

В. С. Сідак, О. М. Слатова

Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова, Україна

МОНІТОРИНГ ВІДМОВ НА ГАЗОРОЗПОДІЛЬНИХ ПУНКТАХ. РОЗРОБКА МАКЕТУ З КОМБІНОВАНИМИ РЕГУЛЯТОРАМИ

Розглянуті проблеми забезпечення безперервності та безпеки газопостачання. Проведений моніторинг відмов та прогноз витоків газу на газорозподільних пунктах в умовах фізичного та морального старіння технологічного обладнання. Розроблені схема макету газорозподільної установки з комбінованими регуляторами для навчальної та науково-дослідної роботи, а також підвищення рівня безпеки газової мережі.

Ключові слова: газопостачання, аварія, регулятор, тиск, фільтр, дросель, схема, макет, динаміка.

Постановка проблеми

Газова мережа є останньою ланкою у системі забезпечення споживачів природним газом. В зв'язку з цим вона характеризується розгалуженістю газопроводів і наявністю великої кількості обладнання газових розподільних пунктів (ГРП) та запірної арматури. Крім того, для газової мережі характерний процес постійного розвитку, пов'язаний з розбудовою міст та населених пунктів, необхідністю газифікації соціальних та промислових об'єктів газоспоживання.

Надійне і стійке функціонування системи газопостачання неможливе без вирішення проблеми підвищення надійності роботи ГРП. На них знижується тиск газу, газ очищується від дрібних включень за допомогою спеціального обладнання (газових фільтрів). Третина обладнання на ГРП експлуатується понад 25 років. Тому у частині морально та фізично застарілого обладнання втрати можуть бути вище нормативних. Технічний стан газорозподільних пунктів (ГРП) насторожує.

В Україні функціонує понад 63 тисячі ГРП та 1400000 будинкових регуляторів тиску газу (БРТГ). України, тобто велике число газопроводів та ГРП вже вичерпало свій нормативний термін – заданий і проєктний ресурс експлуатації 30-40 років [1].

При довгостроковому дослідженні динаміки витоків газу та відмов ГРП та ШГРП маємо загальну тенденцію зростання витоків газу та відмов обладнання, що не пов'язані з витоком на ГРП. Експлуатація аварійних мереж і ГРП, та таких що вичерпали термін амортизації, дуже дорого обходиться – підтримання їх роботи супроводжується високими технічними втратами газу та аваріями з тяжкими наслідками. Найчастіше це збіг у просторі і в часі трьох випадкових подій: відмова регулятора тиску на ГРП; відмова запобіжно-запірного клапана (ЗЗК) або запобіжного скидного клапана (ЗСК) а також припинення

подачі газу; аварійні ситуації, які зв'язані з підвищенням або зниженням тиску газу, що сталися у зв'язку з використанням газу невідповідної якості [2; 3; 14].

Вимоги до надійності системи газопостачання ростуть, але різко збільшується економічний і соціальний збиток, викликаний аваріями на газових мережах та при використанні газу в побуті, через порушення правил користування природним та скраплеваним газом та через аварійне підвищення тиску газу на виході з ГРП.

Регіональним газовим компаніям (РГК) необхідно забезпечити безперервність, надійність та безпеку газопостачання. Експлуатація старих мереж – це додаткові гроші і ресурси, які треба вкладати для підтримки їх експлуатації, замість того, щоб впроваджувати нові технології, проводити їх модернізацію і приводити їх безпеку в порядок.

Основною умовою стійкої і безпечної роботи системи газопостачання є забезпечення постійного тиску в мережі, автоматичне підтримання вихідного тиску на заданому рівні, незалежно від відбору газу споживачами і коливання вхідного тиску [3].

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Аналіз аварій на газорозподільних системах, судячи з даних літературних джерел [1; 2; 4; 5; 6; 8] та статистичних даних, показує, що майже 7% аварій від загальної їх кількості, відбувається в наслідок відмов регулюючого та захисного обладнання та безконтрольного підвищення тиску після ГРП.

Причинами аварії є те, що близько 60 % газових мереж та ГРП в Україні відпрацювали свій амортизаційний термін. Така ситуація є неприпустимою як з економічної, так і з екологічної точки зору, оскільки малий витік газу важко знайти, внаслідок чого загазованість може обіймати значну територію, та призвести до утворення газоповітряної суміші і вибухів

[6; 7].

У монографії під редакцією В. С Сідака [2] аналізуються основні принципи автоматичного регулювання тиску газу, запропоновані основні принципи на вибір обладнання. Але вплив якості газу на статичні і динамічні характеристики регуляторів і стійкість системи газопостачання досліджено недостатньо. Експерти припускають, що в Україні понад 10% ГРП потребують заміни, якщо в 2014 році кожен 12-й газорозподільний пункт в Україні був в аварійному стані, то до 2020 року, при такому розвитку ситуації, аварійним буде вже кожен шостий ГРП [1; 8; 9; 11].

Огляд останніх джерел і досліджень у даній галузі [5; 6; 7; 8; 9; 10; 11; 12] показує актуальність питань надійного і стійкого функціонування систем газопостачання в сучасних умовах, але в цих публікаціях відсутні схеми, методики, спеціальне обладнання та моделі для проведення досліджень динамічних характеристик та недостатньо досліджені вплив якості газу на стійку і безпечну роботу комбінованих регуляторів тиску.

Метою даної статті є моніторинг відмов та прогноз витоків газу на ГРП в умовах фізичного та морального старіння технологічного обладнання. Розробка технологічних схем макету газорозподільної установки з комбінованими регуляторами, впровадження пристрою для перемінної пропускної здатності дроселя зворотного зв'язку регулятора тиску газу РТНК-400М для навчальної та науково-дослідної роботи, а також підвищення рівня безпеки газової мережі.

Виклад основного матеріалу

1. Моніторинг відмов та прогноз витоків газу на ГРП в умовах фізичного та морального старіння технологічного обладнання.

В Україні функціонує 63 тисячі ГРП та 1400000 будинкових регуляторів тиску газу (БРТГ). Третина обладнання на ГРП експлуатується понад 25 років, тому частина морально та фізично застарілого обладнання має технологічні втрати та витрати газу вище нормативних.

Ми провели дослідження аварій в системах газопостачання по причині відмови обладнання ГРП на прикладі вибуху у житловому 10 поверховому будинку по вул. Мандриківська № 127 у м. Дніпропетровськ в жовтні 2007 року. В результаті вибуху газу було повністю зруйновано під'їзд № 3 цього житлового будинку, а також загинуло 23 людини по причині відмови обладнання на ГРП [1].

За останні роки виникало багато аварій, але катастрофа, яка відбулася 13 жовтня 2007 року в Дніпропетровську, була найбільш кривава та принесла багато горя 160 родинам (505 чоловік), багато мешкан-

ців отримали травми та залишилися без даху над головою. Загальна сума видатків на виплату компенсацій, матеріальної допомоги постраждалим і ліквідацію наслідків вибуху склала близько 200 млн. грн. Тому дуже важливо провести аналіз витоків газу та відмов обладнання, які пов'язані з витокami на ГРП, проаналізувати намічені тенденції в зміні числа відмов та знайти основні причини, які приводять до аварій.

Проведемо аналіз витоків газу та відмов обладнання, що не пов'язані з витокami, на ГРП та порівняння цих показників у 2017 році з аналогічними показниками за 2016 рік. За наведеними статистичними даними складаємо таблицю по кількості витоків газу на ГРП міста за останні 2 роки (табл.1) та побудуємо діаграму витоків газу на регуляторах у 2017 році (рис. 1).

Таблиця 1

Статистичні дані витоків газу на регуляторах

	Газові регуляторні пункти		
	2016	2017	% зміни.
Всього	337	361	7,12
КБРТ	37	22	-40,54
ГРП	21	87	314,29
ШГРП	279	252	-9,68

За останній рік зросло кількість відмов на ГРП до 87 витоків газу (зростання за рік на 314 відсотків) та загальна кількість витоків газу та відмов на газових регуляторах до 361 штук (зростання на 7 відсотків). Таке зростання витоків газу та відмов на ГРП насторожує, тобто експлуатаційним службам необхідно знаходити відповіді, та проводити додаткове обстеження ГРП та прогноз надійності газового регулюючого обладнання.



Рис. 1. Діаграма розподілу витоків газу на регуляторах у 2017 році

Для повного аналізу стану газорозподільної системи міста, ми можемо порівняти зростання кількості витоків та виконаємо прогноз до 2020 року. Якщо зробити математичний прогноз зростання числа витоків за наявними показниками (рис. 2), то видно, що

в найближчі п'ять років, при незмінних факторах і не дивлячись на те, що кількість заявок та витоків зменшилась у 2013 році у порівнянні з 2012 роком, намічається зростання їх витоків до 2019 року приблизно до 1320 шт. За допомогою табличного процесора будуємо графік витоків газу на ГРП (рис. 2) з подальшим прогнозом на 4 роки вперед кількість випадків витоків газу на ГРП з прогнозом до 2020 року, шляхом автоматичного підбору табуляції формул, та маємо рівняння (1) поліному 5 ступеня :

$$y = 0,006x^5 + 0,5028x^4 - 11,254x^3 + 95,786x^2 - 285,79x + 396,96 \quad (1)$$

величина апроксимації $R^2 = 0,581$;

Виходячи з результатів математичного прогнозу видно, що за такої тенденції до 2020 року кількість витоків даного типу може значно збільшитися, що призведе до згубних наслідків в частині відмов обладнання ГРП та безпеки газопостачання.

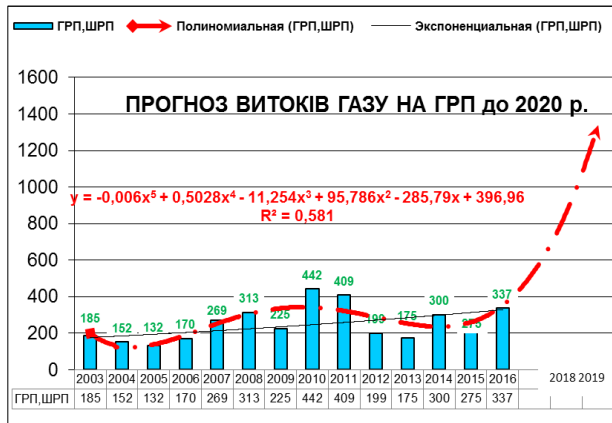


Рис. 2. Динаміка витоків газу та прогноз відмов до 2020 року на ГРП

У 2014 році кожен сотий кілометр розподільних газопроводів в Україні був аварійним, до 2020-го таким буде кожен 10-й км, заявив экс-технічний директор компанії RWE, а нині незалежний експерт Станіслав Казда, повідомляє кореспондент DT.UA (Дзеркало тижня.UA).

До такого висновку, за його словами, прийшли інженери та експерти, вивчивши технічний стан 17 регіональних газорозподільних мереж (облгазів) в Україні. «Від 3,5 тисяч км до 4 тисяч км розподільчих газових мереж необхідно замінювати (санувати) щорічно [1]. Це коштує мінімум 2 – 2,5 млрд грн», - констатує експерт. І це тільки для запобігання аварійності в газорозподільній системі України [8; 9; 11]. Для нормальної планової, хоча і термінової заміни технічно небезпечних ділянок «щорічно потрібно близько 7 млрд грн», сказав Станіслав Казда 14 жовтня 2014 року у місті Києві в ході міжнародної конференції «Газовий ринок України: останній європейський кодон?»

Технічний стан газорозподільних пунктів (ГРП)

не менше насторожує. Експерти припускають наявність лише 4% ГРП, що потребують заміни. У той час як в Україні цей показник в три, а в багатьох випадках і в чотири рази перевищує вищевказані допустимі відхилення. За словами Станіслава Казди, «якщо в 2014 році кожен 12-й газорозподільний пункт в Україні був в аварійному стані, то до 2020 року, при такому розвитку ситуації, аварійним буде вже кожен шостий ГРП».

Технічний стан газових мереж все гірший. Та за даними фахово орієнтованого інтернет-сайту: Газета 104 ІНФО ВИПУСК №2 (квітень 2018 року) за період 2016-2017 років протяжність аварійних газопроводів в Україні збільшилась майже вдвічі: з 3,2 тис. км до 5,8 тис. км.

За цей час побільшало й аварійно-небезпечних газових регуляторних пунктів (ГРП), які відповідають за регулювання тиску в розподільних мережах під час його доставки споживачам [11]. Якщо навесні 2016 року проблемних ГРП нараховувалось 5,5 тис., то до кінця 2017-го – їх вже 8,3 тис. Отож лише за два роки кількість зношеного та аварійного обладнання зросло понад 65% [11]. Тому ми знайшли пояснення стрімкого зростання витоків газу на ГРП згідно прогнозу до 2020 року, який передбачає збільшення числа витоків газу та відмов обладнання за рівнянням поліному 5 ступеня, слід очікувати близько 1320 витоків та відмов на ГРП (рис. 2).

Прогноз витоків газу та відмов обладнання на ГРП (рис.2) до 2020 року показує, що швидке зростання витоків газу та відмов обладнання на ГРП (1320 шт.) обумовлено тим, що третина обладнання на ГРП експлуатується понад 25 років. Тому газове регулююче та запірне-скидне обладнання ГРП морально та фізично застаріло, будівельні споруди та запірні арматура потребує капітального ремонту та заміни обладнання, а технологічні втрати та витрати значно вище нормативних, що приводить до збитків в експлуатаційній діяльності РГК.

За підсумками проведеного аналізу видно, що математичний прогноз до 2020 року передбачає збільшення числа витоків газу згідно рівняння поліному 5 ступеня, таким чином на кінець наступного року слід очікувати близько 1320 витоків та відмов на ГРП. Основною умовою стійкої і безпечної роботи системи газопостачання є забезпечення постійного тиску в мережі, автоматичне підтримання вихідного тиску на заданому рівні, незалежно від відбору газу споживачами і коливання вхідного тиску [2]. Не менш важливою умовою є запобігання можливого підвищення або зниження тиску понад допустимі величини перед газовим обладнанням споживачів.

2. Причини аварій, які були виявлені при дослідженні нещасних випадків та моніторингу витоків в системі газопостачання.

При аналізі причин вибухів та нещасних випадків при використанні газу в побуті виявлено такі проблеми, сукупність яких може призвести до аварій. Інфраструктурні та технічні проблемні питання експлуатації газорозподільчих систем:

- Проведені дослідження показують, що відсутність належного фінансування не дозволяє продовжувати впровадження сучасних технологій по ремонту та реконструкції підземних газопроводів та ГРП, і якщо найближчим часом не зробити оновлення і модернізацію системи то нас чекає відмова і зупинення системи.

- Фізичний і моральний знос основного обладнання ГРП. Більше 60% подібного обладнання в Україні відпрацювало подвійний і більш ресурс. За останні два роки побільшало аварійно-небезпечних ГРП, які відповідають за регулювання тиску в розподільчих мережах під час його доставки споживачам. Якщо навесні 2016 року проблемних ГРП нараховувалось 5,5 тис., то до кінця 2017-го – їх вже 8,3 тис. Отож лише за два роки кількість зношеного та аварійного обладнання зросло понад 65% [11].

- Відсутність захищеності газового обладнання ГРП від стороннього несанкціонованого втручання.

- Технологічні схеми ГРП, регулятори тиску газу, скидні і запірні клапани, засувки, газові споживаючі котли та агрегати, що експлуатуються, сильно відстають за технічними параметрами і показниками надійності та не відповідають нормативним вимогам Європейського Союзу (ЄС).

- В регіональних системах газопостачання великих міст (в аналогічному стані перебуває більшість ПАТ РГК України) не впроваджені автоматизовані системи управління технологічним процесом (АСУТП) розподілу природного газу. Згідно нормативних документів України АСУТП розподілу природного газу не є обов'язковим елементом впровадження, хоча давно і успішно використовується в країнах ЄС [12; 13].

- Близько 35 % багатоквартирних житлових будинків не відповідають протипожежним і антитерористичним нормам, що є загрозою для жителів.

- Фізичний знос внутрішньо-будинкових мереж і газового споживаючого обладнання. Газові плити та газові колонки, які встановлені в період 50-60 років тому, як правило, не оновлюються і є джерелом підвищеної небезпеки.

- Наявність пристроїв вимикання (газові крани та засувки) на внутрішніх будинкових газопроводах (як правило – це пробкові крани, що встановлені в під'їздах житлових будинків) потребують заміни на сучасні надійні крани, а внутрішньо-будинкова система газопостачання (ВБСГ) підлягає оновленню та реконструкції згідно Європейських норм.

- Відсутні джерела фінансування для підтримки газорозподільної інфраструктури в нормальному

стані і необхідного обсягу оновлення основних фондів (дана проблема вимагає більш глибокого аналізу і повинна бути розглянута окремо).

- Для своєчасного усунення витоків газу та запобігання розвитку аварійних ситуацій в структурі управління РГК необхідно створити всі умови для забезпечення надійної роботи АДС.

Всі проблемні питання експлуатації газорозподільчих систем не дозволяють забезпечити якісне та оперативне диспетчерське управління і збільшують час прийняття рішення, що значно знижує безпеку системи. Впровадження сучасних і інноваційних технологій підвищує надійність і ефективність управління ПАТ РГК.

Ці проблемні питання дозволяють розробити невідкладні заходи по безпеці газопостачання. Будь-який витік з пошкоджень на газових мережах, не усунутий витік газу або відмова обладнання на ГРП, а також на ВБСГ може бути перекваліфіковано у велику техногенну аварію з не передбачуваними наслідками, якщо працівники аварійно-диспетчерської служби (АДС) і УГГ (управління газового господарства) вчасно не локалізують витік і якісно не виконують ремонт або заміну пошкодженої ділянки підземного газопроводу, або не усунуть витіки газу на ГРП й ВБСГ.

Надійність роботи ГРП багато в чому залежить від ступеню очистки газу і впливає на узгодження газодинамічних характеристик системи газопостачання з технічними характеристиками запобіжно-регулюючої апаратури і з експлуатаційними характеристиками газового обладнання [1; 14].

Завдяки дослідженню і моделюванню аварійних ситуацій, пов'язаних з неконтрольованим підвищенням тиску газу, а також розробка організаційних і технічних рекомендацій по запобіганню аварійних ситуацій є актуальним науковим завданням, вирішення якого дозволить підвищити надійність газопостачання в Україні і знизити кількість нещасних випадків при використанні газу в побуті.

Вплив якості газу на *стійкість роботи комбінованих регуляторів* був досліджений мало і тому підготовці газового потоку виділено не достатньо уваги. Завдяки дослідженню і моделюванню аварійних ситуацій, які пов'язані з неконтрольованим підвищенням тиску газу, потрібно буде провести моніторинг причин виникнення аварій на базі даних досліджень стійкості комбінованих регуляторів тиску газу та досліджень динамічних характеристик комбінованих регуляторів газу.

Для дослідження стійкості роботи комбінованих регуляторів тиску газу розробимо схему та впровадимо макет випробувального стенду ГРУ з комбінованими регуляторами тиску типу РДНК-400М,

РДГ-50 та RB 4021-22. На макеті в подальшому будуть проведені дослідження, науково-дослідні розробки та навчання студентів.

3. Розробка схеми та макету випробувального стенду ГРУ з комбінованими регуляторами.

Головна вимога, що пред'являється до системи газопостачання і, разом з тим, найбільш важко виконуваним, являється підтримання тиску газу біля газовикористовуючого обладнання і приладів на заданому оптимальному значенні при широкому діапазоні витрат газу. При підвищенні тиску газу вище номінального, порушені режими роботи газовикористовуючих приладів і установок, а при зниженні тиску зменшується їх ККД і продуктивність.

Надійне і стійке функціонування систем газопостачання неможливо без надійної роботи регулюючої і запобіжно-запірних арматур і устаткування. Першою і основною умовою стійкої та безпечної роботи системи газопостачання є забезпечення постійного тиску; друга умова - запобігання можливого підвищення або пониження тиску газу в контрольованій точці газопроводу або перед газовикористовуючою установкою і обладнанням споживача понад допустимих значень.

Сучасні методи дослідження роботи комбінованих регуляторів тиску газу РТНК-400М дозволяють на базі макету випробувального стенду ГРУ з комбінованими регуляторами впроваджувати сучасні методи дослідження роботи комбінованих регуляторів тиску газу:

➤ Дослідження динамічних характеристик та аналіз впливу засмічення дроселя ДЗЗ на стійкість роботи комбінованих регуляторів РТНК. Згідно даних досліджень перехідних процесів регулювання комбінованих регуляторів тиску газу потрібно розробити алгоритм забезпечення стійкості пілотного регулятора.

➤ Дослідження динамічних характеристик та аналіз впливу засмічення дроселя ДЗЗ на стійкість роботи комбінованого регулятора РТГ-50.

➤ Дослідження характеристичних кривих регуляторів згідно EN 334 других регуляторів.

Завдяки дослідженню і моделюванню аварійних ситуацій, пов'язаних з неконтрольованим підвищенням тиску газу, а також розробці організаційних і технічних рекомендацій по запобіганню аварійних ситуацій є актуальним науковим завданням, вирішення якого дозволить підвищити надійність газопостачання в Україні і знизити кількість нещасних випадків при використанні газу в побуті.

Основні цілі роботи при розробці макету ГРУ з комбінованими регуляторами:

1) розробити схему і макет випробувального стенду ГРУ;

2) розробка та впровадження пристрою для перемінної пропускної здатності дроселя зворотнього зв'язку (ДЗЗ) регулятора РТНК-400М;

3) розробити заходи підвищення безпеки та надійності роботи ГРУ.

3.1 Розробка схеми та макету діючої моделі обладнання системи газопостачання населених пунктів – «УЛК-400 ГСН»

Для натурального моделювання роботи системи пропонується використати діюче робоче устаткування для газопостачання із заміною потоку газового середовища стислого на повітряну з максимальним тиском до 0.3 МПа. Найменування виробу: Діюча модель обладнання системи газопостачання населених пунктів – «УЛК-400 ГСН», що відображає технологічні процеси при транспортуванні і розподілі природного газу промисловим та побутовим споживачам (рис. 1.4)

Призначення виробу: діюча модель обладнання системи газопостачання населених пунктів – «УЛК – 400 – ГСН» призначена для проведення лабораторних робіт в навчальних закладах (Вишах, технікумах, ПТУ, професійних учбових комбінатах, тощо) з метою вивчення технологічних процесів та отримання практичних навичок у сфері транспортування і розподілу природного газу промисловим та побутовим споживачам.

При роботі на «діючій моделі», використовуємо робоче середовище – повітря від побутового компресора із надлишковим тиском не більше 0.3МПа. Діюча модель «УЛК-400 ГСН» має застосовуватись згідно розроблених і затверджених методичних вказівок на виконання лабораторних робіт (рис. 3). Діюча модель обладнання системи газопостачання населених пунктів – «УЛК-400 ГСН» виготовлено і випробувано відповідно нормативних документів і законодавчих актів з охорони праці України та визнаний придатним до використання при проведенні лабораторних робіт у вищих та професійних навчальних закладах. Схемою стенда) передбачено дві паралельно встановлені лінії редукування з вузлом обліку газу (ВОГ). Тип засобу виміру газу (ВОГ) підібраний з врахуванням наступних умов:

- Сучасний прилад виміру газу;
- Діапазон виміру – до 30 нм3/год;
- Можливість установки приладу виміру до

регуляторів тиску по напрямку руху повітря (на трубопроводі середнього тиску – до 0,3 МПа);

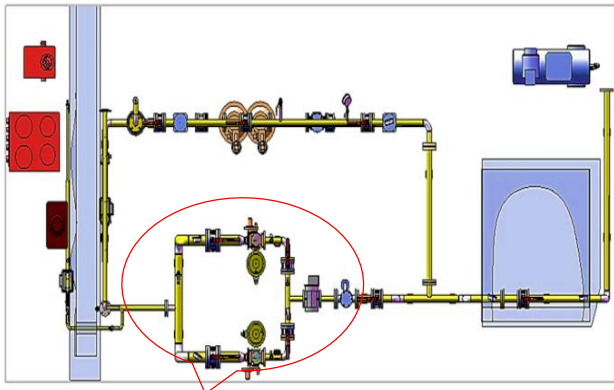


Схема макету ГРУ з комбінованими регуляторами РТНК-400М і РТГ-50 – складова частина моделі «УЛК-400 ГСН»

Рис. 3. Діюча модель обладнання системи газопостачання населених пунктів – «УЛК-400 ГСН»

Прилад виміру повинен мати можливість дистанційного електронного зчитування показів. Стенд газової регуляторної установки з ВОГ повинен мати можливість:

- Вивчення технологічних схем ГРУ;
- Вивчення конструктивного устрою і принципу роботи технологічного обладнання;
- Придбання навиків по ремонту, налаштуванню і технічному обслуговуванню газового обладнання, в тому числі регуляторів тиску комбінованого типу, запобіжних клапанів, газових фільтрів та інше (враховані пропозиції до ТЗ на розробку учбово-лабораторного комплексу (УЛК) професора кафедри Сідака В. С.);
- Проведення науково-дослідних робіт; та придбання навиків дистанційного управління системи контролю і технологічним обладнанням ГРУ;
- Вивчення особливостей методів обліку газу і вимог до їх монтажу;
- Вивчення конструкції і принципу роботи приладів первинних датчиків, коректорів та обчислювачів;
- Придбання навиків роботи з приладами.

Розглянемо більш детально одну лінію редукування з комбінованими регуляторами тиску газу. Діюча модель обладнання системи газопостачання населених пунктів – «УЛК-400 ГСН» в своєму складі має макет випробувального стенду ГРУ з комбінованими регуляторами (рис. 3). На діючій моделі обладнання системи газопостачання населених пунктів – «УЛК-400 ГСН» макет лінії редукування ГРУ з комбінованими регуляторами тиску: РТНК-400 та РТГ-50 обведений червоною лінією. Для дослідження стійкості роботи регулятора тиску газу спеціально була розроблена схема та змонтований макет випробувального стенду.

3.2 Розробка схеми та макету випробувального стенду ГРУ з комбінованими регуляторами

Макет ГРУ з комбінованими регуляторами тиску РТНК-400М та РТГ-50 (рис.5) з керованою засушкою і датчиками контролю робочих параметрів. Випробувальний стенд – це лабораторне обладнання, яке призначене для спеціальних, контрольних, приймальних випробувань різноманітних об'єктів. Об'єкти випробувань піддаються навантаженням, які можуть перевищувати навантаження в реальних умовах.

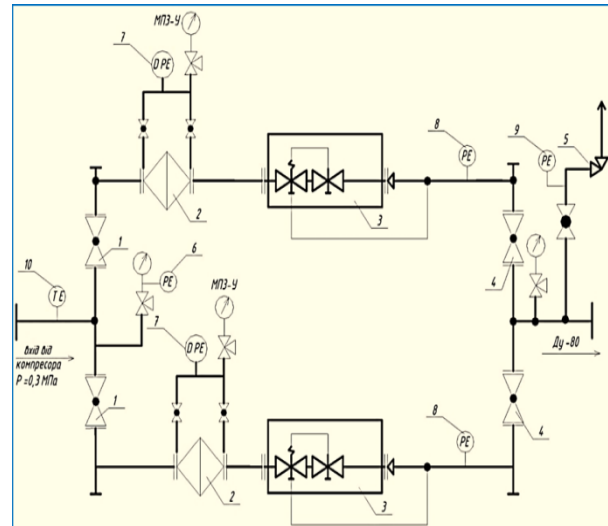


Рис. 4. Схема макету ГРУ з комбінованими регуляторами РТНК-400М і РТГ-50

- 1 – Регульований кран кульовий Ду50 з електроприводом, 2 – Фільтр-сепаратор ФГС-50, 3 – Регулятор тиску газу РТНК-400М (РТГ-50Н), 4 – Кран кульовий Ду50, 5 – Запобіжний скидний клапан ЗСК-50Н, 6 – Датчик вхідного тиску, 7 – Датчик перепаду тиску на фільтрі, 8 – Датчик вихідного тиску, 9 – Датчик спрацьовування ЗСК, 10 – Датчик температури

Макет стенду ГРУ з двома лініями редукування на базі регуляторів РДНК-400М та РТГ-50Н (рис.4), з автоматизованим комплексом обліку витрати газу на базі лічильника GMS-G25-40 і коректора «Універсал-МТ», складається з фільтра газу типу ФГС-50 та регуляторів РДНК-400М й РТГ-50Н. В якості вимірювального устаткування нами були використані манометр показуючий МПЗ-У 0,1 МПа та напіромір ДН 0,6 кПа, а в якості допоміжного обладнання – цифрова фотокамера Canon Digital IXUS 750 7,1 Mega Pixels.

Для зміни пропускної здатності дроселя зворотного зв'язку (ДЗЗ) розроблені креслення пристрою для перемінної пропускної здатності ДЗЗ та конструкція пристрою ДЗЗ, яка дозволяє змінювати прохідний переріз дроселя.

3.3 Розробка та впровадження пристрою для перемінної пропускної здатності дроселя зворотного зв'язку регулятора тиску газу РТНК.

Основною причиною зменшення пропускної здатності дроселів регулятора є їх засмічення, тобто часточки пилу, смолистих речовин поступово відкладаються на внутрішніх стінках отвору дроселя і таким чином відбувається «заростання» його прохідного перерізу, що призводить до зменшення пропускної здатності і в наслідок цього – погіршення статичних і динамічних характеристик роботи регулятора в цілому.

Для того, щоб краще зрозуміти особливості роботи регулятора при засміченні його дроселів, розроблена конструкція дроселя ДЗЗ. На принциповій схемі регулятора тиску газу РТНК-400 окремо виділено місце підключення пристрою, згідно креслень пристрою для перемінної пропускної здатності ДЗЗ (рис. 5). На рисунку 5 показано фрагмент регулятора куди потрібно вкручувати пристрій.

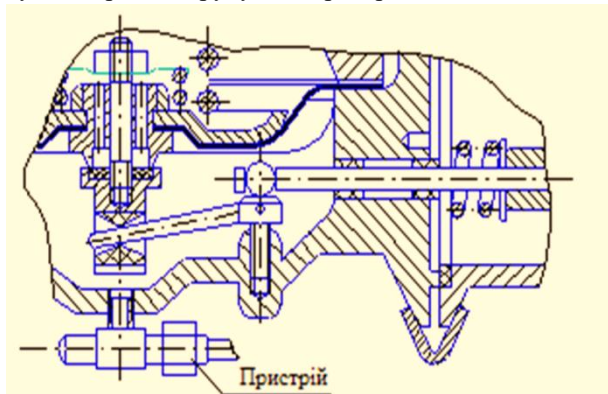


Рис. 5. Фрагмент регулятора РТНК з пристроєм для перемінної пропускної здатності ДЗЗ

Характеристики і зовнішній вигляд пристрою (рис. 6). В корпусі виготовленого дроселя по центру зроблено отвір. Кінець регулювальної голки виготовлений в виді конуса. При вкручуванні спеціальної голки в середину штуцера, яка крок за кроком зменшує внутрішній діаметр ДЗЗ. Таким чином імітуємо засмічення ДЗЗ. При вкручуванні голки конус входить в отвір пристрою і зменшує площу його поперечного перерізу. При проведенні дослідження динамічних характеристик регулятора спочатку було вмонтовано виготовлений нами ДЗЗ.). Потім дросель було відрегульовано на регламентовану пропускну здатність. Кожне наступне дослідження проводилось при поступовому вкручуванні голки на 0,25 оберти. Таким чином була сформована таблиця 2, яка показує співвідношення кількості обертів регулювального гвинта і відсотка зменшення пропускної здатності ДЗЗ. Дросель ДЗЗ забезпечує необхідну стійкість регулятора при перехідних процесах і являється демпферним

дроселем, тобто від його пропускної здатності залежить швидкість реакції регулюючого органу на задане збурення.

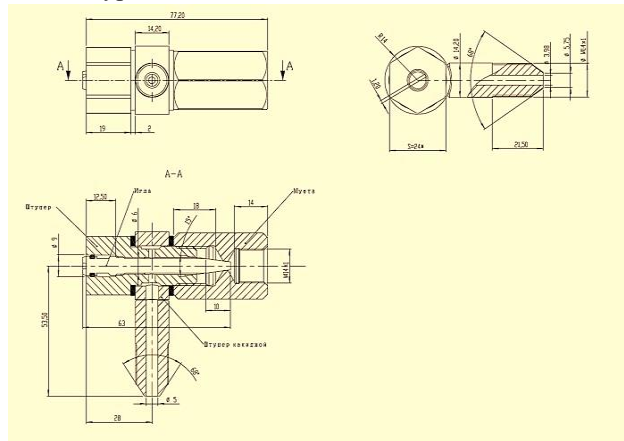


Рис. 6. Креслення пристрою для перемінної пропускної здатності ДЗЗ

При збільшенні пропускної здатності ДЗЗ зростає швидкість реакції, але при значному збільшенні його внутрішнього діаметру регулюючий орган регулятора буде постійно знаходитися в русі, що призведе до збільшення величини нерівномірності регулювання. Для проведення дослідження роботи комбінованих регуляторів тиску газу РДНК-400М впроваджуємо методику проведення збору і обробки даних досліджень.

Таблиця 2
Залежність відсоткового засмічення ДЗЗ від обертів

Кількість обертів	ΔP, мм. вод.ст	Q, м³	t, с	F, м²	% засміч.
Повне відкриття	137	0,02	67,43	0,00000651	0
4 об.	137	0,02	72,28	0,00000607	6,71
6 об.	138	0,02	81,09	0,00000539	17,15
8 об.	138	0,02	123,89	0,00000353	45,78
8,5 об.	138	0,02	247,78	0,00000176	72,89
Повне закриття	0	0	0	0,000000000	100

Розробка та впровадження технологічних схем, пристроїв та методичних пояснень по збору інформації та обробки даних досліджень дає змогу організувати навчальну роботу по навчанню студентів й працівників РГК при підвищенні кваліфікації, а також проводити науково-дослідні розробки та дослідження стійкості роботи комбінованих регуляторів тиску газу на макеті випробувального стенду ГРУ з комбінованими регуляторами типу РДНК-400М, РДГ-50 та інше.

Висновки

За підсумками проведеного аналізу та прогнозу витоків газу та відмов обладнання на ГРП (рис. 2) до 2020 року бачимо, що швидке зростання витоків газу та відмов обладнання на ГРП (1320 шт.) обумовлено тим, що третина обладнання на ГРП експлуатується понад 25 років. Тому газове регулююче та запірне-скидне обладнання ГРП морально та фізично застаріло, будівельні споруди та запірні арматури потребують капітального ремонту та заміни обладнання, а технологічні втрати та витрати значно вище нормативних, що приводить до збитків в експлуатаційній діяльності РГК.

Масштабні аварії на газових мережах відбуваються із-за відмов регуляторів тиску й іншого обладнання ГРП та відсутності автоматизованих систем управління технологічними процесами розподілу газу й диспетчерського управління. На безпеку газопостачання суттєву роль відіграє низька якість ремонтних та налагоджувальних робіт по причині низької кваліфікації працівників регіональних газових компаній (РГК) та незнання сучасних технологій та основ устаткування регулюючого обладнання, яке забезпечує безперебійність подачі газу споживачам згідно нормативів ЄС.

Назріло питання підготовки спеціалістів для РГК та магістрів по спеціальності ТГП і В та впровадження діючого учбово-лабораторного комплексу з комбінованими регуляторами тиску на кафедрі ЕГТС. Тому для вивчення студентами та працівниками РГК сучасних технологічних схем ГРУ і вимог до них, конструктивного устрою і принципу роботи технологічного обладнання комбінованих регуляторів тиску газу, проведення науково-дослідних робіт з вивчення перехідних процесів регуляторів та придбання навиків по ремонту, налаштуванню і технічному обслуговуванню газового обладнання (регуляторів тиску пілотних та комбінованого типу, запобіжних та скидних клапанів, газових фільтрів, вузлів обліку газу та інше були розроблені технологічні та монтажні схеми макету діючої моделі обладнання системи газопостачання населених пунктів – «УЛК-400 ГСН».

Різноманітні науково дослідні роботи НДР на макеті діючої моделі обладнання системи газопостачання населених пунктів – «УЛК-400 ГСН» дають змогу впроваджувати розробки та рекомендації для підприємств з газопостачання по безпечному та ефективному газорозподілу, що дозволить підвищити якість керування режимами газорозподілу, значно зменшити трудовитрати на експлуатацію й технічне обслуговування обладнання ГРП. Дослідження динамічних характеристик, аналіз впливу засмічення дроселя ДЗЗ на стійкість роботи комбінованих регуляторів РДНК-400М та розробка алгоритму забезпечення

стійкості комбінованих регуляторів буде розглянута у наступній НДР.

Література

1. Сідак, В.С. Дослідження впливу якості газу на стійкість роботи пілотних регуляторів тиску [Текст] // Науково-технічний збірник «Комуніальне господарство міст». – 20017. Випуск 139. – Харків : ХНУМХ ім. О. М. Бекетова, 2017. – С. 152-160.
2. Сідак, В. С. Надійність і якість процесів регулювання сучасних систем газопостачання [Текст]: монографія / В. С. Сідак, В. М. Супонев, М. Д. Каслін; за заг. ред. В. С. Сідака. – Харків : ХНАМГ, 2011. – 226 с.
3. Гончарук, М. І. Довідник з газопостачання населених пунктів України [Текст] / М. І. Гончарук, М. Д. Сердюк, В. І. Шелудченко. – Івано-Франківськ, 2006. – 1313 с
4. Супонев, В. Н. Анализ аварийных рисков и прогноз отказов систем газоснабжения [Текст] // Научно производств. журнал «Охрана труда». – 2011. – № 6. – С. 44-47
5. Сідак, В. С. Мониторинг безопасности газоснабжения в Украине. Пути повышения надежности. [Текст] / В.С. Сідак, В.Н. Супонев// Сборник научно-технических трудов Международной научно-технической конференции «ФОР-ГАЗ – 2014» (г. Краков, Польша) – С. 145-159.
6. Супонев, В. Н. До питання про проблеми безпеки у газопостачанні [Текст] / В.Н. Супонев// Науково-виробничий журнал «Охорона праці». – 2009. – №1 – С. 39-41.
7. Дунас, С. Н. Пришло время серьезных подходов в решении проблемы «Газовых взрывов» [Текст] / С.Н. Дунас // Журнал «Технополис». – 2010. – №5. – с.13-17.
8. Фахово орієнтований інтернет-сайт: Чому українські газорозподільні мережі вимагають мужності і грошей [Електронний ресурс]. – Режим доступу: // <https://104.ua>
9. Казда, С. Через 5 років аварійність газових мереж в Україні зросте в 10 разів. / [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://104.ua>
10. Супонев, В. Н. Повышение безопасности системы газоснабжения. [Текст] / В.Н. Супонев // Журнал «Охрана труда», №3 (213) – 2012 – С. 44-45.
11. Фахово орієнтований інтернет-сайт: Газета 104 ІНФО ВИПУСК №2 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: // <https://104.ua/ua/104-info>
12. Полетто, А. Европейский взгляд на ГРП. Требования европейских стандартов по регулированию давления в системах распределения природного газа и практика их реализации в странах – членах ЕС [Текст] / А. Полетто // Газ России. – 2012. – №4 - С. 36-43
13. Сідак, В. С. Сучасні та інноваційні технології в безпеці газопостачання [Текст] : монографія / В. С. Сідак, В. М. Супонев, Ю. Ф. Броневський; за заг. ред. В. С. Сідака. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2015. – 433 с.
14. Корякин, Е.А. Промышленное газовое оборудование [Текст]: справочник / Е.А. Корякин, В. Е. Удовенко и др.; за общей ред. Е. А. Корякина – Саратов: 2002 – 623 с.

References

1. Sidak, V.S. (2017). Research of influence of gas quality on firmness of work of pilot unloaders. *Scientific and Collected papers of Kharkiv: Kharkiv National Academ of Municipal Economy - Producing* 139, 152-160.
2. Sidak, V. S., Suponov, V. M., Kaslin, M. D (2011). Reliability and quality of the processes of regulation of modern gas

- supply systems: monograph for the cons. Ed. VS Sidak. - Kharkiv: Kharkiv National Academy of Municipal Economy, 226.
3. Goncharuk, M.I., Serebyuk, M.D., Sheludchenko, V.I. (2006). Gas Supply Directory of Human Settlements of Ukraine - Ivano-Frankivsk, 1313
4. Suponev, V.N. (2011). Analysis of emergency risks and forecast of failures of gas supply systems. *Scientific Production. Journal of Labor Protection*, 6, 44-47
5. Sedak, V.S., Suponev, V.N. (2014). Monitoring of gas supply safety in Ukraine. Ways to improve reliability. *Collection of scientific and technical works of the International Scientific and Technical Conference "FORGAS-2014" (Krakow, Poland), 1 (194)*, 145-159
6. Suponev, V.N. (2009). Prior to feeding about problems of carelessness in gas supplies. *Scientific-vibronic journal "Ohorona praci"*, 1, 39-41
7. Dunas, S.N. (2010). The time has come for serious approaches to solving the problem of "gas explosions". *Journal Technopolis*, 5, 13-17
8. Why do Ukrainian gas distribution networks require courage and money? Retrieved from: // <https://104.ua>
9. Kazda, S. (2015). After 5 years, the accidents of distribution gas pipelines in Ukraine will increase 10 times. Retrieved from: <https://104.ua>
10. Suponev, V.N.(2012). Improving the security of the gas supply system. *Journal of Labor Protection*, 3 (213), 44-45
11. Professionally oriented Internet site: Newspaper 104 INFO ISSUE №2 Retrieved from: // <https://104.ua/ua/104-info>

12. Poletto, A. (2012). European view on EMG. Requirements of the European standards on pressure regulation in natural gas distribution systems and the practice of their implementation in the EU member countries. *The Gas of Russia*, 4, 36-43
13. Sidak, V.S., Suponov, V. M., Bronevsky, Yu. F. (2015). Modern and innovative technologies in security of gas supply: monograph for the cons. Ed. V.S. Sidak. Kharkiv National Academy of Municipal Economy, 433
14. Koryakin, E.A. (2002). Industrial gas equipment: reference book / [E.A. Koryakin, V.E. Udovenko] for the general ed. EA Koryakina - Saratov: 2002 - 623

Рецензент: д-р техн. наук, проф. І. І. Капцов, Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова, Україна;

Автор: СІДАК Володимир Степанович, кандидат технічних наук, доцент, професор кафедри ЕГТС Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова
E-mail - vssedak48@gmail.com

Автор: СЛАТОВА Ольга Миколаївна, ст. викладач кафедри ЕГТС Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова
E-mail - olga_slatova@ukr.net

MONITORING OF DISCONTINUED GAS-CONDITIONED ITEMS. MAKE DEVELOPMENT WITH COMBINED REGULATORS

V. Sidak, O. Slatova

O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, Ukraine

The problems of security of gas supply and the state of gas distribution points are considered, which is characterized by the moral and physical depreciation of technological equipment. Failure analysis and simulation of accidents related to uncontrolled pressure increase with the use of low-quality gas.

The analysis and mathematical forecast of gas leaks and equipment failures at gas distribution points (GDP) by 2020 show that the rapid increase in gas leaks and equipment failures (1,320 units) is due to the fact that one third of the equipment for fracturing is exploited for more than 25 years. Therefore, the gas regulating and shut-off equipment of the fracturing unit is morally and physically obsolete, and building structures and shut-off valves require major repairs and replacement of equipment. In analyzing the causes of explosions and accidents when using gas in the home, infrastructure and technical issues of operation of gas distribution systems were identified.

These issues allow us to develop urgent measures for the security of gas supply. which can lead to accidents and indicate the paths. The poor quality of repair and adjustment works due to the low qualification of regional gas companies (RGCs) and the lack of knowledge of modern technologies and the bases of equipment equipment in accordance with EU norms plays an important role in the security of gas supply.

The technological and assembly diagrams of the model model of the equipment of the gas supply system of settlements - "ULK-400 GSN" with the component part of the GRU layout with combined regulators RTNK-400M and RTG-50 for studying students and workers of RGK of modern technological schemes of GRU and requirements to them, the constructive arrangement and the principle of the operation of the technological equipment of the combined gas pressure regulators. Also introduced is a device for changing the throughput of the feedback throttle of the gas pressure regulator RTSK-400M for educational and research work, as well as studying the state of transients in combined regulators to increase the safety of the gas network.

Keywords: gas supply, accident, regulator, pressure, filter, throttle, circuit, layout, dynamics.