

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

Інженерних систем та екології

(факультет)

Теплотехніки

(назва випускової кафедри)

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА  
ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ  
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТР**

на тему:

Модернізація систем газопостачання районних котелень та станцій  
теплопостачання

Башкір Віталій Олексійович

(прізвище, ім'я та по батькові здобувача повністю)

Київ 2024 р.

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

Інженерних систем та екології

(факультет)

Теплотехніки

(назва випускової кафедри)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри

„\_\_\_” \_\_\_\_\_ 2024 року

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА  
ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ  
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТР**

Модернізація систем газопостачання районних котелень та станцій  
теплопостачання

(назва)

Виконав Башкір Віталій Олексійович

(прізвище, ім'я та по батькові повністю)

192 «Будівництво та цивільна інженерія»

(спеціальність)

«Теплогазопостачання і вентиляція»

(освітня програма)

Група зТВм-23

Керівник Гламаздин П.М.

(прізвище та ініціали)

доцент

(вчене звання, науковий  
ступінь)

*Ідентичність підтверджую*

Київ 2024 р.

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

Факультет: Інженерних систем та екології

Випускова кафедра: Теплотехніки

Освітній ступінь: «магістр за ОПП/ОНП»

Спеціальність 192 «Будівництво та цивільна інженерія»

Освітня програма: «Теплогазопостачання і вентиляція»

**ЗАТВЕРДЖУЮ**  
Декан факультету

\_\_\_\_\_” \_\_\_\_\_ 2024 року

**З А В Д А Н Н Я**  
**ДО ВИКОНАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ НА**  
**ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА**  
(бакалавра, магістра)

\_\_\_\_\_ Башкір Віталій Олексійович \_\_\_\_\_

(прізвище, ім'я та по батькові здобувача)

1. Тема роботи Модернізація систем газопостачання районних котелень та станцій теплопостачання затверджена наказом ректора КНУБА № \_\_\_\_\_ від «\_\_» \_\_\_\_ 2024 року
2. Керівник роботи: Гламаздін Павло Михайлович, доцент  
( прізвище, ім'я та по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
3. Строк подання здобувачем роботи до захисту \_\_\_\_\_
3. Зміст пояснювальної записки за розділами:

Вступ

P.1. Існуючий стан систем газопостачання районних котелень та станцій теплопостачання

P.2. Сучасний рівень автоматизації роботи котельного обладнання \_\_\_\_\_

- Р.3. Регулювання та контроль процесів горіння природного газу
- Р.4. Вплив стану системи газопостачання на ефективність роботи системи автоматики
- Р.5. Розробка пропозицій щодо модернізації системи газопостачання районних котелень та станцій тепlopостачання
- Р.6. Автоматизація систем газопостачання СТ та РК
- Р.7. Екологічна оцінка запропонованих заходів

#### Висновок

##### 5.Графічний матеріал за розділами

- Р. 1. Зони екологічного впливу систем централізованого тепlopостачання; Дефіцит теплової потужності по ТД без впровадження заходів.
- Р. 2. Характеристики діючих в місті Києві станцій тепlopостачання; Характеристики діючих в місті Києві РК
- Р. 3. Схема газопостачання станції тепlopостачання №1 в м.Києві; Схема газопостачання районної котельні «Відрадний» №1 в м.Києві
- Р. 4. Регулятор тиску РДП-200Н; Принципова схема ГРП; Принципові схеми газових мультиблоків та газових рамп
- Р. 5. Схема модернізації газопостачання станції тепlopостачання №1 в м.Києві зі встановленням газових пальників WKG80/5-A ZM(H)-VSF 32 МВт з індивідуальними газовими рампами
- Р. 6. Схема модернізації газопостачання районної котельні «Відрадний» №1 в м.Києві зі встановленням газових пальників WKG80/5-A ZM(H)-VSF 32 МВт з індивідуальними газовими рампами

Календарний план виконання роботи:

Види робіт та їх зміст	Дата виконання
Розділ 1.	
Розділ 2.	
Розділ 3.	
Розділ 4.	

Розділ 5	
Розділ 6.	
Розділ 7.	
Висновки	
Остаточне оформлення роботи	
Направлення роботи для перевірки на плагіат	
Попередній захист роботи на випусковій кафедрі	
Направлення роботи на рецензування	

Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Перевірів	
		дата	підпис
Розділ 1.	Гламаздін П. М., доцент		
Розділ 2.	Гламаздін П. М., доцент		
Розділ 3.	Гламаздін П. М., доцент		
Розділ 4.	Гламаздін П. М., доцент		
Розділ 5	Гламаздін П. М., доцент		
Розділ 6.	Гламаздін П. М., доцент		
Розділ 7.	Гламаздін П. М., доцент		

Дата видачі завдання \_\_\_\_\_

Зав. кафедри \_\_\_\_\_

(підпис)

\_\_\_\_\_  
(прізвище, ініціали)

Керівник \_\_\_\_\_

(підпис)

\_\_\_\_\_  
(прізвище, ініціали)

Здобувач

\_\_\_\_\_

(підпис)

\_\_\_\_\_  
(прізвище, ініціали)

## Зміст

ВСТУП .....	7
1. Існуючий стан систем газопостачання районних котелень та станцій теплопостачання.....	22
2 Сучасний рівень автоматизації роботи котельного обладнання.....	31
3 Регулювання та контроль процесів горіння природного газу .....	43
4. Вплив стану системи газопостачання на ефективність роботи системи автоматики .....	77
5 Розробка пропозицій щодо модернізації системи газопостачання районних котелень та станцій теплопостачання.....	85
6. Автоматизація систем газопостачання СТ та РК .....	100
7. Екологічна оцінка запропонованих заходів .....	105
ВИСНОВКИ .....	109
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ .....	111

## ВСТУП

В розвинутих країнах світу на використання електроенергії та тепла низького та середнього потенціалу витрачається більша частина здобутих паливно-енергетичних ресурсів.

Енергетика в Україні , являє собою одну з сформованих галузей. В Україні проживає 44 млн. чоловік, що складає 1% від населення Земної кулі. Територія України займає 0.5% від усієї поверхні Землі. [22]

Більшість теплових станцій були споруджені в 60-70 роках та відпрацювали свій ресурс на 80%. [11] В Україні за браком коштів на заміну відпрацьованого свій строк експлуатації устаткування, йде реконструкція й модернізація, яка має на меті подовження терміну роботи обладнання станцій на 20 років, підвищення ККД та поліпшення екологічних показників. [22]

В народному господарстві значну роль відіграє енергетика. Для економіки нашої країни має велике значення дотримання оптимального варіанту теплогенерації.

Для характеристики теплогенеруючої станції використовують: капіталоемність, термін будівництва, період експлуатації. Вони мають відповідати високим вимогам для забезпечення економічності роботи й надійності, відповідати екологічним нормам, а також високому рівню безпеки праці і продуктивності. [4]

У великих містах існують СЦТ, ТЕЦ, СТ та РК. Теплоносій, що використовується для задоволення у низькопотенціальній тепловій потребі повинен мати температуру до  $15^{\circ}\text{C}$ . Середньопотенційна теплова потреба може бути задоволена теплоносієм з температурою від  $150^{\circ}\text{C}$  до  $350^{\circ}\text{C}$ . [1]

Перша теплова електростанція на базі парових машин, що приводили в дію динамо-машини, була введена в експлуатацію в Нью-Йорку у 1882 році.

Перші районні теплофікаційні установки в Європі виникли на початку ХХ ст. У 1900 році пустили в роботу першу районну теплофікаційну установку в місті Дрезден. За нею почали з'являтися такі ж установки в інших містах Німеччини і в інших містах Європи. [23]

На потреби промисловості приходилась значна витрата тепла, а це означало в майбутньому концентрацію теплових навантажень в містах і суттєве зростання погодинної витрати тепла. Останнє визначало сприятливі умови для розвитку централізованого теплопостачання.

Теплопостачання - комплекс інженерних споруд, призначених для постачання теплом житлових, суспільних і промислових будинків і споруд з метою забезпечення комунально-побутових потреб (опалення, вентиляція, гаряче водопостачання) і технологічних потреб споживачів.

Залежно від місця готування тепла розрізняють:

- місцеве теплопостачання (МТ),
- централізоване теплопостачання (ЦТ).

У системах МТ готування тепла здійснюється безпосередньо у споживача.

У системах ЦТ готування тепла здійснюється централізовано для значної групи споживачів (будинків, об'єктів і т.п.).

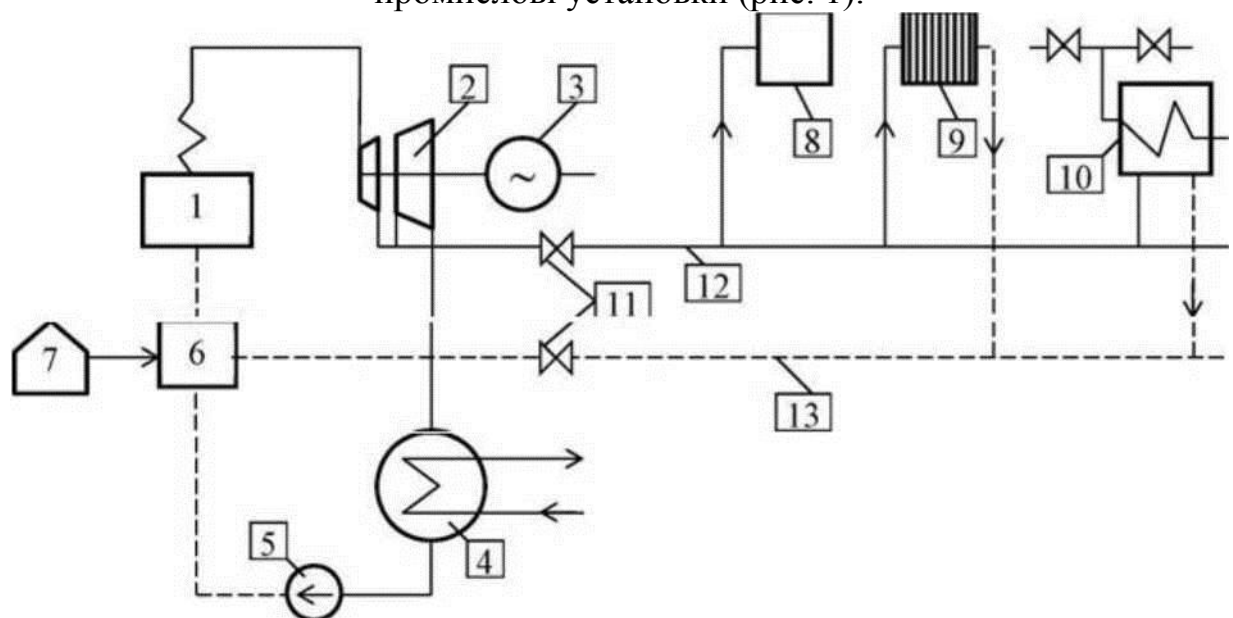
Централізоване теплопостачання в порівнянні із МТ має ряд переваг:

- значне зниження витрати палива й експлуатаційних витрат за рахунок автоматизації котельних установок і підвищення їх ККД,
- зменшення ступеня забруднення повітряного басейна та поліпшення санітарного стану населених пунктів завдяки застосуванню сучасних пристроїв по очищенню димових газів,
- можливість використання низькосортних видів палива,
- зниження вартості будівництва споруд,
- скорочення площ, зайнятих місцевими котельнями та складами палива,

- зменшення пожежної небезпеки.

У деяких конкретних випадках МТ можуть виявитися більш технологічними та економічними, наприклад, у системах з використанням місцевих електронагрівальних пристроїв (електроопалення, електронагрів води). У цьому випадку відпадає необхідність у будівництві теплотрас і будівництві ряду пристроїв.

Система ЦТ більш складна, чим МТ, і включає джерело тепла, теплову мережу, теплові пункти і теплоспоживаючі будинки, споруди і промислові установки (рис. 1).



- 1 - котельня,
- 2 - турбіна,
- 3 - електрогенератор,
- 4 - конденсатор,
- 5 - конденсатний насос,
- 6 - регенератор,
- 7 - хімічна водопідготовка,
- 8-10 - споживачі тепла,

- 11 - засувки,
- 12 - трубопровід, який подає теплоносій,
- 13 - зворотний трубопровід.

### Рисунок 1 - Принципова схема теплофікації

Джерелами тепла при ЦТ можуть бути теплоелектроцентралі (ТЭЦ), на яких здійснюється комбінований виробіток електричної й теплової енергії (теплофікація); котельні установки великої потужності, що виробляють тільки теплову енергію; устаткування для утилізації теплових відходів промисловості; устаткування для використання геотермальних джерел. [6]

У системах МТ джерелами тепла служать печі, водогрійні котли, різні водонагрівачі, які використовують надлишкове тепло промислових підприємств, сонячну енергію і т.п.

Джерел тепла на території міста може бути кілька. Вони розміщуються на території міста з урахуванням таких факторів:

- не повинне бути заносу сірчистих димових газів і летучої золи в житлові зони міста,
- бажано джерела тепла розташовувати ближче до центра теплових навантажень для зменшення радіуса подачі тепла споживачам,
- доставка палива повинна бути зручною,
- дальність дії систем теплопостачання від центрів генерації тепла: для парових систем не повинна перевищувати 5...6 км (при тиску 1,5...2,0МПа), для систем гарячого водопостачання 30...40 км (насосні станції в цьому випадку проектуються на трубопроводах, що подають воду і на зворотних трубопроводах), для систем подачі теплоти від районних котелень - 5...6 км.

Теплоносіями в системах ЦТ звичайно є перегріта вода з температурою до 200°C і тиском  $P_y < 2,5 \text{ МПа}$  та пара з температурою  $t < 440 \text{ C}$  і тиском  $P_y < 6,2 \text{ МПа}$ . Перегрита вода звичайно використовується для забезпечення комунально-побутових, а пара - технологічних навантажень.

Використання теплоти в системах теплопостачання пов'язане із сезонами року. Частина споживачів теплоти залежить від кліматичних умов (системи опалення, вентиляції і кондиціонування повітря), а частина не залежить (системи побутового гарячого водопостачання, технологічного паропостачання та гарячого водопостачання). Від переваги тих або інших теплових потоків залежить багато в чому вибір і схем теплопостачання.

У деяких системах теплопостачання на загальну теплову мережу можуть працювати кілька джерел тепла, що підвищує надійність роботи системи, її маневреність і економічність, але до деякої міри ускладнює роботу її гідравлічно, тому що збільшується ймовірність виникнення гідравлічних ударів при зміні напрямку руху потоків теплоносія в трубопроводах. [16]

Системи централізованого теплопостачання (ЦТ) класифікуються по декількох ознаках.

За способом приєднання установок опалення системи бувають:

- залежні,
- незалежні.

У залежних системах теплоносії надходить в опалювальні установки споживачів безпосередньо з теплової мережі.

У незалежних системах теплоносії надходить у проміжний теплообмінник, установлений у тепловому пункті, де він нагріває вторинного теплоносія, що циркулює в місцевій установці споживача.

У незалежних системах теплопостачання системи споживачів гідравлічно ізолювані від теплової мережі. Такі системи знаходять застосування переважно у великих містах. Це пов'язане з підвищеними вимогами до надійності подібних систем, а також з тим, що тиск у тепловій мережі є занадто високим для споживаючих установок за умовами їхньої міцності або навпаки з тим, що статичні тиски, які створюються в теплоспоживаючих установках (висотних будинках), неприйнятні для умов роботи теплової мережі. [12]

За способом приєднання установок гарячого водопостачання системи

теплопостачання діляться на:

- закриті,
- відкриті.

У закритих системах вода з теплової мережі надходить у теплообмінники, установлені в теплових пунктах, у яких вода з водопроводу нагрівається до температури 60...70 С і використовується для гарячого водопостачання.

Закриті системи гарячого водопостачання є більше сприятливими з погляду задоволення якісних показників води - у них виключається корозія внутрішніх поверхонь трубопроводів.

У відкритих системах гарячого водопостачання вода, що витрачається споживачами, а також вода, що втрачається в мережах у результаті витоку її через нещільності, повинна компенсуватися хімічно підготовленою некорозійною деаерированою водою. Це здійснюється на станціях хімічної водопідготовки. У такому випадку вода повинна відповідати вимогам до питної води. [7]

По числу трубопроводів, які використовуються для переносу теплоносія, системи діляться на :

- однострубні,
- двухтрубні,
- багатотрубні.

Однострубні системи застосовуються в тих випадках, коли теплоносій повністю використовується споживачами і назад не вертається (наприклад, у парових системах без ворття конденсату або у відкритих системах гарячого водопостачання, у яких вода повністю розбирається споживачами). [1]

У двухтрубних системах теплоносій повністю або частково вертається в джерело тепла, де він підігрівається і дозаповнюється. [3]

Багатотрубні системи влаштовуються при необхідності виділення окремих типів теплового навантаження (наприклад, окремі системи для гарячого

водопостачання і опалення). Застосування багатотрубних систем спрощує регулювання відпуску тепла, способи приєднання споживачів до теплових мереж, а також їхню експлуатацію.

По виду теплоносія системи ЦТ діляться на :

- водяні.
- парові,

За способом регулювання відпуску тепла в системах теплопостачання (добове, сезонне) розрізняють системи з:

- центральним якісним регулюванням,
- місцевим кількісним регулюванням,
- якісно-кількісним регулюванням.

Центральне якісне регулювання подачі тепла здійснюється по основному виду теплового навантаження - опаленню або гарячому водопостачанню. Воно полягає в зміні температури теплоносія, що подається від джерела тепла в теплову мережу відповідно до прийнятого температурного графіка залежно від температури зовнішнього повітря. [9]

Місьцеве кількісне регулювання використовується в теплових пунктах. Цей вид регулювання знаходить широке застосування при гарячому водопостачанні і здійснюється, як правило, автоматично. У парових системах теплопостачання в основному використовується місцеве кількісне регулювання - тиск пари в джерелі теплопостачання підтримується постійним, а витрата її регулюється споживачами.

При якісно-кількісному регулюванні підтримується еквівалент витрати води в мережі і її температури залежно від відносного теплового навантаження. Завданням регулювання є підтримка в опалювальних приміщеннях розрахункової внутрішньої температури.

С точки зору гігієни найбільш прийнятними є системи з водяними теплоносіями.

Вибір системи теплопостачання здійснюється на підставі техніко -

економічних показників. [10]

Для забезпечення керування і контролю теплопостачанням окремих установок, будинків або груп будинків улаштовують теплові пункти (ТП).

Теплові пункти (ТП) у системах теплопостачання виконують наступні функції:

- готування гарячої води з параметрами, необхідними для санітарно-побутових і технічних потреб споживачів, а також підтримки або регулювання цих параметрів у процесі експлуатації систем; при цьому відбувається не тільки зміна параметрів, але в окремих випадках і перетворення теплоносія;
- захист місцевих систем від підвищення тиску й температури теплоносія,
- постійний контроль параметрів теплоносія ( $t$  і  $P$ ),
- регулювання витрати теплоносія й розподілу його по системах споживання теплоти,
- облік теплових потоків, витрат теплоносія і конденсату,
- заповнення і підживлення систем постачання теплоти,
- збір, охолодження, повернення конденсату й контроль його якості,
- акумулювання теплоти з метою вирівнювання добових коливань витрати теплоносія,
- водопідготовка для систем гарячого водопостачання.

Залежно від призначення теплові пункти діляться на :

- індивідуальні теплові пункти (ІТП), призначені для приєднання систем опалення, вентиляції, гарячого водопостачання і технологічних тепловикористовуючих установок для одного будинку або його частини,
- центральні теплові пункти (ЦТП) - для двох і більше будинків.

По розміщенню на генеральному плані ТП діляться на:

- окремостоячі,
- прибудовані до будинків і споруд,
- вбудовані в будинки і споруди.

Влаштування ІТП для кожного будинку обов'язкове, незалежно від того, чи є чи немає ЦТП; при цьому в ІТП передбачаються тільки ті заходи, які необхідні для приєднання даного будинку і відсутні в ЦТП. [1]

Для промислових і сільськогосподарських підприємств, коли теплопостачання здійснюється від зовнішніх джерел теплоти, а число будинків більше одного, ЦТП проектується в обов'язковому порядку. Для житлових і суспільних будинків необхідність улаштування ЦТП обґрунтовується техніко-економічними розрахунками. [20]

Джерела тепла з'єднуються з тепловими пунктами тепловими мережами. За своїм призначенням теплові мережі діляться на:

- магістральні,
- розподільні,
- внутрішньоквартальні.

Магістральні теплові мережі з'єднують джерела теплоти з великими тепловими споживачами і являють собою ділянки, що несуть основне теплове навантаження. [18]

Розподільні або міжквартальні мережі транспортують теплоту від теплових магістральних мереж до об'єктів теплоспоживання.

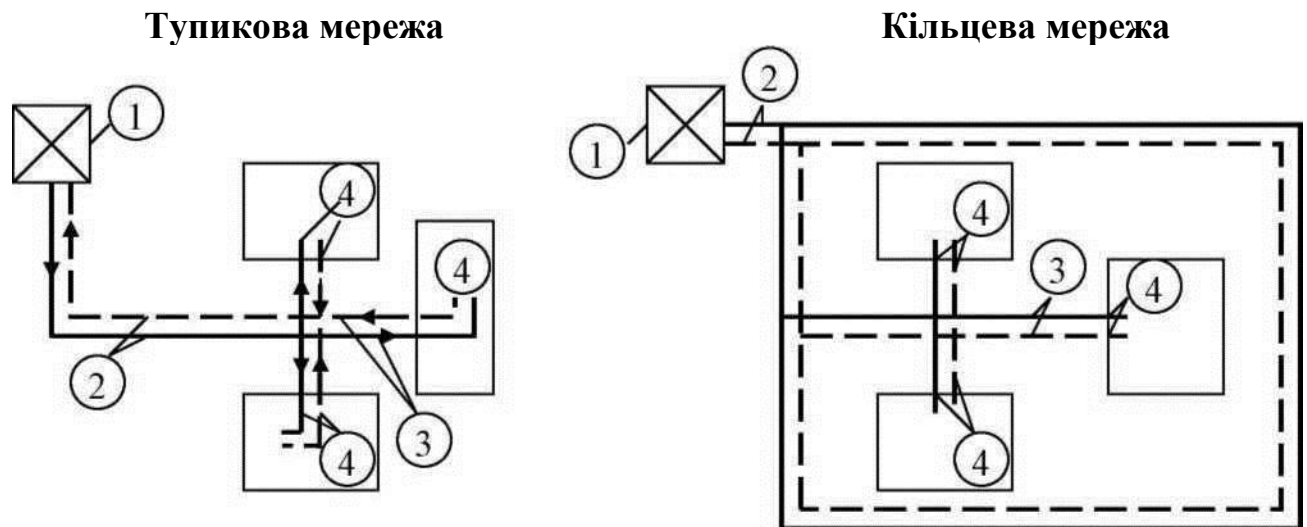
Внутрішньоквартальні мережі відгалужуються від розподільних або безпосередньо від магістральних теплових мереж і закінчується в ТП споживачів теплоти. Вони несуть тільки те теплове навантаження, яке має цей споживач теплоти.

Магістральні теплові мережі (рис.2) по конфігурації діляться на:

- тупикові,
- кільцеві.

Загальна довжина магістральних тупикових мереж значно менша кільцевих, але зате надійність кільцевих мереж значно вища, ніж тупикових. У кільцевих мережах легше й швидше вирівнюються втрати тиску, що виникають при різному навантаженні систем теплопостачання, особливо в період аварійних

відключень окремих ділянок.



- 1 - джерело теплоти,
- 2 - магістралі,
- 3 - розподільні теплові мережі,
- 4 - внутрішньоквартальні теплові мережі.

Рисунок 2 - Теплові мережі

При трасуванні теплових мереж необхідне виконання наступних умов:

- магістральні мережі варто прокладати поблизу центру теплових навантажень,
- траси повинні мати найкоротші відстані,
- теплові мережі не слід прокладати в ґрунтах у затоплюваних районах міст і промислових підприємств,
- намічені траси не повинні заважати транспорту,
- трасування систем теплопостачання повинне забезпечувати зручності при проведенні ремонтних робіт,
- підземну прокладку теплових мереж не слід намічати уздовж електрифікованих залізничних і трамвайних шляхів щоб уникнути

- електрокорозії металевих трубопроводів,
- у вічномерзлих і солончакових ґрунтах прокладка теплових мереж повинна бути тільки наземною,
  - обрана траса повинна бути найбільш надійною і економічною.

Терміни експлуатації й надійність систем теплопостачання у великому ступені залежать від підготовки води. Основними показниками, що характеризують якість води, є вміст зважених речовин, кольоровість, сухий залишок, твердість, наявність розчинених газів, рН, окисляємість, стабільність та ін. [13]

Вміст у воді зважених речовин, солей тимчасової твердості  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ ,  $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$  і кольоровість води сприяють утворенню відкладень на поверхні трубопроводів. Відкладення солей постійної твердості  $\text{Ca}_3\text{O}_4$ ,  $\text{MgSO}_4$ ,  $\text{CaCl}_2$ ,  $\text{MgCl}_2$ ,  $\text{Ca}(\text{KCO}_3)_2$ ,  $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$  і т.п. можливі при високих температурах води. Наявність  $\text{CO}_2$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{H}_2\text{S}$  та ін., низьке значення рН води сприяє виникненню корозійних процесів. У таких випадках вода, що протікає по трубопроводах, здобуває коричневий відтінок. [14]

Для видалення кольоровості і зважених речовин з води застосовується посвітління і знебарвлення. Для видалення солей твердості - зм'якшення, для видалення інших солей - знесолення, для видалення газів - деаерація.

В останні роки для запобігання утворення накипу використовують магнітну обробку води. Така обробка може використатися при загальній твердості води не більше 10 мг-екв/л і карбонатом твердості більше 4 мг-екв/л. Напруженість магнітного поля в робочому зазорі магнітного апарата не повинна перевищувати  $159 \times 10^3 \text{ А/м}$ .

У відкритих і закритих системах теплопостачання рекомендується використати питну воду, що відповідає ГОСТ 2874-82, піддану вакуумної деаерації для видалення газів і в першу чергу  $\text{C}_2$  і  $\text{O}_2$ . При наявності в ТП пари замість вакуумної деаерації передбачається деаерація парою при атмосферному тиску з обов'язковою установкою охолоджувачів деаерированої води. У

закритих системах теплопостачання при наявності термічної деаерації допускається використання технічної води.

Вибір способу обробки води для централізованого гарячого водопостачання в закритих системах теплопостачання може бути прийнятий по СНиП 2.04. 07-86. Використання для гарячого водопостачання вихідної води з окисляемістю більше 6 мг О<sub>2</sub> не допускається. Якщо органи охорони здоров'я допускають кольоровість вихідної води до 35°, окисляемість води може бути більше 6 мг О<sub>2</sub>. [15]

Якщо у вихідній воді концентрація вільної вуглекислоти (СО<sub>2</sub>) перевищує 10 мг/л, то воду після вакуумної деаерації необхідно підлужувати.

Реагенти і матеріали, що застосовуються для обробки води, які мають безпосередній контакт із водою і надходять в систему гарячого водопостачання, повинні бути дозволені органами охорони здоров'я для використання в практиці господарсько-питного водопостачання.

До переходу на використання як паливо природний газ у промислових котельнях основним паливом було вугілля, а також в окремих випадках — нафта та дрова. Зокрема, вугілля використовувалося як основне джерело енергії для виробництва тепла і електрики, оскільки це був найбільш доступний і економічно вигідний ресурс у багатьох регіонах.

Основні види палива до природного газу:

1. Вугілля — головне паливо для котлів і теплогенераторів протягом більшої частини 19-го і 20-го століття. Вугілля забезпечувало високу теплотворну здатність і було основним джерелом енергії для енергетичних станцій і промислових об'єктів.

2. Нафта — в деяких випадках, особливо на пізніх етапах, коли доступ до вугілля був обмежений, для котлів використовували нафту. Нафта мала

високу енергетичну цінність, але її використання було дорожчим порівняно з вугіллям.

3. Дрова та біомаса — в сільських районах та для невеликих котелень використовували дрова або інші види біомаси, що забезпечували локальне джерело енергії. Це було особливо актуально в країнах з великими лісовими ресурсами.

4. Торф — в деяких регіонах, зокрема в північних частинах Європи та Росії, торф використовувався як паливо для котлів. Він мав обмежену теплотворну здатність, але був доступним і дешевим ресурсом. [21]

З початку середини 20-го століття, з розвитком інфраструктури для транспортування газу, багато країни почали переходити на природний газ. Газ мав значні переваги в порівнянні з традиційними видами палива, такі як менший рівень забруднення і вищу ефективність згорання, що призвело до його широкого використання в промислових котельнях та теплогенераціях.

Окрім, потужних великих районних котелень чи котелень ТЕЦ можливо докорінно використати сучасні методи золо- та газоочистки, які по економічним і технічним умовам складно використовувати в малих котельнях. Застосування таких технологій, як електрофільтри, SRC та мокра абсорбція, дозволяє значно знизити викиди забруднюючих речовин та підвищити ефективність використання палива в котельнях. [1]

На сьогодні в місті Києві більшу частину теплогенерації продукує КП «Київтеплоенерго» за рахунок використання теплоелектроцентралей (ТЕЦ), станцій теплопостачання (СТ) та районних котелень (РК). Також є ряд менших за потужністю квартальних та групових котелень, але їх роль полягає у покритті потреби в теплопостачанні окремих груп будівель або невеликих кварталів. [4]

Головною проблемою ТЕЦ, СТ та РК залишається застаріле обладнання. Для забезпечення оптимального ККД котлів, що встановлені на потужностях КП «Київтеплоенерго» необхідно тримати роботу котлів постійно в оптимальному

режимі (70% номінальної потужності), який в свою чергу задовольняє потребу в теплопостачанні при піковому навантаженні в період найсильніших морозів. Такий режим роботи котлів є дуже енергозатратним і змушує використовувати набагато більше палива в період невеликої потреби в теплопостачанні, ніж можна було б використовувати при наявності сучасних пальників і систем автоматики на котельному обладнанні. [1]

Мінімальний поріг регулювання існуючого обладнання КП «Київтеплоенерго» становить 30% від номінальної потужності і нижче цього порогу вони не можуть бути відрегульовані. Та й при регулюванні обладнання до 30% потужності витрачається завелика кількість енергоресурсів.

Для забезпечення гнучкого регулювання використовуваної потужності, яка задовольняла б найменші потреби в теплопостачанні, з раціональним і економічним використанням енергоресурсів, а також для підвищення рівня безпеки виробництва й зменшення шкідливих викидів в атмосферу необхідно замінити газорегулююче й газовикористовуюче обладнання на сучасне. Але це потребує великих капіталовкладень і наявності інвестицій, за рахунок яких, було б можливо таке переоснащення. [2]

Але є і інший шлях, який дозволить отримати параметри роботи обладнання, які будуть задовольняти потребу вихідних параметрів і при цьому вартують значно дешевше - це модернізація існуючого обладнання.

Модернізація котельні має на меті задовільнити потреби споживача, а також зробити обладнання більш економічним, безпечним й екологічним. Тож для цього необхідно модернізувати систему редукування газу, щоб вона задовольняла параметри сучасної автоматики пальників, замінити пальники котлів на сучасні більшої потужності і зменшити їх кількість, модернізувати систему автоматики й контролю полум'я, а також систему димовідведення й вентиляції.

В роботі ми розглянемо наявне обладнання СТ та РК міста Києва, розберемо і запропонуємо варіанти модернізації існуючого обладнання для забезпечення можливості контролю необхідних параметрів та їх зміни в автоматичному режимі, підвищення енергоефективності діючих тепло генеруючих установок та оберемо конкретні пропозиції для реалізації їх на існуючих потужностях. [17]

## РОЗДІЛ 1

### Існуючий стан систем газопостачання районних котелень та станцій теплопостачання

## РОЗДІЛ 1

### **Існуючий стан систем газопостачання районних котелень та станцій теплопостачання**

Стан системи газопостачання СТ та РК міста Києва є важливим фактором для забезпечення стабільного теплопостачання та енергетичної безпеки міста, оскільки більшість котелень столиці працюють на природному газі.

Мережа газопостачання в Києві включає в себе численні газопроводи та підстанції, які забезпечують доставку природного газу до котелень, теплотрансформаторних станцій (ТТУ) та інших об'єктів міської інфраструктури.

Котельні в Києві використовують газ для забезпечення теплом житлових будинків, адміністративних та комерційних об'єктів. Важливими елементами є великі районні котельні, що обслуговують цілу низку будівель і районів. [11]

Газопостачання забезпечується через головні магістральні газопроводи, зокрема через станції регулювання тиску, які знижують тиск газу до необхідного рівня для подачі в розподільчі мережі міста.

Газова інфраструктура в Києві частково застаріла і потребує модернізації. Враховуючи значну кількість старих газопроводів та котелень, питання їх оновлення і технічного обслуговування стає важливим для забезпечення стабільної роботи системи.

В періоди зростання навантаження на газову мережу, наприклад, в холодну пору року, можуть виникати проблеми в газопостачанні через високий попит на природний газ або аварійні ситуації на газопроводах.

Існують складнощі із забезпеченням стабільного балансу між обсягами

споживаного газу та його постачанням, що може призводити до перерозподілу газу між районами або навіть до тимчасових відключень котелень у разі дефіциту газу в системі.

Багато районних котелень міста працюють на старому обладнанні, що потребує модернізації для підвищення ефективності і зниження витрат газу. Невідповідність між рівнем споживання газу та його постачанням через наявні газові мережі також є серйозною проблемою. [18]

Одним із пріоритетів є встановлення нових більш ефективних котлів, що дозволяє зменшити витрати газу при збереженні або навіть підвищенні рівня теплопостачання.

Місто також працює над проектами з утеплення будівель і встановлення енергозберігаючих технологій, що дозволяє знижувати споживання теплової енергії і, відповідно, зменшувати навантаження на газові котельні.

Ситуація в Україні та Києві на тлі політичних і військових конфліктів, зокрема, війни з Росією, має великий вплив на енергетичну безпеку, включаючи газопостачання. У цей час система газопостачання піддається додатковим навантаженням, і існують ризики переривання постачання через руйнування інфраструктури або нестабільність в постачанні газу з Росії.

Заміна залежності від російського газу на постачання з інших країн, таких як Європа, потребує значних змін в інфраструктурі та адаптації до нових умов постачання. [23]

Однією з важливих ініціатив є реформа газового ринку, яка має на меті забезпечити прозорість постачання газу, підвищити ефективність використання природного газу, а також зменшити витрати на енергію для населення.

Встановлення автоматизованих систем моніторингу газопостачання дозволяє в режимі реального часу відслідковувати стан газових мереж і

своєчасно реагувати на аварії чи перебої в постачанні.

Система газопостачання районних котелень Києва стикається з низкою проблем, пов'язаних з застарілими інфраструктурними об'єктами, високим рівнем споживання природного газу та ризиками, які виникають через політичну і економічну ситуацію в країні. У той же час, активно впроваджуються ініціативи, спрямовані на модернізацію та диверсифікацію джерел енергії, підвищення ефективності газового обігріву і зниження залежності від зовнішніх постачальників газу.

Для забезпечення сталого розвитку та підвищення енергетичної безпеки міста необхідно продовжувати роботу над модернізацією газових мереж, оптимізацією використання газу, впровадженням альтернативних джерел енергії та покращенням загальної енергоефективності в системі тепlopостачання.

Основними постачальниками тепла в Києві є СТ та РК, теплова потужність яких є в межах 200-610 та 80-400 Гкал/год відповідно. Теплоносієм для забезпечення опалення та ГВП міста є вода, а для промислових підприємств зазвичай використовують водяну пару. Від джерел тепла теплоносій транспортується по теплопроводах до точок споживання.

Станції тепlopостачання спочатку проектувалися та будувалися як ТЕЦ, та при довготривалій експлуатації станцій поступово почали виходити з ладу генеруючі електроустановки. З появою більш потужних джерел електроенергії, потреба в її генерації на цих об'єктах стала не на часі і було прийнято рішення перевести ТЕЦ в режим теплогенерації. [8]

Для генерації теплової енергії було встановлено котли ПТВМ-100, ПТВМ-50, ПТВМ-30 з розвитком котлобудування пізніше додалися КВГМ- 100-150, КВГМ-50-150 і меншої потужності.

Для забезпечення потреби котлів на території ТЕЦ будували два ГРП з розгалуженою системою газопостачання великих діаметрів (530-1020мм) та тиском в газопроводі до 0,02 МПа. Ці газопроводи, в разі різкої зміни

використання газу, виконують роль ресиверу й таким чином нівелюють інерційне спрацювання обладнання ГРП при зміні витрати газу.

Для забезпечення потреби в газопостачанні РК було побудовано по одному ГРП із мережею газопроводів діаметрами 426-530мм з тиском до 0.02МПа, які теж виступають такими ресиверами, як і у випадку з СТ.

Котли ПТВМ-100, ПТВМ-50, ПТВМ-30 обладнувалися газомазутними пальниками ГМГ-4, а котли КВГМ-100-150, КВГМ-50-150 пальниками серії ГМУ. Встановлення таких пальників передбачало випадок надзвичайних ситуацій які можуть привести до втрати постачання газу, котел можливо перевести на інший (резервний) вид палива - мазут. [21]

Пальники ГМГ-4 та ГМУ не відповідають сучасним вимогам по викидам  $NO_x$  та  $CO$ .

Склад обладнання по СТ та РК міста Києва представлено в Таблиці 1.

Розглянемо, більш детально, характеристики діючих в місті Києві СТ та РК. В Таблиці 2 наведено характеристики місця забезпечення потужності паливом, редукування тиску газу та наявність телеметрії, газопроводів, що проходять по території, запірної арматури, обладнання котлової зали, загальна потужність та робочий тиск діючих СТ, а в Таблиці 3 також характеристики діючих РК.

Розглянувши всі характеристики наведені в Таблицях 2 і 3, можна зробити загальний висновок, що всі ці котельні, для підвищення ККД котлів, забезпечення сучасного рівня безпеки, зменшення технологічних втрат та забезпечення зменшення викидів шкідливих речовин в атмосферу, потребують реконструкції пунктів редукування, реконструкції схеми підвідних газопроводів, абсолютної заміни всіх вузлів системи автоматики та скорочення кількості пальників на котлах з заміною їх на сучасні модуляційні великої потужності.

Таблиця 1 Склад обладнання по СТ та РК міста Києва

№п\п	тип джерела	Назва	адреса розміщення	макрка котла	кількість [шт]	потужність котла [Гкал\год]	Загальна потужність об'єкту [Гкал\год]	тип палива	режим роботи котла	вхідний тиск в газопроводі до ГРП [МПа]	робочий тиск газу в підвідному газопроводі [МПа]
1	Станція тепlopостачання	СТ-1	вул.Жилянська 85	ПТВМ-100	3	100	570	газ	водогрійний	0.3	до 0.08
				Фостер-Уиллер	2	80		газ	водогрійний		
				ЦКТИ 75-39-ф	2	55		газ	водогрійний		
2	Станція тепlopостачання	СТ-2	пров.Електриків 17	ПТВМ-100	3	100	610	газ	водогрійний	0.3	до 0.08
				ПВК Борзиг	2	70		газ	водогрійний		
				МАНН	1	65		газ	водогрійний		
				ТП-170	1	105		газ	водогрійний		
3	Станція тепlopостачання	СТ "Біличі"	вул. Робітнича	КВГМ-100	3	100	300	газ	водогрійний	0.3	до 0.08
4	Станція тепlopостачання	СТ "Позняки"	вул.Ревуцького 41	КВГМ-100	2	100	200	газ	водогрійний	0.3	до 0.08
5	Районна котельня	РК "Відрадний"	пр-т.Комарова 5	ПТВМ-50	4	50	200	газ	водогрійний	0.6	до 0.08
6	Районна котельня	РК "М.Борщагівка	вул.Жмеринська 14	ПТВМ-100	3	100	400	газ	водогрійний	0.3	до 0.08
				ПТВМ-50	2	50		газ	водогрійний		
7	Районна котельня	РК "Молодь"	вул.Дегтярівська 46	ПТВМ-30М	3	35	105	газ	водогрійний	0.3	до 0.08
8	Районна котельня	РК "Нивки"	вул. Салютна 23	ПТВМ-50	3	50	150	газ	водогрійний	0.3	до 0.08
9	Районна котельня	РК "Мінська"	пр-т.М.Рокосовського 8а	ПТВМ-30М	2	40	80	газ	водогрійний	0.3	до 0.08
10	Районна котельня	РК "Виноградар"	вул.Світлицького 34	ПТВМ-50	4	50	200	газ	водогрійний	0.3	до 0.08
11	Районна котельня	РК "Теремки"	пр-т.Глушкова 38	ТГВ-8М	3	8,3	113,2	газ	водогрійний	0.3	до 0.08
				ПТВМ-30М	2	40		газ	водогрійний		
12	Районна котельня	РК "Центральна"	вул.Вернадського 36б	ПТВМ-50	3	50	150	газ	водогрійний	0.3	до 0.08
13	Районна котельня	РК "ПАР"	вул.Резервна 8	ДКВР-20/13	4	12	169	газ	пароводогрійний	0.3	до 0.08
				ДЕ-25/14	1	15			пароводогрійний		
				ДКВР-10/13	1	6			пароводогрійний		
				КВГМ-50	2	50			водогрійний		
14	Районна котельня	РК "Веркон"	пр-т.Перемоги 67	КВГМ-20	3	20	102	газ	водогрійний	0.3	до 0.08
				КВГМ-30	1	30			водогрійний		
				ДКВР-10/13	2	6			пароводогрійний		
15	Районна котельня	РК "Воскресенка"	вул. Крайня 1	КВГМ-100	3	100	300	газ	водогрійний	0.3	до 0.08

Таблиця 2 Характеристики діючих в місті Києві СТ

№ п/п	Назва об'єкту	Місце забезпечення потужності	Редукування	Газопроводи на території	Запірна арматура	Котлова зала	Загальна потужність	Робочий тиск
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	СТ-1 - вул. Жилянська	підземний газопровід середнього(до 0.3МПа) тиску діаметром 720мм та резервний підземний газопровід середнього(до 0.3МПа) тиску діаметром 476мм	виконано у вигляді двох ГРП по дві лінії у кожній. Перехід тиску 0.3МПа - 0.08МПа. Обладнання ГРП - газопроводи скидні Д200мм-50мм, лінії редукування Д325мм, ЗСК, ЗСК, регулятори Рдук-300, фільтри, ВОГ. Телеметрія відсутня, диспетчеризація об'єкту газопостачання відсутня	підвідний газопровід до котлової зали Д720- 530мм надземний. Розгалужена мережа обвідних газопроводів Д325- 57мм. Колектор скидних газопроводів ГРП Д219мм	засувки сталеві фланцеві з ручними та електричними приводами Ду700-50мм марок 30с541нж та 30с942нж. Вентилі Ду100-25мм. Кульові крани Ду50-15мм	у першій встановлено три котли ПТВМ-100 послідовно. Регулювання горіння відбувається за рахунок засувок з ручним та сервоприводом. Автоматика морально застаріла. У другій встановлено чотири котли «Фостер-Уиллер» 80МВт-2шт та «ЦКТИ 75-39-ф» 55МВт-2шт послідовно. Регулювання горіння відбувається за рахунок засувок з ручним та сервоприводом. Автоматика морально застаріла	570 Гкал\год	до 0.08Мпа
2	СТ-2 - вул.Електриків	підземний газопровід середнього(до 0.3МПа) тиску діаметром 630мм та резервний підземний газопровід середнього(до 0.3МПа) тиску діаметром 530мм з підводною частиною(перехід через бухту)	виконано у вигляді двох ГРП по дві лінії у кожній. Перехід тиску 0.3МПа - 0.08МПа. Обладнання ГРП - газопроводи скидні Д200мм-50мм, лінії редукування Д325мм, ЗСК, ЗСК, регулятори Рдук-300, фільтри, ВОГ. Телеметрія відсутня, диспетчеризація об'єкту газопостачання відсутня	підвідний газопровід до котлової зали Д820- 476мм надземний. Розгалужена мережа обвідних газопроводів Д325- 57мм. Колектор скидних газопроводів ГРП Д219мм	засувки сталеві фланцеві з ручними та електричними приводами Ду800-50мм марок 30с541нж та 30с942нж. Вентилі Ду100-25мм. Кульові крани Ду50-15мм	у першій встановлено три котли ПТВМ-100 послідовно. Регулювання горіння відбувається за рахунок засувок з ручним та сервоприводом. Автоматика морально застаріла. У другій встановлено чотири котли «ПВК Борзиг» 70МВт-1шт, «МАНН» 65МВт -1шт та один «ТІ-170» 105МВт -1шт послідовно. Регулювання горіння відбувається за рахунок засувок з ручним та сервоприводом. Автоматика морально застаріла	610 Гкал\год	до 0.08Мпа
3	СТ «Біличі» - вул.Робітничя	підземний газопровід середнього(до 0.3МПа) тиску діаметром 630мм	виконано у вигляді одного ГРП на дві лінії. Перехід тиску 0.3МПа - 0.08МПа. Обладнання ГРП - газопроводи скидні Д200мм-50мм, лінії редукування Д325мм, ЗСК, ЗСК, регулятори Рдук-300, фільтри, ВОГ. Телеметрія відсутня, диспетчеризація об'єкту газопостачання відсутня	підвідний газопровід до котлової зали Д820- 273мм надземний. Розгалужена мережа обвідних газопроводів Д219- 57мм. Колектор скидних газопроводів ГРП Д219мм	засувки сталеві фланцеві з ручними та електричними приводами Ду700-50мм марок 30с541нж та 30с942нж. Вентилі Ду100-25мм. Кульові крани Ду50-15мм	у першій встановлено три котли КВГМ-100 послідовно. Регулювання горіння відбувається за рахунок засувок з ручним та сервоприводом. Автоматика морально застаріла. У другій встановлено два котли ДЕ- 25-14ГМ паралельно. Регулювання горіння відбувається за рахунок засувок з ручним та сервоприводом. Автоматика морально застаріла	325 Гкал\год	до 0.08Мпа
4	СТ "Позняки" вул.Ревуцького	підземний газопровід середнього(до 0.3МПа) тиску діаметром 630мм	виконано у вигляді одного ГРП на дві лінії. Перехід тиску 0.3МПа - 0.08МПа. Обладнання ГРП - газопроводи скидні Д100мм-50мм, лінії редукування Д219мм, ЗСК, ЗСК, регулятори Рдук-200, фільтри, ВОГ. Телеметрія відсутня, диспетчеризація об'єкту газопостачання відсутня	підвідний газопровід до котлової зали Д720мм надземний. Розгалужена мережа обвідних газопроводів Д325- 57мм	засувки сталеві фланцеві з ручними та електричними приводами Ду700-50мм марок 30с541нж та 30с942нж. Вентилі Ду100-25мм. Кульові крани Ду50-15мм	встановлено два котли КВГМ-100 паралельно. Регулювання горіння відбувається за рахунок засувок з ручним та сервоприводом. Автоматика морально застаріла	200 Гкал\год	до 0.02Мпа

Таблиця 2 Характеристики діючих в місті Києві СТ

№ п/п	Назва об'єкту	Місце забезпечення потужності	Редукування	Газопроводи на території	Запірна арматура	Котлова зала	Загальна потужність	Робочий тиск
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	РК "Відрадний" пр-т.Л.Гузара	підземний газопровід високого(до 1.2МПа) тиску діаметром 325мм	виконано у вигляді двох ГРП по дві лінії у кожній. Перехід тиску 1.2МПа - 0.3МПа - 0.08МПа. Обладнання ГРП - газопроводи скидні Д200мм- 50мм, лінії редукування Д219-325мм, ЗСК, ЗСК, регулятори Рдук-200, Рдук- 300, фільтри, ВОГ. Телеметрія відсутня, диспетчеризація об'єкту газопостачання відсутня	підвідний газопровід до котлової зали Д530мм надземний. Розгалужена мережа обвідних газопроводів Д219-57мм. Колектор скидних газопроводів ГРП Д219мм	засувки сталеві фланцеві з ручними та електричними приводами Ду500-50мм марок 30с541нж та 30с942нж. Вентилі Ду100-25мм. Кульові крани Ду50-15мм	встановлено чотири котли ПТВМ-50 послідовно. Регулювання горіння відбувається за рахунок засувок з ручним та сервоприводом. Автоматика морально застаріла	200 Гкал\год	до 0.08Мпа
2	РК «М.Борщагівка» - вул. Жмеринська	підземний газопровід середнього(до 0.3МПа) тиску діаметром 530мм	виконано у вигляді одного ГРП на дві лінії. Перехід тиску 0.3МПа - 0.08МПа. Обладнання ГРП - газопроводи скидні Д100мм- 50мм, лінії редукування Д325мм, ЗСК, ЗСК, регулятори Рдук-300, фільтри, ВОГ. Телеметрія відсутня, диспетчеризація об'єкту газопостачання відсутня	підвідний газопровід до котлової зали Д630мм надземний. Розгалужена мережа обвідних газопроводів Д219-57мм	засувки сталеві фланцеві з ручними та електричними приводами Ду600-50мм марок 30с541нж та 30с942нж. Вентилі Ду100-25мм. Кульові крани Ду50-15мм	у першій встановлено три котли ПТВМ-100 послідовно. Регулювання горіння відбувається за рахунок засувок з ручним та сервоприводом. Автоматика морально застаріла. У другій встановлено два котли ПТВМ-50 паралельно. Регулювання горіння відбувається за рахунок засувок з ручним та сервоприводом. Автоматика морально застаріла.	400 Гкал\год	до 0.08Мпа
3	РК «Молодь» - вул. Дегтярівська	підземний газопровід середнього(до 0.3МПа) тиску діаметром 325мм	виконано у вигляді одного ГРП на дві лінії. Перехід тиску 0.3МПа - 0.08МПа. Обладнання ГРП - газопроводи скидні Д100мм- 50мм, лінії редукування Д219мм, ЗСК, ЗСК, регулятори Рдук-200, фільтри, ВОГ. Телеметрія відсутня, диспетчеризація об'єкту газопостачання відсутня	підвідний газопровід до котлової зали Д426мм надземний. Розгалужена мережа обвідних газопроводів Д159-57мм	засувки сталеві фланцеві з ручними та електричними приводами Ду400-50мм марок 30с541нж та 30с942нж. Вентилі Ду100-25мм. Кульові крани Ду50-15мм	встановлено три котли ПТВМ-30М паралельно. Регулювання горіння відбувається за рахунок засувок з ручним та сервоприводом. Автоматика морально застаріла	105 Гкал\год	до 0.08Мпа
4	РК «Теремки» - пр-т.Глушкова	підземний газопровід середнього(до 0.3МПа) тиску діаметром 325мм	виконано у вигляді одного ГРП на дві лінії. Перехід тиску 0.3МПа - 0.08МПа. Обладнання ГРП - газопроводи скидні Д100мм- 50мм, лінії редукування Д219мм, ЗСК, ЗСК, регулятори Рдук-200, фільтри, ВОГ. Телеметрія відсутня, диспетчеризація об'єкту газопостачання відсутня	підвідний газопровід до котлової зали Д426мм надземний. Розгалужена мережа обвідних газопроводів Д159-57мм	засувки сталеві фланцеві з ручними та електричними приводами Ду400-50мм марок 30с541нж та 30с942нж. Вентилі Ду100-25мм. Кульові крани Ду50-15мм	встановлено два котли ПТВМ-30М та три котли ТГВ-8М паралельно. Регулювання горіння відбувається за рахунок засувок з ручним та сервоприводом. Автоматика морально застаріла	113,2 Гкал\год	до 0.02Мпа

Продовження таблиці 3 Характеристики діючих в місті Києві РК

5	РК «Нивки» - пр-т.Салютна	підземний газопровід середнього(до 0.3МПа) тиску діаметром 530мм	виконано у вигляді одного ГРП на дві лінії. Перехід тиску 0.3МПа - 0.08МПа. Обладнання ГРП - газопроводи скидні Д100мм- 50мм, лінії редукування Д219мм, 33К, ЗСК, регулятори Рдук-200, фільтри, ВОГ. Телеметрія відсутня, диспетчеризація об'єкту газопостачання відсутня	підвідний газопровід до котлової зали Д530мм надземний. Розгалужена мережа обвідних газопроводів Д159-57мм	засувки сталеві фланцеві з ручними та електричними приводами Ду500-50мм марок 30с541нж та 30с942нж. Вентилі Ду100-25мм. Кульові крани Ду50-15мм	встановлено три котли ПТВМ-50 паралельно. Регулювання горіння відбувається за рахунок засувок з ручним та сервоприводом. Автоматика морально застаріла	150 Гкал\год	до 0.08Мпа
6	РК «Мінська» - вул..Рокосовського	підземний газопровід середнього(до 0.3МПа) тиску діаметром 325мм	виконано у вигляді одного ГРП на дві лінії. Перехід тиску 0.3МПа - 0.08МПа. Обладнання ГРП - газопроводи скидні Д100мм- 50мм, лінії редукування Д219мм, 33К, ЗСК, регулятори Рдук-200, фільтри, ВОГ. Телеметрія відсутня, диспетчеризація об'єкту газопостачання відсутня	підвідний газопровід до котлової зали Д426мм надземний. Розгалужена мережа обвідних газопроводів Д159-57мм	засувки сталеві фланцеві з ручними та електричними приводами Ду400-50мм марок 30с541нж та 30с942нж. Вентилі Ду100-25мм. Кульові крани Ду50-15мм	встановлено два котли ПТВМ-30М паралельно. Регулювання горіння відбувається за рахунок засувок з ручним та сервоприводом. Автоматика морально застаріла	80 Гкал\год	до 0.08Мпа
7	РК «Виноградар» - вул.. Світлицького	підземний газопровід середнього(до 0.3МПа) тиску діаметром 530мм	виконано у вигляді одного ГРП на дві лінії. Перехід тиску 0.3МПа - 0.08МПа. Обладнання ГРП - газопроводи скидні Д100мм- 50мм, лінії редукування Д219мм, 33К, ЗСК, регулятори Рдук-200, фільтри, ВОГ. Телеметрія відсутня, диспетчеризація об'єкту газопостачання відсутня	підвідний газопровід до котлової зали Д530мм надземний. Розгалужена мережа обвідних газопроводів Д159-57мм	засувки сталеві фланцеві з ручними та електричними приводами Ду500-50мм марок 30с541нж та 30с942нж. Вентилі Ду100-25мм. Кульові крани Ду50-15мм	встановлено чотири котли ПТВМ-50 паралельно. Регулювання горіння відбувається за рахунок засувок з ручним та сервоприводом. Автоматика морально застаріла	200 Гкал\год	до 0.08Мпа
8	РК «Центральна» - б-р Вернадського	підземний газопровід середнього(до 0.3МПа) тиску діаметром 426мм	виконано у вигляді одного ГРП на дві лінії. Перехід тиску 0.3МПа - 0.08МПа. Обладнання ГРП - газопроводи скидні Д100мм- 50мм, лінії редукування Д219мм, 33К, ЗСК, регулятори Рдук-200, фільтри, ВОГ. Телеметрія відсутня, диспетчеризація об'єкту газопостачання відсутня	підвідний газопровід до котлової зали Д530мм надземний. Розгалужена мережа обвідних газопроводів Д159-57мм	засувки сталеві фланцеві з ручними та електричними приводами Ду500-50мм марок 30с541нж та 30с942нж. Вентилі Ду100-25мм. Кульові крани Ду50-15мм	встановлено два котли ПТВМ-50 паралельно. Регулювання горіння відбувається за рахунок засувок з ручним та сервоприводом. Автоматика морально застаріла	150 Гкал\год	до 0.08Мпа

Продовження таблиці 3 Характеристики діючих в місті Києві РК

9	РК «ПАР» - вул.Резервна 8	підземний газопровід середнього(до 0.3МПа) тиску діаметром 219мм	виконано у вигляді одного ГРП на дві лінії. Перехід тиску 0.3МПа - 0.08МПа. Обладнання ГРП - газопроводи скидні Д100мм- 50мм, лінії редукування Д219мм, ЗСК, ЗСК, регулятори Рдук-200, фільтри, ВОГ. Телеметрія відсутня, диспетчеризація об'єкту газопостачання відсутня	підвідний газопровід до котлової зали Д325мм надземний. Розгалужена мережа обвідних газопроводів Д159-57мм	засувки сталеві фланцеві з ручними та електричними приводами Ду300-50мм марок 30с541нж та 30с942нж. Вентилі Ду100-25мм. Кульові крани Ду50-15мм	встановлено вісім котлів (ДКВР-20/13-4шт., ДЕ-25/14 - 1шт, ДКВР-10/13 - 1шт, ПТВМ-50 - 1шт). Регулювання горіння відбувається за рахунок засувок з ручним та сервоприводом. Автоматика морально застаріла	169 Гкал\год	до 0.08Мпа
10	РК «Веркон» - пр.-т. Перемоги 6	підземний газопровід середнього(до 0.3МПа) тиску діаметром 219мм	виконано у вигляді одного ГРП на дві лінії. Перехід тиску 0.3МПа - 0.08МПа. Обладнання ГРП - газопроводи скидні Д100мм- 50мм, лінії редукування Д219мм, ЗСК, ЗСК, регулятори Рдук-200, фільтри, ВОГ. Телеметрія відсутня, диспетчеризація об'єкту газопостачання відсутня	підвідний газопровід до котлової зали Д325мм надземний. Розгалужена мережа обвідних газопроводів Д159-57мм	засувки сталеві фланцеві з ручними та електричними приводами Ду300-50мм марок 30с541нж та 30с942нж. Вентилі Ду100-25мм. Кульові крани Ду50-15мм	Котлова зала - встановлено п'ять котлів (ДКВР-10/13 - 1шт, КВГМ-20 - 3шт, КВГМ-30 - 1шт.). Регулювання горіння відбувається за рахунок засувок з ручним та сервоприводом. Автоматика морально застаріла	102 Гкал\год	до 0.08Мпа
11	РК «Воскресенка» - вул.Крайня 1	підземний газопровід середнього(до 0.3МПа) тиску діаметром 529мм	виконано у вигляді одного ГРП на дві лінії. Перехід тиску 0.3МПа - 0.08МПа. Обладнання ГРП - газопроводи скидні Д100мм- 50мм, лінії редукування Д219мм, ЗСК, ЗСК, регулятори Рдук-200, фільтри, ВОГ. Телеметрія відсутня, диспетчеризація об'єкту газопостачання відсутня	підвідний газопровід до котлової зали Д720мм надземний. Розгалужена мережа обвідних газопроводів Д159-57мм	засувки сталеві фланцеві з ручними та електричними приводами Ду700-50мм марок 30с541нж та 30с942нж. Вентилі Ду100-25мм. Кульові крани Ду50-15мм	встановлено три котли (КВГМ-100 - 3шт.). Регулювання горіння відбувається за рахунок засувок з ручним та сервоприводом. Автоматика морально застаріла	300 Гкал\год	до 0.08Мпа

## РОЗДІЛ 2

### Сучасний рівень автоматизації роботи котельного обладнання

## РОЗДІЛ 2

### Сучасний рівень автоматизації роботи котельного обладнання

Використання природного газу як палива для великих котлів розпочалося в середині 20-го століття, зокрема в 1950-60-х роках. Одним з перших значних кроків стало впровадження природного газу в енергетичні системи США та Європи.

Природний газ почав застосовуватися в котлах та теплогенераторах у промислових масштабах після того, як були збудовані масштабні інфраструктури для транспортування газу через трубопроводи, а також після значного розвитку технологій згоряння, що дозволяли ефективно використовувати газ в котлах. [9]

Основною причиною такого переходу стала необхідність зменшення забруднення, що виникало від спалювання вугілля, а також високий енергетичний потенціал природного газу і його більша економічна вигода в порівнянні з іншими традиційними видами палива.

Технічні й економічні можливості природного газу зробили його популярним вибором для електростанцій, теплотехнічних установок і теплоелектроцентралей, що продовжувалось у наступні десятиліття. [5]

Перехід до використання природного газу як палива для ТЕЦ є важливим етапом у модернізації енергетичних систем. Він має кілька ключових переваг, зокрема:

1. Зниження викидів: Природний газ є більш чистим видом палива порівняно з вугіллям чи нафтою, оскільки його згоряння спричиняє менше викидів вуглекислого газу, сірчистих та азотистих сполук. Це допомагає знизити забруднення повітря та покращити екологічну ситуацію.

2. Збільшення ефективності: ТЕЦ, що працюють на природному газі, можуть мати вищу теплотворну здатність та ефективність у порівнянні з тими, що використовують вугілля, оскільки природний газ згорає при більш високих температурах і має менше домішок.

3. Гнучкість постачання: Природний газ часто постачається через трубопроводи або у вигляді скрапленого газу (LNG), що дозволяє мати гнучкість у постачанні та забезпеченні стабільних енергетичних ресурсів.

4. Відмова від вугілля: У країнах, що прагнуть зменшити залежність від вугілля та знизити рівень викидів, перехід до природного газу є важливим кроком на шляху до декарбонізації енергетичних систем.

5. Економічні аспекти: Перехід на природний газ може бути економічно вигідним, оскільки він часто дешевший за вугілля на ринку в умовах високих цін на вуглецеві викиди. [10]

Проте є й певні виклики:

- Інфраструктурні зміни: Перехід вимагає значних інвестицій у модернізацію котлів, турбін та інших компонентів ТЕЦ, щоб адаптувати їх до роботи на природному газі.

- Залежність від імпорту: У країнах, які не мають достатньо власних запасів природного газу, існує залежність від імпорту, що може бути економічно та політично вразливим.

- Ціни на газ: Коливання цін на природний газ на міжнародних ринках можуть впливати на стабільність енергетичної системи.

Загалом, перехід до природного газу є важливим кроком для зниження екологічного впливу енергетики, але він потребує комплексного підходу, який включає не тільки технічні, але й економічні та політичні аспекти. [14]

Історія автоматизації газових пальників розпочалася з розвитку технологій горіння та потреби в безпеці й ефективності в промислових процесах. Ключовими етапами автоматизації газових пальників вважаються такі періоди:

### **1. Початки автоматизації (кінця 19 - початок 20 століття)**

- Ранні системи: У 19 столітті автоматизація була обмеженою, і управління пальниками здебільшого здійснювалося вручну. Проте, зростаючий попит на газ

для освітлення та опалення спонукав до розвитку технологій.

- Перші регулятори: Поява механічних регуляторів тиску та температури дозволила більш точно контролювати подачу газу, що покращило ефективність горіння.

## **2. Промислова автоматизація (1930-ті - 1950-ті роки)**

- Системи управління: З розвитком промисловості почали з'являтися автоматизовані системи управління для контролю за газовими пальниками. Використовувалися прості електричні схеми та механічні пристрої.

- Безпека: Введення систем безпеки, таких як автоматичні клапани, що запобігають витокам газу, стало важливим аспектом автоматизації.

## **3. Розвиток технологій (1960-ті - 1980-ті роки)**

- Системи PLC: З появою програмованих логічних контролерів (PLC) автоматизація газових пальників стала більш гнучкою та ефективною. Це дозволило реалізувати складні алгоритми управління.

- Моніторинг: Інтеграція датчиків для моніторингу температури, тиску та витрати газу дозволила підвищити точність регулювання та ефективність роботи пальників.

## **4. Сучасні технології (1990-ті - сьогодні)**

- Комп'ютерні системи: Сучасні системи автоматизації використовують комп'ютеризовані контролери, що дозволяють здійснювати детальний аналіз даних і оптимізацію процесів.

- Енергетична ефективність: Впровадження нових технологій, таких як інтелектуальні алгоритми управління, дозволяє значно знизити споживання енергії та зменшити викиди забруднюючих речовин.

- Системи дистанційного управління: Сучасні технології також забезпечують можливість віддаленого моніторингу та управління газовими пальниками через інтернет.

Історія автоматизації газових пальників відзначена постійним розвитком технологій, що забезпечують безпеку, ефективність і гнучкість у промислових

процесах. Сучасні системи автоматизації дозволяють не лише підвищити продуктивність, а й зменшити негативний вплив на довкілля.

В сучасних реаліях, головна мета автоматизації роботи котлоагрегатів включає в себе:

1. Підвищення ефективності: Оптимізація споживання пального та зменшення витрат.
2. Зниження викидів: Контроль і зменшення викидів забруднюючих речовин в атмосферу.
3. Покращення безпеки: Автоматичне управління знижує ризик аварій і небезпечних ситуацій.
4. Забезпечення стабільності: Підтримка стабільної роботи котлів в різних режимах навантаження.
5. Дистанційний моніторинг: Можливість контролювати роботу котлів з віддалених точок. [1]

Ці цілі допомагають підвищити економічність та екологічність систем опалення.

Автоматизовані системи управління (АСУ) котла призначені для моніторингу та регулювання його роботи в реальному часі. Ось деякі ключові аспекти:

1. **Адаптивні алгоритми**: Системи можуть використовувати алгоритми для адаптації режимів роботи котла відповідно до змін у попиті на тепло, температури зовнішнього середовища чи характеристик пального.
- Прогнозування попиту: АСУ може аналізувати дані про споживання тепла, адаптуючи роботу котла до змін у попиті (наприклад, в холодну пору року).
  - Самообслуговування: Системи можуть автоматично налаштовуватися в залежності від змін у зовнішніх умовах, таких як температура повітря або

вологість.

2. **Контроль горіння:** АСУ регулює співвідношення повітря і пального, щоб забезпечити оптимальні умови горіння. Це зменшує викиди та підвищує ефективність.
  - Регулювання співвідношення повітря та пального: Системи автоматично налаштовують подачу повітря в залежності від режиму роботи котла, що забезпечує оптимальні умови горіння.
  - Системи контролю наявності полум'я: Датчики контролюють наявність та стабільність полум'я, запобігаючи небезпечним ситуаціям, таким як вибухи або неповне згорання.
3. **Давачі та сенсори:** АСУ використовують різноманітні датчики для вимірювання температури, тиску, витрати газу та води. Це дозволяє постійно контролювати параметри роботи котла.
  - Температурні датчики: Вимірюють температуру води на вході та виході, а також температуру димових газів. Це допомагає контролювати ефективність теплообміну.
  - Давачі тиску: Контролюють тиск у котлі та в системі, що дозволяє запобігати аваріям та забезпечувати безпечну експлуатацію.
  - Витратоміри: Вимірюють витрату газу та води, що дозволяє точно регулювати подачу пального і охолоджуючої рідини.
4. **Моніторинг у реальному часі:** АСУ надають дані про стан системи, дозволяючи оператору здійснювати корективи та реагувати на непередбачені ситуації.
  - Дані в реальному часі: АСУ забезпечують операторів актуальною інформацією про стан котла, що дозволяє швидко реагувати на відхилення від нормальних показників.
  - Сповіщення та аварійні сигнали: У разі виявлення несправностей або аварійних ситуацій система автоматично повідомляє операторів.
5. **Дистанційне управління:** Багато сучасних систем дозволяють

управляти котлом з віддалених точок, що забезпечує зручність і оперативність у реагуванні.

- Веб-інтерфейси та мобільні додатки: Багато систем пропонують можливість віддаленого моніторингу та управління через інтернет, що дозволяє здійснювати контроль з будь-якої точки.
  - Автоматизовані звіти: Оператори можуть отримувати регулярні звіти про роботу котла, що спрощує планування обслуговування.
- 6. Системи аналізу даних:** АСУ можуть збирати та аналізувати дані для виявлення тенденцій, що допомагає у прийнятті рішень щодо обслуговування та модернізації.
- Збір і зберігання даних: АСУ можуть зберігати історичні дані для аналізу, що дозволяє виявляти тенденції та коригувати параметри роботи.
  - Аналітика та прогнози: Використовуючи аналітичні інструменти, можна прогнозувати необхідність технічного обслуговування, що знижує ризик несправностей.

Всі ці елементи дозволяють автоматизованим системам управління значно покращити ефективність і безпеку роботи котлів, а також зменшити витрати на енергію та вплив на навколишнє середовище. [17]

Вимоги до систем автоматизації роботи котлів охоплюють різні аспекти, що забезпечують їх ефективність, безпеку та надійність. Основні вимоги включають:

#### 1. Безпека

- Аварійні системи: Системи повинні автоматично відключати котел у разі виявлення небезпечних умов (наприклад, витік газу або підвищення тиску).
- Детектори: Встановлення датчиків для виявлення аномалій, таких як перегрів або зниження тиску.

#### 2. Надійність

- Стабільність роботи: Системи повинні працювати без збоїв,

забезпечуючи постійний контроль і моніторинг параметрів.

- Резервування: Наявність резервних елементів для критичних компонентів системи.

### 3. Ефективність

- Оптимізація процесів: Системи повинні забезпечувати максимальну ефективність споживання пального та зменшувати витрати на енергію.

- Контроль горіння: Можливість регулювання співвідношення повітря та пального для досягнення оптимальних умов спалювання.

### 4. Зручність управління

- Інтерфейси: Інтуїтивно зрозумілі користувацькі інтерфейси для моніторингу та налаштування системи.

- Дистанційний доступ: Можливість управління та моніторингу котла з віддалених позицій через веб-інтерфейси або мобільні додатки.

### 5. Сумісність

- Інтеграція: Системи автоматизації повинні бути сумісні з існуючими елементами котельного обладнання та іншими системами управління.

### 6. Моніторинг та звітність

- Збір даних: Системи повинні збирати та зберігати дані про роботу котлів для подальшого аналізу.

- Звіти: Можливість генерування звітів про ефективність роботи, викиди та обслуговування.

### 7. Екологічні вимоги

- Контроль викидів: Системи повинні забезпечувати контроль за викидами забруднюючих речовин і відповідати екологічним нормам.

### 8. Технічне обслуговування

- Легкість обслуговування: Системи повинні бути спроектовані таким чином, щоб спростити процеси технічного обслуговування та ремонту.

Дотримання цих вимог дозволяє забезпечити ефективну, безпечну та екологічну роботу котлів. [13]

Структура систем автоматизації роботи котлів зазвичай складається з кількох ключових компонентів (сенсорна частина, контролер, активаційна частина, системи управління, системи зв'язку, аварійні системи, обслуговування і підтримка), які забезпечують ефективне управління, моніторинг та контроль. Розглянемо більш детально ці основні елементи структури систем автоматизації:

#### 1. Сенсорна частина

- Давачі: Вимірюють параметри, такі як температура, тиск, витрата пального, рівень води та вміст кисню у вихлопних газах.
- Аналізатори: Використовуються для вимірювання хімічного складу викидів, зокрема вмісту забруднюючих речовин.

#### 2. Контролер

- Програмовані логічні контролери (PLC): Основний елемент управління, який обробляє дані з сенсорної частини, виконує алгоритми управління і передає команди на виконання.
- Мікропроцесори: Використовуються для реалізації складніших функцій управління і моніторингу.

#### 3. Активаційна частина

- Регулятори: Включають елементи, що регулюють подачу пального, повітря та охолоджуючої рідини.
- Сервоприводи: Забезпечують механічне виконання команд контролера, такі як відкриття/закриття клапанів.

#### 4. Системи управління

- Панелі управління: Інтерфейси для операторів, які дозволяють контролювати роботу системи, переглядати дані та налаштовувати параметри.
- Програмне забезпечення: Використовується для моніторингу, управління та аналізу даних, а також для візуалізації роботи котлів.

#### 5. Системи зв'язку

- Системи збору даних: Використовують протоколи зв'язку для передачі даних з сенсорів до контролерів і від контролерів до панелей управління.

- Дистанційний доступ: Технології для забезпечення доступу до системи з віддалених позицій, що дозволяє моніторити та управляти котлом через Інтернет.

#### 6. Аварійні системи

- Датчики безпеки: Виявляють небезпечні умови (наприклад, витік газу або перегрів) і автоматично відключають котел.

- Системи сигналізації: Сповіщають операторів про аварійні ситуації або відхилення від нормальних умов роботи.

#### 7. Обслуговування і підтримка

- Моніторинг стану: Системи, які аналізують дані для прогнозування потреби в технічному обслуговуванні.

- Інструменти для обслуговування: Програмне забезпечення для управління планами обслуговування та ремонту.

Ця структура забезпечує комплексне управління та контроль за роботою котлів, що сприяє підвищенню їх ефективності та безпеки.

Ключовим елементом в системах автоматизації газових котлів є блок регулювання. Він є відповідальним за управління процесами горіння, забезпечення безпеки та підтримку оптимальних умов роботи котла. Ось основні функції та компоненти блоку регулювання:

### **Основні функції**

1. Автоматичне регулювання: Блок регулювання контролює подачу газу та повітря до пальників, забезпечуючи оптимальне співвідношення для ефективного горіння.

2. Моніторинг параметрів: Постійний моніторинг температури, тиску, витрат пального та інших важливих показників для забезпечення безпеки і ефективності.

3. Аварійні системи: Блок регулювання включає функції виявлення та

реагування на аварійні ситуації, такі як перевищення тиску, витоки газу або відхилення від заданих параметрів.

4. Дистанційний контроль: Сучасні системи часто включають можливість віддаленого моніторингу і управління через інтернет.

## **Основні компоненти**

### 1. Давачі:

- Температурні давачі: Вимірюють температуру в котлі та системах.
- Давачі тиску: Контролюють тиск газу і води.
- Флоуметри: Вимірюють витрату пального.

### 2. Контролери:

- Програмовані логічні контролери (PLC) відповідають за обробку даних з датчиків і управління виконавчими механізмами.

### 3. Сервоприводи та клапани:

- Використовуються для регулювання подачі газу і повітря в систему, а також для управління відводом відпрацьованих газів.

### 4. Інтерфейси користувача:

- Пульти управління або графічні інтерфейси для спостереження за роботою системи і налаштування параметрів.

### 5. Системи безпеки:

- Включають аварійні клапани, сигналізації та системи для автоматичного відключення котла в разі небезпечних умов.

Блок регулювання систем автоматизації газових котлів є складним і критично важливим елементом, що забезпечує безпечну та ефективну експлуатацію. Сучасні технології дозволяють досягти високого рівня автоматизації, зменшуючи ризики і підвищуючи продуктивність.

Серед останніх досягнень у сфері автоматизації газових котлів виділяються

наступні:

- Інтелектуальні системи управління: Використання штучного інтелекту та машинного навчання для адаптації роботи котлів до змінюваних умов. Ці системи можуть передбачати попит на тепло та регулювати роботу котла для досягнення максимального ККД.

- Системи дистанційного моніторингу: Розвиток IoT-технологій дозволяє моніторити роботу котлів у реальному часі з будь-якої точки. Це забезпечує зручний доступ до даних та оперативне реагування на зміни.

- Автоматизація обслуговування: Нові рішення, які дозволяють проводити автоматизовану діагностику та прогнозувати потребу в технічному обслуговуванні на основі аналітики даних.

- Енергоефективні рішення: Впровадження технологій, що дозволяють використовувати відновлювальні джерела енергії в комбінації з газовими котлами, наприклад, інтеграція з сонячними панелями.

- Системи виявлення та запобігання аваріям: Сучасні системи забезпечують проактивний контроль за безпекою, виявляючи потенційні небезпечні ситуації та автоматично коригуючи роботу котла.

Ці досягнення допомагають підвищити ефективність, безпеку та екологічність роботи газових котлів. [3]

## РОЗДІЛ 3

### Регулювання та контроль процесів горіння природного газу

## РОЗДІЛ 3

### Регулювання та контроль процесів горіння природного газу

Найбільше значення для економіки має природний газ, що являє собою суміш газів, яка видобувається з надр землі і складається в основному з метану та важких вуглеводнів.

Розрізняють два основних види газів:

А) гази вулканічного походження. Ці гази в основному складаються з метану (94% і вище) і зветься сухими;

Б) попутні гази (нафтопромислові) одержують при розробці нафтових родовищ. Нафта в глибинах землі знаходиться під тиском, при виході її із свердловини тиск знижується, що призводить до виділення розчинених у нафті газів. Їх кількість складає 10-15% маси нафти. Основним вуглеводнем цих газів також є метан, однак, крім нього до складу горючої частини відносяться етан, пропан, бутан та інші важкі вуглеводні. Попутні гази інколи називають жирними газами.

Приблизний склад природних газів наведено у таблиці 4.

Таблиця 4 - Приблизний склад природних і попутних газів різних родо-

вищ колишнього СРСР

Родовище	Склад газу, % (об'єми.)							Теплота згорання, МДж/м <sup>3</sup>
	СН <sub>4</sub>	С <sub>2</sub> Н <sub>6</sub>	С <sub>3</sub> Н <sub>8</sub>	С <sub>4</sub> Н <sub>10</sub>	С <sub>5</sub> Н <sub>12</sub>	СО <sub>2</sub>	Н <sub>2</sub>	
Природний газ								
Дашавське	98,3	0,30	0,12	0,15	-	0,10	1,03	35,8
Шебелинське	93,5	4,00	1,00	0,50	0,5	0,10	0,4	38,3
Червоножовтнев	78,3	6,40	1,80	-	-	0,7	12,8	34,0
Елшанське	92,2	2,80	0,70	0,5	-	0,30	3,5	36,0
Березовське	95,1	1,10	0,30	0,08	-	0,40	3,0	35,1
Попутний газ								
Туймазинське	39,5	20,0	18,5	7,7	4,3	0,4	10,0	59,4
Муханівське	57,5	15,0	11,0	8,0	4,0	1,5	3,0	56,0
Ромашкінське	40,0	19,5	18,0	7,5	4,9	0,1	3,3	60,0

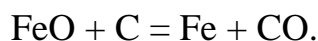
Як видно з табл. 4, баласт природного газового палива представляється азотом та вуглекислим газом, однак їх сумарний склад не великий.

Природний газ доставляють до районів споживання за допомогою магістральних газопроводів. Попутний газ піддають зрідженню і у вигляді пропан-бутанової суміші перевозять у спеціальних цистернах. [4]

Із штучних газів найбільше значення мають коксовий і доменний газ. Коксовий газ одержують як побічний продукт процесу коксування. Зжятий сирий газ містить пару смол, аміак, сірководень, які уловлюють при первинній очистці газу. Газ, що пройшов первинну очистку, зветь зворотним. Зворотний газ піддають додатковому очищенню для вилучення з нього ціану, окису азоту та сірки. Одержаний газ зветь очищеним коксовим газом. В умовах Дніпродзержинського промвузла очищений газ направляють до об'єднання "Азот", де з нього вилучають водень, що призводить до підвищення теплоти згорання газу. Такий газ зветь багатим коксовим газом і використовують для спалювання у промислових печах. Теплота згорання багатого газу складає в середньому  $Q^A = 20$  МДж/м<sup>3</sup>. Достатньо висока теплота згорання та добра випромінювальна здатність факелу обумовлюють цінність цього газу для металургійної

промисловості.

Доменний газ є побічним продуктом виробництва при плавці чавуну у доменних печах. Доменний газ утворюється внаслідок горіння коксу у шарі великої товщини. Продукти згорання, що проходять крізь шар шихти, утворюють доменний газ, склад якого обумовлюють реакції



Приблизний склад газу такий, % об'ємних:

$\text{CO} = 29 - 30$ ;  $\text{CH}_4 = 0,1 - 0,4$ ;  $\text{H}_2 = 1,5 - 2,5$ ;  $\text{CO}_2 = 10 - 12$ ;  $\text{N}_2 = 56 - 58$ .

Внаслідок того, що газ забаластований азотом і вуглекислим газом, його теплота згорання мала і складає  $3,7 - 4$  МДж/м<sup>3</sup>. Доменний газ використовують для власних потреб на металургійних заводах.

Під спалюванням палива розуміють сукупність фізичних та хімічних процесів внаслідок яких відбувається змішування палива з повітрям, займання та стале горіння палива.

Газове паливо спалюють факельним методом.

Факел - це горюча струмина газу, що має геометричну форму.

Газові факели поділяють за наступними ознаками:

а) за способом утворення горючої суміші - кінетичний, дифузійний, проміжний;

б) у залежності від режиму руху - ламінарний та турбулентний;

в) за геометрією - вільний та обмежений факел;

г) за аеродинамічною схемою руху - зустрічний та супутній факел.

Розглянемо більш детально ці ознаки.

а) При спалюванні газів у повітряному потоці можливо горіння як попередньо підготовленої суміші, так і не перемішаних газу та повітря.

У першому випадку одержуємо кінетичний факел, у другому - дифузійний.

Можливий і проміжний варіант, коли здійснюється часткове

перемішування газу з повітрям.

б) Режим руху газів визначається критерієм  $Re$

При  $Re < 2300$  - режим ламінарний,  $Re > 2300$  - турбулентний.

в) Якщо поперечні розміри топкового простору перевищують радіальні розміри факелу, то останній зветься вільним.

Але якщо стінки топки заважають розвитку факелу, то такий факел зветься обмеженим.

г) Факел, що формується у середовищі, яке рухається паралельно і в напрямку його руху, розуміють як супутній факел; зустрічний факел формується у середовищі, що рухається під кутом до напрямку його руху.

#### Кінетичний факел

Горіння попередньо підготовленої газоповітряної суміші відбувається внаслідок поширювання у ній полум'я. В залежності від режиму руху суміші розрізняють ламінарний і турбулентний факел.

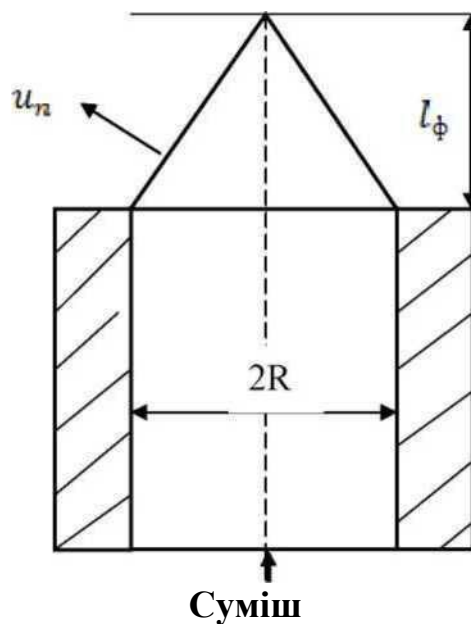
Ламінарний факел можна одержати при направленні струменя суміші вертикально угору. Це робиться, щоб запобігти деформації (турбулізації) факелу внаслідок дії продуктів згорання.

При цьому горючий струмінь набуває форму конуса.

— довжина факелу

$W$ - швидкість витікання суміші;

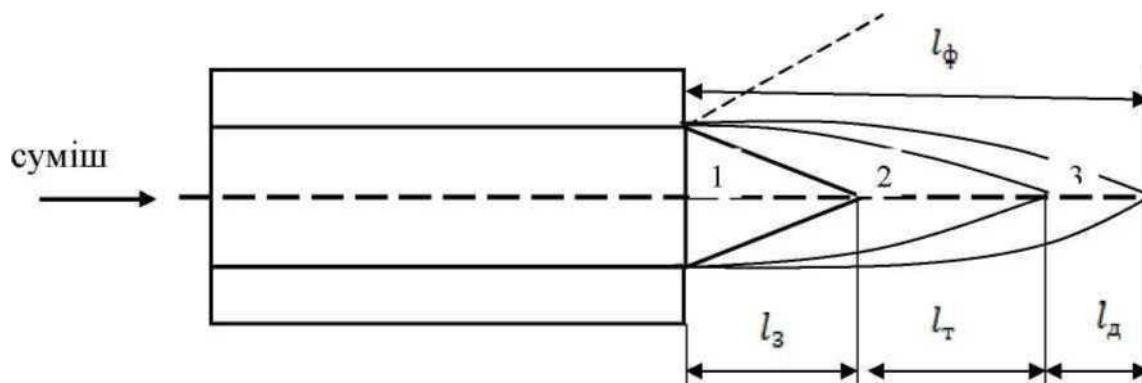
$1\epsilon$ -- швидкість нормального поширювання полум'я.



**Рисунок 3 - Схема ламінарного кінетичного факелу**

Спалювання підготовленої суміші протікає за наступною схемою: полум'я поширюється від периферії струменю до центру і одночасно зноситься потоком, внаслідок чого досягає осі струменя на деякій відстані від устя сопла, утворюючи конусоподібний факел.

Схема турбулентного кінетичного факелу наведена на рис.11.2



**Рисунок 4 - Схема турбулентного кінетичного факелу**

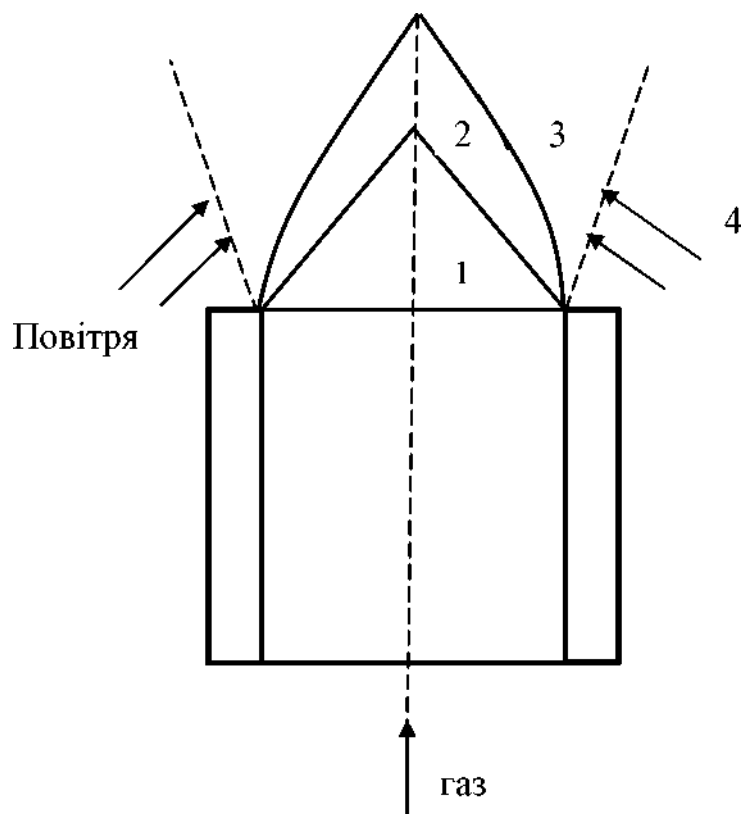
Тут можна виділити 3 зони: 1- зона займання, тобто та зона, де полум'я вперше досягає осі струменя; 2 - зона турбулентного горіння; 3 - зона догорання.

**Дифузійний факел**

У дифузійному факелі сумішоутворення і горіння протікають одночасно у реакційному об'ємі, тому швидкість вигорання будуть обмежувати саме процеси утворення суміші. Дифузійний факел завжди має більшу довжину, ніж

кінетичний. Але змінюючи інтенсивність сумішоутворення можна змінювати довжину факелу, що дуже важливо для технологічних процесів. [4]

Ламінарний дифузійний факел можна одержати, якщо струмину газу направити з невеликою швидкістю ( $Re < 2300$ ) угору.



**Рисунок 5 - Схема ламінарного факелу**

Газ, що витікає із сопла за допомогою молекулярної дифузії змішується з киснем повітря, одержана горюча суміш при запалюванні утворює конусоподібний факел.

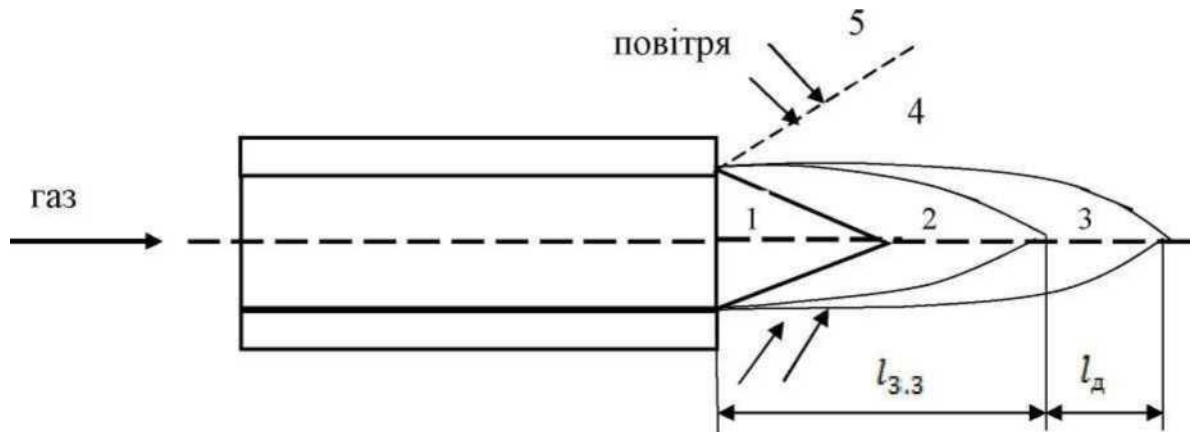
У структурі факелу можна виділити 4 зони:

1 зона - конус чистого газу; 2 - зона суміші газу з продуктами згорання;  
3 - суміш повітря з продуктами згорання; 4 - зона повітря.

У ламінарному дифузійному факелі максимальна температура досягається у зоні горіння. Витікаючи із сопла газ до надходження у зону горіння нагрівається за рахунок теплоти, що поширюється шляхом теплопровідності, а також внаслідок дифузії продуктів згорання. [2]

Інтенсивність дифузійного спалювання буде залежати від інтенсивності сумішоутворення. [4]

Відомо, що масообмін у турбулентних потоках протікає більш інтенсивно, ніж у ламінарних, тому на практиці застосовують переважно турбулентний факел.



**Рисунок 6 - Схема турбулентного дифузійного факелу**

У структурі цього факелу можна виділити 5 зон:

1 - чистий газ; 2 - газ і продукти згорання; 3 - полум'я і продукти згорання; 4 - продукти згорання і повітря; 5 - повітря.

де  $l_{з.з}$  - довжина зони займання;  $l_{д}$  - довжина зони догорання.

При роботі пальників можливі два види нестійкості горіння: проскок полум'я в пальник і відрив полум'я від пальника.

Проскакування полум'я - це переміщення фронту полум'я з топки в пальник, при якому горіння палива починається безпосередньо в пальнику. При проскоке полум'я в пальник утворюються продукти неповного згорання палива, пальник розжарюється і може вийти з ладу. [7]

Відрив полум'я - це переміщення фронту полум'я від вихідного отвору пальника у напрямку руху газоповітряної суміші, що супроводжується згасанням. Відрив призводить до наповнення топки газоповітряною сумішшю, а потім до хлопку або вибуху. Відрив полум'я може статися при будь-якому принципі спалювання палива. Проскакування полум'я в пальник неможливе при дифузійному принципі спалювання.

Проскакування полум'я для пальників з попереднім змішуванням

відбувається, якщо швидкість виходу газоповітряної суміші менше швидкості поширення полум'я. [2]

Відрив полум'я від пальників будь-якого типу відбувається в тому випадку, коли швидкість виходу газу або газоповітряної суміші більше швидкості поширення полум'я. [19]

З цього випливає, що при збільшенні подачі повітря в пальник створюється суміш, бідніша газом, здатна горіти швидше і викликати проскок полум'я усередину пальника. Тому при збільшенні навантаження, спочатку збільшується подача газу, а потім повітря, а при зменшенні навантаження навпаки - спочатку зменшується подача повітря, а потім газу. З цієї причини в момент пуску пальників повітря не повинно в них надходити і запалювання газу проводиться в дифузійному режимі за рахунок повітря, що надходить в топку, з подальшим переходом на подачу повітря в пальник. [5]

Причинами відриву факела від пальника можуть бути різке підвищення тиску газу або повітря, порушення співвідношення газ-повітря, різке збільшення розрідження на виході з топки, робота пальника за межами, зазначеними в паспорті. [3]

Причинами проскоку полум'я в пальник можуть бути зниження тиску газу або повітря, зменшення продуктивності пальників з попереднім змішуванням газу і повітря нижче значень, зазначених в паспорті.

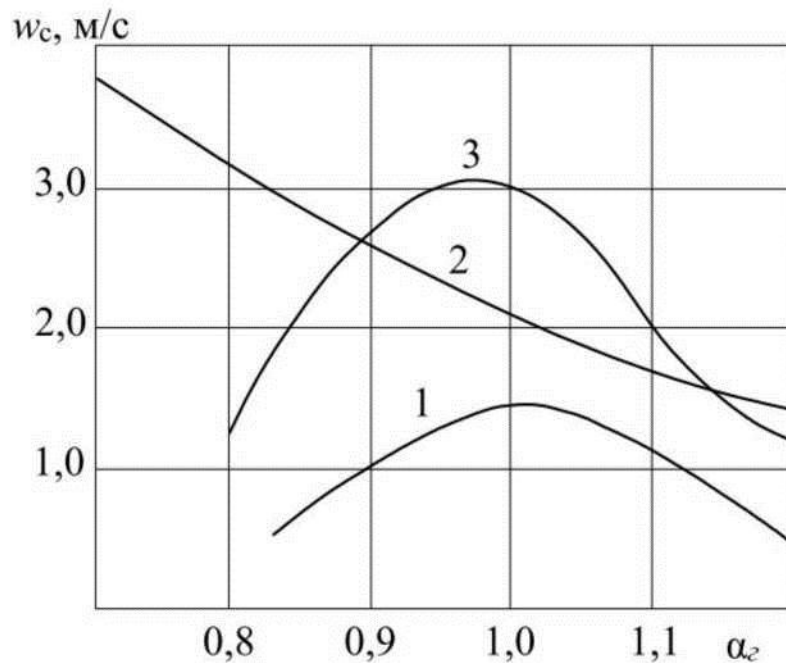
При проскоку полум'я необхідно відрегулювати роботу пальника, змінюючи співвідношення газ-повітря. [4]

При відриві полум'я проводиться аварійна зупинка котла.

На рис.7 в якості прикладу наведені криві, що показують межі відривання та проскакування полум'я при спалюванні природного газу в залежності від величини надлишку повітря для інжекційного пальника середнього тиску з діаметром насадки 35 мм [23]. Приведені криві відповідають межах стійкого горіння при роботі пальника в атмосферних умовах, тобто без стабілізації горіння, при спалюванні газу в топковій камері зі стабілізатором крива 2

показує, при яких швидкостях  $w_{с}$  спостерігається для різних газоповітряних сумішей відривання полум'я від гирла пальника, а крива 1 - за яких швидкостях спостерігається проскакування полум'я. З

малюнка видно, що при коефіцієнті надлишку повітря  $\alpha_2 = 1,1$  пальник може працювати тільки у вузькому діапазоні швидкостей - від 1,15 до 1,75 м/с.



*Рис. 7 Межі відривання та проскакування полум'я для пальника середнього тиску з діаметром насадки 35 мм.*

*При спалюванні газу в атмосфері повітря: 1 - проскакування, 2 - відрив, при спалюванні газу в топковій камері з тунелем: 3 - проскакування*

Регулювання процесів спалювання природного газу є ключовим для забезпечення ефективності, безпеки та екологічності. Ось основні аспекти цього процесу:

#### 1. Оптимальне співвідношення повітря та газу

- Суміш: Для ефективного спалювання важливо підтримувати оптимальне співвідношення повітря до газу (стехіометричне співвідношення), яке забезпечує повне згоряння пального.

- Датчики: Використовуються датчики для моніторингу вмісту кисню та

CO у вихлопних газах, що дозволяє коригувати подачу повітря та газу. [5]

## 2. Регулятори тиску та витрати

- Регулятори тиску: Забезпечують стабільний тиск газу на вході в котел, що важливо для рівномірного спалювання.
- Витратоміри: Контролюють обсяг поданого газу, забезпечуючи точне дозування.

## 3. Системи автоматизації

- Автоматичні контролери: Використовують алгоритми для адаптації параметрів горіння в реальному часі, реагуючи на зміни в умовах навколишнього середовища або в попиті на тепло.
- Дистанційний моніторинг: Дозволяє операторам контролювати та налаштовувати процеси спалювання з віддалених позицій.

## 4. Управління температурою

- Регулювання подачі пального: Контроль температури в камері згорання важливий для оптимізації процесу спалювання та запобігання перегріву.
- Системи охолодження: Можуть бути інтегровані для підтримки безпечних температурних режимів.

## 5. Контроль викидів

- Фільтри та каталітичні конвертери: Зменшують викиди оксидів азоту (NO<sub>x</sub>) та інших забруднюючих речовин, що виникають під час спалювання.
- Моніторинг: Системи контролю викидів, що використовують датчики

для вимірювання рівнів забруднюючих речовин у димових газах.

## 6. Безпека

- Аварійні системи: Включають автоматичне відключення подачі газу у разі виявлення небезпечних умов (наприклад, зниження тиску або відхилення температури).

- Системи детекції: Виявлення витоків газу та інших аварійних ситуацій для забезпечення безпеки експлуатації.

Ці елементи сприяють підвищенню ефективності спалювання природного газу, зменшенню викидів та забезпеченню безпечних умов роботи котлів і промислових установок.

Регулювання роботи газових пальників у котлах може стикатися з різними проблемами. Ось основні з них:

### 1. Нестабільне полум'я

- Причини: Неправильне співвідношення газу та повітря, зміни тиску газу або повітря.

- Наслідки: Це може призвести до неповного згорання, зниження ККД і підвищення викидів забруднюючих речовин.

### 2. Проблеми з горінням

- Причини: Забруднення пальника, засмічення фільтрів або зношені компоненти.

- Наслідки: Можуть викликати порушення в процесі спалювання, що

веде до збільшення витрат пального та викидів.

### 3. Коливання тиску

- Причини: Зміни в подачі газу, коливання в системі газопостачання.
- Наслідки: Можуть впливати на стабільність роботи пальників і викликати перебої в їхньому функціонуванні.

### 4. Проблеми з автоматизацією

- Причини: Неправильна калібрування датчиків, збої в програмному забезпеченні або вихід з ладу контролерів.
- Наслідки: Це може призвести до помилок в управлінні подачею газу та повітря, що погіршує ефективність спалювання.

### 5. Невірне налаштування пальників

- Причини: Неправильна установка або налаштування приладів регулювання.
- Наслідки: Це може призвести до неефективного горіння, підвищення викидів та зниження ККД.

### 6. Знос та старіння обладнання

- Причини: Тривала експлуатація без регулярного обслуговування.
- Наслідки: Знос компонентів може призвести до їх виходу з ладу та проблем у роботі пальників.

### 7. Екологічні вимоги

- Причини: Зміни в законодавстві або екологічних нормах, які потребують зменшення викидів.
- Наслідки: Необхідність адаптації системи для відповідності новим стандартам може вимагати значних змін у регулюванні.

Рішення цих проблем вимагає регулярного технічного обслуговування, моніторингу стану обладнання, а також можливого впровадження нових технологій для оптимізації процесів спалювання. [1]

Багато з цих проблем виникає через застарілість самої системи газопостачання і неспроможність її забезпечити стабільну подачу газу заданих параметрів до споживаючого обладнання.

Для забезпечення стабільної подачі газу до котлів або інших споживачів використовують системи обладнання, які зветься газовими рампами. [17]

Газові рампи забезпечують стабільний тиск газу перед пальником і його подачу в необхідній кількості. При необхідності і при виникненні аварійної ситуації газова рампа забезпечує герметичне відключення подачі газу. Рампи використовуються з газовими або комбінованими пальниками і є їх невід'ємною частиною. [22]

Газові рампи складаються з декількох послідовно сполучених елементів і є повним комплектом газової арматури необхідним для роботи пальника. Газові рампи поставляються в зібраному вигляді.

Розглянемо основні типові схеми газових рамп:

**- Газові пальники максимальною потужністю 50 кВт (тиск підключення газу 10-50 мбар)**

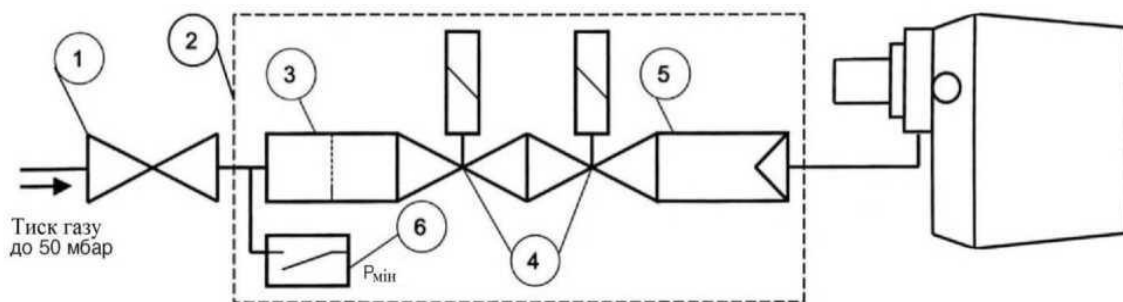


Рис. 8.1

Позначення:

1. Кульовий кран;
2. Багатофункціональний газовий мультиблок;
3. Газовий фільтр;
4. Подвійний магнітний клапан;
5. Регулятор тиску;
6. Реле мінімального тиску газу.

**- Газові пальники максимальною потужністю 50 кВт (тиск підключення 50-300 мбар)**

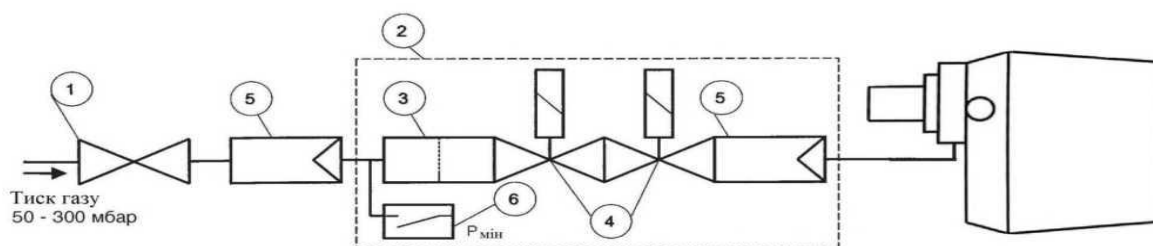


Рис.8.2.

Позначення:

1. Кульовий кран;
2. Багатофункціональний газовий мультиблок;
3. Газовий фільтр;
4. Подвійний магнітний клапан;
5. Регулятор тиску;
6. Реле мінімального тиску газу.

**Газові пальники максимальною потужністю 200 кВт (тиск підключення 10-300 мбар)**

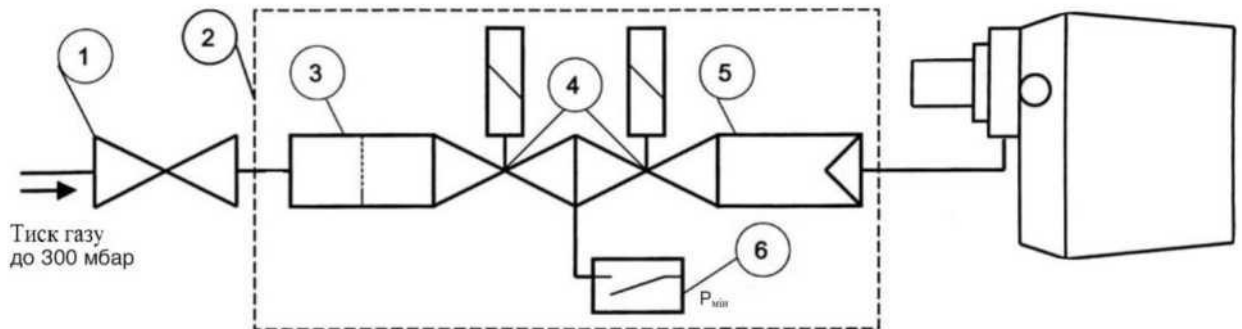


Рис. 8.3.

Позначення:

1. Кульовий кран;
2. Багатофункціональний газовий мультиблок;
3. Газовий фільтр;
4. Подвійний магнітний клапан;
5. Регулятор тиску;
6. Реле мінімального тиску газу.

**Газові пальники максимальною потужністю 550 кВт (тиск підключення 15-300 мбар)**

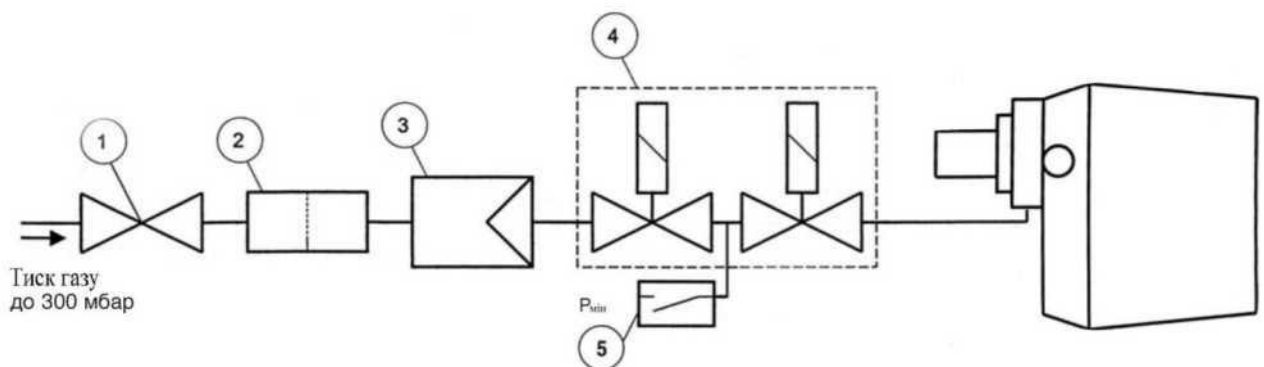


Рис. 8.4.

Позначення:

1. Кульовий кран;
2. Газовий фільтр;
3. Регулятор тиску;
4. Подвійний магнітний клапан;
5. Реле мінімального тиску газу.

**- Газові пальники максимальною потужністю 1750 кВт (тиск підключення 20-300 мбар)**

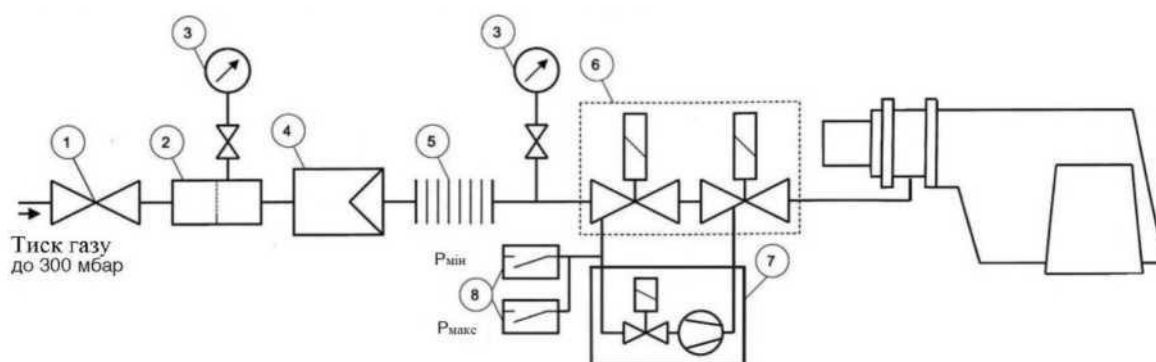


Рис. 8.5

Позначення:

1. Кульбовий кран;
2. Газовий фільтр;
3. Манометр;
4. Регулятор тиску газу;
5. Аксіальний компенсатор;
6. Подвійний магнітний клапан;
7. Контроль герметичності;
8. Реле мінімального та максимального тиску газу.

**Газові пальники максимальною потужністю 1750 кВт (тиск підключення більше 300 мбар)**

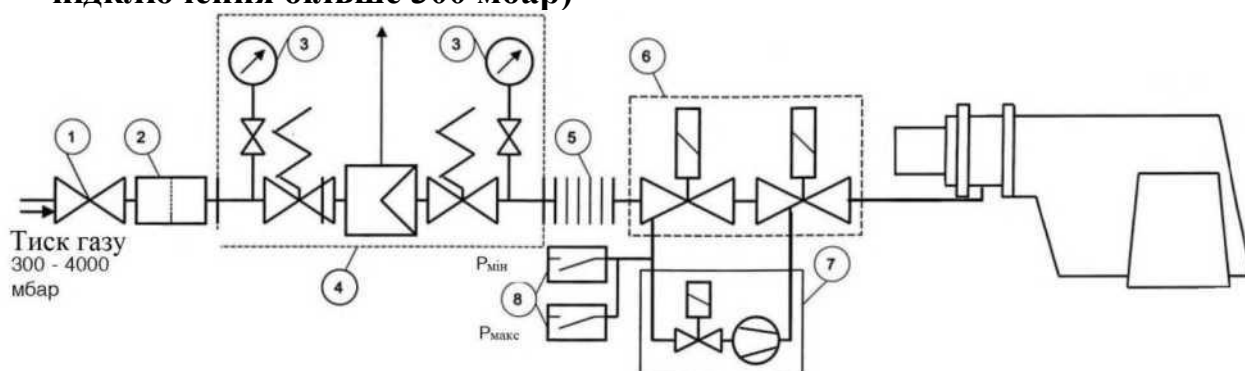


Рис. 8.6.

Позначення:

1. Кульбовий кран;
2. Газовий фільтр;
3. Манометр;

4. Регулятор тиску газу з запобіжними пристроями;
5. Аксиальний компенсатор;
6. Подвійний магнітний клапан;
7. Контроль герметичності;
8. Реле мінімального та максимального тиску газу.

**- Газові пальники максимальною потужністю 4750 кВт (тиск підключення до 300 мбар)**

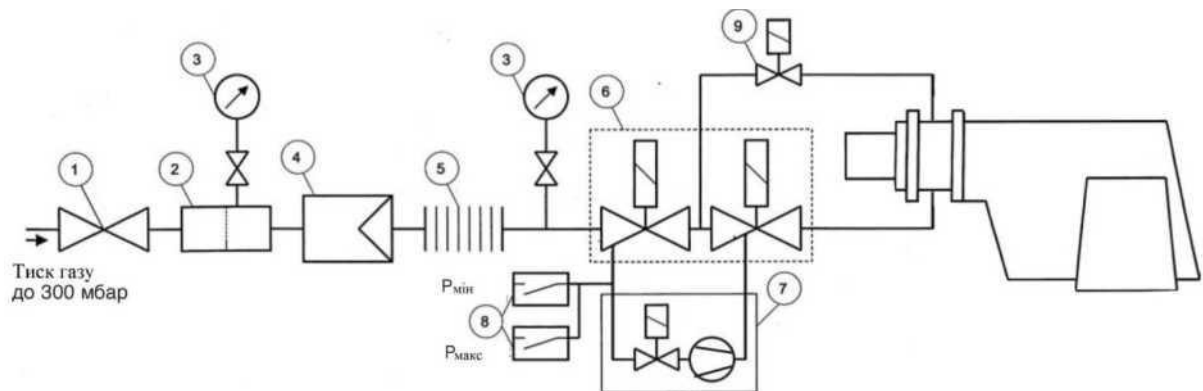


Рис.8.7.

Позначення:

1. Кульовий кран;
2. Газовий фільтр;
3. Манометр;
4. Регулятор тиску газу;
5. Аксиальний компенсатор;
6. Подвійний магнітний клапан;
7. Контроль герметичності;
8. Реле мінімального та максимального тиску газу;
9. Магнітний клапан газу запалювання.

- Газові пальники максимальною потужністю 4750 кВт (тиск підключення більше 300 мбар)

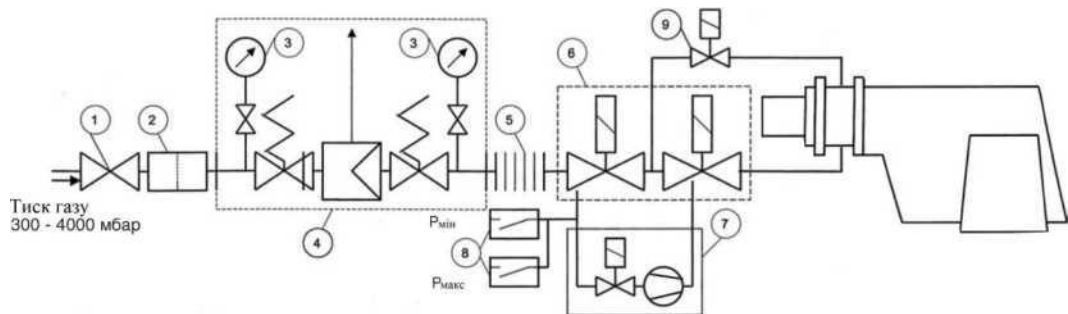


Рис. 8.8.

Позначення:

1. Кульовий кран;
2. Газовий фільтр;
3. Манометр;
4. Регулятор тиску газу з запобіжними пристроями;
5. Аксиальний компенсатор;
6. Подвійний магнітний клапан;
7. Контроль герметичності;
8. Реле мінімального та максимального тиску газу;
9. Магнітний клапан газу запалювання.

- Газові пальники максимальною потужністю 10500 кВт (тиск підключення до 300 мбар)

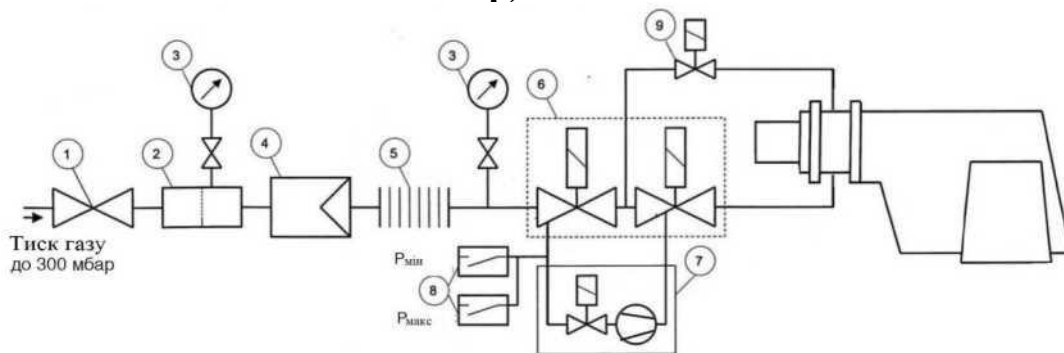


Рис.8.9.

Позначення:

1. Кульовий кран;
2. Газовий фільтр;
3. Манометр;
4. Регулятор тиску газу;
5. Аксиальний компенсатор;
6. Подвійний магнітний клапан;

7. Контроль герметичності;
8. Реле мінімального та максимального тиску газу;
9. Магнітний клапан газу запалювання.

**Газові пальники максимальною потужністю 10500 кВт (тиск підключення більше 300 мбар)**

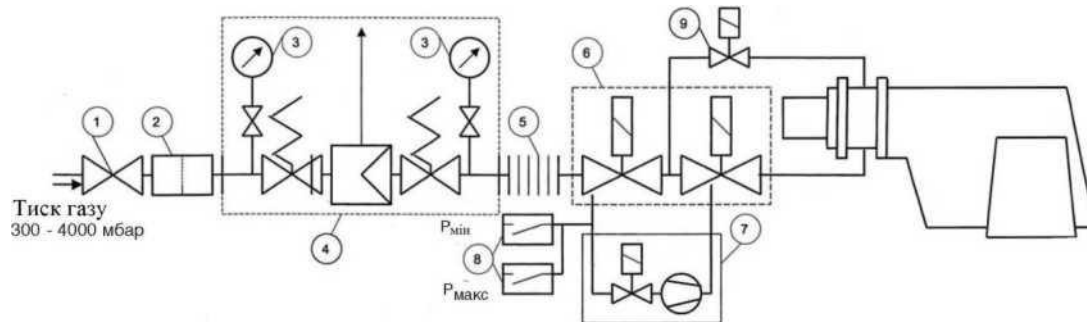


Рис. 8.10.

Позначення:

1. Кульовий кран;
2. Газовий фільтр;
3. Манометр;
4. Регулятор тиску газу з запобіжними пристроями;
5. Аксиальний компенсатор;
6. Подвійний магнітний клапан;
7. Контроль герметичності;
8. Реле мінімального та максимального тиску газу;
9. Магнітний клапан газу запалювання.

**Газові пальники максимальною потужністю 18 000 кВт (тиск підключення газу до 300 мбар)**

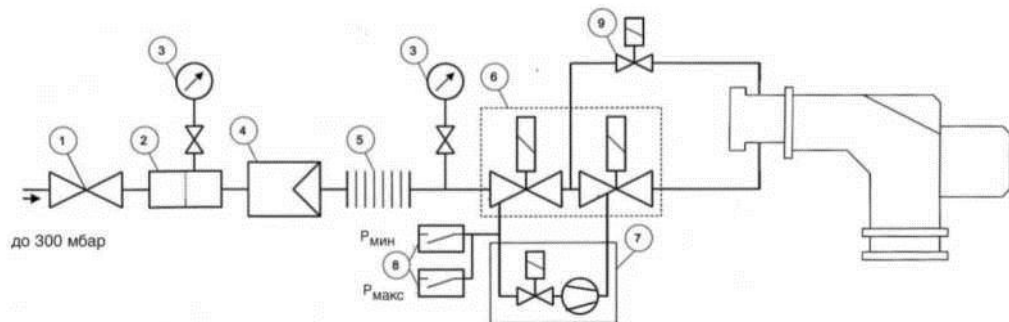


Рис.8.11.

Позначення:

1. Кульовий кран;
2. Газовий фільтр;
3. Манометр;
4. Регулятор тиску газу;
5. Аксиальний компенсатор;
6. Подвійний магнітний клапан;
7. Контроль герметичності;
8. Реле мінімального та максимального тиску газу;
9. Магнітний клапан газу запалювання.

**Газові пальники максимальною потужністю 18 000 кВт (тиск підключення газу більше 300 мбар)**

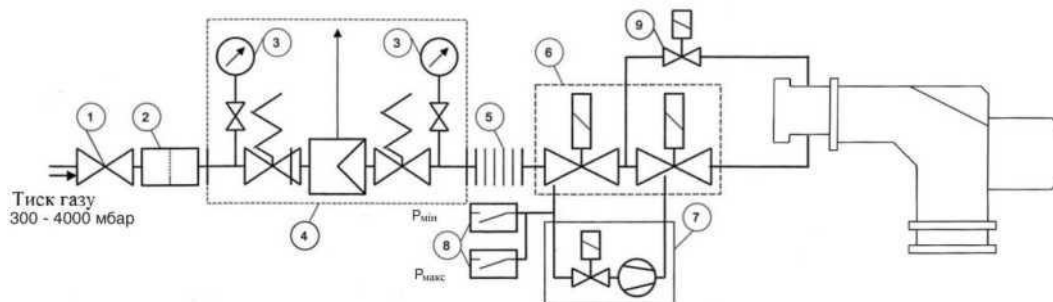


Рис.8.12.

Позначення:

1. Кульовий кран;
2. Газовий фільтр;
3. Манометр;

4. Регулятор тиску газу з запобіжними пристроями;
5. Аксиальний компенсатор;
6. Подвійний магнітний клапан;
7. Контроль герметичності;
8. Реле мінімального та максимального тиску газу;
9. Магнітний клапан газу запалювання.

**- Газові пальники максимальною потужністю 295000 кВт (тиск підключення газу більше 300 мбар)**

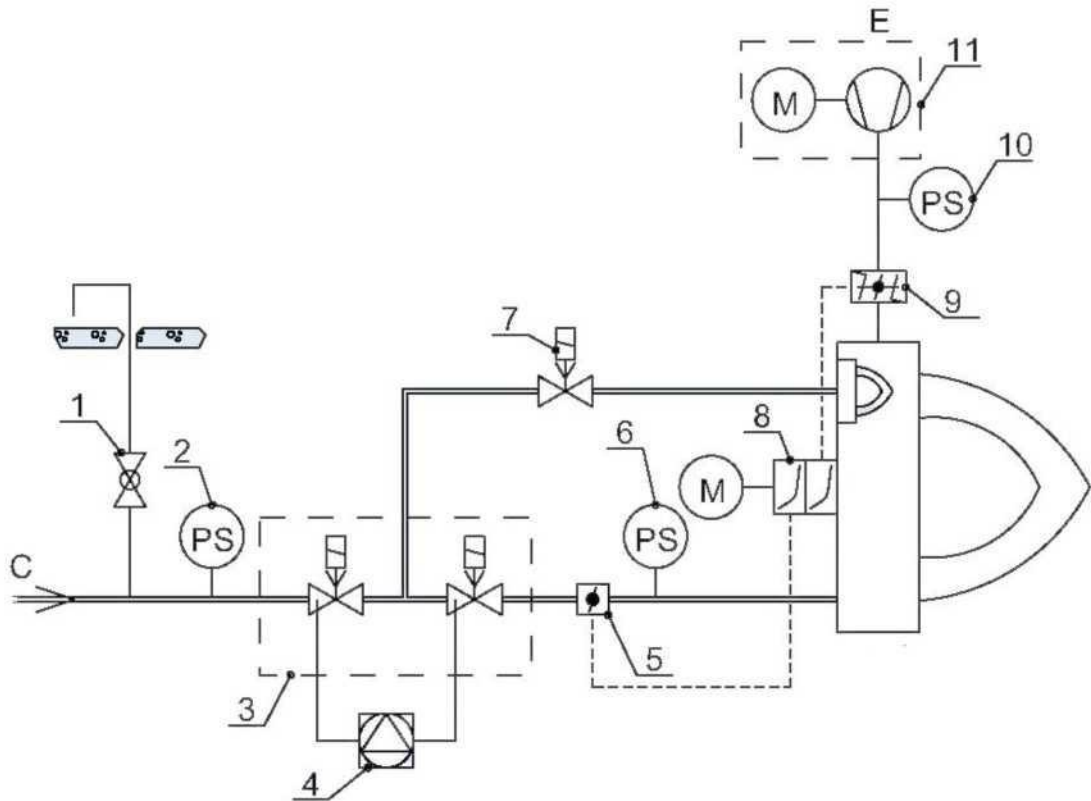


Рис. 8. 13.

Позначення:

1. Кульовий продувочний кран;
2. Реле мінімального тиску газу;
3. Подвійний магнітний клапан;
4. Пристрій контролю герметичності;
5. Регулюючий газовий клапан;
6. Реле максимального тиску газу;
7. Магнітний клапан газу запалювання;
8. Блок регулювання;
9. Повітряна заслінка;
10. Реле тиску повітря;
11. Окремий вентилятор повітря горіння;

С - підвід газу;

Е - повітря для пальника.

Блок контролю герметичності клапанів є обов'язковим пристроєм на рампах, що подають газ до пальника, якщо максимальна паспортна потужність пальника перевищує 1200 кВт.

Блок контролю герметичності працює таким чином: між двома клапанами створюється надмірний тиск приблизно 20 мбар. по відношенню до тиску перед ними. Час перевірки залежить від об'єму, в якому створюється різниця тиску і від тиску перед клапанами, і може мінятися від 10 до 25 секунд. Якщо загорівся жовтий світловий індикатор, це означає, що перевірка герметичності пройшла успішно. Якщо перевірка дала негативний результат, спалахує червоний світловий індикатор і відбувається аварійна зупинка пальника. Пальник буде знаходитися в стані аварійної зупинки до тих пір, поки на блок контролю герметичності подається живлення [20]

Основні компоненти газової рампи включають:

1. Регулятори тиску: Вони контролюють тиск газу, що подається, щоб забезпечити безпечну і стабільну роботу системи.

2. Фільтри: Використовуються для очищення газу від домішок, які можуть пошкодити обладнання або знизити його ефективність.










3. Крани та запірні арматури: Ці елементи дозволяють контролювати подачу газу і забезпечують безпеку системи, дозволяючи швидко відключити подачу в разі необхідності.

4. Давачі та контролери: Встановлюються для моніторингу параметрів газу, таких як тиск і витрата, а також для забезпечення автоматизації управління.

Газова рампа забезпечує надійність і ефективність газопостачання, що є критично важливим для роботи котлів, печей та інших промислових процесів, де використовується газ.

Характеристики сучасної автоматики газових пальників, виробництва найпоширеніших світових брендів, наведено в Таблиці 5

Таблиця 5 Характеристики сучасної автоматики газових пальників

Siemens (Газові клапани VG з приводами SKP)						
Клапан являє собою модульну конструкцію з двох окремих елементів, що дозволяє комбінувати сідло клапана різного діаметру з різними виконавчими механізмами в залежності від поставлених завдань.						
Газові клапани Газові клапани		VGG... 1200 мбар 	VGF... До 600 мбар 	VGH... До 300 мбар 	VGD20... 600 мбар 	VGD40... 700-1000 мбар 
Приводи						
Клапан з функцією відсікання	SKP1... 	- Запобіжне відсікання До 600 мбар - 2200 мбар ста робота, швидке замикання (уповільнене відкривання)				
	SKP2... 	- Працює як регулятор постійного тиску з установочною пружиною. Модуляційна або багатоступінчаста робота, швидке закривання (уповільнене відкривання) - Установка з дистанційним управлінням співвідношення газ / повітря на пальниках з безпосереднім механічним зв'язком				
	SKP5... 	- Працює, як регулятор перепаду тиску. Установка горіння з комбінованими системами рекуперації тепла.				
	SKP7... 	- Працює як регулятор співвідношення тисків. Він контролює тиск газу в залежності від тиску повітря для горіння. Тим самим гарантуючи, що співвідношення газ / повітря буде залишатися постійним по всьому діапазону навантаження. - Його сферою застосування є в основному модуляційні газові пальники з примусовим дуттям.				

**DUNGS****Мультиблоки****Характеристики****MB-VEF S12**




- Фільтр тонкого очищення.
- Два автоматичних запірних клапана: клас А, група 2.
- Серворегулятор співвідношення газ / повітря: клас А, група 2.
- Високочутливе налаштування співвідношення газ/повітря
- Співвідношення  $V = p_{Vg} / p_L$  0,75: 1 ... 3: 1
- Установка нуля N
- Зовнішні імпульсні трубопроводи
- Тиск на вході: 5 ... 100 мбар
- Вихідний тиск: 0,5 ... 100 мбар
- З'єднання: Різьбове з'єднання, за допомогою фланців Rp 3/8 - Rp 2





**MB-VEF S32**





- Фільтр тонкого очищення
- Два автоматичних запірних клапана: клас А, група 2.
- Серворегулятор співвідношення газ / повітря: клас А, група 2.
- Високочутливе налаштування співвідношення газ / повітря
- Співвідношення  $V = p_{Vg} / p_L$  0,75: 1 ... 3: 1
- Установка нуля N
- Зовнішні імпульсні трубопроводи
- Тиск на вході: 100 ... 360 мбар
- Вихідний тиск: 0,5 ... 100 мбар
- З'єднання: Різьбове з'єднання, за допомогою фланців Rp 3/8 - Rp 2





**MB-ZRDLE B01 S20/22**

- Фільтр тонкого очищення
- Датчик-реле мінімального тиску.
- Два автоматичних запірних клапана: клас А, група 2, двоступеневий.
- Регулятор вихідного тиску: клас А, група 2.
- Високоточна настройка вихідного тиску. Невеликі розміри, мала вага.
- Тиск на вході: 15 ... 360 мбар. Вихідний тиск: 4 ... 20 мбар.
- З'єднання: Різьбове з'єднання, за допомогою фланців Rp 3/8 - Rp 2.

<p><b>MB-ZRDLE B01 S50/52</b></p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Фільтр тонкого очищення.</li> <li>- Датчик-реле мінімального тиску.</li> <li>- Два автоматичних запірних клапана: клас А, група 2, двоступеневий.</li> <li>- Регулятор вихідного тиску: клас А, група 2.</li> <li>- Високоточна настройка вихідного тиску. Невеликі розміри, мала вага.</li> <li>- Тиск на вході: 15 ... 360 мбар.</li> <li>- Вихідний тиск: 4 ... 50 мбар (для моделей 415/420 діапазон 20 ... 50 мбар).</li> <li>- З'єднання: Різьбове з'єднання, за допомогою фланців Rp 3/8 - Rp 2.</li> </ul>
<p><b>MB-DLE B01 S50/52</b></p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Фільтр тонкого очищення</li> <li>- Датчик-реле мінімального тиску</li> <li>- Два автоматичних запірних клапана: клас А, група 2. Швидко / повільно відкриваються клапани.</li> <li>- Дросель витрати газу. Регулятор вихідного тиску: клас А, група 2.</li> <li>- Високоточна настройка вихідного тиску. Невеликі розміри, мала вага.</li> <li>- Тиск на вході: 15 ... 360 мбар.</li> <li>- Вихідний тиск: 4 ... 50 мбар.</li> <li>- З'єднання: Різьбове з'єднання, за допомогою фланців Rp 3/8 - Rp 2.</li> </ul>
<p><b>MB-DLE B01S20/22</b></p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Фільтр тонкого очищення</li> <li>- Датчик-реле мінімального тиску</li> <li>- Два автоматичних запірних клапана: клас А, група 2. Швидко / повільно відкриваються клапани.</li> <li>- Дросель витрати газу. Регулятор вихідного тиску: клас А, група 2.</li> <li>- Високоточна настройка вихідного тиску.</li> <li>- Невеликі розміри, мала вага.</li> <li>- Тиск на вході: 15 ... 360 мбар. Вихідний тиск: 4 ... 20 мбар.</li> <li>- З'єднання: Різьбове з'єднання, за допомогою фланців Rp 3/8 - Rp 2.</li> </ul>
<p><b>Подвійні електромагнітні клапани</b></p>	<p><b>Характеристики</b></p>
<p><b>DMV-D</b></p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Два автоматичних запірних клапана: клас А, група 2</li> <li>- Швидко відкриваються клапани</li> <li>- Дросель витрати газу</li> <li>- Енергоефективність</li> <li>- Невеликі розміри, мала вага</li> <li>- Макс. робочий тиск: 500 мбар</li> </ul>

<p>DMV-DLE</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Два автоматичних запірних клапана: клас А, група 2.</li> <li>- Швидко / повільно відкриваються клапани</li> <li>- Дросель витрати газу</li> <li>- Енергоефективність</li> <li>- Невеликі розміри, мала вага</li> <li>- Макс. робочий тиск: 500 мбар</li> <li>- З'єднання: Фланці з трубним різьбленням Rp 3/8 - Rp 2 по ISO 7/1</li> </ul>
<p>DMV-SE</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Два автоматичних запірних клапана: клас А, група 2.</li> <li>- Серворегулятор тиску: клас А, група 2</li> <li>- Високоточна настройка вихідного тиску, енергоефективність</li> <li>- Зовнішні імпульсні трубопроводи, невеликі розміри, мала вага</li> <li>- Тиск на вході: до 360 мбар;</li> <li>- Вихідний тиск до 300 мбар;</li> <li>- З'єднання: Фланці з трубним різьбленням Rp 1/2 - Rp 2 Фланцеве з'єднання DN 65 - DN 100</li> </ul>
<p>DMV-VEF</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Два автоматичних запірних клапана: клас А, група 2.</li> <li>- Серворегулятор співвідношення газ / повітря: клас А, група 2.</li> <li>- Високочутлива настройка співвідношення газ / повітря</li> <li>- Співвідношення <math>V = p_{Vg} / p_L</math> 0,75: 1 ... 3: 1</li> <li>- Установка нуля N</li> <li>- Зовнішні імпульсні трубопроводи</li> <li>- Тиск на вході: до 360 мбар;</li> <li>- Вихідний тиск: до 100 мбар;</li> <li>- З'єднання: Фланці з трубним різьбленням Rp 1/2 - Rp 2; Фланцеве з'єднання DN 65 - DN 100</li> </ul>
<p><b>Регулятори співвідношення газ/повітря</b></p>	<p><b>Характеристики</b></p>
<p>FRNG</p> 	<p>Багатофункціональний регулятор тиску - це пристрій, оснащений пружиною заданого значення. Унікальна конструкція даного регулятора дозволяє його використовувати: як регулятор нульового тиску, регулятор співвідношення газ / повітря, пневматичний регулятор. Високий коефіцієнт витрати. Стійка, високочутлива настройка тиску на виході регулятора. Компенсаційна і запобіжна мембрани</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Діапазон вхідного тиску: Нуль-регулятор: до 50 мбар;</li> <li>- Регулятор співвідношення газ / повітря 1: 1: до 200 мбар;</li> <li>- Пневматичний регулятор: до 500 мбар;</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Діапазон вихідного тиску, підбирається за допомогою пружин: Нуль-регулятор: -3 ... + 5 мбар;</li> <li>- Регулятор співвідношення газ / повітря: -10 ... + 200 мбар;</li> <li>- Пневматичний регулятор: до 300 мбар;</li> </ul>
<b>Регулятор-стабілізатор тиску газу</b>	<b>Характеристики</b>
FRS 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Високий коефіцієнт витрати</li> <li>- Стійка, високочутлива настройка тиску на виході регулятора</li> <li>- Компенсаційна і запобіжна мембрани</li> <li>- Діапазон вихідного тиску 2,5 ... 200 мбар, підбирається за допомогою пружин</li> </ul>
<b>Kromschroder</b>	
<b>Блоки клапанів</b>	<b>Характеристики</b>
CG..D 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Компактні блоки для надійного регулювання інжекційних і напірних пальників</li> <li>- Регулятор з високою якістю регулювання і установкою початкового тиску газу</li> <li>- Макс. робочий тиск 100мбар</li> <li>- Мін. Робочий тиск 5мбар</li> </ul>
CG..Z 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Компактні блоки для надійного регулювання інжекційних і напірних пальників</li> <li>- З двоступінчастим прецизійним регулятором тиску з встановлюваним стартовим тиском;</li> <li>- Макс. робочий тиск 100мбар</li> <li>- Мін. Робочий тиск 5мбар</li> </ul>
CG..V 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Компактні блоки для надійного регулювання інжекційних і напірних пальників</li> <li>- З точним пневматичним регулюванням співвідношення газ / повітря.;</li> <li>- Макс. робочий тиск 100мбар</li> <li>- Мін. Робочий тиск 5мбар</li> </ul>
VCS	-Компактні блоки клапанів об'єднують в собі два електромагнітних клапана і застосовуються в якості автоматичного запірного органу для

	<p>систем регулювання подачі газу в різних газових установках.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Макс. робочий тиск 500 мбар</li> </ul>
<p>VCD</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Компактні блоки клапанів VCD об'єднують в собі електромагнітний клапан VAS і регулятор тиску с електромагнітним клапаном VAD і застосовуються для точного регулювання тиску і надійного припинення подачі газу і повітря на газові пальники</li> <li>- Макс. робочий тиск 500 мбар</li> <li>- Вихідний робочий тиск до 100 мбар</li> </ul>
<p>VCG</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Компактні блоки клапанів VCG об'єднують в собі електромагнітний клапан VAS і регулятор співвідношення тисків газ / повітря с електромагнітним клапаном VAG і застосовуються для точного регулювання співвідношення тисків газ / повітря і надійного припинення подачі газу на газові пальники</li> <li>- Макс. робочий тиск 500 мбар</li> <li>- Співвідношення тисків 1: 1</li> <li>- Вихідний тиск 0.5 - 100 мбар</li> </ul>
<p>VCV</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Компактні блоки клапанів VCV об'єднують в собі електромагнітний клапан VAS і регулятор співвідношення тисків газ / повітря із змінним співвідношенням тисків с електромагнітним клапаном VAV і застосовуються для точного регулювання співвідношення тисків газ / повітря і надійного припинення подачі газу на газові пальники</li> <li>- Макс. робочий тиск 500 мбар</li> <li>- Вихідний тиск 0.5 ... 30 мбар</li> <li>- Керуючий тиск повітря 0.4 ... 30 мбар</li> <li>- Керуючий тиск камери згоряння -20 ... 20 мбар</li> <li>- Діапазон настройки вихідного тиску <math>\pm 1.5</math> мбар</li> <li>- Співвідношення тисків газ / повітря від 0.6: 1 до 3: 1</li> </ul>
<p>VABP</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Компактні блоки клапанів VABP об'єднують в собі електромагнітний клапан VAS або регулятор тиску VAD або регулятори співвідношення VAG, VAV і байпасний / пілотний електромагнітний клапан VAS 1 і застосовуються для точного регулювання тиску і надійного припинення подачі газу на газові пальники працюють в режимі макс / хв / викл .</li> <li>- Макс. робочий тиск 500 мбар</li> </ul>



**Регулятори  
співвідношення  
газ/повітря**

**Характеристики**

**GIC**



- Регулятор співвідношення GIC підтримує тиск на виході, що дорівнює поданим на регулятор керуючого тиску, забезпечуючи постійне співвідношення витрат газу і повітря в заданому діапазоні регулювання. Застосовується в системах подачі газу (повітря) на пальники.
- Максимальний вхідний тиск 200 мбар
- Керуючий тиск від 0.5 до 120 мбар
- Вихідний тиск від 0.2 до 119 мбар
- Перепад між вхідним і вихідним тисками макс. 100 мбар
- Співвідношення тисків 1: 1
- Діапазон корекції вихідного тиску  $\pm 3$  мбар
- Регулювання витрати 10: 1

**GІKH..B**



- Регулятори співвідношення GІKH служать для підтримання сталого співвідношення витрати газ / повітря і одночасного регулювання тиску перед пальником в робочому режимі з використанням рекуперативного підігріву повітря. При зміні потужності пальника і зі зміною температури повітря на горіння тиск повітря повинен бути перелаштований зі збереженням постійного співвідношення (газу і холодного повітря).
- Максимальний вхідний тиск 200 мбар
- Перепад між вхідним і вихідним тисками макс. 100 мбар
- Підтримка постійної величини співвідношення тисків газ-повітря 4: 1

**VAG**



- Регулятор співвідношення VAG з електромагнітним клапаном застосовується для точного регулювання співвідношення тисків газ / повітря подаються на газові пальники і газо-які споживають прилади і надійного припинення подачі газу.
- Максимальний вхідний тиск 500 мбар
- Вихідний тиск 0.5 - 100 мбар
- Діапазон настройки вихідного тиску  $\pm 5$  мбар

**VAV**

- Регулятор співвідношення VAV з електромагнітним клапаном і із



змінним співвідношенням тисків газ / повітря застосовується для точного регулювання співвідношення тисків газ / повітря, що подаються на газові пальники

- Максимальний вхідний тиск 500 мбар
- Вихідний тиск 0.5 ... 100 мбар
- Керуючий тиск повітря 0.4 ... 30 мбар
- Керуючий тиск камери згоряння -20 ... 20 мбар
- Діапазон настройки вихідного тиску  $\pm 1.5$  мбар
- Співвідношення тисків газ / повітря від 0.6: 1 до 3: 1

## Honeywell

### Комбіновані клапани

### Характеристики

VR4...









- Комбінований клапан з сервоприводом класу "А" для регулювання подачі газу в пристрої, що працюють на газу
- Основний корпус з двома запірними клапанами з одним сідлом.
- Система перевірки клапана (VPS)
- Час закриття: <1 сек.
- Передбачена можливість заміни котушки.
- Тонкий сітчастий фільтр між фланцем вхідного каналу і основним корпусом.
- У головному корпусі передбачено кілька точок відбору тиску, які можуть використовуватися в тому випадку, якщо не встановлені додаткові клапани або реле тиску.
- Другий основний клапан з швидким відкриттям або з механізмом регулювання процесу відкриття (повільний) з регульованим максимальною витратою і ступінчастим зміною тиску.
- Всі пристосування для регулювання розташовані на верхній частині клапана.
- до 200 мбар
- Може працювати спільно з двоступінчастим електричним стабілізатором.
- Може бути використаний для модуляції газу / повітря.



VQ 4...



- Комбінований запобіжний клапан класу " А " для управління газоподібними середовищами в пристроях, що використовують газ
- Основний корпус з двома газовими клапанами в одному сідлі.
- Внутрішній перепускний клапан для управління полум'ям (досягнення високого низького полум'я)
- Внутрішній або зовнішній керуючий клапан

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Випускний клапан</li> <li>- Можливість установки фланцевих реле тиску (хв. і макс.).</li> <li>- Система перевірки клапана (VPS)</li> <li>- Час закриття: &lt;1 сек</li> <li>- Пасивні заміни в експлуатації</li> <li>- Мілкосітчастий фільтр між вхідним фланцем і основним корпусом.</li> <li>- Другий головний клапан, або з регулятором витрати (швидка дія), або з механізмом розкриття (повільна дія) з регульованим максимальною витратою і перепадом тиску.</li> <li>- до 360 мбар</li> </ul>
<b>Газові клапани</b>	<b>Характеристики</b>
<p>VE4...</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ці газові клапани класу "А" використовуються для контролю і регулювання подачі газу в дуттьові пальники</li> <li>- Пропускна здатність 80% від максим.</li> <li>- Тиск на вході 30 мбар</li> <li>- Перепад тиску 2,5 мбар</li> </ul>
<b>Регулятори/стабілізатори тиску газу</b>	<b>Характеристики</b>
<p>HUPF</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Служать для регулювання вхідного тиску газу і повітря в газових пальниках</li> <li>- Максимальний вхідний тиск 1000 мбар</li> <li>- Вихідний тиск від 6 до 300 мбар</li> <li>- Підпружинний регулятор з компенсацією тиску на вході і нульовим відсіканням</li> <li>- При зміні потоку газу в залежності від навантаження пружини тиск на виході підтримується постійним.</li> <li>- Нульове відсікання оберігає від підвищення тиску на виході в разі припинення потоку газу через регулятор.</li> <li>- Підключення від 1/2'' до DN80</li> </ul>
<p>HUP</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Служать для регулювання вхідного тиску газу і повітря в газових пальниках</li> <li>- Максимальний вхідний тиск 1000 мбар</li> <li>- Вихідний тиск від 6 до 300 мбар</li> <li>- Підпружинний регулятор з компенсацією тиску на вході і нульовим</li> </ul>

	<p>відсіканням</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- При зміні потоку газу в залежності від навантаження пружини тиск на виході підтримується постійним.</li> <li>- Нульове відсікання оберігає від підвищення тиску на виході в разі припинення потоку газу через регулятор.</li> <li>- Підключення від DN65 до DN100</li> </ul>
<b>Giuliani Anello</b>	
<b>Стабілізатори тиску газу</b>	<b>Характеристики</b>
<p>FGD</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- До 200 мбар</li> <li>- Стабілізатори придатні для установки в системах з автоматизованими пальниками</li> <li>- Компенсуюча мембрана, робоча мембрана.</li> <li>- Мембрана безпеки: не потрібна зовнішня скидна труба, вбудована мембрана безпеки гарантує в разі поломки робочої мембрани відсутність витоків</li> </ul>
<p>FGDR</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- До 500 мбар</li> <li>- Стабілізатори придатні для установки в системах з автоматизованими пальниками</li> <li>- Компенсуюча мембрана, робоча мембрана.</li> <li>- Мембрана безпеки: не потрібна зовнішня скидна труба, вбудована мембрана безпеки гарантує в разі поломки робочої мембрани відсутність витоків</li> </ul>
<p>FG1B</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- До 1000 мбар</li> <li>- Стабілізатори придатні для установки в системах з автоматизованими пальниками</li> <li>- Компенсуюча мембрана, робоча мембрана.</li> <li>- Мембрана безпеки: не потрібна зовнішня скидна труба, вбудована мембрана безпеки гарантує в разі поломки робочої мембрани відсутність витоків</li> </ul>
<b>MADAS</b>	
<b>Стабілізатори тиску</b>	<b>Характеристики</b>
<b>FRG/2MC</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Призначений для зниження і автоматичного підтримання тиску газу "після себе" на заданому значенні.</li> <li>- Стабілізатор оснащений регулюючою пружиною, що дозволяє знизити тиск на виході (мінімальний тиск на виході залежить від типу використовуваної пружини)</li> </ul>

	<p>- Максимальний робочий тиск до 200 мбар</p>
<p><b>RG/2MC</b></p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Додатково містить фільтр</li> <li>-Призначений для зниження і автоматичного підтримання тиску газу "після себе" на заданому значенні.</li> <li>-Стабілізатор оснащений регулюючою пружиною, що дозволяє знизити тиск на виході (мінімальний тиск на виході залежить від типу використовуваної пружини)</li> <li>- Максимальний робочий тиск до 200 мбар</li> </ul>

## РОЗДІЛ 4

Вплив стану системи газопостачання  
на ефективність роботи системи автоматики

## РОЗДІЛ 4

### Вплив стану системи газопостачання на ефективність роботи системи автоматики

Стан системи газопостачання має значний вплив на ефективність роботи системи автоматики газових котлів. Газові котли зазвичай обладнані автоматичними системами керування, які забезпечують стабільну роботу котла, підтримуючи оптимальні умови спалювання газу та температурний режим. Однак, збої чи коливання в системі газопостачання можуть негативно впливати на ці процеси.

Основні компоненти та аспекти автоматизації системи централізованого теплопостачання:

#### 1. Теплогенерація:

- Автоматизація котлів і котельних установок: Включає в себе контроль температури, тиску, рівня води, витрат палива, а також автоматичне регулювання горіння та запуск/зупинка котлів в залежності від теплових навантажень. Система повинна автоматично налаштовувати параметри котла для підтримання заданої температури теплоносія і забезпечення ефективності спалювання палива. [1]

#### 2. Теплопередача та розподіл:

- Автоматизація насосних станцій та трубопроводів: Контроль за температурою, тиском і витратами теплоносія в системах розподілу тепла. За допомогою автоматизованих насосів регулюється циркуляція теплоносія в залежності від потреби в тепловій енергії, що дозволяє мінімізувати енергетичні витрати і підтримувати сталу температуру в системі.

- Регулювання параметрів теплоносія: Використовуються клапани та засоби для автоматичного регулювання температури і тиску в

трубопроводах на основі змінних температур зовнішнього середовища, споживчих потреб та інших факторів.

### 3. Контроль споживання тепла:

- Автоматизація обліку теплової енергії: Встановлення теплових лічильників на споживачах для моніторингу фактичного споживання тепла. Дані з лічильників використовуються для розрахунку вартості послуг, а також для аналізу ефективності роботи системи в цілому.

- Аналіз та оптимізація споживання енергії: Збір і обробка даних дозволяє здійснювати моніторинг споживання тепла, виявляти аномалії, а також виконувати прогнози для коригування режимів роботи котелень і насосних станцій.

### 4. Управління аварійними ситуаціями:

- Система аварійного реагування: Автоматизовані системи виявляють неполадки або аварійні ситуації (наприклад, зниження тиску, перевищення температури або виток теплоносія) та вживають заходів для їх ліквідації — зупинка обладнання, запуск резервних насосів чи котлів, повідомлення операторів і служби ремонту.

### 5. Енергетична ефективність та оптимізація:

- Інтелектуальні системи управління: Впровадження алгоритмів машинного навчання та оптимізації для прогнозування навантаження на систему в різні періоди часу, що дозволяє мінімізувати споживання

Стан системи газопостачання котельні має суттєвий вплив на ефективність автоматизованого регулювання системи централізованого теплопостачання (ЦТП). Газові котли є основним джерелом тепла в багатьох котельнях, тому стабільність та надійність подачі газу безпосередньо визначає ефективність роботи котлів і, відповідно, всього процесу теплопостачання.

Основні аспекти впливу стану газопостачання на роботу автоматики

газових котлів:

1. Тиск газу: Коливання тиску газу в газопроводі можуть викликати неправильно працюючі сигнали для автоматики котла. Якщо тиск газу падає нижче мінімально допустимого рівня, автоматика може відключити котел або знизити потужність, щоб запобігти небезпечним умовам. Занадто високий тиск може призвести до перевантаження компонентів котла і навіть до їх пошкодження.

2. Якість газу: Газ, що подається в котел, має бути чистим, без домішок, таких як вода чи механічні частки. Якщо якість газу погіршується, це може викликати засмічення фільтрів, поломки запальних систем і зниження ефективності горіння, що, в свою чергу, вплине на роботу автоматики котла, яка постійно контролює ці процеси.

3. Стабільність подачі газу: Проблеми з постачанням газу, наприклад, перебої чи зниження потоку, можуть призвести до того, що автоматика сприйматиме ці зміни як нестабільні умови для горіння, що може спровокувати вимикання котла або його автоматичне регулювання. [4]

4. Температура газу: Зміни температури газу, що подається в котел, можуть також впливати на точність роботи датчиків температури і автоматики котла. Якщо газ надходить надто холодним або гарячим, це може спотворити показники датчиків і викликати помилкові команди для управління потужністю котла.

5. Запуск і зупинка котла: Під час запуску або зупинки котла система автоматики повинна коректно регулювати подачу газу. При нестабільному тиску чи інших порушеннях у газопостачанні можуть виникнути помилки при налаштуванні параметрів горіння, що може призвести до неефективної роботи або аварії.

Загалом, для забезпечення стабільної і ефективної роботи газових котлів необхідно мати надійну та безперервну подачу газу з відповідними

показниками якості та тиску. Важливо також, щоб автоматика котлів була налаштована для коректної роботи в умовах можливих коливань параметрів газопостачання.

Система централізованого тепlopостачання (ЦТП) є складним об'єктом автоматизації, який включає в себе низку технологічних процесів, обладнання та пристроїв, що взаємодіють між собою для забезпечення стабільного, ефективного та безпечного постачання теплової енергії споживачам. Автоматизація таких систем покликана оптимізувати роботу ЦТП, зменшити енергетичні втрати, забезпечити контроль за параметрами тепlopостачання та реагувати на зміни навантаження або аварійні ситуації.

Основні аспекти впливу стану системи газопостачання на ефективність автоматизованого регулювання:

#### 1. Стабільність тиску газу:

- Автоматизовані системи регулювання в котельні залежні від стабільного тиску газу для правильного функціонування котлів. Коливання тиску (як зниження, так і підвищення) можуть призвести до неефективного горіння або аварійних ситуацій. Якщо тиск газу знижується, автоматика може знизити потужність котлів або навіть відключити їх для запобігання аварії.

- Автоматизація системи може неадекватно реагувати на різкі зміни тиску, що призведе до помилкових налаштувань і некоректного регулювання температури теплоносія, що, в свою чергу, вплине на ефективність ЦТП.

#### 2. Неправильне дозування газу:

- Автоматизація котелень працює за заданими алгоритмами, що враховують обсяги і температуру газу для регулювання потужності котлів. Погана якість або нестабільна подача газу може призвести до того, що

автоматична система не зможе коректно регулювати подачу палива, що викликає зниження ефективності роботи котлів і, як наслідок, — неефективне виробництво теплової енергії.

### 3. Вплив якості газу на горіння:

- Якщо газ містить домішки (волога, механічні частки, сірка та ін.), це може призвести до зниження ефективності спалювання, а автоматична система буде намагатися компенсувати це, коригуючи подачу газу або інші параметри роботи котла.

- Погіршення якості газу може призвести до часткових збоїв у роботі автоматичних систем регулювання, що знизить точність регулювання тепlopостачання і може викликати втрати енергії.

### 4. Автоматичний контроль температури теплоносія:

- Система автоматичного регулювання в ЦТП використовує інформацію про температуру газу на вході в котел для точного регулювання температури теплоносія в мережах. Якщо газ надходить із коливаннями температури або низькою теплотворною здатністю, автоматика буде намагатися компенсувати ці зміни, що може призвести до надмірних витрат палива або перепадів температури в системі тепlopостачання.

- Це, в свою чергу, може погіршити стабільність роботи системи тепlopостачання, збільшуючи енерговитрати та знижуючи ефективність розподілу тепла.

### 5. Вплив на роботу резервних систем:

- У разі збоїв в системі газопостачання (наприклад, при низькому тиску або відключенні газу) автоматика може активувати резервні джерела енергії або котли. Якщо система газопостачання нестабільна, автоматизовані системи можуть сприймати це як нормальну ситуацію, що

приведе до надмірного використання резервних котлів, збільшуючи загальні витрати на тепло.

- Однак автоматичні системи повинні бути налаштовані для адекватної реакції на такі зміни, щоб не допустити збоїв і втрат енергії через нераціональне включення резервних котлів.

#### б. Економія енергоресурсів:

- Високий або нестабільний тиск газу може призвести до того, що автоматика котла буде перебільшувати потреби в тепловій енергії, намагаючись компенсувати непостійність постачання газу. Це може привести до перевитрат палива і зниження економії енергоресурсів.

- В ідеальному випадку система автоматичного регулювання повинна адаптуватися до змін в подачі газу, зберігаючи ефективність та знижуючи витрати, однак для цього потрібна стабільність газопостачання.

Тож, виходячи з вищезазначеного, можна зробити наступні висновки:

- Система газопостачання є важливою складовою для ефективної роботи автоматизованої системи регулювання в котельні та загалом для ефективного теплопостачання.

- Нестабільність у постачанні газу може спричиняти збої в автоматизованих процесах регулювання, знижуючи ефективність роботи котлів, що веде до додаткових витрат палива та енергетичних ресурсів, а також до порушення температурного режиму в системі ЦТП.

- Для забезпечення стабільної та ефективної роботи автоматизованих систем регулювання необхідно мати надійну, стабільну і безперервну подачу газу з відповідними параметрами (тиск, температура, якість), а також своєчасну діагностику та реагування на можливі проблеми в системі газопостачання.

Тому важливим є забезпечення належного контролю та моніторингу стану газопостачання як на рівні котельні, так і на рівні всієї системи газопостачання, щоб забезпечити стабільність роботи автоматизованих систем і ефективність теплопостачання.

## РОЗДІЛ 5

Розробка пропозицій щодо модернізації системи  
газопостачання районних котелень та станцій  
теплопостачання

## РОЗДІЛ 5

### **Розробка пропозицій щодо модернізації системи газопостачання районних котелень та станцій теплопостачання**

Найпоширенішою проблемою мереж газопостачання визначають підтримання сталого або необхідного тиску газу перед газоспоживаючим обладнанням в необхідних межах. При швидких неконтрольованих змінах тиску може спостерігатися зниження потужності пальника чи його повне затухання.

Для недопущення вищезазначених проблем у газоспоживаючому обладнанні, тиск газу перед голівкою пальника має відповідати наступним вимогам:

- тиск газу перед голівкою пальника має бути вищим за мінімально допустимий тиск, який може компенсувати втрату тиску на голівці пальника та аеродинамічний опір в камері згоряння котлоагрегата;
- тиск газу перед голівкою пальника має бути нижчим за максимально допустимий тиск зазначений виробником;
- тиск газу перед голівкою пальника має бути стабільним і відповідати внесеним налаштуванням обладнання.

Всі складові газових магістралей, за якими подається газ до газоспоживаючого обладнання, необхідно передбачати з врахуванням індивідуального тиску газу на вході до пальникового пристрою, та передбачати захист від надмірного підвищення тиску газу відповідними захисними пристроями.

Для забезпечення вищевказаних умов, газ до газоспоживаючого обладнання подається через комплекс обладнання та пристроїв, що мають забезпечувати контроль та підтримання тиску в заданих параметрах, а також забезпечують безпеку при виникненні аварійних ситуацій. Такий комплекс обладнання називають Газовою рампою.

З'єднувальний модуль складається з ручного запірної пристрою й антивібраційної вставки, яка гасить вібрацію, що виникає при роботі пальника і тим самим захищає від неї інше обладнання і газопроводи.

Фільтр вловлює механічні домішки, що можуть бути присутні в мережевому газі і які при потраплянні до газорегулюючого обладнання можуть викликати нещільність прилягання мембран і закриття запірної арматури. Максимальний отвір фільтра не перевищує 1,5мм, а вічко сітки не повинно пропускати часточок більше 1мм.

Стабілізатор тиску вирівнює і не дає передавати коливання тиску газу в мережевому газопроводі на газоспоживаюче обладнання. Він утримує тиск в необхідних параметрах не залежно від продуктивності обладнання і коливань тиску в мережі.

При тиску в мережевому газопроводі менше 500мбар застосовується стабілізатор тиску, який працює за допомогою пристрою мембранного типу, в якому за допомогою пружини врівноважується дросельний клапан і отримується необхідний тиск на виході зі стабілізатора.

При тиску в мережевому газопроводі вище 500мбар використовується регулятор тиску укомплектований запобіжно-сکیدним та запобіжно-запірним клапанами та манометрами перед і після регулятора, для візуального контролю тиску.

Для пальників малої і середньої потужності всі вищеописані елементи газової рампи, крім з'єднувального модуля і редуктора високого тиску, можуть бути скомпоновані в єдиному корпусі. Такий пристрій виконує функції стабілізатора та аварійного відключення і називається газовий мультиблоком.

[1]

Блоки клапанів можуть бути двох типів: одноступеневі та двоступеневі, в залежності від конструкції пальника на якій вони будуть

встановлені. Використання того чи іншого типу блоків клапанів залежить від конструктивних особливостей пальника.

Газова рампа підбирається виходячи з мінімально необхідного тиску газу на вході в рампу достатнього для подолання опору самої рампи, головки пальника і теплогенератора.

На пальнику встановлений ряд компонентів, які відіграють важливу роль в налаштуванні і регулюванні всієї системи подачі газу теплогенератора. Зокрема в газових і комбінованих пальниках встановлений дросельний клапан (заслінка), який регулює витрату газу. Цей клапан приводиться в дію серводвигуном за допомогою механічного ексцентрика із змінним профілем.

У промислових пальниках часто застосовуються електронні системи управління подачею палива і повітря (електронний кулачок).

На газових пальниках великої потужності встановлюється реле максимального тиску газу. Воно відключає пальник в тому випадку, якщо тиск в газопроводі на подачі перевищує допустимий.

Також головним чинником модернізації системи газопостачання станцій теплопостачання та районних котелень є перебудова пунктів редукування з заміною регуляторів тиску і супутнього обладнання. Виконання цих заходів викликає через те, що пальник нового покоління здебільшого потребують меншого вхідного тиску газу та відповідно споживають його в рази менше. При цьому загальна потужність котлоагрегата не зменшується, а навпаки - номінальна потужність котлоагрегату збільшується у середньому на 10%.

Тому, при розгляді модернізації пункту редукування тиску важливо зауважити, що місця забезпечення потужностей СТ та РК дуже сильно різняться. Буде дуже раціонально запроєктувати уніфіковану модернізацію ГРП. На практиці доказано, що однотипні схеми ГРП з однаковим обладнанням

найкраще показують себе в подальшій експлуатації.

Розглянемо типову схему модернізації ГРП станцій тепlopостачання на основі регулятора тиску РДП-200Н вітчизняного виробництва. Схему обладнання ГРП зображено на рисунку 9. Розглянемо детально оновні вузли на цій схемі.

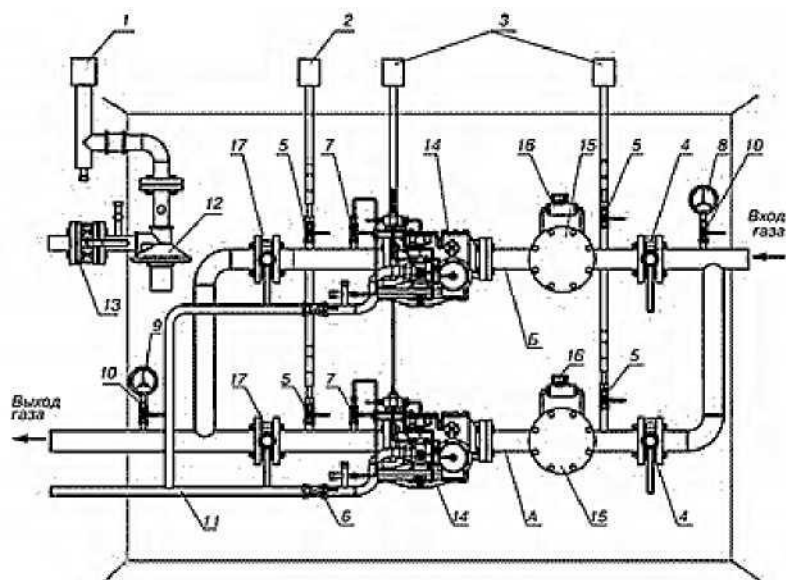


Рисунок 9. Схема обладнання ГРП

Основна лінія складається з послідовно підключених вхідного пристрою, що вимикає, газового фільтра, регулятора тиску газу, запобіжного запірнього клапана і вихідного запірнього пристрою.

Фільтр призначений для очищення газу від механічних частинок. Індикатор перепаду тиску відповідає за визначення засміченості газового фільтра. Редукування тиску до встановленого забезпечується регулятором тиску газу, при цьому зберігається стабільність вихідного тиску незалежно від коливань вхідного тиску і витрати газу споживачем.

Запобіжний запірний клапан, який вбудовується в регулятор тиску, відповідає за відключення подачі газу в разі виходу тиску за межі заданих параметрів.

Регулятор тиску забезпечує редукування тиску до встановленого,

зберігаючи стабільність вихідного тиску незалежно від коливань вхідного тиску і витати газу споживачем.

Налаштування робочих параметрів регулятора здійснюється за допомогою крана (7), проте заздалегідь необхідно перекрити крани (6) і (17). Після того, як параметри задані, через трубопровід (2) скидається тиск газу.

На резервній лінії, призначеній для подачі газу споживачеві під час ремонту або технічного обслуговування основної лінії, встановлюється обладнання, аналогічне обладнанню на основній лінії редукування. Контроль тиску на обох лініях проводиться за допомогою кранів (10), оснащених манометрами на вході і виході ГРП.

Трубопроводи (3) забезпечують можливість продувки газопроводів основної і резервної ліній.

Додаткову гарантію захисту споживача від підвищення вихідного тиску забезпечує скидна лінія, що відкриває доступ газу в атмосферу при критичних умовах. До складу скидний лінії входить трубопровід забору тиску, оснащений запірним пристроєм (13), запобіжний скидний клапан (12), скдний трубопровід (1). [3]

Склад обладнання ГРП (ГРУ) визначається проектом. Газове обладнання ГРП, ГРПБ та ГРУ розташовується в такій послідовності: загальна запірна арматура з ручним керуванням для повного відключення ГРП (ГРУ); газовий фільтр; витратомір (газовий лічильник) - може бути встановлений після регулятора тиску; запобіжно-запірний клапан (ЗЗК); регулятор тиску газу РТ; запобіжно-скидний клапан (ЗСК).

ГРП (ГРУ) передбачаються: продувні свічки, ЗСК, ЗЗК, запірна арматура, газовий фільтр.

1. Регулятор тиску газу (РТ) - служить для регулювання параметрів

робочого середовища за допомогою зміни витрати.

2. Запобіжно - запірний клапан (ЗЗК) - відключає арматура, що забезпечує припинення подачі газу при неприпустимому його зміні за РТ. ЗЗК повинен забезпечувати автоматичне та ручне припинення подачі при зміні тиску газу до значень, встановлених в проектній документації (верхня межа спрацювання ЗЗК не повинна перевищувати тиск газу після РТ більш ніж на 25%). ЗЗК встановлюється перед регулятором тиску, але контролює по імпульсній лінії як підвищення, так і зниження тиску газу після РТ. [3]

3. Запобіжно - скидний клапан (ЗСК) - запобіжна арматура, що забезпечує захист газового обладнання від недопустимого підвищення тиску газу в мережі за РТ. ЗСК повинен забезпечувати скидання природного газу в атмосферу при зміні тиску газу до значень встановлених в проектній документації (скидання газу в атмосферу при перевищенні тиску після регулятора більш ніж на 15%). ЗСК встановлюється після РТ. Перед ЗСК встановлюється відключає пристрій, який має бути опломбований в повністю відкритому стані.

4. Газовий фільтр (ФГ) - служить для очищення газу від механічних домішок, встановлюється перед РТ і ЗЗК. Матеріали повинні бути стійкі до природного газу. ЗР Допустимий перепад тиску на фільтрі - запрограмований на заводі.

5. Регулятор потоку - служить для обліку витрати газу, може встановлюватися як на вході, так і на виході ГРП.

6. Контрольно-вимірювальні прилади (КВП) - встановлюються для контролю і реєстрації вхідної та вихідної тиску газу, його температури і перепаду тиску на фільтрі. КВП з електричним вихідним сигналом та електрообладнання повинні бути виконані у вибухозахищеному виконанні. При нормальному виконанні вони розміщуються в зачиненій шафі поза ГРП або в

іншому приміщенні.

7. З 2011 року в газорегуляторних пунктах всіх видів і газорегуляторних установках не допускається проектування обвідних газопроводів з запірною арматурою, призначених для транспортування природного газу, минаючи основний газопровід на ділянці його ремонту і для повернення потоку газу в мережу в кінці ділянки (байпаса), тобто проектування в ГРП і ГРУ обвідної лінії без регулятора тиску не допускається, а встановлюється резервна лінія редукування з регулятор тиску газу.

Байпас - обвідний лінія основної лінії редукування (лінія зниження тиску газу)



Рисунок 10 Регулятор РДП-200Н

Основні характеристики регулятора тиску РДП-200Н:

- Температура навколишнього середовища -  $-30^{\circ}\text{C}$  -  $+60^{\circ}\text{C}$
- Максимальний вхідний тиск -  $1.2\text{МПа}$
- Діапазон вихідного тиску -  $0.06\text{МПа}$  -  $0.002\text{МПа}$
- Пропускна здатність\* -  $100000\text{ м}^3\text{/год}$
- Клас точності - А
- Діаметр приєднання -  $\text{Ду}200\text{мм}$

\* - в залежності від вхідного тиску на ГРП залежить і пропускна здатність регулятора:

- Тиск на вході до  $0.3\text{МПа}$  -  $30960\text{ м}^3\text{/год}$
- Тиск на вході до  $0.6\text{МПа}$  -  $54180\text{ м}^3\text{/год}$

- Тиск на вході до 1.2МПа - 100000 мЗ\год

На прикладі СТ-1 ми бачимо, що сумарне споживання газу модернізованого обладнання становить 59535 мЗ\год.

Тиск на вході становить до 0.3МПа. Встановлення пари регуляторів в одному ГРП не вирішить проблеми, так як відсутнє гарантоване резервне постачання газу.

Тому вирішуємо цю проблему таким чином: при реконструкції одного котла ПТВМ-100 ми встановлюємо чотири пальники Weishaupt WKG80/5-A ZM(H)-VSF 32 МВт замість 16шт ГМГ-4. Маємо сумарну номінальну потужність котла 128МВт.

Споживання газу при цьому складає 11340 мЗ\год.

Так як на СТ встановлено три котли ПТВМ-100 послідовно сумарне газоспоживання становить 34020 мЗ\год.

Тому проектується окрема лінія редукування газу з двома регуляторами РДП-200Н лише для постачання паливом трьох котлів ПТВМ- 100.

Також на СТ-1 встановлено ще чотири котли «Фостер-Уиллер» 80МВт- 2шт та «ЦКТИ 75-39-ф» 55МВт-2шт послідовно. Після модернізації пальників цих котлів, сумарне споживання газу становить 25515 мЗ/год. Для постачання паливом котлів «Фостер-Уиллер» та котлів «ЦКТИ 75-39-ф» аналогічно проектуємо окрему лінію редукування з двома регуляторами РДП-200Н.

Таким чином ми розмежовуємо редукування потужностей станції на два блоки, причому основний підвідний газопровід Д720мм до котлових залів необхідно роз'єднати.

Також не варто забувати що на СТ-1 присутній резервний газорозподільний пункт. В штатному режимі він не задіяний, але у випадку виходу будь якого елемента основного ГРП, є можливість оперативно подати

газ з резервного ГРП.

Тому проектуємо реконструкцію резервного ГРП аналогіно до основного, але вже приєднувати до тупикових кінців попередньо роз'єданого газопроводу. Введення в роботу необхідно передбачити запірними пристроями з електро, сервоприводами через систему диспечиризації. Після виконання такої модернізації ми отримуємо номінальну потужність СТ-1 у розмірі 594 Гкал/год (попередня максимальна 550 Гкал/год) і годинне споживання газу 59535 м<sup>3</sup>/год.

Нове обладнання основного ГРП видає 123840 м<sup>3</sup>/год. До того ж потрібно врахувати потужність резервного ГРП.

Всього загальна потужність системи редукування станції становить 185760 м<sup>3</sup>/год при вихідному тиску 0.08Мпа.

Такі показники надають гарантоване стабільне постачання паливом на заданому тиску без суттєвих коливань у мережі підвідних газопроводів при піковому навантаженні.

Гідравлічний режим роботи газопроводів середнього тиску прийнятий за умови створення при максимально - допустимих втратах тиску газу, яка забезпечує стійкість роботи всіх споживачів в допустимих діапазонах тиску газу.

В основі гідравлічного розрахунку газопровідної мережі лежить визначення оптимальних діаметрів газопроводів, що забезпечують пропуск необхідних кількостей газу при допустимих перепадах тиску. Розрахунок ведеться виходячи з максимально можливих витрат газу в години максимального газоспоживання. При цьому враховуються часові витрати газу на потреби виробничих (промислових і сільськогосподарських), комунально-побутових споживачів, а також на індивідуальнобитові потреби населення (опалення, гаряче водопостачання). Як правило, при гідравлічному розрахунку газопроводів середнього та високого тиску розрахункові витрати газу

споживачами приймаються в якості зосереджених навантажень, для мереж низького тиску враховується також і рівномірно розподілене навантаження.

Відмінною особливістю систем газопостачання середнього тиску з установкою газорегуляторних пунктів у кожного споживача або невеликої групи споживачів населеного пункту є застосовність до них принципу розрахунку мереж з рівномірно розподіленими навантаженнями.

При русі газу по трубопроводах відбувається поступове зниження початкового тиску за рахунок подолання сил тертя і місцевих опорів:

$$\Delta p = \Delta p_{\text{тр}} + \Delta p_{\text{ррр м.с}}$$

Середня швидкість руху газу в трубі

$$w = F/V$$

де  $V$  - об'ємний витрата газу, м<sup>3</sup>/с,  $F$  - площа поперечного перерізу труби, м<sup>2</sup>

Залежно від швидкості потоку, діаметра труби і в'язкості газу протягом його

може бути ламінарним, тобто впорядкованим у вигляді рухомих один щодо

іншого шарів, і турбулентним, коли в потоці газу виникають завихрення і шари перемішуються між собою. Режим руху газу характеризується величиною критерію Рейнольдса

$$Re = w \cdot D / \nu,$$

де  $w$  - швидкість потоку, м / с;  $D$  - діаметр трубопроводу, м;  $\nu$  - кінематична в'язкість, м<sup>2</sup>/с.

Інтервал переходу ламінарного руху в турбулентний називається критичним і характеризується  $Re = 2000-4000$ . При  $Re < 2000$  протягом ламінарне, а при

$Re > 4000$  - турбулентне.

Практично в розподільних газопроводах переважає турбулентний рух газу. Лише в газопроводах малого діаметра, наприклад у внутрішньобудинкових,

при невеликих витратах газ тече ламінарно. Перебіг газу по підземних газопроводах вважають ізотермічним процесом, так як температура ґрунту навколо газопроводу за короткий час протікання газу змінюється мало.

Розрізняють гідравлічний розрахунок мереж низького тиску та середнього (високого) тиску.

При гідравлічному розрахунку газопроводів середнього та високого тисків, в яких перепади тиску значні, зміна щільності і швидкості руху газу необхідно враховувати, тому втрати тиску на подолання сил тертя в таких газопроводах визначаються за формулою

$$P_i - P_k = \frac{\rho \cdot V^2}{81 \cdot d^5} = 1,2687 \cdot 10^{-4} \frac{V^2}{d^5} \cdot \rho_0,$$

де  $P_i$  і  $P_k$  - абсолютні тиску газу на початку і в кінці газопроводу, МПа;  
 $l$  - довжина газопроводу, м;  $V$  - витрата газу, м<sup>3</sup>/ год, при нормальних умовах;  $\rho_0$  - щільність газу при нормальних умовах, кг / м<sup>3</sup> ;  $P_0 = 0,101325$  МПа;  $d$  - внутрішній діаметр газопроводу, см.

Всі розрахунки виконувались за допомогою програми: «Программный комплекс “Гидравлический расчет газопроводов низкого, среднего и высокого давления “HYDRA-PC”».

Результати розрахунку наведені в таблиці

Вихідний тиск із ГРП - 0.8 ата.

## РЕЗУЛЬТАТИ РОЗРАХУНКУ

N п/ п	1 ділянка 1 поч.-кін.	довж. — м 1	випр. куб.м/ год	Тиск ата		Діаметр труб мм*мм
				1	На початку/в кінці	
1	1 - 2	80	34020.0	0,8	0.67	257*8
2	1 - 3	65	25515.0	0,8	0.61	219*8
3	4 - 3	115	25515.0	0,8	0.47	219*8
4	4 - 2	130	34020.0	0,8	0.58	257*8

Де 1 - це головне ГРП з двома лініями редукування з встановленням по два регулятори РДП-200Н на кожній, 2 - кінець підвідного газопроводу до котлової зали з трьома котлами ПТВМ-100, 3 - кінець підвідного газопроводу до котлової зали з чотирма котлами «Фостер-Уиллер» 80МВт- 2шт та «ЦКТИ 75-39-ф» 55МВт-2шт, 4- це резервне ГРП з однією лінією редукування з двома регуляторами РДП-200Н.

Я бачимо розрахункові підвідні газопроводи повинні бути діаметрами не менше ніж 257мм та 219мм. Натомість ми залишаємо існуючу систему підвідних газопроводів, а саме до котлів ПТВМ-100 надземний газопровід Д-720мм та до котлів «Фостер-Уиллер» та «ЦКТИ 75-39-ф» надземний газопровід Д-325мм.

Маючи встановлений діаметр газопроводів проведемо повірочний розрахунок.

N п/ п	1 ділянка 1 поч.-кін.	довж. — м 1	випр. куб.м/ год	Тиск ата		Діаметр труб мм*мм
				1	На початку/в кінці	
1	1 - 2	80	34020.0	0,8	0.788	720*
2	1 - 3	65	25515.0	0,8	0.795	325*
3	4 - 3	115	25515.0	0,8	0.449	325*
4	4 - 2	130	34020.0	0,8	0.484	720*

Надалі необхідно вирахувати втрати тиску на ввідному газопроводу газової рампи до клапана стабілізатора з урахуванням що газопровід буде Д-159мм

N п/п	1 ділянка   поч.- кін.	довж. ---  м 1	витр.   куб.м/   год	тиск ата		Діаметр р -   труб   мм*мм
				1-----	на початку  в кінці	
1	1 - 5	20	2835.0	0.788	0.701	159
2	2 - 5	20	2835.0	0.795	0.708	159
3	3 - 5	20	2835.0	0.449	0.397	159
4	4 - 5	20	2835.0	0.484	0.432	159

Д 1 - це підвідний газопровід Д-720мм від ГОЛОВНО ГРП до котлової зали з трьома котлами ПТВМ-100, 2 - підвідний газопровід Д- 530мм від головного ГРП до котлової з котлами «Фостер-Уиллер» та «ЦКТИ 75-39-ф», 3 - це підвідний газопровід Д-720мм від резервного ГРП до котлової зали з трьома котлами ПТВМ-100, 4 - підвідний газопровід Д-530мм від резервного ГРП до котлової з котлами «Фостер-Уиллер» та «ЦКТИ 75-39-ф». 5 - газопровід-ввід Д-159мм газової рампи пальника WKG80/5-A ZM(H)-VSF 32 МВт.

Як бачимо за умови мінімального вихідного тиску 0,08МПа на обох ГРП існуюча система газопостачання СТ-1 задовольняє вимоги стабільного тиску 0,034МПа для роботи пальників WKG80/5-A ZM(H)-VSF 32 МВт у піковому режимі без пульсації в газопроводі.

Аналогічно можна провести розрахунок модернізації РК «Відрадний» на якій у першій котловій залі встановлено три котли ПТВМ-100 послідовно. У другій встановлено два котли ПТВМ-50 паралельно. Редукування - виконано у вигляді одного ГРП на дві лінії. Перепад тиску 0.3МПа - 0.08МПа. Обладнання ГРП - газопроводи скидні Д100мм-50мм, лінії редукування Д325мм, ЗЗК, ЗСК, регулятори Рдук-300, фільтри, ВОГ. Телеметрія відсутня, диспетчеризація об'єкту газопостачання відсутня

## РОЗДІЛ 6

### Автоматизація систем газопостачання станцій теплопостачання та районних котелень

## РОЗДІЛ 6

### **Автоматизація систем газопостачання станцій тепlopостачання та районних котелень**

Автоматизація систем газопостачання станцій тепlopостачання та районних котелень спрямована на підвищення ефективності, безпеки та надійності роботи обладнання. Впровадження автоматизованих систем дозволяє зменшити людський фактор, оптимізувати використання газу і мінімізувати вплив на довкілля.

Основні функції автоматизованих систем газопостачання:

#### 1. Контроль і моніторинг:

- Безперервний збір і аналіз даних про тиск, температуру, витрату газу, склад газової суміші тощо.

- Своєчасне виявлення відхилень від нормальних параметрів для запобігання аваріям.

#### 2. Управління процесами:

- Автоматичне регулювання подачі газу в залежності від потреб станції.
- Координація роботи різних систем, таких як пальники, компресори та регулятори тиску.

#### 3. Захист і безпека:

- Автоматичне відключення подачі газу в разі виявлення витоків, перевищення тиску чи інших аварійних ситуацій.

- Контроль стану запірної арматури та датчиків безпеки.

#### 4. Енергоефективність:

- Зниження втрат газу та оптимізація витрат палива через точне управління процесами горіння.

#### 5. Інтеграція з іншими системами:

- Обмін даними з тепловими, електричними і водопостачальними системами для забезпечення комплексного управління станцією.

## Переваги автоматизації систем газопостачання:

### 1. Підвищення безпеки:

- Автоматизовані системи швидко реагують на витoki або аварійні ситуації, знижуючи ризики вибухів чи пожеж.

### 2. Зменшення витрат:

- Оптимізація витрати газу знижує експлуатаційні витрати станції.
- Зменшення потреби у постійному людському контролі дозволяє знизити витрати на персонал.

### 3. Екологічні переваги:

- Автоматичне регулювання горіння мінімізує викиди оксидів азоту (NOx), вуглекислого газу (CO<sub>2</sub>) та інших забруднюючих речовин.
- Зменшення ризику витоків метану, який є потужним парниковим газом.

### 4. Підвищення надійності:

- Постійний моніторинг параметрів системи дозволяє вчасно виявляти потенційні несправності, попереджаючи аварії.

### 5. Гнучкість управління:

- Можливість дистанційного керування системою через диспетчерські пункти або мобільні пристрої.

## Компоненти автоматизованих систем газопостачання:

### 1. Контролери та програмовані логічні контролери (ПЛК):

- Центральні елементи системи, що забезпечують збір даних, їх обробку та управління процесами.

### 2. Давачі:

- Давачі тиску, температури, витрати газу, складу газової суміші та контролю витоків.

### 3. Запірно-регулююча арматура:

- Клапани та регулятори, які автоматично змінюють параметри потоку газу.

### 4. Системи аварійного відключення:

- Забезпечують негайне перекриття подачі газу у разі виникнення

небезпеки.

5. Інтерфейси для операторів:

- Панелі управління або комп'ютерні системи, що дозволяють операторам отримувати інформацію про стан системи і взаємодіяти з нею.

6. Програмне забезпечення:

- Для аналізу даних, моделювання роботи системи та забезпечення автоматизованого управління.

Виклики та ризики при автоматизації:

1. Початкові витрати:

- Впровадження автоматизованих систем вимагає значних інвестицій у технічне обладнання та навчання персоналу.

2. Необхідність технічного обслуговування:

- Для стабільної роботи системи потрібен регулярний контроль і обслуговування.

3. Кібербезпека:

- Автоматизовані системи можуть бути вразливими до хакерських атак, що вимагає захисту даних і каналів зв'язку.

4. Складність інтеграції:

- Інтеграція нових систем із застарілими може бути технічно складною та вимагати адаптації.

Рекомендації для успішної автоматизації:

1. Етапне впровадження:

- Автоматизацію доцільно проводити поступово, починаючи з найбільш критичних компонентів системи.

2. Вибір сучасного обладнання:

- Використання сертифікованих і надійних компонентів для забезпечення довговічності системи.

3. Навчання персоналу:

- Проведення тренінгів для операторів і технічного персоналу для роботи з автоматизованими системами.

#### 4. Захист даних:

- Впровадження систем кіберзахисту для запобігання несанкціонованому доступу.

#### 5. Моніторинг та аудит:

- Постійний контроль роботи автоматизованої системи для виявлення та усунення недоліків. [2]

Автоматизація систем газопостачання станцій тепlopостачання сприяє підвищенню ефективності, безпеки та екологічності їх роботи. Незважаючи на високі початкові витрати, ці технології окупуються завдяки зниженню експлуатаційних витрат, покращенню якості роботи системи та мінімізації ризиків для навколишнього середовища.

## РОЗДІЛ 7

### Екологічна оцінка запропонованих заходів

## РОЗДІЛ 7

### Екологічна оцінка запропонованих заходів

СТ та РК є важливим джерелом теплової енергії для житлових, промислових і громадських будівель. Використання природного газу як палива вважається відносно екологічно чистим порівняно з вугіллям чи мазутом, але діяльність таких станцій все одно має певний вплив на довкілля.

Позитивні аспекти газових станцій теплопостачання:

1. Менші викиди забруднюючих речовин:

- Природний газ під час згоряння утворює менше шкідливих викидів, таких як оксиди сірки (SO<sub>2</sub>), оксиди азоту (NO<sub>x</sub>) і тверді частинки (PM), порівняно з іншими видами палива.

- Відсутність твердих відходів, таких як зола та шлак.

2. Зменшення парникового ефекту:

- Природний газ утворює менше CO<sub>2</sub> на одиницю виробленої енергії, ніж вугілля чи мазут, що сприяє боротьбі зі зміною клімату.

3. Енергоефективність:

- Газові котли, особливо конденсаційні, мають високий коефіцієнт корисної дії (ККД), що дозволяє ефективніше використовувати паливо.

4. Можливість комбінованого виробництва енергії:

- Деякі станції можуть використовувати когенераційні установки, що забезпечує одночасне виробництво теплової та електричної енергії, знижуючи загальний екологічний вплив.

Негативний вплив газових станцій теплопостачання на екологію:

1. Викиди забруднюючих речовин в атмосферу:

- Хоча природний газ вважається чистим паливом, під час його спалювання все одно утворюються:

- Оксиди азоту (NO<sub>x</sub>) - сприяють утворенню смогу та кислотних дощів.

- Оксид вуглецю (CO) - токсичний газ, що впливає на якість повітря.

- Метан (CH<sub>4</sub>) - можливий витік під час транспортування та зберігання

газу, що має значний парниковий ефект.

2. Парникові гази:

- Попри менший рівень викидів CO<sub>2</sub>, природний газ усе ще є джерелом вуглекислого газу, що сприяє глобальному потеплінню.

3. Ризики аварій:

- Витік газу через пошкодження мереж або обладнання може спричинити забруднення атмосфери метаном, вибухи або пожежі.

4. Шумове забруднення:

- Робота обладнання, зокрема газових турбін, насосів і вентиляторів, може створювати підвищений рівень шуму.

5. Енергоспоживання:

- Споживання енергії для роботи насосів, систем вентиляції та інших допоміжних механізмів впливає на загальний екологічний слід станції.

Заходи для зменшення негативного впливу:

1. Вдосконалення технологій спалювання газу:

- Встановлення сучасних пальників із низьким рівнем викидів оксидів азоту (Low-NO<sub>x</sub> burners).

- Використання когенераційних систем для підвищення енергоефективності.

2. Моніторинг викидів:

- Постійний контроль рівня забруднюючих речовин у викидах та оперативне реагування на відхилення від норм.

3. Запобігання витокам:

- Регулярний технічний огляд трубопроводів, резервуарів і обладнання для виявлення та усунення витоків газу.

4. Підвищення енергоефективності:

- Використання конденсаційних котлів і вдосконалених  
теплоізоляційних матеріалів для мінімізації тепловтрат.

5. Зелені рішення:

- Впровадження відновлюваних джерел енергії, наприклад, сонячних

або геотермальних систем, для додаткового теплопостачання.

6. Зниження шумового впливу:

• Установка шумопоглинаючих бар'єрів та використання обладнання з низьким рівнем шуму.

Також, можна виконувати наступні рекомендації, які опосередковано теж можуть впливати на екологічну ситуацію:

1. Проведення екологічного моніторингу на всіх етапах реалізації проєкту.
2. Використання сертифікованих екологічно безпечних матеріалів.
3. Впровадження системи управління відходами, яка включає переробку та утилізацію старих матеріалів.
4. Проведення громадських слухань та консультацій з місцевим населенням щодо модернізаційних заходів.

Газові станції теплопостачання мають менший екологічний вплив порівняно з вугільними чи мазутними станціями. Проте їх діяльність супроводжується певними ризиками для навколишнього середовища, які можна мінімізувати завдяки сучасним технологіям, ретельному моніторингу та дотриманню екологічних стандартів. Ефективна модернізація газових станцій дозволить досягти більшої екологічної безпеки та підвищення енергоефективності. [9]

Модернізація газової мережі теплопостачальних станцій може значно знизити вплив на довкілля за умови дотримання екологічних стандартів та використання сучасних технологій.

## ВИСНОВОК

Розглянувши варіанти модернізації газоспоживаючого обладнання, систем газопостачання станцій тепlopостачання та районних котелень можна зробити наступні висновки:

Системи газопостачання станцій тепlopостачання та районних котелень міста Києва ще далекі від сучасного рівня обладнання й автоматики промислових котелень. Але це надає нам великий діапазон можливих заходів для підвищення рівню безпеки, контролю й забезпечення необхідних параметрів, автоматизації виробничих процесів, підвищення ККД газоспоживаючого обладнання, зменшення об'єму шкідливих викидів, зниження впливу інших шкідливих факторів на довкілля, підвищення енергоефективності як окремих елементів так і системи загалом.

Впровадження таких заходів стримується великими капіталовкладеннями на їх реалізацію, та експлуатаційні терміни обладнання й сучасні реалії ринку палива і теплової енергії роблять впровадження таких заходів невідворотною частиною майбутнього.

Також, у відтермінування модернізації промислових потужностей виробництва теплової енергії, вносить свої корективи й військова агресія рф проти України. Масовані ракетні обстріли енергетичної інфраструктури роблять заходи з модернізації таких котелень дуже ризикованими, бо під час реконструкції і після неї, такі об'єкти можуть стати пріоритетними для ураження й не проіснувати тривалий час.

Тож, підсумовуючи вищенаведене, Україна після перемоги у війні проти рф, під час відбудовування зруйнованих міст, закладе загальноукраїнську

тенденцію на використання сучасного обладнання систем газу і теплопостачання, а також тепло генеруючих потужностей, що в свою чергу стане тригером для переобладнання і існуючих потужностей на сучасне обладнання і забезпечення відповідно і мереж транспортування палива й теплоносія.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. ДБН В.2.5-77:2014 «Котельні», наказ Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України від 15.09.2014 №252.

2. EN 1643: 2000 Valve proving systems for automatic shut-off valves for gas burners and gas appliances.

3. EN 88 - 1: 2007 Pressure regulators and associated safety devices for gas appliances. Pressure regulators for inlet pressures up to and including 500 mbar.

4. Бабак В.П. Запорожець А.О. Система контролю якості горіння повітряно-паливної суміші в котлоагрегатах малої та середньої потужності // Методи та прилади контролю якості. 2014. №2 (33). С. 106-114.

5. Грановська О.О. Удосконалення стабілізаторних пальникових пристроїв при мікрофакельному спалюванні газу: Автореф. дис... канд. тех. наук: 05.14.14. - Київ, 2014. - 26 с.

6. ДСТУ EN 12067-1: 2005 Пристрої контролювання співвідношення газ/повітря для газових пальників і газопальникових приладів. Частина ДСТУ EN 12067-2: 2008 Пристрої контролювання співвідношення газ/повітря для газових пальників і газопальникових приладів. Частина ДСТУ EN 12078: 2005 Регулятори нульові для газових пальників і газопальникових пристроїв, затверджений Наказом Держспоживстандарту України від 4 серпня 2008р. № 268 з 2010-01-01.

7. ДСТУ EN 126: 2005 Прилади керування газопальниковими пристроями багатофункціональні, затверджений Наказом Держспоживстандарту України від 25 липня 2005 р. № 187 з 2007-01-01.

8. ДСТУ EN 161: 2005 Клапани автоматичні відсічні для газових пальників і газових приладів, затверджений Наказом Держспоживстандарту України від 2 серпня 2007р. № 176 з 2008-03.01.

9. ДСТУ EN 676: 2006 Пальники газові автоматичні з примусовою подачею повітря, затверджений Наказом Держспоживстандарту України від 3 серпня 2006 р. № 230 з 2007-07-01.

10. Котельні установки промислових підприємств: навчальний посібник / Д.В. Степанов, Є.С. Корженко, Л.А. Бондар. - Вінниця: ВНТУ, 2011. - 120 с.

11. Кучерук В.Ю. Дудатьєв І.А. Використання ресурсозберіжних технологій на теплопостачальних підприємствах // Промислова екологія. 2010. С. 1-5.

12. ДБН В.2.5-20-2018 Газопостачання. Інженерне обладнання будинків і споруд, Наказ від 15.11.2018 № 305 Про затвердження ДБН В.2.5-20:2018 Газопостачання.

13. Правила систем газопостачання, Наказ Міністерства енергетики та вугільної промисловості України 15.05.2015 № 285.

14. Козячина, Б., Смілян, М., & Погосов, О. (2024). Перспективи застосування модульних твердопаливних котельних при диверсифікації джерел теплової енергії адміністративних будівель. Collection of scientific papers «ΛΟΓΟΣ», (March 1, 2024; Paris, France), 200-206.c

15. Костюк О.П. Паливо та обладнання для його спалювання: Навчальний посібник. - Рівне: НУВГП, 2011. - 121 с.

16. Пономаренко С.М. Основи фізики горіння: навчальний посібник / С.М. Пономаренко. - К.: НТУУ «КПІ», 2016. - 85 с.

17. ТОВАЖНЯНСЬКИЙ Л.Л. Паливно-енергетичний комплекс. Стратегія розвитку [Текст] Навч. посіб. / Л.Л. ТОВАЖНЯНСЬКИЙ, Б.О. Левченко. - Харків: НТУ «ХПІ», 2009. - 400 с.

18. О.І.Прокоф'єв, Б.Г.Демчика, Т.М.Шналь та ін. Посібник з основ теорії горіння. - Л.: НУ «ЛП», 2002. - 108 с.

19. J. Warnatz U., Maas R.W., Dibble Combustion Physical and Chemical Fundamentals, Modeling and Simulation, Experiments, Pollutant Formation SpringerVerlag Berlin Heidelberg, 2006, 388 p.

20. ДСТУ EN 303-1:2017. Котли опалювальні. Частина 1. Котли опалювальні з форсунками з примусовою тягою. Термінологія, загальні вимоги, випробування та маркування (EN 303-1:1999, IDT).

21.ДСТУ EN 303-2:2017. Котли опалювальні. Частина 2. Котли опалювальні з форсунками з примусовою тягою. Спеціальні вимоги для котлів з мазутними форсунками розпилювання (EN 303-2:1998, IDT). Зі зміною № 1:2017

22.ДСТУ ISO 3966:2019. Вимірювання потоку рідини в закритих каналах. Метод вимірювання полів швидкостей із застосуванням трубок Пито (ISO 3966:2008, IDT)

23.Погосов, О. Г. ., Чепурна, Н. В. ., Пасічник, П. О. ., Кулінко, Є. О. ., & Дорошенко, А.А.. (2023). Сучасні системи тепло- та паропостачання промислових підприємств при застосуванні глибокої утилізації енергетичного потенціалу технологічної пари. Вентиляція, освітлення та теплогазопостачання, 45, 42–51.