

УДК 658.56 : 536.66

DOI 10.31471/1993-9981-2020-2(45)-82-89

ДИВЕРСИФІКАЦІЯ МЕТОДІВ ДІАГНОСТИКИ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ГАЗОПРОВОДІВ В УМОВАХ РОЗВИТКУ СИСТЕМИ ОЦІНКИ ЯКОСТІ ПРИРОДНОГО ГАЗУ ЗА ПРИНЦИПАМИ ЄС

С.О. Максим'юк, О.М. Карнаш

ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (0342) 506611,

e-mail: sergmax@gmail.com

В роботі проведено моделювання мережі газопостачання в середовищі графічного інтерфейсу Matlab – Simulink, що враховує зміну параметрів цієї мережі при переміні якісних характеристик енергоресурсі, а саме – калорійності природного газу. Створена модель показала знижені обсяги споживання природного газу споживачами мережі у випадку покращення якості енергоресурсу. Перехід розрахунків за природний газ з об'ємних до енергетичних одиниць нормативно підтримується міжнародними та державними законодавчими документами, комплексне висвітлення яких наведено в роботі. Такий перехід розрахунків повинен супроводжуватися розробкою системи засобів з визначення питомої теплоти згоряння енергоресурсу в потоковому режимі. В роботі запропоновано використати цю метрологічну систему засобів оцінки якісних показників енергоресурсу для цілей додаткової діагностичної ознаки технічного стану газопроводу. Відстеження діапазонів зміни калорійності природного газу може слугувати підставою для оцінки зміни технічного стану безпосередньо газопроводу. Схема такого зв'язку технічного стану трубопроводу з якісними показниками газу, що по ньому протікає, наведено в цій роботі. Також для підтвердження кореляційного характеру зв'язку між якістю природного газу та технічним станом газопроводу в роботі наведено результати експериментального дослідження можливості визначення дефектів трубопроводу через вимірювання зміни якісних показників енергоресурсу. Результати цього дослідження показують, що для газопроводу з корозійними пошкодженнями характерна значна зміна калорійності природного газу що по ньому протікає (для досліджуваної ділянки «Тустань – Ділієво» вона склала 10 %).

Ключові слова: діагностика технічного стану газопроводу, моделювання газової мережі

В работе проведено моделирование сети газоснабжения в среде графического интерфейса Matlab - Simulink, учитывающий изменение параметров сети при перемене качественных характеристик энергоресурсе, а именно - калорийности природного газа. Созданная модель показала снижены объемы потребления природного газа потребителями сети в случае улучшения качества энергоресурса. Переход расчетов за природный газ с объемных к энергетическим единицам нормативно поддерживается международными и государственными законодательными документами, комплексное освещение которых приведены в работе. Такой переход расчетов должен сопровождаться разработкой системы средств по определению удельной теплоты сгорания энергоресурса в потоковом режиме. В работе предложено использовать эту метрологическую систему средств оценки качественных показателей энергоресурса для целей дополнительной диагностической признака технического состояния газопровода. Отслеживание диапазонов изменения калорийности природного газа может служить основанием для оценки изменения технического состояния непосредственно газопровода. Схема такой связи технического состояния трубопровода с качественными показателями газа, что по нему протекает, приведены в этой работе. Также для подтверждения корреляционного характера связи между качеством природного газа и техническим состоянием газопровода в работе приведены результаты экспериментального исследования возможности определения дефектов трубопровода через измерения изменения качественных показателей энергоресурса. Результаты этого исследования показывают, что для газопровода с коррозионными повреждениями характерна значительная изменение калорийности природного газа что по нему протекает (для исследуемого участка «Тустань - Дилиев» она составила 10%).

Ключевые слова: диагностика технического состояния газопровода, моделирование газовой сети

The simulation of the gas supply network in the environment of the graphical interface Matlab - Simulink is carried out in the work, which takes into account the change of parameters of this network at change of qualitative characteristics of energy resource, namely - calorific value of natural gas. The created model showed reduced volumes of natural gas consumption by network consumers in case of improvement of energy quality. The transition of payments for natural gas from volumetric to energy units is normatively supported by international and state legislative documents, the comprehensive coverage of which is given in the paper. This transition of calculations should be accompanied by the development of a system of tools for determining the specific heat of combustion of energy in the flow mode. In the paper it is offered to use this metrological system of means of an estimation of qualitative indicators of an energy resource for the purposes of an additional diagnostic sign of a technical condition of the gas pipeline. Tracking the ranges of changes in the calorific value of natural gas can serve as a basis for assessing changes in the technical condition of the pipeline itself. A diagram of this connection between the technical condition of the pipeline and the quality of the gas flowing through it is given in this paper. Also, to confirm the correlation between the quality of natural gas and the technical condition of the pipeline, the paper presents the results of an experimental study of the possibility of determining the defects of the pipeline by measuring changes in energy quality. The results of this study show that a gas pipeline with corrosion damage is characterized by a significant change in the calorific value of natural gas flowing through it (for the study area "Tustan - Diliyevo" it was 10%).

Key words: diagnostics of technical condition of gas pipeline, modeling of gas network

Виклад основного матеріалу

За останнє десятиліття енергетичний сектор України зазнав значного стрибку в розвитку до норм та стандартів ЄС. Каталізатором такого стрибку стало членство України в Енергетичному Співтоваристві (ЕнС) з 2011 року. Враховуючи, що метою ЕнС є створення єдиного енергетичного ринку [1], з цього часу почалися інтеграційні процеси реформування українського законодавства, так як спільні ринкові відносини не можливі без врегульованих стандартів та норм.

Цілі ЕнС виконуються через дотримання країнами-члени низки законодавчих документів про енергетичний ринок ЄС, відомих як третій енергетичний пакет. Цей пакет набув чинності у вересні 2009 р. та охоплює наступні п'ять областей [2]:

- відокремлення енергопостачання та виробництва від експлуатації мереж передачі,
- функціонування внутрішнього енергетичного ринку держав з незалежними регуляторами
- Функціонування агентств з питань співпраці енергетичних регуляторів для допомогти різним національним регуляторним органам співпрацювати та забезпечити безперервне функціонування внутрішнього енергетичного ринку
- транскордонне співробітництво для забезпечення оптимального управління мережами ЄС;

- та відкриті та справедливі роздрібні ринки (право вибору або заміни постачальника без додаткової плати, отримання інформації про споживання енергії та швидке та дешево вирішення суперечок).

Виконання цих цілей забезпечується трьома регламентами та двома директивами ЄС:

1. Регламент ЄС №713/2009, що засновує Агентство з питань співробітництва регуляторів у сфері енергетики;
2. Регламент ЄС №714/2009 про умови доступу до мереж трансграничних обмінів електроенергією;
3. Регламент ЄС №715/2009 про умови доступу до мереж транспортування природного газу;
4. Директива 2009/72/ЄС щодо загальних правил для внутрішнього ринку електроенергії;
5. Директива 2009/73/ЄС щодо загальних правил для внутрішнього ринку природного газу.

Ці документи мають різний статус гармонізації країн-учасниць ЄС (у тому числі й країн з асоційованим членством). Директиви потребують процесу імплементації в кожній країні-учасниці ЄС через форми та методи, які країна обирає самостійно керуючись національним законодавством[3]. Тобто для України визначальним є не самі директиви, а акти національного законодавства, що імплемнтують ці директиви. В той же час, на відміну від директив, регламенти не потребують додаткових актів на рівні національного

законодавства, а адресовані усім країнам-учасникам Європейського Союзу, що робить їх дію схожими на національне законодавство.

Імплементация директив третього енергопакету в секторі природного газу на національному рівні законодавства почалася з введенням в дію ДСТУ ISO 15112:2009 «Природний газ. Визначення енергії» та інших нормативних документів (до прикладу Постанови НКРЕ та КМ №2498 від 30.09.2015 р. «Про затвердження типового договору розподілу природного газу» та інш.) і прийняття двох базових Законів України «Про ринок електричної енергії» та «Про ринок природного газу». Вони створили підґрунтя для інтеграції стандартів і норм ЄС в енергетичні ринки України.

В 2019 році в ЄС набув чинності вже наступний енергопакет законодавства «Чиста енергія для всіх європейців». Його ключовими напрямками є: відновлювальна енергетика (досягнути частки у розмірі 32% для ВДЕ в енергетичному міксі ЄС до 2030 року), енергоефективність (посилити енергоефективність щонайменше на 32,5% до 2030 року), клімат (досягнення статусу кліматично-нейтральної Європи до 2050 року, тобто такої, що не впливає на зміну клімату), дизайн ринку електроенергії (адаптованого до нових реалій) та координація дій щодо досягнення цілей Енергетичного союзу [4]. З такою новою енергетичною політикою ЄС два регламенти третього енергопакету переглянуті вже в іншому ракурсі, Директива про електроенергетику (2009/72 / ЄС) залишатиметься чинною лише до кінця 2020 року. Проте для ринків природного газу все ще застосовується третій енергетичний пакет (Директива 2009/73/ЄС). Тому прийнятті Україною законодавчі акти в газовому секторі гармонізованими із сучасною політикою ЄС, а робота в напрямку реформування цього напрямку в нашій країні актуальна.

Згадана вище Директива 2009/73/ЄС [5] передбачає:

- забезпечення права споживачів на отримання інформації про спожиту ними енергію;
- створення умов для забезпечення спільних ринкових умов для спрощення транскордонної торгівлі газом;

- гарантії експлуатаційної сумісності систем вимірювання, врахування використання відповідних стандартів та найкращих практик, а також важливості розвитку спільного ринку газу.

- розгляд природного газу, як енергетичного товару.

Тобто для дієздатності повноцінного українського ринку газу обов'язковою умовою є перегляд сталих методів та способів метрологічної оцінки газу в процесі торгівлі між споживачами та операторами ГТС. Основним напрямком нового такого підходу має стати розгляд природного газу, як енергетичного товару. Тобто не лише оцінювати параметри об'єму цього ресурсу, а й враховувати його якісні показники. Це дасть можливість запровадити на ринку природного газу України розрахунок за спожитий чи переданий газ в енергетичних одиницях.

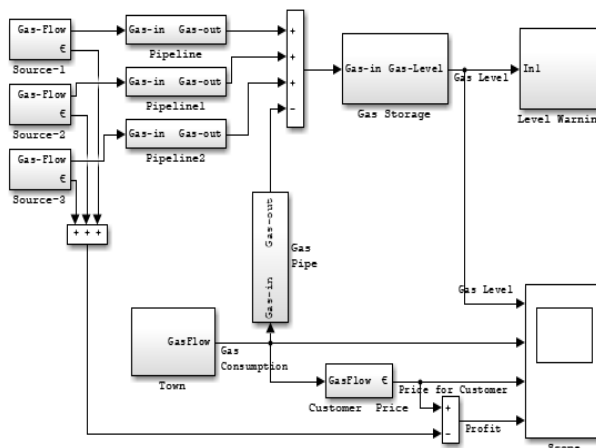
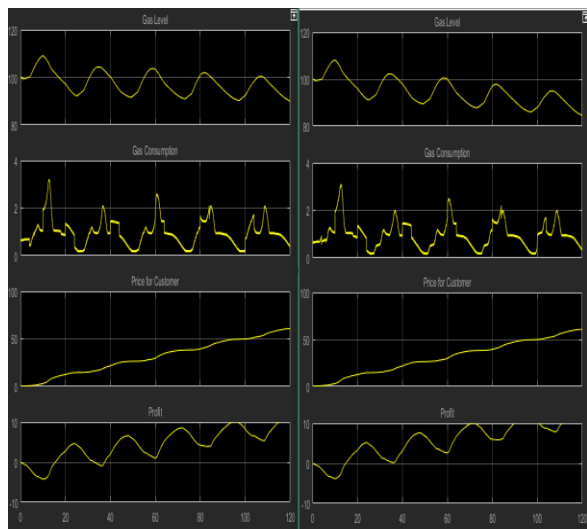


Рисунок 1 – Використана модель мережі газопостачання в середовищі графічного інтерфейсу Matlab – Simulink

Згідно Паспортів фізико-хімічних показників природного газу по областях [6], за 2019 рік максимальне зафіксоване середнє значення калорійності природного газу на території України склало 8386 ккал, мінімальне – 8015 ккал. Різниця між середньозваженими показниками калорійності природного газу за річний період складає 371 ккал, це 4,5 % від середньозваженого показника по Україні. Проведено моделювання роботи газової мережі на основі моделі [7], що включає джерела газу,

газові сховища, трубопроводи та споживачів (рисунок 1).

Модель прораховано для випадку мережі зі звичайними параметрами та випадку, коли якісні показники природного газу (теплотворна здатність газу) знижені на 4,5 %. Отримані результати включають рівень газу у сховищах, споживання клієнта, модель ціноутворення для клієнта та прибуток для оператора мережі (рисунок 2).



а) Результати моделювання мережі зі звичайними якісними показниками природного газу
б) Результати моделювання мережі для випадку зниження якісних показників природного газу на 5 %

Рисунок 2 – Графічні результати моделювання мережі постачання природного газу для двох випадків якісних показників природного газу

Порівнюючи графіки навантаження спостерігається їх ідентичність у двох випадках, так відсутня кореляція між навантаженням споживачів та калорійністю газу. Така ж ситуація спостерігається і для випадку графіку вартості послуг. Це пояснюється тим, що наразі в Україні введено ринок природного газу, проте вартість послуги з постачання природного газу на цьому ринку не залежить від якості продукту. Це викликає підвищення рівня споживання населенням природного газу у випадку зниження якості енергоресурсу. Така ситуація пояснює зміни залежності у двох інших графіках рисунку 2. Підвищення попиту на природний газ для випадку (б) знижує рівень

запасів газу в газосховищах (рисунок 2). Також погіршення якості впливає на ріст прибутку газопостачальних організацій по причині росту об'єму енергоресурсу, що реалізується. Проте, слід зазначити, що використана модель не враховує додаткових витрат оператора мережі газопостачання спричинених погіршенням стану обладнання через вплив газу нижчої якості (до прикладу підвищенням ймовірності корозії трубопроводів через вищий вміст вологи в газу).

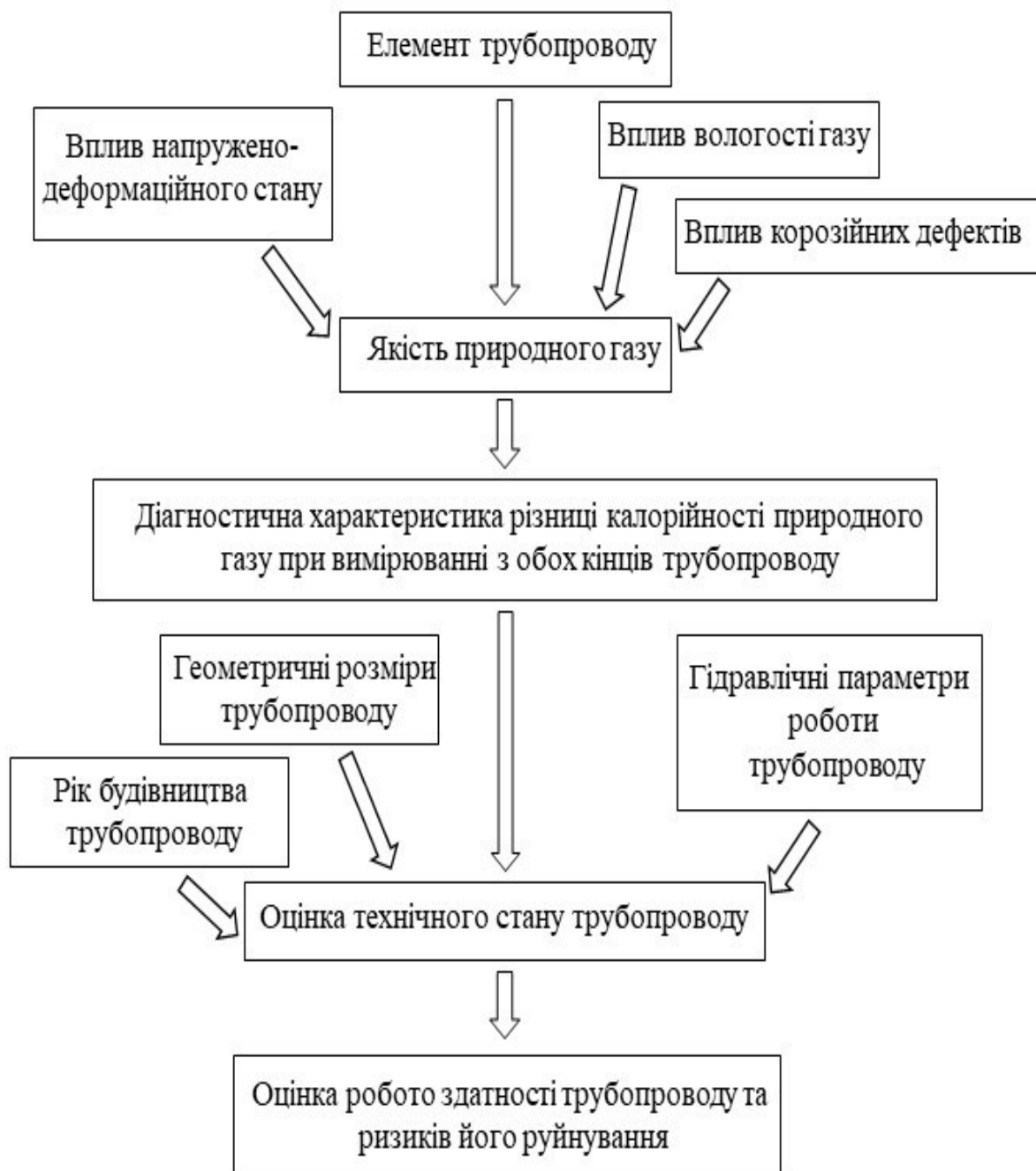
В раніше проведеному нами дослідженні [8] виявлено різницю значень теплоти згоряння природного газу між даними газотранспортної та газорозподільчої компаній - в 48,8 % точках виміру значення нижчої теплоти згоряння природного газу від газотранспортної організації перевищує фактичне значення. Тому для переходу розрахунків за природний газ з об'ємних до енергетичних показників доказано потребу у використанні додаткових засобів визначення питомої теплоти згоряння енергоресурсу в потоковому режимі.

Місцями розміщення таких засобів стануть точки розгалуження мережі – ГРП та ГРС, звідки природний газ надходить безпосередньо до споживачів. Система таких засобів створить матрицю нових інформаційних параметрів роботи мережі, а саме – набори значень теплоти згоряння природного газу в потоковому режимі для реперних точок передачі енергоресурсу, де розміщені прилади експрес-контролю якості газу. В попередніх дослідженнях нами запропоновано використовувати ці набори даних безпосередньо для цілей оцінки природного газу, як енергетичного ресурсу в процесі визначення його якості. В цій науковій роботі запропоновано використовувати цей набір якісних показників газу з метою додаткової діагностичної ознаки технічного стану газопроводів.

Діагностика вирішує питання визначення фактичного стану газопроводу та обладнання, що слугує для забезпечення його роботи, що в подальшому супроводжується ремонтом виявлених дефектів з ціллю забезпечення належного функціонування мережі мінімум на 5 років [9, 10]. Затримка діагностики з наступним виконанням ремонтних робіт підвищує ймовірність появи відмов та виникнення непередбачуваних аварійних ситуацій [11].

Технічний стан розподільчих газопроводів і споруд на них є основним показником, який характеризує безпечну і надійну їх експлуатацію, тому особливо важливим є

газу, розриви зварних з'єднань, наскрізні корозійні пошкодження, а також тих, які експлуатуються з тривалою перервою роботи електрозахисних установок[12].



визначення технічного стану розподільчих газопроводів, строк амортизації яких закінчився, і які включені в план капітального ремонту, а також тих, на яких були витoki

Технічний стан всіх газопроводів, що проходять землею (не включаючи підводні) слід оцінювати за такими

основними характеристиками[12]:

Сталеві газопроводи: герметичність газопроводів; стан металу труб і якість зварних з'єднань; стан захисного ізоляційного покриття; технічний стан надземних газопроводів; стан будівельних конструкцій(підпори, кріплення, компенсатори й т.ін.); стан пофарбування та стан термоізоляції газопроводів зрідженого газу; корозійний стан; стан електрохімічного захисту.

- Поліетиленові газопроводи: стан ізолювального покриття сталевих вставок і з'єднань поліетиленових труб зі сталевими; герметичність газопроводів; механічні пошкодження труб і їх стикових з'єднань (проколи, зім'яття та ін.); розриви зварних стиків труб; тріщини (поперечні і повздовжні) в трубах; нещільність в роз'ємні з'єднаннях поліетиленових труб зі сталевими.

- При оцінці підземних газопроводів слід урахувати: геологічне розташування газопроводів (стан ґрунту, в якому знаходиться газопровід, глибина залягання), а також розташування газопроводів відносно інших інженерних мереж та споруд.

Одними з характеристик технічного стану, які впливають на якість природного газу є корозійні дефекти. Згідно [13], специфіка продуктів, що транспортуються газопроводом, дає можливість визначати наявність внутрішньої корозії труби. Відмітимо, що йдеться перш за все про внутрішню корозію трубопроводів.

Вплив внутрішньої корозії труби на якість природного газу та параметри технічного стану газопроводу впливатимуть на калорійність газу в трубопроводі. Такий вплив спричинить розвиток в матеріалі труби корозійно-втомного дефекту за умови виникнення тріщини, глибиною співрозмірною з товщиною трубопроводу.

Тобто спостерігається взаємозалежність між технічним станом газопроводу та якістю природного газу, що протікає по ньому. На рисунку 3 наведено розроблена схема зв'язку якісних характеристик природного газу з параметрами технічного стану газопроводу.

Проведено експериментальне дослідження, що доказує такий вплив. На газопроводі «Густань – Ділієво» в Івано-Франківській області було здійснено промислові дослідження з визначенням зміни тиску та

вимірювання теплоти згорання в контрольних точках з використанням хроматографа стандартним методом. Довжина вказаної ділянки складає 8320 м, діаметр – 159 мм. На газопроводі на надземних переходах між ГРП №090300975 та ГРП №09030076 було встановлено три типових манометри. Схема проведення дослідження наведена на рисунку 4.

На рисунку 5 наведений спосіб вимірювання на одній з точок мережі.

Аналіз одержаних результатів показав, що тиск природного газу в газопроводі практично незмінний, а значення теплоти згорання, особливо в ділянці між замірами №2 і №3 значно (на 10%) відрізняються в сторону зниження енергетичних характеристик природного газу.

Подальше дослідження ділянки газопроводу між манометрами №2 і №3, в тому числі шурфування, показали наявність корозійних пошкоджень в ньому, що і є причиною зниження теплоти згорання природного газу.



Рисунок 3 – Схема залежності якісних показників природного газу та технічного стану газопроводу



Рисунок 5 – Спосіб вимірювання параметрів мережі

Результати проведених досліджень дають підстави стверджувати, що зміна (зниження) енергетичних характеристик природного газу при одержанні газу від одного постачальника

може служити додатковою діагностичною ознакою технічного стану газопроводу. Тому актуальним в подальших дослідженнях стане розробка методу визначення типів пошкоджень та їх градація (оцінка впливу) на основі зібраних даних якості природного газу.

Висновки

Отже, Директиви ЄС диктують умови для реформування газового сектору з позиціонування природного газу як енергоресурсу. В роботі проведено моделювання випадку врахування якості природного газу при розрахунках за цей енергоресурс, що показало знижені обсяги споживання газу для цієї моделі. Підхід до функціонування мережі в умовах врахування енергії газу розвине метрологічну систему засобів оцінки якісних показників енергоресурсу та створить нові набори даних з інформаційними параметрами умов роботи мережі. В роботі запропоновано використати цю систему інформаційних даних для цілей додаткової діагностичної ознаки технічного стану газопроводу. Розроблено схему зв'язку технічного стану трубопроводу з якісними показниками газу, що по ньому протікає. Наведено результати дослідження можливості визначення дефектів трубопроводу через дослідження зміни якісних показників енергоресурсу.

Література

1. EnergyCommunityFactsinBrief [Електронний ресурс] // EnergyCommunitySecretariat – Режим доступу до ресурсу: https://www.energy-community.org/dam/jcr:737d594d-e541-4c0e-975b-b7fc937cfad1/EnC_Factsheet_022020.pdf
2. Thirdeenergypackage [Електронний ресурс] // EuropeanCommission. – 2019. – Режим доступу до ресурсу: https://ec.europa.eu/energy/topics/markets-and-consumers/market-legislation/third-energy-package_en?redir=1.
3. Імплементация энергетичних хартиї (третього енергопакету) країн ЄС в енергетиці України: проблеми та перспективи. // Управління в нафтогазовому комплексі. – 2017. – С. 17.
4. CleanenergyforallEuropeanspackage[Електронний ресурс] // EuropeanCommission. – 2017. – Режим доступу до ресурсу:

https://ec.europa.eu/energy/topics/energy-strategy/clean-energy-all-europeans_en

5. Directive 2009/73/EC of the European parliament and of the council of 13 July 2009 concerning common rules for the internal market in natural gas and repealing Directive 2003/55/EC [Електронний ресурс] // European Commission. – 2009. – Режим доступу до ресурсу: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32009L0073>.
6. Якість газу [Електронний ресурс] // АТ "Укртрансгаз". – 2014. – Режим доступу до ресурсу: <http://utg.ua/utg/business-info/yakst-gazu.html>.
7. Майкл Вундер (2020). Споживання газу (<https://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/9425-gas-consumption>), Центральний обмін файлами MATLAB. Отримано 10 вересня 2020 р.
8. Максим'юк С. О. Аналіз викликів у системному підході управління динамічними процесами мереж газотранспортної системи / С. О. Максим'юк, І. І. Височанський, О. М. Карпаш. // Нафтогазова енергетика. – 2018. – С. 25–31.
9. Довідник працівника газотранспортного підприємства / В. В. Розгонюк, А. А. Руднік, В. М. Коломєєв та ін. – Київ: РОСТОК, 2001. – 1090 с.
10. Розгонюк В. В. Трубопровідний транспорт природного газу. – Київ: Київ, 2008. – 304 с.
11. Обслуговування і ремонт газопроводів / Грудз В. Я., Тимків Д. Ф., Михалків В. Б., Костів В. В. – Івано-Франківськ: Лілея-НВ, 2009. – 711 с.
12. Наказ Державного комітету будівництва, архітектури та житлової політики України 09.06.98 N 124 "Правила обстежень, оцінки технічного стану, паспортизації та проведення планово-запобіжних ремонтів газопроводів і споруд на них" [Електронний ресурс] // Верховна Рада України. – 1998. – Режим доступу до ресурсу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0723-98#Text>.
13. Корозійно-воднева деградація нафтових і газових трубопроводів та її запобігання: наук.-техн. посіб.: у 3 т. / Є. І. Крижанівський, Г. М. Никифорчин [за ред. В. В.

Панасюка]. – Т. 3: Деградація газопроводів та її запобігання. – Івано-Франківськ: вид-во Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу, 2012. – 433 с.

References

1. EnergyCommunityFactsinBrief [Elektronnyjresurs] // EnergyCommunitySecretariat – Rezhyndostupudoresursu: https://www.energy-community.org/dam/jcr:737d594d-e541-4c0e-975b-b7fc937cfad1/EnC_Factsheet_022020.pdf
2. Thirdenergypackage [Elektronnyjresurs] // EuropeanCommission. – 2019. – Rezhyndostupudoresursu: https://ec.europa.eu/energy/topics/markets-and-consumers/market-legislation/third-energy-package_en?redir=1.
3. Implementacijaenerghetychnykhkartij (tretjoghoenerghopaketu) krajinaJeS v energhetyciUkrajiny: problemytaperspektyvy. // Upravlinnja v naftoghazovomukompleksi. – 2017. – S. 17.
4. CleanenergyforallEuropeanspackage [Elektronnyjresurs] // EuropeanCommission. – 2017. – Rezhyndostupudoresursu: https://ec.europa.eu/energy/topics/energy-strategy/clean-energy-all-europeans_en
5. Directive 2009/73/EC oftheEuropeanparliamentandofthecouncilof 13 July 2009 concerningcommonrulesfortheinternalmarketinnaturalgasandrepealingDirective 2003/55/EC [Elektronnyjresurs] // EuropeanCommission. – 2009. – Rezhyndostupudoresursu: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32009L0073>.
6. Jakistjghazu [Elektronnyjresurs] // AT "Ukrtransghaz". – 2014. – Rezhyndostupudoresursu: <http://utg.ua/utg/business-info/yakst-gazu.html>.
7. MajklVunder (2020). Spozhyvannjaghazu (<https://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/9425-gas-consumption>), Centralnyjobminfajlamy MATLAB. Otrymano10 veresnja 2020 r.
8. Maksym'juk S. O. Analizvyklykiv u systemnomupidkhodiupravlinnjadynamichnymyprocasamymerezhghazotransportnojisystemy / S. O. Maksym'juk, I. I. Vysochanskyj, O. M. Karpash. // Naftoghazovaenerghetyka. – 2018. – S. 25–31.
9. Dovidnypracivnykaghazotransportnoghopidpryjemstva / V. V. Rozghonjuk, A.A. Rudnik, V.M. Kolomjevtain. – Kyjiv: ROSTOK, 2001. – 1090 s.
10. Rozghonjuk V. V. Truboprovodnyjtransportpryrodnogoghazu. – Kyjiv: Kyj, 2008. – 304 s.
11. Obslughovuvannja i remontghazoprovodiv / Ghrudz V. Ja., Tymkiv D. F., Mykhalkiv V. B., Kostiv V. V. – Ivano-Frankivsk: Lileja-NV, 2009. – 711 s.
12. NakazDerzhavnoghokomitetubudivnyctva , arkhitekturytazhytlovojipolitykyUkrajiny 09.06.98 N 124 "Pravylaobstezhenj, ocinkytekhnichnoghostanu, pasportyzacijitapovedennjaplanovozapobizhnykhremontivghazoprovodiv i sporudnykh" [Elektronnyjresurs] // VerkhovnaRadaUkrajiny. – 1998. – Rezhyndostupudoresursu: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0723-98#Text>.
13. Korozijno-vodnevadeghradacijanaftovykh i ghazovykhtruboprovodivtajijzapobighannja: nauk.-tekhn. posib.: u 3 t. /Je. I. Kryzhanivskyj, Gh. M. Nykyforchyn [zared. V. V. Panasjuka]. – Т. 3: Deghradacijaghazoprovodivtajijzapobighannja. – Ivano-Frankivsk: vyd-voIvano-Frankivskoghonacionaljnoghotekhnichnoghouniverstetunafty i ghazu, 2012. – 433 s.