

ОСОБЛИВОСТІ ЗАПРОВАДЖЕННЯ ОБЛІКУ ГАЗУ НА ГАЗОСХОВИЩАХ УКРАЇНИ В ЕНЕРГЕТИЧНИХ ОДИНИЦЯХ

¹О. В. Герасимов, ²Л. Б. Саловський, ²А. О. Бугай, ¹В. Б. Воловецький, ¹П. М. Стецюк

¹Філія "Науково-дослідний інститут транспорту газу" АТ "Укртрансгаз";
61004, м. Харків, вул. Конєва, 16; тел. (057) 341-49-28, e-mail: v v b 1 1 @ u k r . n e t

²АТ "Укртрансгаз"; 01021, м. Київ, вул. Кловський узвіз, 9/1;
тел. (044) 461-20-95

Висвітлено проблеми, які виникають через відмінність у одиницях обліку газу в Україні та в Європі. Зважаючи на те, що газ з Європи заходить на митний кордон України в одиницях енергії, виникає необхідність в його приведенні до об'ємних одиниць. Різні підходи обліковування газу створюють певні незручності та можливі похибки у даних його обсягу. Закордоном це питання урегульоване на законодавчому рівні прийняттям низки Директив Європейського Союзу. Для запровадження Європейського досвіду обліковування газу в Україні прийняті відповідні нормативно-правові акти, які регламентують відносини суб'єктів ринку газу і процедури ціноутворення на ньому, дають можливість використовувати для вимірювання кількості газу поряд з об'ємними й енергетичні одиниці. Питання переходу на обліковування газу в енергетичних одиницях в Україні закріплено на законодавчому рівні ухваленням низки законів. На прикладі одного з підземних сховищ газу АТ "Укртрансгаз", представлено розроблений метод розрахунку обсягу закачаного та відбраного газу в енергетичних одиницях. Проаналізовано технологічний процес відбирання та закачування з/в підземних сховищ газу (ПСГ). Систематизовано результати розрахунків фізико-хімічних показників природного газу під час закачування та відбирання газу на ПСГ за затвердженими маршрутами. Наведено динаміку вмісту гомологів метану, азоту та вуглекислого газу, динаміку енергії закачаного і відбраного газу та вмісту метану у його складі за період з 2019 року по 2023 рік. Розраховано обсяг закачаного і відбраного газу в/з ПСГ в енергетичних одиницях та проведено їх зіставлення. Встановлено, що за умови закачування в ПСГ газу різної калорійності, яка залежить від джерела його надходження, споживачам подається газ належної якості, що досягнуто завдяки системам очищення та осушування газу. На основі проведених розрахунків зроблено об'єктивне оцінювання можливих ускладнень під час переходу на облік газу в енергетичних одиницях.

Ключові слова: газ, підземне сховище газу, закачування, відбирання, енергетичні одиниці.

The problems revealed due to the difference in gas accounting units in Ukraine and in Europe are highlighted. Considering the fact that gas from Europe goes to the customs border of Ukraine in units of energy, it needs to be converted to volume units. Different approaches to accounting for gas create certain inconveniences and the possibility of data errors regarding its volume. Abroad, this issue is regulated at the legislative level by the adoption of a number of Directives of the European Union. In order to introduce the European experience of gas accounting in Ukraine, appropriate legal acts have been adopted, which regulate the relations of gas market subjects and pricing procedures on it, and make it possible to use volume and energy units to measure the amount of gas. The issue of transition to accounting for gas in energy units in Ukraine is fixed at the legislative level by the adoption of a number of laws. Using the example of one of the underground gas storage facilities of JSC "Ukrtransgaz", the developed method of calculating the volume of injected and extracted gas in energy units is presented. The technological process of extraction and injection from/to underground gas storage facilities (UGSF) was analyzed. The results of calculations of physical and chemical parameters of natural gas during gas injection and withdrawal at PSG along approved routes have been systematized. The dynamics of the content of homologues of methane, nitrogen and carbon dioxide, the dynamics of the energy of injected and extracted gas and the content of methane in its composition for the period from 2019 to 2023 are given. The volume of injected and withdrawn gas to/from PSG in energy units was calculated and their comparison was made. It has been established that if gas of different calorific value, which depends on the source of its supply, is pumped into UGSF, consumers are supplied with gas of appropriate quality, which is achieved owing to gas purification and drying systems. Based on the calculations, an objective assessment of possible complications during the transition to accounting for gas in energy units was made.

Key words: gas, underground gas storage, injection, extraction, energy units.

Вступ

На цей час в Україні та країнах Європейського Союзу (ЄС) діють різні підходи до обліку природного газу. Облік природного газу в Україні здійснюють у кубічних метрах, натомість в країнах ЄС – в одиницях енергії (кіловат-годинах – кВт·год, гікакалоріях – Гкал і мегаджоулях – МДж). Існують певні адміністративні труднощі під час оформлення імпортованого природного газу із країн ЄС або його закачуванні до газосховищ у режимі митного складу, оскільки газ з Європи заходить на митний кордон України в обсягах енергії, а потім, розрахунковим шляхом, його обсяги визначають в кубічних метрах. Експлуатування ПСГ в Україні забезпечує АТ "Укртрансгаз" [1]. Під час приймання природного газу за реверсними поставками від європейських операторів газотранспортних систем та у ході транспортування газу споживачам в Україні функціонування одночасно обліку газу як в об'ємних, так і в енергетичних одиницях створює незручності і можливі похибки щодо даних та перешкоджає розвитку ринку природного газу в Україні та його інтеграції до Європейського газового ринку.

Більш об'єктивним є облік природного газу в енергетичних одиницях, оскільки забезпечує коректніше та справедливіше ціноутворення, полегшує складання енергетичного балансу підприємств та робить більш прозорим аналіз ефективності використання газу порівняно з іншими енергоносіями.

Розрахунки за кубічні метри спожитого газу нівелюють права споживача не сплачувати за неякісний газ або сплачувати його меншу вартість. Тобто, споживач, незалежно від калорійності газу, має сплатити за весь його обсяг, який пройшов через лічильник газу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

На цей час в Україні споживачі використовують природний газ, який має різні джерела надходження і, відповідно, якість: газ власного видобутку (калорійність в межах від 7800 до 9600 ккал/м³), імпортований газ (калорійність в межах від 8000 до 8380 ккал/м³). Так, на веб-сайтах газорозподільних підприємств щомісячно надається інформація щодо теплоти згоряння по областях України. З огляду на це, споживачі різних регіонів можуть отримувати природний газ з показниками калорійності, що різняться на 15 % – 25 %. Якість газу, впливає на його теплотворність і, як наслідок, об'єм споживання. Натомість у країнах ЄС це питання урегульоване на законодавчому рівні.

Вперше в ЄС офіційне посилення на енергетичний аудит було введено в Директиві Ради 93/76/ЄЕС від 13.09.1993 [2] щодо обмеження викидів діоксиду вуглецю шляхом підвищення енергетичної ефективності. Держави-члени ЄС мали сприяти проведенню енергетичних аудитів, як стимулюючого засобу для великих промислових підприємств щодо скорочення ними непродуктивного споживання енергії.

Після ґрунтовного узагальнення досвіду застосування Директиви 93/76/ЄЕС, а також досвіду щодо впровадження програм з енергетичної ефективності прийнято Директиву 2006/32/ЄС від 05.04.2006 про ефективність кінцевого використання енергії та енергетичні послуги [3]. У ній енергетичний аудит розглядається виключно як допоміжна функція, а не організаційна форма певних учасників енергетичної галузі. Також державам-членам надано гнучкість у питанні стосовно затвердження механізму підтвердження належної кваліфікації, схем акредитації та/або сертифікації постачальників послуг з енергетичного аудиту.

Потрібно зауважити, що у ЄС було прийнято й інші нормативно-правові акти. Так, Директивою 2009/73/ЄС [4] про спільні правила внутрішнього ринку природного газу передбачено забезпечення права споживачів на отримання інформації про спожиту ними енергію.

Прийняття Директиви 2006/32/ЄС про ефективність кінцевого використання енергії та енергетичні послуги та Директиви 2009/73/ЄС про спільні правила внутрішнього ринку природного газу започаткували у ЄС облік газу в енергетичних одиницях. Основною метою обліку витрат енергоресурсів в енергетичних одиницях (кВт·год, Гкал, МДж) є забезпечення принципу справедливості під час оплати за спожиту енергію, уніфікація системи аудиту та оцінювання витрат різних видів енергії і співставлення їх в одних величинах для всіх енергоносіїв.

Для забезпечення вільної конкуренції на ринку природного газу всі його постачальники мають отримати вільний і однаковий доступ до газотранспортних потужностей і газосховищ [5].

У минулі роки ринок природного газу в Україні був монополізований, і тільки окремі гравці мали право продавати і купувати природний газ, що впливало на ціну, конкуренцію, розвиток ринку і подальше залучення інвестицій. Закон України "Про ринок природного газу" [6] спрямований на демонополізацію газового ринку та підвищення рівня конкуренції між постачальниками, що дає змогу знизити

вартість природного газу для кінцевих споживачів і підвищити ефективність діяльності компаній у цьому секторі. Вказаний закон започаткував масштабні реформи у газовій галузі України, основною метою яких є інтеграція до європейського ринку газу, що, перш за все, посилить енергетичну безпеку держави. Одним з ключових аспектів проведення реформи ринку природного газу є запровадження використання енергетичних одиниць під час розрахунків за природний газ. Це сприятиме інтеграції газової галузі України в європейський простір і впровадженню європейської моделі на внутрішньому газовому ринку.

Європейську ринкову модель, яка будується з урахуванням вимог Третього енергопакета ЄС, почали впроваджувати в Україні з 2015 року. Прийняті Національною комісією з регулювання енергетики та комунальних послуг (НКРЕКП) відповідні нормативно-правові акти регламентують відносини суб'єктів ринку газу і процедури ціноутворення на ньому, дають можливість використовувати для вимірювання кількості газу поряд з об'ємними й енергетичні одиниці.

З метою формування і функціонування ефективного газового ринку 30 вересня 2015 р. НКРЕКП затвердила "Кодекс газотранспортної системи" [7], "Кодекс газорозподільчих систем" [8], "Кодекс газосховищ" [9], Правила постачання природного газу [10], а 26 січня 2017 р. НКРЕКП прийняла постанову №84 "Про затвердження Змін до деяких постанов НКРЕКП щодо запровадження на ринку природного газу використання одиниць енергії" [11].

Питання переходу на розрахунки в енергетичних одиницях в Україні закріплено на законодавчому рівні. Верховна Рада України 2 листопада 2021 року ухвалила Закон України "Про внесення змін до деяких законів України щодо запровадження на ринку природного газу обліку та розрахунків за обсягом газу в одиницях енергії" [12]. Ухвалений закон передбачає впровадження на ринку газу України, відповідно до усталеної європейської практики, облік та передачу-приймання природного газу у одиницях енергії: кіловат-годинах замість кубометрів. Але перехід на енергетичні одиниці неможливий в умовах війни в Україні. Тому 27.07.2022 р. був прийнятий і набрав чинності Закон України "Про внесення змін до деяких законів України щодо запровадження на ринку природного газу обліку та розрахунків за обсягом газу в одиницях енергії щодо терміну набрання чинності" [13]. Ухвалений закон відтерміновує запровадження на ринку природно-

го газу обліку та розрахунків за обсягом газу в одиницях енергії з 1 травня 2022 р. до 1 травня, що настає за датою припинення або скасування воєнного стану в Україні.

Висвітлення невіршених раніше частин загальної проблеми

На цей час актуальною та малодослідженою залишається проблема обліку газу в енергетичних одиницях в Україні. Натомість, закордоном вже тривалий час обліковують газ в енергетичних одиницях. Враховуючи всю складність проблеми, яка може виникнути за умови переходу на облік газу в енергетичних одиницях, доцільно проаналізувати можливі ризики.

Вищевикладене свідчить про необхідність проведення додаткових досліджень цієї проблеми, розрахунків чисельним методом закачаного та відібраного газу в/з ПСГ для об'єктивного оцінювання ситуації.

Мета та завдання досліджень

Основною метою цих досліджень є розробити метод розрахунку обсягу закачаного та відібраного газу в енергетичних одиницях.

Для досягнення поставленої мети потрібно розв'язати такі завдання:

- проаналізувати інформацію щодо фізико-хімічного складу газу, який закачують та відбирають до/з ПСГ;
- розрахувати та співставити обсяги закачаного і відібраного газу в енергетичних одиницях з подальшим визначенням балансу між об'ємними та енергетичними показниками;
- встановити ускладнення, які можливі на ПСГ за умови переходу обліку газу в Україні у одиницях енергії.

Висвітлення основного матеріалу дослідження

Одним із основних чинників, які впливають на якість газу українських газосховищ, є співвідношення обсягів газу з джерел із різними теплотворними показниками. Це співвідношення змінюється залежно від режиму роботи газотранспортної системи (ГТС), сезону, походження газу а також від якості його підготовки до транспортування. Водночас, надходячи до ГТС чи газосховища, природний газ, отриманий з різних джерел, змішується й утворює суміш з іншими фізико-хімічними показниками (ФХП). В Україні немає технічних можливостей для регульованого змішування газу. У зв'язку з цим у системі газопроводів величина теплоти згоряння має значний діапазон і, відповідно, велика різниця в якості газу на різ-

них ділянках газопроводів. Наприклад, у Німеччині працюють установки, які автоматично змішують газ для отримання ресурсу з однако-вими прогнозованими характеристиками.

Технологічний процес на газосховищах умовно можна поділити на три періоди:

- закачування газу, який починається з першої газової доби квітня і закінчується останньою газовою добою вересня поточного року;

- зберігання газу;

- відбирання газу, який починається з першої газової доби жовтня і закінчується останньою газовою добою березня наступного року.

Технологічні процеси закачування та відбирання газу на різних ПСГ відрізняються методами підготовки газу, а процес зберігання газу в пласті-колекторі відбувається за різних геологічних та газогідродинамічних умов. У сезон закачування газ із магістрального газопроводу надходить на газозбірний пункт (ГЗП), де проходить очищення в пиловловлювачах або сепараторах, а потім подається до свердловин. Під час перебування газу в пласті-колекторі відбувається його часткове змішування з наявним у газосховищі газом та насичення пластовими флюїдами (пластовою водою тощо). У сезон відбору продукція із свердловин по шлейфах надходить на ГЗП і осушується в сепараторах та осушується в абсорбційних установках. З наведеного вище очевидно, що у процесі закачування, зберігання та відбирання газу відбуватиметься зміна його компонентного складу. У зв'язку з цим не завжди буде можливим зберегти баланс між об'ємом закачаного та відбраного газу в разі його обліку в енергетичних одиницях. Дослідження обсягів закачування та відбирання газу на ПСГ АТ "Укртрансгаз" покликані визначити показники невідповідності закачаного та відбраного газу в об'ємних та енергетичних одиницях, а також спрогнозувати можливі технологічні та економічні ризики для функціонування газосховищ.

Відбирання проб газу для визначення компонентного складу, вищої теплоти згоряння та температури точки роси за вологою тощо в разі використання вимірювальних хіміко-аналітичних лабораторій у всіх точках входу і виходу газу з ГТС проводять не рідше, ніж один раз на тиждень.

Для точок входу і виходу з фізичним розташуванням визначають такі ФХП:

- компонентний склад газу, % мол;
- абсолютну густину кг/м^3 ;
- відносну густину;

- теплоту згоряння нижчу та вищу (ккал/м^3 , МДж/м^3 , $\text{кВт}\cdot\text{год/м}^3$);

- число Воббе (ккал/м^3 , МДж/м^3 , $\text{кВт}\cdot\text{год/м}^3$);

- температуру точки роси за вологою за робочого тиску, $^{\circ}\text{C}$;

- температуру точки роси за вологою, $^{\circ}\text{C}$

- температуру точки роси за вуглеводнями, $^{\circ}\text{C}$;

- масову концентрацію сірководню, г/м^3 ;

- масову концентрацію меркаптанової сірки, г/м^3 ;

- масу механічних домішок, г/м^3 .

Відбір проб природного газу та визначення його ФХП проводять відповідно до порядку і вимог, визначених у чинних нормативних документах. Водночас уповноважені представники оператора суміжних систем можуть бути присутніми під час відбору проб газу та/або під час проведення його аналізу з визначення ФХП.

Перехід ринку природного газу України на розрахунки та балансування в енергетичних одиницях полегшить складання енергетичного балансу підприємств та зробить прозорішим аналіз ефективності використання газу, а також забезпечить коректне та справедливе ціноутворення.

На прикладі одного із ПСГАТ "Укртрансгаз", розрахуємо обсяг газу в енергетичних одиницях. Для цього розглянемо технологічний процес руху газу під час його відбирання та закачування з/в ПСГ.

Під час відбирання газовий потік із продуктивного горизонту колоною ліфтових труб надходить на устя свердловини, а далі – шлейфом на установку від'єднувальних пристроїв (УВП) газозбірного пункту. На УВП за допомогою штуцерів регулюючих (ШР-12) виконується регулювання дебіту свердловин згідно з технологічним режимом. Далі газ колектором надходить до першого ступеня сепарації, зокрема блоки газового очищення (БГО) № 1, 2, 3. Очищений газ із БГО №1, 2, 3 надходить у збірний колектор і далі подається на вузол регулювання. З вузла регулювання газ надходить на абсорбери Аб-1 та Аб-2. Осушений газ із абсорберів Аб-1 та Аб-2 надходить до пункту вимірювання витрат газу (ПВВГ), де його обліковують. Із ПВВГ газ надходить відповідно до технологічної схеми у магістральні газопроводи тощо.

Під час закачування газ із магістрального газопроводу надходить на блок фільтрів-сепараторів ФС-1 та ФС-2, де очищується від вологи та бруду. Після ФС-1 та ФС-2 очищений газ надходить на ПВВГ, де його обліковують. Із ПВВГ газ колектором може надходити за умов:

1) компресорного закачування – на дотискувальну компресорну станцію (ДКС). Після компримування до агрегатів повітряного охолодження (АПО), а далі – на УВП;

2) безкомпресорного закачування – на УВП.

На УВП – газорозподільвальна гребінка, до якої під'єднано свердловини, газ шлейфом надходить на устя свердловин, а далі через застосування обв'язки фонтанної арматури та колоною ліфтових труб у продуктивний горизонт.

У таблиці 1, на прикладі одного з ПСГ, представлено паспорт фізико-хімічних показників природного газу під час закачування. Також під час визначення фізико-хімічних показників 12.08.2021 р. встановлено що:

– масова концентрація сірководню становить – до 0,0001 г/м³;

– масова концентрація меркаптанової сірки – до 0,0002 г/м³;

– механічних домішок не виявлено.

Потрібно зазначити, що аналогічні паспорти фізико-хімічних показників природного газу складають і під час його відбирання з ПСГ.

Розроблення методу розрахунку обсягу закачаного та відібраного газу в енергетичних одиницях

У процесі збирання, систематизації та аналізування даних визначено мінімальні, максимальні та середні значення абсолютної густини, теплоти згоряння, температури точки роси за вологою та вуглеводнями, а також об'єми закачаного та відібраного газу за кожен місяць протягом чотирьох років зберігання – з 2019 року по 2023 рік. У таблиці 2 представлено зведені результати проведених аналізів газу одного з ПСГ за досліджуваний період.

Під час дослідження впливу окремих компонентів складу газу на його калорійність визначено об'ємну частку цих компонентів у закачаному та відібраному газі. Порівняння та аналізування динаміки компонентного складу газу проведено за чотирма компонентами – метан, азот, вуглекислий газ, кисень та однією групою компонентів – гомологи метану, в яку входять етан, пропан, ізо-бутан, н-бутан, неопентан, ізо-пентан, н-пентан, гексан та вищі.

На рисунках 1–2 представлено динаміку вмісту окремих компонентів у складі газу ПСГ за досліджуваний період. Також визначено мінімальні, максимальні та середні значення вмісту метану, його гомологів, кисню, азоту, а також вуглекислого газу.

Відповідно до «Кодексу газотранспортної системи» обсяг енергії природного газу розра-

ховується як добуток вимірюваного об'єму газу, зведеного до стандартних умов, та значення середньозваженої вищої теплоти згоряння газу за цей період.

Перерахунок обсягу газу в енергетичні одиниці здійснювався за кожен газу добу (рис. 3), за формулою:

$$E = V \times H_s, \quad (1)$$

де E – обсяг енергії газу, кВт·год;

V – об'єм газу, закачаний або відібраний впродовж газової доби, м³;

H_s – середньозважена вища теплота згоряння газу за газову добу за відповідним маршрутом, кВт·год/м³.

На цей час газ аналізується за стандартних умов експлуатації газових приладів, а саме: температура – 20 градусів Цельсія (293,15 K), тиск – 101,325 кПа (760 мм ртутного стовпа). З 01.05 після закінчення воєнного стану стандартні умови: температура – 0 градусів Цельсія (273,15 K) і тиск – 101,325 кПа.

Результати розрахунку обсягу закачаного та відібраного газу в енергетичних одиницях

Вихідними даними для розрахунку були добові об'єми закачаного та відібраного газу, а також калорійність цього газу за кожен добу. Обсяг газу в одиницях енергії визначався добутком цих двох значень.

Співставлення обсягів закачаного та відібраного газу в енергетичних одиницях виконано для об'єму 1 млрд 341 млн м³, тобто приведено до одного значення, так як об'єми закачаного і відібраного газу відрізняються.

Далі, для розрахунку обсягу газу в одиницях енергії задавався однаковий об'єм в м³ закачаного та відібраного газу з певним кроком до моменту найбільшого співпадіння із фактичним меншим об'ємом закачування чи відбирання. Далі визначався обсяг газу (в одиницях енергії) для розрахункового об'єму.

Для кожного розрахункового значення об'єму визначено мінімальний і максимальний фактичний об'єм, а також розраховані аналогічні обсяги газу. Визначено скільки всередньому МВт·год припадає на 1 м³ для конкретного діапазону значень – від попереднього до наступного, після чого визначено загальний обсяг енергії для розрахункового значення об'єму.

За період з 01.04.2019 по 31.03.2023 у ПСГ закачано 1 341,19 млн м³ газу, відібрано 1 442,20 млн м³. Зіставлення обсягів закачаного та відібраного газу в енергетичних одиницях виконано для об'єму 1 341 млн м³, енергетична

Таблиця 1 – Паспорт фізико-хімічних показників природного газу під час закачування до одного з ПСГ у серії 2021 року

Число місць	Компонентний склад, % мол.														Фізико-хімічні показники газу обчислені на основі компонентного складу, 101,325 гПа		Температура виділення згоряння при 20/23°C						Температура (з робочого тиску), °C		Температура точки роси водоти (P = 3,92 МПа), °C		Температура точки роси вуглеводнів, °C					
	метан, C ₁	етан, C ₂	пропан, C ₃	ізо-бутан, i-C ₄	н-бутан, n-C ₄	нео-пентан, neo-C ₅	ізо-пентан, i-C ₅	н-пентан, n-C ₅	гексан та вище, C ₆₊	кисень, O ₂	азот, N ₂	діоксид вуглецю, CO ₂	Густина абсолютна, кг/м ³ при 20 °C	Густина відносна	Теплота згоряння нижча			Теплота згоряння вища			Температура точки роси водоти (з робочого тиску), °C	Температура точки роси водоти (P = 3,92 МПа), °C	Температура точки роси вуглеводнів, °C									
															ккал/м ³	МДж/м ³	кВт·год/м ³	ккал/м ³	МДж/м ³	кВт·год/м ³												
															ккал/м ³	МДж/м ³	кВт·год/м ³	ккал/м ³	МДж/м ³	кВт·год/м ³	ккал/м ³	МДж/м ³	кВт·год/м ³									
1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8 215	34,40	9,554	9 105	38,12	10,589	11 916	49,89	13,86	-	-	-	-	-				
2	95,3639	2,5369	0,7737	0,1156	0,1196	0,0135	0,0227	0,0159	0,0073	0,0100	0,7830	0,2380	0,7045	0,5849	8 215	34,40	9,554	9 104	38,12	10,588	11 904	49,84	13,84	-10,7	-15,6	-8,7	-	-				
3	95,4364	2,5322	0,7718	0,1141	0,1154	0,0142	0,0218	0,0164	0,0072	0,0096	0,7246	0,2364	0,7040	0,5845	8 218	34,41	9,558	9 108	38,13	10,592	11 913	49,88	13,85	-11,2	-15,8	-7,9	-	-				
4	95,4336	2,5424	0,7763	0,1136	0,1125	0,0184	0,0207	0,0148	0,0068	0,0094	0,7216	0,2309	0,7040	0,5845	8 220	34,42	9,560	9 109	38,14	10,594	11 915	49,89	13,86	-10,9	-15,5	-7,2	-	-				
5	95,4851	2,5205	0,7719	0,1123	0,1126	0,0111	0,0214	0,0154	0,0052	0,0092	0,7092	0,2262	0,7035	0,5841	8 217	34,40	9,557	9 107	38,13	10,591	11 916	49,89	13,86	-9,8	-14,4	-7,1	-	-				
6	95,2776	2,6010	0,7765	0,1121	0,1067	0,0130	0,0227	0,0165	0,0060	0,0160	0,8236	0,2265	0,7047	0,5851	8 213	34,39	9,552	9 102	38,11	10,585	11 899	49,82	13,84	-10,1	-14,7	-6,1	-	-				
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8 213	34,39	9,552	9 102	38,11	10,585	11 899	49,82	13,84	-	-	-	-	-				
8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8 213	34,39	9,552	9 102	38,11	10,585	11 899	49,82	13,84	-	-	-	-	-	-			
9	95,2632	2,6424	0,7697	0,1079	0,1036	0,0018	0,0220	0,0165	0,0105	0,0154	0,8178	0,2273	0,7045	0,5849	8 213	34,38	9,551	9 101	38,11	10,585	11 900	49,82	13,84	-11,2	-15,8	-6,8	-	-	-			
10	95,2941	2,6304	0,7807	0,1110	0,1070	0,0016	0,0216	0,0165	0,0068	0,0168	0,7907	0,2227	0,7044	0,5848	8 216	34,40	9,555	9 105	38,12	10,589	11 905	49,85	13,85	-10,7	-15,3	-6,5	-	-	-			
11	95,4034	2,5515	0,7654	0,1083	0,1043	0,0015	0,0194	0,0147	0,0059	0,0160	0,7948	0,2128	0,7034	0,5840	8 207	34,36	9,545	9 095	38,08	10,578	11 901	49,83	13,84	-10,0	-14,6	-8,1	-	-	-			
12	95,4932	2,4849	0,7276	0,1028	0,0991	0,0017	0,0205	0,0155	0,0039	0,0161	0,8300	0,2027	0,7025	0,5832	8 194	34,31	9,530	9 081	38,02	10,562	11 891	49,79	13,83	-10,8	-15,2	-7,3	-	-	-			
13	95,6214	2,3828	0,7171	0,1020	0,1007	0,0104	0,0180	0,0134	0,0067	0,0135	0,8154	0,1986	0,7018	0,5827	8 190	34,29	9,525	9 077	38,00	10,557	11 892	49,79	13,83	-9,8	-14,4	-6,5	-	-	-			
14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8 190	34,29	9,525	9 077	38,00	10,557	11 892	49,79	13,83	-	-	-	-	-	-			
15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8 190	34,29	9,525	9 077	38,00	10,557	11 892	49,79	13,83	-	-	-	-	-	-	-		
16	95,6814	2,3561	0,7031	0,0985	0,0970	0,0147	0,0178	0,0128	0,0056	0,0132	0,8049	0,1949	0,7013	0,5823	8 187	34,28	9,522	9 074	37,99	10,553	11 893	49,80	13,83	-10,1	-14,7	-5,7	-	-	-	-		
17	96,3989	1,8749	0,5494	0,0777	0,0800	0,0156	0,0153	0,0115	0,0055	0,0134	0,7908	0,1669	0,6955	0,5775	8 133	34,05	9,459	9 017	37,75	10,486	11 865	49,68	13,80	-11,3	-15,6	-8,2	-	-	-	-		
18	96,1920	1,9717	0,5814	0,0854	0,0863	0,0011	0,0145	0,0106	0,0070	0,0115	0,8576	0,1808	0,6969	0,5786	8 136	34,06	9,462	9 019	37,76	10,490	11 858	49,65	13,79	-11,1	-15,4	-8,8	-	-	-	-		
19	96,1712	0,2663	0,6008	0,0872	0,0859	0,0156	0,0167	0,0122	0,0056	0,0134	0,7796	0,1850	0,6975	0,5791	8 152	34,13	9,481	9 037	37,83	10,510	11 875	49,72	13,81	-9,8	-14,4	-7,5	-	-	-	-		
20	96,1370	2,0298	0,6063	0,0858	0,0874	0,0199	0,0167	0,0126	0,0057	0,0127	0,8005	0,1855	0,6978	0,5794	8 153	34,13	9,481	9 037	37,84	10,510	11 873	49,71	13,81	-10,0	-14,7	-6,2	-	-	-	-		
21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8 153	34,13	9,481	9 037	37,84	10,510	11 873	49,71	13,81	-	-	-	-	-	-	-		
22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8 153	34,13	9,481	9 037	37,84	10,510	11 873	49,71	13,81	-	-	-	-	-	-	-	-	
23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8 153	34,13	9,481	9 037	37,84	10,510	11 873	49,71	13,81	-	-	-	-	-	-	-	-	
24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8 153	34,13	9,481	9 037	37,84	10,510	11 873	49,71	13,81	-	-	-	-	-	-	-	-	-
25	95,8000	2,2380	0,6721	0,0991	0,0991	0,0102	0,0195	0,0148	0,0065	0,0126	0,8187	0,2094	0,7005	0,5816	8 174	34,22	9,507	9 060	37,93	10,537	11 880	49,74	13,82	-10,2	-14,9	-6,2	-	-	-	-	-	
26	95,8240	2,2297	0,6642	0,0966	0,0966	0,0127	0,0191	0,0146	0,0057	0,0129	0,8076	0,2163	0,7004	0,5815	8 172	34,22	9,504	9 058	37,92	10,535	11 879	49,73	13,81	-9,4	-14,4	-8,3	-	-	-	-	-	
27	95,9638	2,1568	0,6400	0,0938	0,0932	0,0190	0,0176	0,0136	0,0057	0,0128	0,7843	0,1993	0,6993	0,5806	8 168	34,20	9,499	9 053	37,90	10,529	11 881	49,75	13,82	-11,2	-16,0	-10,2	-	-	-	-	-	-
28	95,9396	2,1559	0,6553	0,0979	0,0982	0,0151	0,0173	0,0136	0,0057	0,0130	0,8004	0,1882	0,6995	0,5808	8 170	34,21	9,501	9 056	37,91	10,532	11 883	49,75	13,82	-11,5	-16,2	-9,7	-	-	-	-	-	-
29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8 170	34,21	9,501	9 056	37,91	10,532	11 883	49,75	13,82	-	-	-	-	-	-	-	-	-
30	95,8857	2,1715	0,6756	0,1024	0,1023	0,0124	0,0201	0,0152	0,0058	0,0127	0,8103	0,1860	0,7000	0,5812	8 175	34,23	9,507	9 061	37,94	10,538	11 885	49,76	13,82	-10,8	-15,7	-10,0	-	-	-	-	-	-
31	95,9141	2,1638	0,6719	0,0998	0,1034	0,0176	0,0196	0,0151	0,0069	0,0134	0,7957	0,1785	0,6999	0,5811	8 176	34,23	9,508	9 062	37,94	10,539	11 890	49,78	13,83	-11,2	-15,6	-7,2	-	-	-	-	-	-
														Середньозважене значення теплоти згоряння:																		
														8 185 34,27 9,519 9 071 37,98 10,550																		

Таблиця 2 – Об’єми та фізико-хімічні показники газу ПСГ

Дата	Об’єм закачаного газу, тис.м ³	Об’єм відібраного газу, тис.м ³	Густина абсолютна при 20 °С, кг/м ³			Вища теплота згоряння, кВт·год/м ³			Температура точки роси за вологою (P = 3,92 МПа), °С			Температура точки роси за вуглеводнями, °С		
			мін.	макс.	сер.	мін.	макс.	сер.	мін.	макс.	сер.	мін.	макс.	сер.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
04.2019	86521,43	7,01	0,6946	0,6965	0,6954	10,49	10,54	10,51	-16,2	-13,6	-15,0	-14,5	-9,5	-12,0
05.2019	115428,74	16,95	0,6940	0,7001	0,6965	10,49	10,58	10,54	-15,4	-8,6	-11,7	-9,4	-5,3	-7,8
06.2019	30833,23	19,35	0,6978	0,6999	0,6991	10,55	10,56	10,56	-22,8	-13,0	-18,9	-19,1	-8,5	-15,0
07.2019	121018,05	1,12	0,6973	0,7052	0,6990	10,51	10,57	10,54	-16,2	-10,6	-14,1	-9,8	-7,0	-8,2
08.2019	144414,51	16,47	0,6930	0,7001	0,6973	10,52	10,52	10,52	-16,8	-12,8	-14,8	-12,0	-5,8	-8,6
09.2019	0	32,25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10.2019	0	0,45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11.2019	0	27589,10	0,6972	0,6981	0,6976	10,51	10,52	10,52	-13,2	-10,6	-12,2	-13,0	-11,0	-12,1
12.2019	0	73206,12	0,6965	0,6978	0,6972	10,51	10,52	10,51	-15,5	-9,5	-12,1	-15,1	-9,1	-11,1
01.2020	0	134948,89	0,6967	0,6978	0,6972	10,51	10,52	10,51	-15,4	-9,0	-13,8	-15,0	-8,8	-12,0
02.2020	0	58910,81	0,6962	0,6979	0,6969	10,51	10,51	10,51	-16,1	-8,1	-10,3	-15,4	-5,4	-10,0
03.2020	0	16,14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
04.2020	8460,11	11,01	0,7042	0,7058	0,7050	10,59	10,60	10,60	-19,20	-15,30	-17,25	-8,60	-6,50	-7,55
05.2020	170749,99	0	0,7038	0,7114	0,7055	10,59	10,67	10,61	-20,70	-17,20	-19,29	-14,20	-8,40	-11,14
06.2020	131659,05	0	0,6998	0,7065	0,7023	10,55	10,62	10,57	-17,50	-11,80	-14,38	-7,50	-3,40	-5,52
07.2020	8833,41	22,42	0,7032	0,7052	0,7044	10,59	10,61	10,59	-13,50	-13,20	-13,33	-6,10	-3,20	-4,67
08.2020	0	16,20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
09.2020	0	9,70	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10.2020	0	19829,60	0,7029	0,7045	0,7034	10,57	10,59	10,58	-12,20	-8,00	-9,21	-15,40	-2,50	-11,10
11.2020	0	80464,07	0,7018	0,7031	0,7023	10,56	10,58	10,57	-15,10	-11,20	-13,33	-16,20	-11,90	-14,09
12.2020	0	107603,55	0,7003	0,7022	0,7013	10,56	10,59	10,58	-15,40	-12,00	-13,77	-16,40	-13,20	-14,32
01.2021	0	95903,50	0,6997	0,7174	0,7014	10,55	10,78	10,57	-16,40	-10,60	-13,13	-17,10	-9,20	-12,52
02.2021	0	100726,27	0,6978	0,7009	0,6995	10,54	10,56	10,55	-12,10	-8,40	-10,20	-12,80	-9,20	-11,66
03.2021	0	36684,86	0,6969	0,6987	0,6979	10,53	10,55	10,54	-10,10	-8,10	-9,10	-12,30	-8,90	-10,49
04.2021	0	27,78	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
05.2021	0	3,09	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
06.2021	0	0,26	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
07.2021	167545,37	0	0,7028	0,7063	0,7039	10,57	10,60	10,58	-16,20	-8,40	-13,32	-8,40	-2,80	-6,07
08.2021	157939,16	0	0,6955	0,7047	0,7012	10,49	10,59	10,55	-16,20	-14,40	-15,19	-10,20	-5,70	-7,63

Продовження таблиці 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
09.2021	103165,22	42,09	0,6981	0,7123	0,7033	10,53	10,70	10,58	-17,00	-13,50	-15,55	-10,30	-5,70	-8,12
10.2021	0	43067,18	0,7075	0,7110	0,7094	10,53	10,67	10,62	-12,40	-5,00	-9,51	-9,10	1,00	-5,22
11.2021	0	130309,40	0,7007	0,7108	0,7020	10,54	10,66	10,56	-14,10	-10,20	-11,98	-9,80	-6,70	-8,46
12.2021	0	133179,06	0,6996	0,7016	0,7011	10,53	10,57	10,56	-15,80	-10,90	-12,98	-12,80	-6,90	-10,22
01.2022	0	108930,86	0,7005	0,7015	0,7009	10,55	10,57	10,56	-13,90	-9,70	-12,22	-12,00	-8,20	-10,05
02.2022	0	46023,61	0,7000	0,7008	0,7005	10,55	10,56	10,56	-11,10	-8,30	-9,93	-9,80	-5,30	-7,87
03.2022	0	119913,27	0,6989	0,7003	0,6996	10,54	10,56	10,55	-10,90	-8,20	-9,30	-7,20	-4,40	-5,84
04.2022	0	77990,50	0,6981	0,6990	0,6983	10,53	10,54	10,54	-9,50	-8,10	-8,49	-7,30	-3,70	-4,89
05.2022	0	17920,89	0,6975	0,6983	0,6979	10,53	10,53	10,53	-9,10	-8,40	-8,75	-5,80	-3,80	-4,87
06.2022	0	20,68	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
07.2022	0	33,76	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
08.2022	0	14,58	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
09.2022	22736,18	5,83	0,7091	0,7372	0,7256	10,53	10,89	10,58	-8,90	2,50	-1,34	-4,30	7,70	3,78
10.2022	71885,14	2,26	0,7110	0,7191	0,7154	10,71	10,80	10,76	-18,40	-8,40	-12,96	-15,30	-3,40	-8,39
11.2022	0	26,53	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12.2022	0	30,86	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
01.2023	0	4847,08	0,7135	0,7142	0,7139	10,71	10,73	10,72	-9,80	-9,20	-9,47	-6,30	-5,50	-5,90
02.2023	0	18753,74	0,7100	0,7140	0,7121	10,68	10,73	10,71	-18,00	-8,20	-14,25	-9,10	-4,50	-7,83
03.2023	0	5022,72	0,7094	0,7125	0,7107	10,67	10,71	10,70	-8,30	-8,00	-8,10	-7,70	-4,00	-5,20
За весь період	1341189,59	1442201,84	0,6930	0,7372	0,7027	10,49	10,89	10,57	-22,80	2,50	-12,32	-19,10	7,70	-8,65

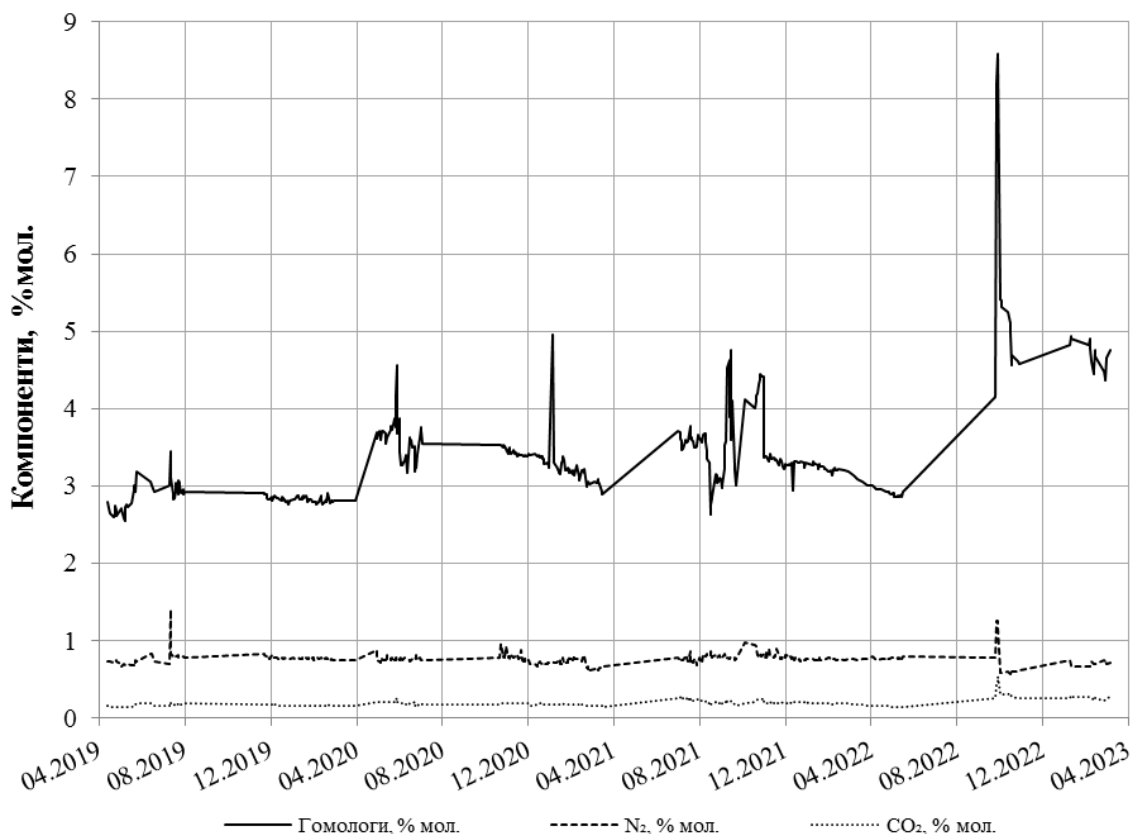


Рисунок 1 – Динаміка вмісту гомологів метану, азоту та вуглекислого газу

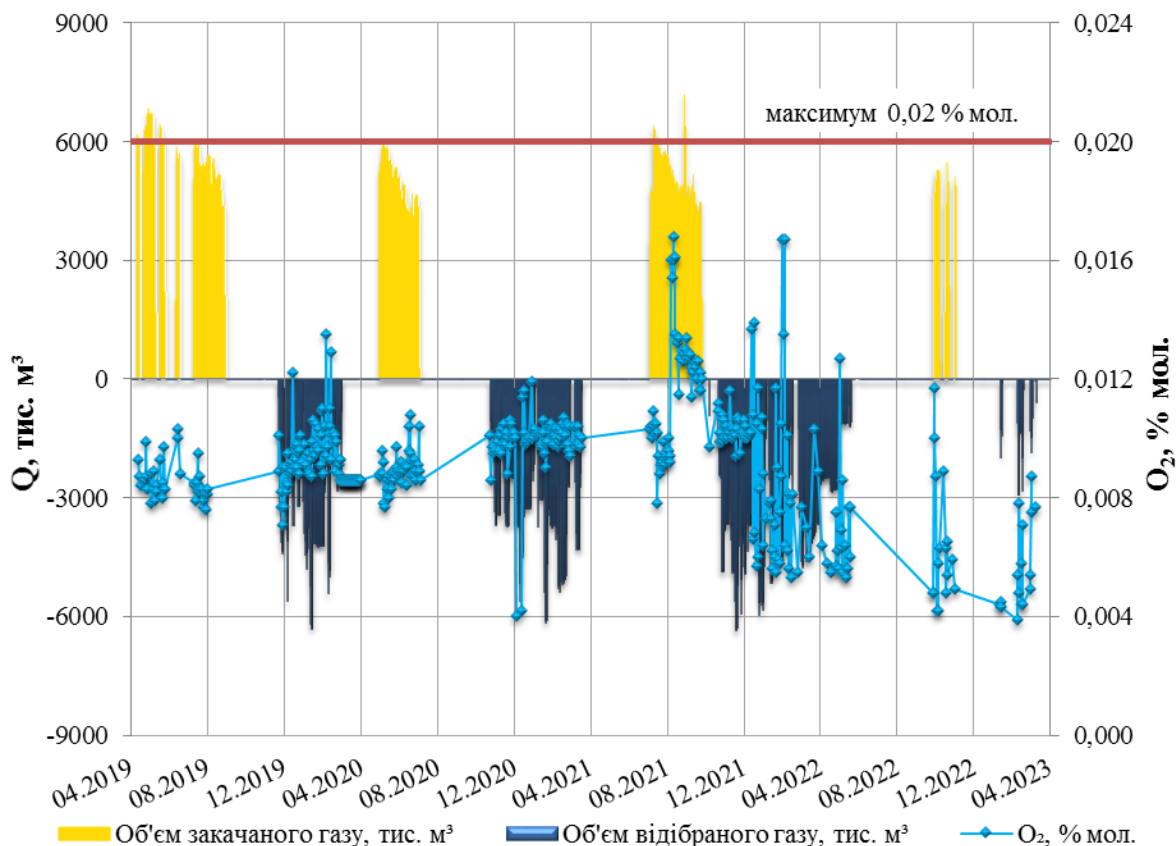


Рисунок 2 – Динаміка вмісту кисню

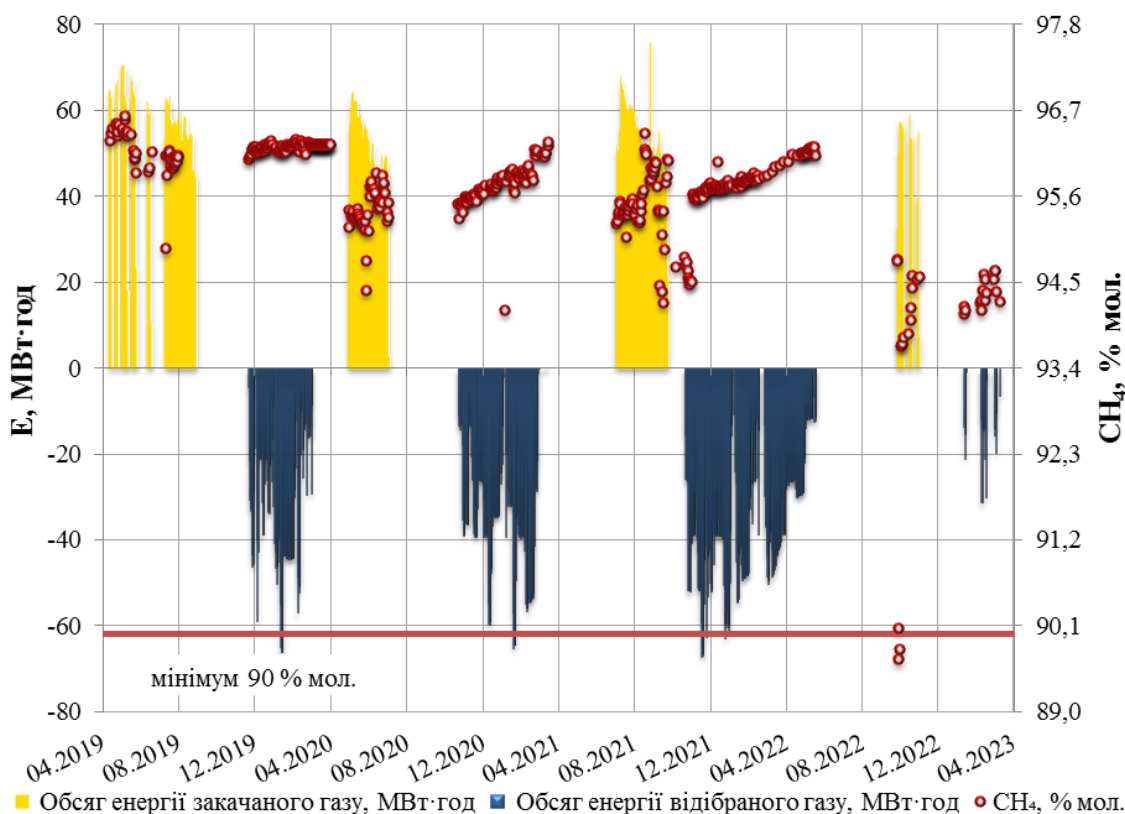


Рисунок 3 – Динаміка енергії закачаного і відібраного газу та вмісту метану у його складі

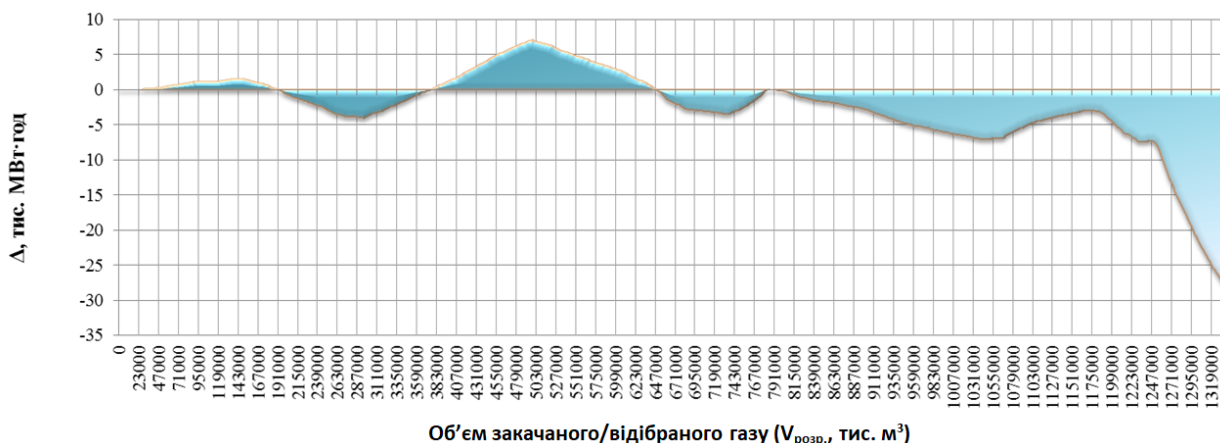


Рисунок 4 – Баланс обсягу закачаного і відібраного газу ПСГ в енергетичних одиницях

цінність вказаного об'єму закачаного газу склала 14 179 060 МВт·год, відібраного газу – 14 150 261 МВт·год. Енергетична цінність відібраного газу менша на 28 799 МВт·год. За умови обліку газу в енергетичних одиницях дефіцит буферного газу в ПСГ склала 2 732 393 м³. Питома величина збільшення дефіциту буферного газу склала 2 037,58 м³ на 1 млн м³ (0,2 %) закачаного та відібраного газу.

Для врегулювання питання щодо очікуваного дефіциту буферного газу пропонується розробити зміни до чинних нормативних документів, де передбачити додаткову статтю виробничо-технологічних витрат (ВТВ) газу для

компенсації енергетичного небалансу закачаного та відібраного газу до/з ПСГ. Також необхідно розробити методику планування, розрахунку та обліку обсягу газу на ВТВ в основу якої можуть бути взяті підходи застосовані в рамках цього дослідження.

За результатами розрахунків, для різних часових періодів, отримано додатне або від'ємне значення різниці енергії закачаного та відібраного газу. Додатне значення балансу вказує на потенційний профіцит буферного газу. Від'ємне значення балансу вказує на потенційний дефіцит буферного газу.

Точка роси газу за вологою в сезони відбору перебувала у межах нормативних значень від мінус 18,0 °С до мінус 8,0 °С, у сезони закачування її значення в основному змінювались від мінус 22,8 °С до мінус 8,2 °С.

Висновки

Під час виконання досліджень було зібрано та проаналізовано інформацію щодо фізико-хімічного складу газу, який закачують та відбирають до/з ПСГ. Для контролю за якістю газу, який подається з газопроводу в ПСГ або з ПСГ у газопровід, виконують аналіз його проб для затверджених маршрутів як на закачування, так і на відбирання. На основі аналізу встановлено, що у сезони закачування та відбору газу на ПСГ спостерігається відмінність ФХП закачаного та відібраного газу.

Для релевантного оцінювання величини можливого дефіциту буферного газу розроблено метод розрахунку та співставлення обсягів закачаного і відібраного газу в енергетичних одиницях з подальшим визначенням балансу між об'ємними та енергетичними показниками. За результатами проведеного аналізу визначено основні показники, які характеризують співвідношення закачаного та відібраного газу на ПСГ в об'ємних та енергетичних одиницях. Отримані результати розрахунків обсягу закачування/відбирання газу в/з ПСГ дають змогу об'єктивно оцінити поточний баланс газу в енергетичних одиницях.

За період з 01.04.2019 по 31.03.2023 у ПСГ закачано 1 341,19 млн м³ газу, відібрано 1 442,20 млн м³. Співставлення обсягів закачаного та відібраного газу в енергетичних одиницях виконано для об'єму 1 341 млн м³, енергетична цінність вказаного об'єму закачаного газу склала 14 179 060 МВт·год, відібраного газу – 14 150 261 МВт·год. Енергетична цінність відібраного газу менша на 28 799 МВт·год. За умови обліку газу в енергетичних одиницях дефіцит буферного газу в ПСГ складе 2 732 393 м³. Питома величина збільшення дефіциту буферного об'єму газу складе 2 037,58 м³ на один млн м³ (0,2 %) закачаного та відібраного газу.

Встановлено, що за умови закачування в ПСГ газу різної калорійності, яка залежить від джерела його надходження, споживачам подається газ належної якості, що досягнуто завдяки системам очищення та осушування газу. На основі проведених розрахунків виявлено проблемні питання, які очікуються після переходу на облік газу в енергетичних одиницях та запропоновано варіант їх врегулювання.

Література

1. Сайт компанії АТ "Укртрансгаз". Офіційний сайт. URL: <http://utg.ua>.
2. Директива Ради 93/76/ЄЕС спрямована на обмеження викидів вуглекислого газу 994_432, від 13.09.1993 р.
3. Директива Європейського Парламенту та Ради 2006/32/ЄС від 05.04.2006 р.
4. Директива Європейського Парламенту та Ради 2009/73/ЄС від 13.07.2009 р.
5. Ціноутворення на енергетичних ринках: досвід ЄС та України / Аналітична доповідь. Київ: Заповіт, 56с.
6. Закон України "Про ринок природного газу" від 09.04.2015 р.
7. Постанова НКРЕКП № 2493 від 30.09.2015 "Про затвердження Кодексу газотранспортної системи".
8. Постанова НКРЕКП №2494 від 30.09.2015 "Про затвердження Кодексу газорозподільчих систем".
9. Постанова НКРЕКП №2495 від 30.09.2015 "Про затвердження Кодексу газосховищ".
10. Постанова НКРЕКП № 2496 від 30.09.2015 "Про затвердження Правил постачання природного газу".
11. Постанова НКРЕКП № 84 від 26.01.2017 "Про затвердження Змін до деяких постанов НКРЕКП щодо запровадження на ринку природного газу використання одиниць енергії".
12. Закон України "Про внесення змін до деяких законів України щодо запровадження на ринку природного газу обліку та розрахунків за обсягом газу в одиницях енергії" від 02.11.2021.
13. Закон України "Про внесення змін до деяких законів України щодо запровадження на ринку природного газу обліку та розрахунків за обсягом газу в одиницях енергії щодо терміну набрання чинності" від 08.07.2022.
14. Гончарук М. І., Середюк М. Д., Шелудченко В. І. Довідник з газопостачання населених пунктів України. Івано-Франківськ: Видавництво "Сімик", 2006. 1313 с.

References

1. Website of JSC "Ukrtransgaz". Official website. URL: <http://utg.ua>. [in Ukrainian]
2. Council Directive 93/76/EEC aimed at limiting carbon dioxide emissions 994_432, dated September 13, 1993. [in Ukrainian]
3. Directive of the European Parliament and the Council 2006/32/EU dated 04/05/2006. [in Ukrainian]

4. Directive of the European Parliament and the Council 2009/73/EC dated 13.07.2009. [in Ukrainian]
5. Pricing on energy markets: the experience of the EU and Ukraine / Analytical report. Kyiv: Zapovit, 56 p. [in Ukrainian]
6. Law of Ukraine "On the Natural Gas Market" dated April 9, 2015. [in Ukrainian]
7. Resolution of the NCRECP No. 2493 of September 30, 2015 "On Approval of the Gas Transportation System Code". [in Ukrainian]
8. Resolution of the NCRECP No. 2494 of September 30, 2015 "On Approval of the Code of Gas Distribution Systems". [in Ukrainian]
9. Resolution of the NCRECP No. 2495 of September 30, 2015 "On Approval of the Gas Storage Code". [in Ukrainian]
10. Resolution of the NCRECP No. 2496 of September 30, 2015 "On Approval of the Rules for the Supply of Natural Gas". [in Ukrainian]
11. Resolution of the NCRECP No. 84 dated 26.01.2017 "On Approval of Amendments to some Resolutions of the NCRECP regarding the introduction of the use of energy units on the natural gas market". [in Ukrainian]
12. The Law of Ukraine "On Amendments to Certain Laws of Ukraine Regarding the Introduction of Accounting and Calculations for the Volume of Gas in Units of Energy on the Natural Gas Market" dated November 2, 2021. [in Ukrainian]
13. The Law of Ukraine "On Amendments to Certain Laws of Ukraine Regarding the Implementation of Accounting and Calculations of Gas Volume in Energy Units on the Natural Gas Market Regarding the Date of Entry into Force" dated 07/08/2022. [in Ukrainian]
14. Goncharuk M. I., Seredyuk M. D., Sheludchenko V. I. Dovidnik with gas supply to populated areas of Ukraine. Ivano-Frankivsk: Vidavnistvo "Simik", 2006. 1313 p.