

# Сертифікація, стандартизація, якість

УДК 620.179

## ОПТИМІЗАЦІЯ ГАЗОВИХ МЕРЕЖ НИЗЬКОГО ТИСКУ З ВРАХУВАННЯМ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРИРОДНОГО ГАЗУ

І.І. Височанський, Н.І. Чабан, С.О. Максим'юк

ІФНТУНГ; 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (0342) 506611,  
e-mail: chaban.n11@gmail.com

*Сучасні тенденції розвитку газової галузі України продукують покращення методик оцінки характеристик газотранспортних мереж на стадії їх розрахунку та експлуатації. Роботу націлено на оптимізацію гідравлічного розрахунку газових мереж низького та середнього тисків шляхом врахування питомої теплоти згорання природного газу, що протікає по них. В роботі представлений аналіз стандартів, що нормують метод розрахунку газових мереж на питання з'ясування можливих шляхів їх удосконалення. Також наведено методичку дослідження залежності параметрів мережі від фізичних та хімічних характеристик газу, що по ній протікає. Обґрунтовано доцільність врахування калорійності газу в гідравлічному розрахунку газової мережі.*

Ключові слова: газова мережа, гідравлічний розрахунок, питома теплота згорання газу.

*Современные тенденции развития газовой отрасли Украины производят улучшение методик оценки характеристик газотранспортных сетей на стадии их расчета и эксплуатации. Работа нацелена на оптимизацию гидравлического расчета газовых сетей низкого и среднего давления путем учета удельной теплоты сгорания природного газа, протекающего по ним. В работе представлен анализ стандартов, что нормируют метод расчета газовых сетей на вопрос выяснения возможных путей их совершенствования. Также приведена методика исследования зависимости параметров сети от физических и химических характеристик газа, что по ней протекает. Обоснована целесообразность учета калорийности газа в гидравлическом расчете газовой сети.*

Ключевые слова: газовая сеть, гидравлический расчет, удельная теплота сгорания газа.

*Current trends in the development of Ukraine's gas industry make improvements in the methods for assessing the characteristics of gas transmission networks at the stage of their calculation and operation. The work is aimed at optimizing the hydraulic calculation of gas networks of low and medium pressure by taking into account the specific heat of combustion of natural gas flowing through them. The paper presents an analysis of standards that limit the method of calculating gas networks to the question of finding out possible ways to improve them. Also, a technique is given to investigate the dependence of the network parameters on the physical and chemical characteristics of the gas flowing through it. The advantages of taking into account the calorific value of gas in the hydraulic calculation of the gas network are justified.*

Keywords: gas network, hydraulic calculation, specific heat of gas combustion.

### Вступ

Сучасні системи газопостачання природним газом міст, областей, селищ і промислових підприємств являють собою складний взаємозалежний комплекс газопроводів різних тисків, газорозподільних станцій, проміжних регуляторних пунктів, газорозподільних пунктів і установок, устаткування газових мереж, систем очищення та одоризації газу, систем зв'язку і приладів обліку споживання природного газу.

Основним нормативним документом, що регламентує розрахункові витрати газу для різних категорій споживачів є Державні будівельні норми України ДБН В.2.5-20-2001. Газопостачання. Процеси проектування та експлуатації систем газопостачання населених пунктів базуються на результатах гідравлічних розрахунків ділянок газових мереж, що нормуються цим стандартом.

На даний час при сучасному рівні розвитку технологій проектування та експлуатації систем газопостачання населених пунктів, що супроводжується тенденцією ускладнення структури газових мереж, важливе значення має удосконалення існуючих методів і алгоритмів гідравлічних розрахунків газових мереж. Важливим елементом є удосконалення методів розрахунку систем газопостачання шляхом використання більш точних математичних моделей.

#### **Аналіз сучасних закордонних і вітчизняних досліджень і публікацій**

В тематичних наукових працях більшість науковців говорять про те, що один з основних шляхів розвитку газотранспортної галузі є розроблення технічних рішень, які пов'язані із покращенням апарату гідравлічного розрахунку газових мереж. Проаналізувавши закордонні та вітчизняні літературні джерела, можна сказати, що переважна більшість вітчизняних та зарубіжних робіт, присвячених дослідженням способів актуалізації методик гідравлічного розрахунку газових мереж, стосується, здебільшого, магістральних газотранспортних систем і акцентується увагою на удосконаленні розрахунку шляхом врахування особливих параметрів мережі транспортування та розподілу газу.

У роботах [1,2] доведено необхідність урахування впливу профілю траси на пропускну здатність і загальну енерговитратність газових мереж низького тиску довільної структури та запропоновано математичні моделі для урахування зазначеного чинника. Одержані результати стосуються як сталевих, так і поліетиленових газових мереж. У роботі [3] за результатами експериментальних досліджень запропоновано математичні моделі для коефіцієнта гідравлічного опору поліетиленових газових мереж низького і середнього тисків для різних режимів руху у повному діапазоні зміни витрат газу. У роботі [4] проаналізовано наявні методики прогнозування розподілу газу в системах газопостачання та розроблено пропозиції і рекомендації щодо методів їх уточнення на ділянках газової мережі низького та середнього тисків населених пунктів.

В роботі [5] поліпшення оригінального методу гідравлічного розрахунку петельно-подібних газорозподільних мереж Харді Кроса пропонується виконати шляхом введення впливу суміжних контурів в матриці Якубі, яке використовується при обчисленні, що зменшує необхідну кількість ітерацій в розрахунках. У роботі [6] вирішено рівняння вузла замість циклічних рівнянь за допомогою методу Ньютона-Рафсона шляхом обчислення вузлових характеристик що дають можливість обчислювати витрати каналів. У роботі [7] показано порівняння ряду ітеративних методів гідравлічного розв'язку трубопроводних мереж, таких як Харді Крос, модифікований Харді Крос, метод вузлів-циклів, метод модифікованого вузла та метод М. М. Андрійшева.

#### **Актуальність роботи**

В умовах глобалізації світового ринку проблема якості продукції, зокрема стратегічної, стає все більш актуальною, оскільки лише високоякісна продукція може бути конкурентоспроможною.

Природний газ, який є високоенергоємною та хімічно цінною сировиною, поза всяким сумнівом відноситься до стратегічних видів продукції, що зумовило широке використання його як у побуті, так і в багатьох галузях промисловості. Зокрема, найбільшою сферою використання природного газу є промислове та комунально-побутове господарство, тобто використання газу як енергоносія.

Енергетична та хімічна цінність газу спричинила велику увагу до нього як до об'єкта дослідження спеціалістів різних профілів.

Українська мережа видобування, транспортування та розподілу природного газу є складною системою, що включає близько 10 тис. фізичних точок входу та виходу. Кожна з 3,9 тис. свердловин, що розміщуються на території країни, генерує в цю мережу енергоресурс різної якості. На території держави розміщуються 12 підземних газосховищ, де газ змішується та змінює свої фізичні і хімічні параметри. Більше того, наша країна виступає на міжнародному ринку газу як його імпортером, так і виробником, що спричинює змішування природного газу на локальному рівні країни зі зразками енергоресурсу, видобутого в межах всього світу. В умовах такої мережі, природний газ в різних точках розподільчої системи матиме різні параметри якості. Проте розрахунки газових мереж, згідно чинних норм, не враховують один з основних енергетичних параметрів якості природного газу – його питому теплоту згорання.

Отже, набуває актуальності питання врахування особливостей впливу енергетичних параметрів природного газу на розрахунки газотранспортних та газорозподільчих мереж, по яких він постачається споживачу.

#### **Формулювання цілей статті**

1. Детальне дослідження чинної методики проектування газових мереж, що нормується ДБН В.2.5-20-2001, на питання можливих шляхів її удосконалення, враховуючи сучасні тенденції розвитку галузі.

2. Дослідження впливу зміни енергетичних параметрів природного газу, а саме питомої теплоти його згорання на параметри кінцевих споживачів мережі.

3. Аналіз отриманих параметрів мережі на питання доцільності заміни діаметрів трубопроводів газових мереж при зміні калорійності газу, що по них протікає.

#### **Висвітлення основного матеріалу**

Природний газ є сировиною для хімічної промисловості, а також енергоносієм для промислових, комерційних та побутових споживачів. Газ передається від джерела до установки споживача мережею трубопроводів газотранс-

портних та газорозподільчих систем різних тисків.

До мереж газопостачання низького тиску відносяться газопроводи, в яких надлишковий тиск не перевищує 5000 Па [8]. Для елементів систем газопостачання житлового сектора населених пунктів надлишковий тиск не перевищує 3000 Па. Такі значення тисків мало відрізняються від атмосферного, що визначає особливості розрахунку та експлуатації мереж газопостачання низького тиску. Мережі газопостачання низького тиску характеризуються невеликими втратами тиску по довжині, а отже, і незначними змінами густини газу. Тому при гідравлічному розрахунку мереж газопостачання низького тиску густину газу приймають постійною величиною, рівною середньому значенню для умов транспортування.

Гідравлічні розрахунки газових мереж виконуються з метою:

- визначення необхідних діаметрів газопроводів, що проектуються;
- перевірки можливості та умов підключення нових абонентів;
- перевірки пропускної здатності діючих газових мереж при певних робочих тисках на джерелах;
- коректного підбору обладнання на джерелах (ГТРП, ГРПБ, ГРП, ШРП);
- визначення мінімально-допустимого значення робочого тиску на виході з джерела.

На даний час гідравлічні розрахунки газових мереж низького тиску проводяться за методикою, рекомендованою ДБН В.2.5-20-2001 [9]. Проводячи аналіз даного документу слід зауважити, що в методику гідравлічного розрахунку, нормовану стандартом, введено низку припущень, а саме:

- фізичні властивості газу беруться за нормальних умов (при температурі 0 °С та тиску 0,10132 МПа);
- витрата газу зводиться до нормальних умов (при температурі 0 °С та тиску 0,10132 МПа);
- коефіцієнт гідравлічного опору при турбулентному режимі незалежно від зони тертя і матеріалу труб обчислюється за формулою Альтшуля;
- не враховуються втрати енергії на подолання різниці геодезичних позначок точок траси;
- не враховують реальних властивостей газу — коефіцієнт стисливості газу для мереж низького тиску вважають рівним одиниці.

Також, при проектуванні системи газопостачання населених пунктів, згідно даного стандарту, обов'язковим розділом є визначення річних і максимальних годинних витрат газу всіма його споживачами. За максимальними годинними витратами виконуються всі гідравлічні розрахунки мереж газопостачання високого, середнього та низького тисків, підбираються регулювальні пристрої на газорегуляторних пунктах і газорозподільних станціях. Розрахунок річних і максимальних годинних витрат газу необхідно виконувати згідно з чинними нормативними документами, враховуючи

норми витрати теплоти (газу). Норми витрати теплоти (газу) – це усереднені величини, що одержані на основі аналізу даних експлуатації існуючих систем газопостачання населених пунктів.

У разі відсутності газових лічильників, норми споживання природного газу населенням затверджені постановою Кабінету Міністрів України від 8 червня 1996 року, №619. Ряд змін і доповнень до зазначених норм були внесені низкою постанов Кабінету Міністрів України від 8 червня 1998 року №822, від 21 червня 2001 року №670 та від 29 жовтня 2002 року №1632. У зазначених постановках Кабінету Міністрів України, присвячених нормуванню споживання природного газу населення у разі відсутності лічильників газу, передбачено, що до опалювальної площі належить загальна площа квартири (будинку) без урахування площі лоджій, балконів, терас. З опалювальної площі також вилучається площа приміщень, у яких відсутні тепловіддавальні поверхні та які безпосередньо не з'єднані з опалювальними приміщеннями дверними та іншими отворами.

Згідно стандарту, під час нарахування плати за природний газ, використаний на індивідуальне опалення, приймається норма опалювальної площі 21 м<sup>2</sup> на наймача або власника житла і кожного члена сім'ї, та додатково 10,5 м<sup>2</sup> на сім'ю. За надлишок опалювальної площі понад зазначену норму (крім однокімнатних квартир) плата за природний газ встановлюється у розмірі 1,3 тарифу. Ця норма не поширюється на самотніх непрацездатних громадян і сім'ї, що складаються лише з непрацездатних осіб.

Виходячи із вище сказаного, можна зробити висновок, що даний стандарт [9] затверджує також завищені норми річної потреби природного газу на побутові потреби для однієї людини.

Використання наведених вище припущень в стандартах, що нормують методику розрахунку газових мереж погіршують точність прогнозування їх пропускної здатності та енерговитратності, що здорожчує проекти газифікації населених пунктів, зменшує ступінь надійності функціонування систем газопостачання, а в деяких випадках може призвести й до виникнення аварійних ситуацій. В таких умовах, набуває актуальності задача аналізу можливостей удосконалення математичного апарату розрахунку газових мереж середнього та низького тисків України.

В Україні, за даними НКРЕКП, в 2016 році налічувалося близько 200 постачальників природного газу. Одночасно, в минулому році імпорт даного енергоресурсу склав 11,08 млрд. м<sup>3</sup>. Незважаючи на одну і ту ж назву «природний газ», його склад і в результаті його фізичні і хімічні параметри різні й залежать від типів джерел, з яких вони добуваються.

Основним показником якості природного газу є питома теплота згоряння, тобто кількість теплоти, виділена під час повного згоряння одиниці об'єму сухого газу, виміряного за стандартних умов. Теплота згоряння природного

газу також є і показником призначення, оскільки газ використовують для виділення з нього тепла при спалюванні. Обчислювання теплової енергії базовано на окремому вимірюванні маси або об'єму пропущеного газу та на його вимірюванню чи обчисленню значенні теплоти згорання.

Одними з вхідних параметрів при проектуванні газових мереж середнього та низького тиску є фізико-хімічні властивості природного газу, для протікання якого проектується мережа [10]. Дані характеристики природного газу отримуються шляхом проведення хроматографічного аналізу. Недоліком даного методу є дороговартість та тривалий термін одержання результатів. Проте, дедалі більшої актуалізації набуває так званий, експрес-метод оцінки фізичних характеристик газу, в основі якого лежить кореляційна залежність теплоти згорання газу від швидкості проходження в ньому звукової хвилі та вмісту діоксиду вуглецю.

Враховуючи, що сучасні вимоги та кодекси ГРМ та ГТС диктують стислі терміни для прийняття інженерно-технічних рішень при підключенні нових споживачів, актуальним завданням є доопрацювання математичної бази розрахунку газових мереж середнього та низького тиску з вхідними даними, що включають питому теплоту згорання природного газу замість використання в розрахунках його компонентного складу.

Необхідно зазначити, на правовому рівні в Україні, питання врахування питомої теплоти згорання природного газу для розрахунків газових мереж регламентується в [11-14]:

- Постанові Кабінету Міністрів України «Про затвердження Правил надання населенню послуг з газопостачання» № 2246 від 9.12.1999 року;

- Постанові Національної комісії регулювання електроенергетики України «Про затвердження Порядку відшкодування збитків, завданих споживачеві природного газу внаслідок порушення газопостачальною або газотранспортною організацією Правил надання населенню послуг з газопостачання» № 476, від 29.05.2003 року;

- Законі України «Про ратифікацію Протоколу про приєднання України до Договору про заснування Енергетичного Співтовариства» від 15.12.2010 року № 2787-VI;

- ДСТУ ISO15112:2010 Природний газ. Визначення енергії.

Для з'ясування величини впливу питомої теплоти згорання природного газу на можливі зміни діаметрів трубопроводів газової мережі, по якій він протікає, запропоновано провести дослідження впливу зміни калорійності природного газу на параметри газової мережі для її кінцевих споживачів.

Для дослідження, запропоновано обрати 3 типи мереж – однолінійну та розгалужену з малим та великим ступенем поділу. В ході дослідження запропоновано змінювати теплоємність газу від нижнього дозволеного показника (7600 ккал) до найвищого зареєстрованого в Івано-

Франківській області, при цьому реєструвати значення тисків у кінцевих споживачів мереж. Після, здійснити аналіз отриманих параметрів мережі на питання доцільності заміни діаметрів трубопроводів газових мереж при зміні калорійності газу, що по них протікає.

Таке дослідження вирішено провести на базі спеціалізованого програмного продукту, одного з лідерів на світовому ринку спеціалізованих комп'ютерних програм з виконання гідравлічних розрахунків газових мереж всіх категорій - SIMONE 6.1, Чехія. Програма використовує загальноєвропейські норми щодо послідовності та ходу гідравлічного розрахунку. Програмний продукт «Simone» вирішує дуже широкий спектр задач:

1. Моделювання системи газопостачання:
  - магістральних, міжміських, міських, сільських, вуличних (різних категорій – МГ, Г4, Г3, Г2, Г1);
  - з застосуванням сталевих та ПЕ-труб;
  - з великою кількістю споживачів, кілець, джерел;
  - для різних газів (з різними фізико-хімічними характеристиками).
2. Моделювання статичних та динамічних систем (з плином часу).

Статичні сценарії – це звичні нам гідравлічні розрахунки системи газопостачання при максимальних годинних витратах газу.

Динамічні сценарії – це моделювання подій у часі – наприклад зміна тисків на джерелах в певний час доби, зміна витрати на споживачах у часі (профіль споживача).

3. Моделювання різних подій – аварійних поривів, підключення або відключення споживачів у часі, підключення або відключення джерел у часі, зміни діаметрів труб (перекладки).

4. Аналіз системи газопостачання за пропускну здатністю, тисками, швидкостями газових потоків.

Виконання гідравлічного розрахунку газових мереж є достатньо громіздким процесом, тому в межах запропонованого дослідження, використання даної програми дозволило проаналізувати мережі газопостачання за пропускну здатністю, тисками, швидкостями газових потоків під час їх моделювання зі зміною калорійності природного газу за короткий термін часу.

Вхідним параметром для розрахунку мережі в програмному продукті є не питома теплота згорання природного газу, а його компонентний склад. Визначення питомої теплоти згорання газу програмний продукт здійснює за табличними значеннями теплоти згорання окремих компонентів газу та об'ємними частками цих компонентів, введених у програмне вікно. Тому, перед виконанням дослідження, постало завдання вибору достовірних компонентних складів газів різної калорійності. В ході вибору було виявлено, що для зменшення спотворення результатів дослідження різницею властивостей (густина, динамічна в'язкість) різних компонентів газу (вода, алкани та інші гази такі, як вуглекислий газ, азот) слід

змінювати компонентний склад газу тільки в межах карбоновмісних сполук.

Аналіз теплоти згорання природного газу Івано-Франківської області на питання визначення найбільшого та найменшого її значення проводився за середньомісячною питомою теплотою згорання природного газу для кожного ГРС в області за 2017 рік. Ці дані отримані із сертифікатів якості природного газу на сайті Регіональної газової компанії «Івано-Франківськгаз» ([www.if.104.ua](http://www.if.104.ua)). Найвище зареєстроване значення відповідає ГРС Битків у травні 2017 року і становить 42,7 МДж/м<sup>3</sup>. Найнижче зареєстроване значення відповідає ГРС Росільна у січні 2017 року і складає 39,8 МДж/м<sup>3</sup>.

В якості мережі з високим рівнем розгалуження використано неіснуючу змодельовану мережу з багатьма гілками та розгалуженнями. Мережею з низьким рівнем розгалуження є існуюча мережі газопостачання низького тиску від ГРС Битків в Івано-Франківській області. В ході дослідження однолінійна мережа не використовувалася.

Компонентний склад низькокалорійного газу, що вводився в програму відображено на рисунку 1.

Компонентний склад висококалорійного газу, що вводився в програму відображено на рисунку 2.

Свойства газа			
	Единица	Описание	По умолчанию
R	[кг/м3]	R	0.7175
CV	[МДж/м3]	CV	39.8309
TC	[K]	TC	190.5550
PC	[бар]	PC	45.9880
ACF		ACF	0.0115
CP0A		CP0A	32.5580
CP0B		CP0B	-0.0141
CP0C		CP0C	0.0001
XC1	%mol	Метан	100
XN2	%mol	Азот	0.000
XCO2	%mol	ий газ (Двуокись углерода)	0.000
XC2	%mol	Этан	0
XC3	%mol	Пропан	0
XH2O	%mol	Вода	0.000
XH2S	%mol	Сероводород	0.000
XH2	%mol	Водород	0.000
XCO	%mol	Окись углерода	0.000
XO2	%mol	Кислород	0.000
XIC4	%mol	изо-Бутан	0.000
XNC4	%mol	п-Бутан	0.000
XIC5	%mol	изо-Пентан	0.000
XNC5	%mol	п-Пентан	0.000
XC6	%mol	п-Гексан	0.000
XC7	%mol	п-Гептан	0.000
XC8	%mol	п-Октан	0.000
XC9	%mol	п-Нонан	0.000
XC10	%mol	п-Декан	0.000
XHE	%mol	Гелий	0.000
XAR	%mol	Аргон	100
Сумма			100

Рисунок 1 – Компонентний склад низькокалорійного газу

Свойства газа			
	Единица	Описание	По умолчанию
R	[кг/м3]	R	0.7775
CV	[МДж/м3]	CV	42.6936
TC	[K]	TC	200.9933
PC	[бар]	PC	46.1640
ACF		ACF	0.0188
CP0A		CP0A	31.8440
CP0B		CP0B	-0.0056
CP0C		CP0C	0.0001
XC1	%mol	Метан	91.500
XN2	%mol	Азот	0.000
XCO2	%mol	ий газ (Двуокись углерода)	0.000
XC2	%mol	Этан	7.500
XC3	%mol	Пропан	1.000
XH2O	%mol	Вода	0.000
XH2S	%mol	Сероводород	0.000
XH2	%mol	Водород	0.000
XCO	%mol	Окись углерода	0.000
XO2	%mol	Кислород	0.000
XIC4	%mol	изо-Бутан	0.000
XNC4	%mol	п-Бутан	0.000
XIC5	%mol	изо-Пентан	0.000
XNC5	%mol	п-Пентан	0.000
XC6	%mol	п-Гексан	0.000
XC7	%mol	п-Гептан	0.000
XC8	%mol	п-Октан	0.000
XC9	%mol	п-Нонан	0.000
XC10	%mol	п-Декан	0.000
XHE	%mol	Гелий	0.000
XAR	%mol	Аргон	100
Сумма			100

Рисунок 2 – Компонентний склад висококалорійного газу

Результат моделювання низькорозгалуженої мережі з низькокалорійним газом на базі програмного забезпечення SIMONE 6.1 відображено на рисунку 3. Тиск на ГРС (вхідній точці мережі) рівний 2,8 кПа. За умов, в яких моделюється мережа, тиск в кінцевого споживача складає 2,53 кПа.

Результат моделювання мережі з низьким рівнем розгалуження з висококалорійним газом на базі програмного забезпечення SIMONE 6.1 відображено на рисунку 4. Тиск на ГРС (вхідній точці мережі) рівний 2,8 кПа. За умов, в яких моделюється мережа, тиск у кінцевого споживача становить 2,52 кПа.

Результат моделювання мережі з високим рівнем розгалуження з низькокалорійним газом на базі програмного забезпечення SIMONE 6.1 відображено на рисунку 5. Тиск на вхідних точках мережі рівний 3 кПа. За умов, в яких моделюється мережа, тиск у кінцевого споживача 2,05 кПа.

Результат моделювання мережі з високим рівнем розгалуження з висококалорійним газом на базі програмного забезпечення SIMONE 6.1 відображено на рисунку 6. Тиск на вхідних точках мережі рівний 3 кПа. За умов, в яких моделюється мережа, тиск у кінцевого споживача 1,99 кПа.

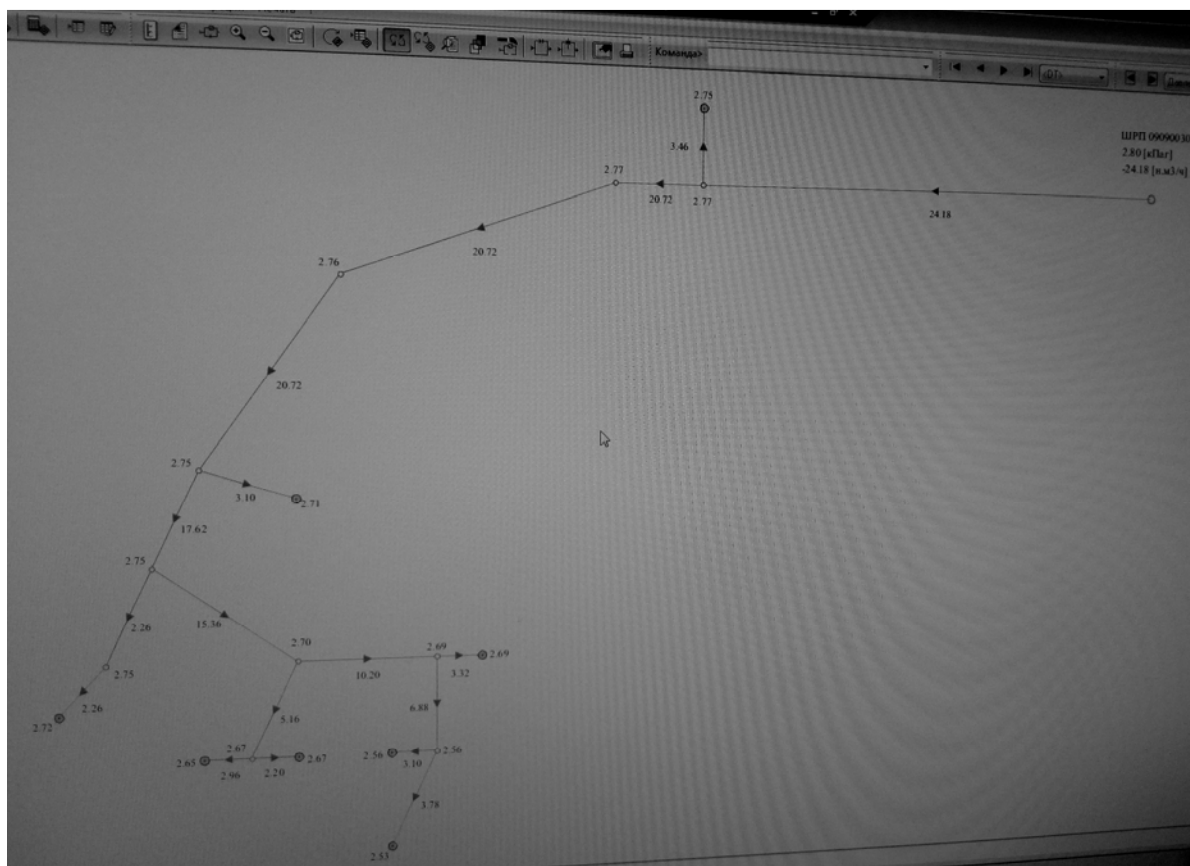


Рисунок 3 – Параметри мережі з низьким рівнем розгалуження при моделюванні з використанням низькокалорійного газу

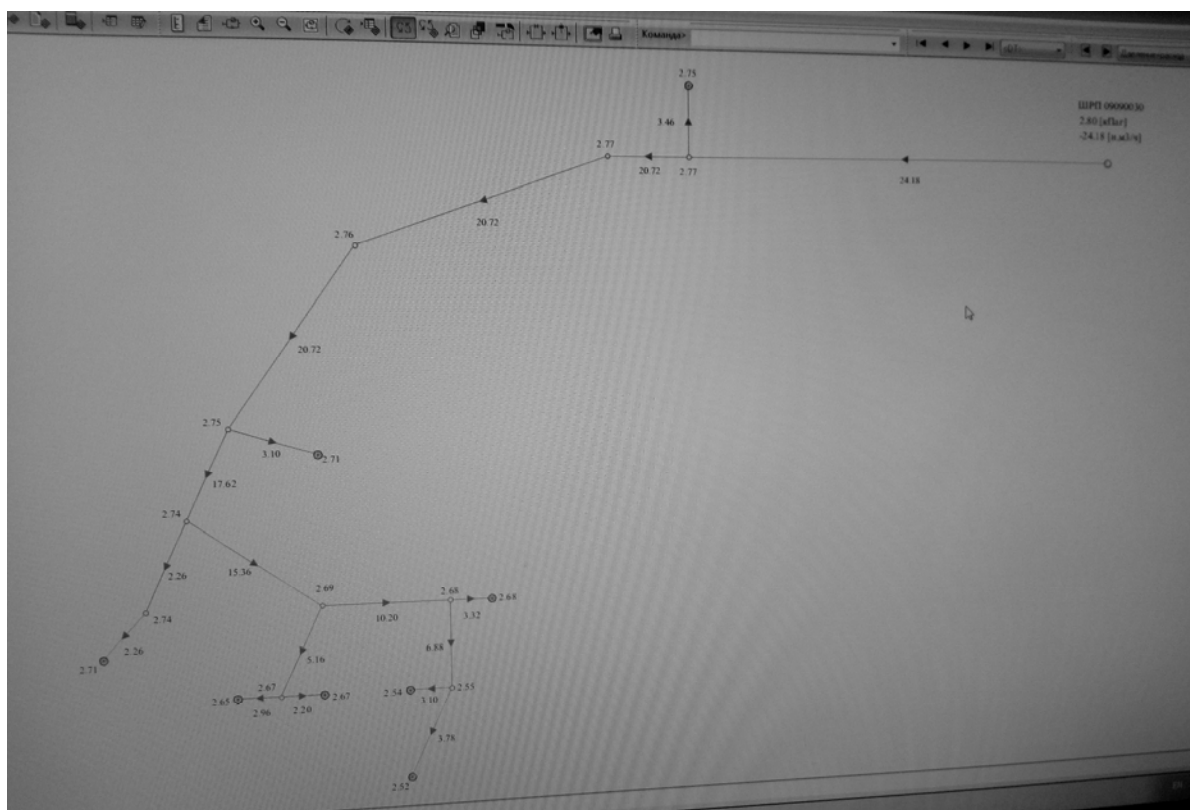


Рисунок 4 – Параметри мережі з низьким рівнем розгалуження при моделюванні з використанням висококалорійного газу



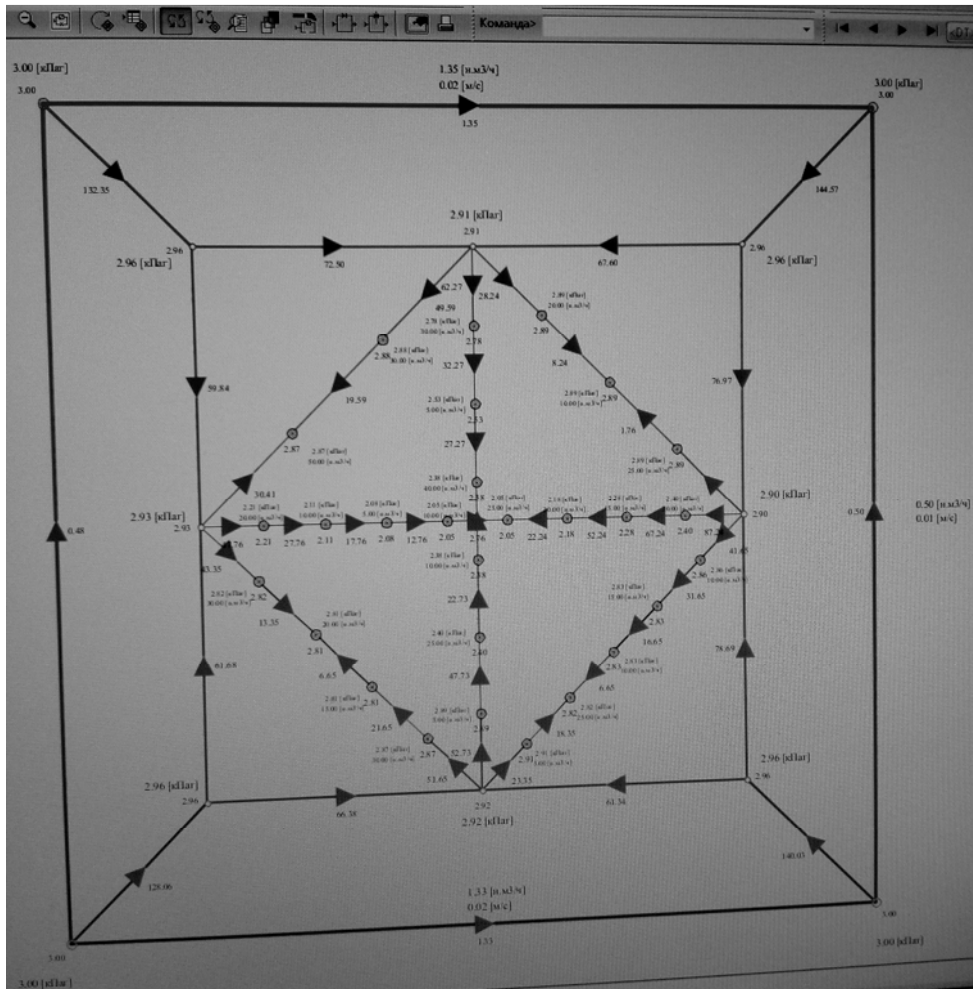


Рисунок 5 – Параметри мережі з високим рівнем розгалуження при моделюванні з використанням низькокалорійного газу

Проаналізувавши отримані результати слід зазначити, що з підвищенням питомої теплоти згорання газу, тиски в кінцевих споживачів газової мережі зменшуються. При чому, в більш розгалуженій мережі даний процес проявляється яскравіше. Така залежність пояснюється тим, що при підвищенні калорійності газу, підвищується вміст у складі газу сполук з більшою карбоновмісткістю, які мають вищу густину. Підвищення рівня густини газу є причиною підвищення гідравлічного опору проходження енергоносія по мережі, що спричиняє падіння тиску в її кінцевих споживачах. Отже, приймаючи до уваги результати дослідження, при розрахунку газорозподільчої мережі з врахуванням низькокалорійного газу слід обирати менші діаметри трубопроводів, враховуючи, що тиск на кінцевих споживачах вищий, а для висококалорійного газу – більші діаметри трубопроводів, оскільки тиск біля споживачів нижчий.

### Висновки

Проведені в роботі дослідження свідчать, що наявні на сьогодні норми щодо методу гідравлічного розрахунку газових мережах низького та середнього тиску не достовірно описують наявні газодинамічні процеси, що при-

зводить до недостовірності їх результатів проектних та експлуатаційних розрахунків.

Отримана в результаті дослідження обернено пропорційна залежність між питомою тепловою згорання газу та тиском на кінцевих споживачах газових мереж є підставою для врахування калорійності газу в її гідравлічному розрахунку. Тому вважаємо за доцільне увести корективи в державні та галузеві нормативні документи щодо прогнозування параметрів газотранспортної мережі на етапі гідравлічного розрахунку.

### Література

1 Ксенич А.І. Урахування впливу профілю траси на результати гідравлічних розрахунків газових мереж населених пунктів / А.І. Ксенич, М.Д. Середюк // Розвідка і розробка нафтових і газових родовищ. – 2010. – №1(34). – С. 138–143.

2 Середюк М.Д. Використання барометричної формули для врахування впливу профілю траси на результати гідравлічних розрахунків газових мереж / М.Д. Середюк, А.І. Ксенич // Науковий вісник Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу. – 2010. – № 3(25). – С. 97–101.

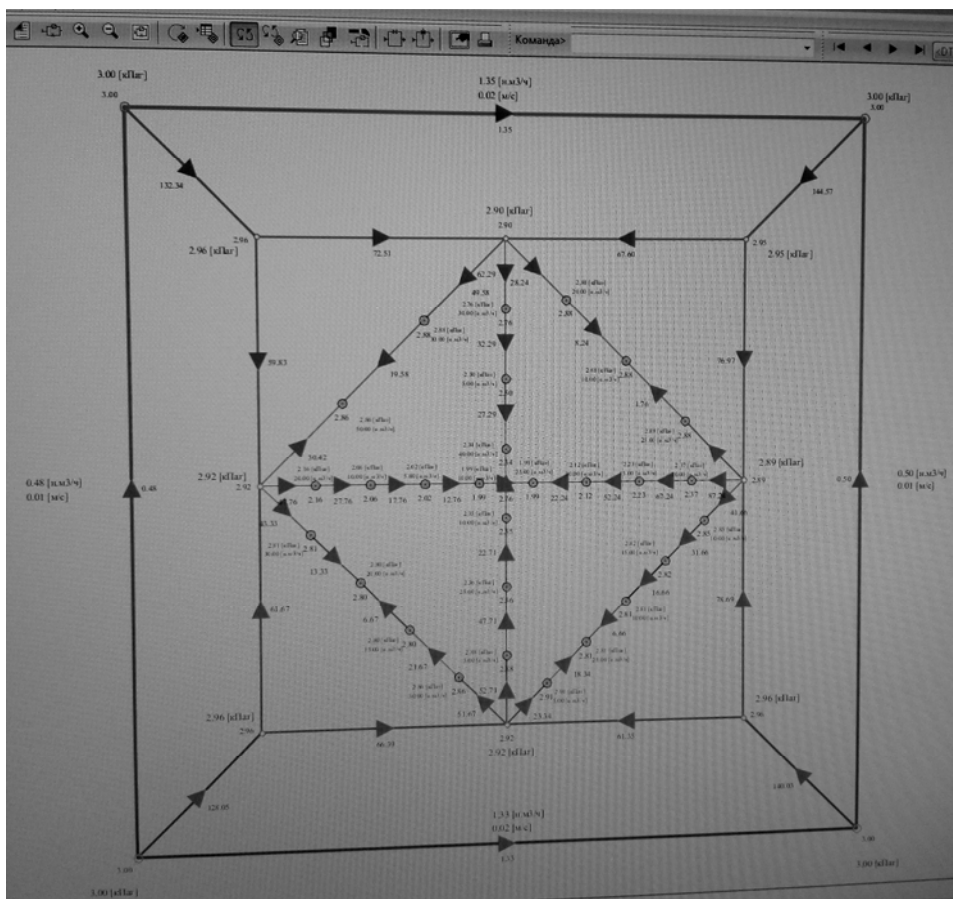


Рисунок 6 – Параметри мережі з високим рівнем розгалуження при моделюванні з використанням висококалорійного газу

3 Ксеніч А.І. Результати експериментальних досліджень гідравлічної енерговитратності поліетиленових газопроводів низького тиску / А.І. Ксеніч, М.Д. Середюк // Нафтогазова енергетика. – 2011. – №2(15). – С. 57–60.

4 Ксеніч А. І. Метод уточнення технологічних параметрів розподілу газу в газових мережах населених пунктів / А. І. Ксеніч // Науковий вісник Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу. – 2014. – № 1. – С. 131-139.

5 BRKIC, Dejan. An improvement of Hardy Cross method applied on looped spatial natural gas distribution networks. Applied energy, 2009, 86.7: 1290-1300.

6 Shamir U, Howard CDD. Water distribution systems analysis. J Hydraul Div Am Soc Civ Eng 1968;94:219–34.

7 BRKIC, Dejan. Iterative methods for looped network pipeline calculation. Water resources management, 2011, 25.12: 2951-2987.

8 Гончарук М.І. Довідник з газопостачання населених пунктів України / Гончарук М.І., Середюк М.Д., Шелудченко В.І. – Івано-Франківськ: Сімик, 2006. – 1314 с.

9 ДБН В.2.5-20-2001. Газопостачання

10 Середюк М.Д. Проектування та експлуатація систем газопостачання населених пунктів: [навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл.] / М.Д. Середюк, В.Я. Малик, В.Т. Болонний. – Івано-Франківськ: Факел, 2003. – 436 с.

11 Постанова Кабінету Міністрів України «Про затвердження Правил надання населенню послуг з газопостачання» № 2246 від 9.12.1999 року.

12 Постанова Національної комісії регулювання електроенергетики України «Про затвердження Порядку відшкодування збитків, завданих споживачеві природного газу внаслідок порушення газопостачальною або газотранспортною організацією Правил надання населенню послуг з газопостачання» № 476, від 29.05.2003 року.

13 Закон України «Про ратифікацію Протоколу про приєднання України до Договору про заснування Енергетичного Співтовариства» від 15.12.2010 року № 2787-VI.

14 ДСТУ ISO15112:2010 Природний газ. Визначення енергії.

Стаття надійшла до редакційної колегії  
29.11.17

Рекомендована до друку  
професором **Карнашем О.М.**  
(ІФНТУНГ, м. Івано-Франківськ)  
професором **Петришиним І.С.**  
(ДП «Івано-Франківськстандартометрологія»,  
м. Івано-Франківськ)