,9166	0,9217	0,9264	0,9309	0,935	0,9389	0,9426
4,5	0,8783	0,8863	0,8937	0,9004	0,9065	0,9123	0,9176	0,9227	0,9274	0,9318	0,936
5	0,8649	0,8739	0,8822	0,8877	0,8967	0,9032	0,9091	0,9147	0,92	0,925	0,9295
5,5	0,8516	0,8618	0,871	0,8794	0,887	0,8941	0,9008	0,9069	0,9127	0,9181	0,9231
6	0,8386	0,8498	0,8599	0,8691	0,8775	0,8853	0,8925	0,8992	0,9056	0,9115	0,9171
6,5	0,8258	0,838	0,8491	0,8591	0,8683	0,8767	0,8846	0,8919	0,8987	0,905	0,911
7	0,8132	0,8264	0,8385	0,8493	0,8592	0,8683	0,8768	0,8846	0,892	0,8988	0,9053
7,5	0,8006	0,8148	0,832	0,841	0,846	0,851	0,8588	0,8673	0,8754	0,8834	0,8996
10	0,78435	0,79474	0,80493	0,81495	0,8248	0,8344	0,844	0,85336	0,86258	0,87164	0,88057
10,5	0,77592	0,78673	0,79735	0,80778	0,81803	0,82803	0,83803	0,84778	0,85737	0,86682	0,87611
11	0,76829	0,77948	0,79047	0,80127	0,81188	0,82223	0,83258	0,84267	0,8526	0,86238	0,872
11,5	0,76145	0,77297	0,78429	0,79541	0,80634	0,81699	0,82764	0,83803	0,84826	0,85832	0,86823
12	0,75538	0,76719	0,77878	0,79018	0,80137	0,812285	0,8232	0,83385	0,84433	0,85464	0,86479
12,5	0,75006	0,7621	0,77393	0,78556	0,79698	0,80812	0,81926	0,83012	0,84081	0,85133	0,86169
13	0,74545	0,7577	0,76972	0,78154	0,79315	0,80447	0,81579	0,82683	0,8377	0,84839	0,85892
13,5	0,74155	0,75395	0,76613	0,7781	0,78986	0,80133	0,8128	0,82398	0,83499	0,84582	0,85648
14	0,73833	0,75085	0,76315	0,77523	0,7871	0,79868	0,81026	0,82155	0,83267	0,8436	0,85437
14,5	0,73576	0,74837	0,76075	0,77291	0,78486	0,79652	0,80818	0,81954	0,83073	0,84174	0,85258
15	0,73383	0,74648	0,75891	0,77113	0,78313	0,79483	0,80653	0,81795	0,82918	0,84023	0,8511
20	0,7446	0,75634	0,76788	0,77921	0,79035	0,80121	0,81207	0,82267	0,83309	0,84335	0,85345
20,5	0,7482	0,75976	0,77111	0,78226	0,79323	0,803915	0,8146	0,82503	0,83529	0,84538	0,85532
21	0,75217	0,76353	0,77469	0,78566	0,79644	0,806945	0,81745	0,8277	0,83779	0,84771	0,85748
21,5	0,75649	0,76765	0,77861	0,78938	0,79997	0,81029	0,82061	0,83067	0,84058	0,85033	0,85992
22	0,76114	0,77209	0,78285	0,79342	0,80381	0,813935	0,82406	0,83394	0,84366	0,85323	0,86265
22,5	0,76609	0,77683	0,78738	0,79775	0,80794	0,81787	0,8278	0,83749	0,84703	0,85641	0,86565
23	0,77132	0,78185	0,7922	0,80236	0,81235	0,822085	0,83182	0,84132	0,85067	0,85987	0,86892
23,5	0,77682	0,78714	0,79727	0,80723	0,81702	0,826565	0,83611	0,84542	0,85458	0,86359	0,87247
24	0,78255	0,79266	0,8026	0,81236	0,82195	0,831305	0,84066	0,84978	0,85875	0,86759	0,87628
24,5	0,7885	0,79841	0,80815	0,81771	0,82712	0,836285	0,84545	0,85439	0,86319	0,87184	0,88037
25	0,79464	0,80436	0,81391	0,82329	0,8325	0,84149	0,85048	0,85924	0,86787	0,87636	0,88471
25,5	0,80096	0,81049	0,81986	0,82906	0,8381	0,846915	0,85573	0,86433	0,87279	0,88112	0,88932
26	0,80743	0,81679	0,82598	0,83502	0,8439	0,852555	0,86121	0,86965	0,87796	0,88613	0,89418
26,5	0,81402	0,82323	0,83226	0,84114	0,84987	0,85838	0,86689	0,87519	0,88335	0,89139	0,8993