

Міністерство освіти і науки України

Національний університет водного  
господарства та природокористування

Кафедра гідроенергетики, теплоенергетики та  
гідравлічних машин

**01-06-97М**

## **МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

до виконання лабораторних робіт № 1 та № 2  
з навчальної дисципліни

«Котельні установки промислових підприємств»  
для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня  
за освітньо-професійною програмою «Теплоенергетика»  
спеціальності 144 «Теплоенергетика»  
галузі знань 14 «Електрична інженерія»  
денної та заочної форм навчання

Рекомендовано науково-  
методичною радою з якості  
ННІЕАВГ  
Протокол № 6 від 20.02.2024 р.

Рівне – 2024

Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт № 1 та № 2 з навчальної дисципліни «Котельні установки промислових підприємств» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за освітньо-професійною програмою «Теплоенергетика» спеціальності 144 «Теплоенергетика» галузі знань 14 «Електрична інженерія» денної та заочної форм навчання. [Електронне видання] / Куба В. В. – Рівне : НУВГП, 2024. – 24 с.

Укладач: Куба В. В., старший викладач кафедри гідроенергетики, теплоенергетики та гідравлічних машин.

Відповідальний за випуск: Рябенко О. А., д.т.н., професор, завідувач кафедри гідроенергетики, теплоенергетики та гідравлічних машин.

Керівник групи забезпечення  
спеціальності 144 «Теплоенергетика»

Костюк О. П

© В. В. Куба, 2024  
© НУВГП, 2024

## Зміст

Вступ	3
Лабораторна робота №1 «Вивчення конструкцій котельних агрегатів»	3
Лабораторна робота №2 «Газове господарство котельні»	17
Література	24

### Вступ

Дисципліна «Котельні установки промислових підприємств» є базовою для студентів спеціальності «Теплоенергетика». Для закріплення теоретичного курсу передбачається проведення циклу лабораторних робіт.

Мета вивчення дисципліни «Котельні установки промислових підприємств» - отримання знань з проектування, експлуатації та налагодження котельних агрегатів та теплових мереж.

Дані лабораторні роботи проводяться безпосередньо на діючих котельнях, де студенти ознайомлюються з котлами, а також виконують необхідні замири з подальшою їх обробкою. Після проведення кожної лабораторної роботи студент повинен оформити звіт та захистити дану роботу викладачу, що веде заняття.

### Лабораторна робота №1

**Тема:** Вивчення конструкцій котельних агрегатів.

**Мета роботи:** Вивчення конструкцій, принципу дії, маркування і областей застосування котельних агрегатів.

### Порядок виконання роботи

1. Вивчити конструкції, принцип дії, з'ясувати призначення основних деталей котельних агрегатів користуючись плакатами, мультимедійним матеріалом, інформацією, що отримана під час екскурсій на виробництві.
2. Скласти ескізи і позначити основні елементи котельних агрегатів.
3. Ознайомитись з маркуванням і областю застосування котельних агрегатів

#### 1. Котли паропродуктивністю до 1 т/год

На рис. 1 показаний вертикально-водотрубний парогенератор Е-1/9М, який призначений для виробництва насиченої пари продуктивністю 1 т/год і тиском 0,9 МПа при спалюванні всіх видів палива. Топкова камера парогенератора повністю екранована. У ньому відсутні опускні труби, що не обігріваються. Навіть колектор стельово-фронтального екрану розміщений у топковій камері. Конвекційна поверхня нагріву парогенератора складається із двох пучків з

коридорним розміщенням труб. Продукти згорання розвертаються в горизонтальній площині при поперечному омиванні ними труб конвекційної поверхні нагріву. Верхній і нижній барабани розміщуються перпендикулярно поздовжній осі парогенератора. Обмурівка полегшена, з металевою обшивкою. Парогенератор обладнаний однією ротаційною форсункою, яка призначена для спалювання мазуту марок 40 і 100, а також має автоматичний регулятор рівня води та автоматику безпеки. Видалення продуктів згорання здійснюється димососом, який поставляється в комплекті з парогенератором. Доставка його здійснюється у зібраному вигляді. Температура продуктів згорання за котлом складає 320 °С при коефіцієнту надлишку повітря 1,3 і роботі з номінальним навантаженням.

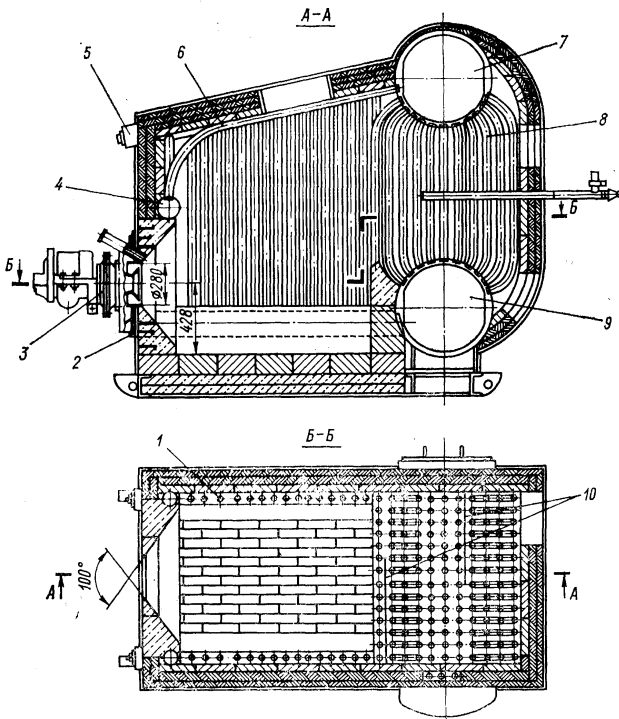


Рис. 1 Парогенератор Е-1/9М

1 – боковий екран; 2, 5 – колектори бокових екранів; 3 – паликовий пристрій; 4 – колектори фронтального екрану; 6 – стельовий екран; 7 – верхній барабан; 8 – конвекційний пучок; 9 – нижній барабан; 10 – газові перегородки.

## 2. Парогенератори типу ДКВр

Парогенератори типу ДКВр продуктивністю від 2,5 до 20 т/год призначені для виробництва насиченої або перегрітої пари з температурою 250, 350, 440 °С (парогенератори продуктивністю 2,5 т/год випускаються без пароперегрівника).

При позначенні марки котла, наприклад ДКВр-4-13-250, перша цифра – паропроductивність 4 т/год, друга – тиск пари 13 кгс/см<sup>2</sup> (1,37 МПа), третя – температура перегрітої пари 250 °С. Якщо у марці немає третьої цифри, то це свідчить про те, що котел не має пароперегрівника й виробляє насичену пару.

Котли ДКВр можуть використовуватися в різних галузях промисловості; на транспорті; в комунальному і сільському господарстві; на підприємствах, які споживають пару для технологічних та опалювально-вентиляційних потреб; а також як енергетичні для електростанцій малої потужності. Типорозміри котлів ДКВр наведені в табл. 1.

Таблиця 1.

Типорозміри котлів ДКВр

Паропро- дуктивність, т/год	Тиск пари				
	1,37 МПа		2,35 МПа		4,36 МПа
	Насичена пара	Перегріта пара	Насичена пара	Перегріта пара	Перегріта пара
1	2	3	4	5	6
2,5	ДКВр-2,5- 13	-	-	-	-
4	ДКВр-4-13	ДКВр-4- 13-250	-	-	-
6,5	ДКВр-6,5- 13	ДКВр-6,5- 13-250	ДКВр-6,5- 21	ДКВр-6,5- 21-350	-
10	ДКВр-10- 13	ДКВр-10- 13-250	ДКВр-10- 21	ДКВр-10- 21-350	ДКВр-10- 39-440
20	ДКВр-20- 13	ДКВр-20- 13-250	-	-	-

Котли ДКВр добре компонується з більшістю шарових топкових пристроїв. Типи топкових пристроїв, які рекомендуються ЦКТИ та Бійським заводом наведені в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2

## Рекомендовані типи топкових пристроїв для котлів ДКВр

Вид палива	Найменування топкового пристрою				
		3	4	5	6
1	2	3	4	5	6
Антрацити (АС, АМ, АРШ, АСШ)	ПМЗ-РПК-2 ЧЦР	1800x1525-	2200x2135	2600x2440	- 2360x6500
Пісне Вугілля	ПМЗ-РПК-2 ПМЗ-ЛЦР	1800x1525 -	2200x2135 -	2600x2440 2600x3000	- 2660x4000
Буре, кам'яне вугілля	ПМЗ-РПК-2 ПМЗ-ЛЦР	1800x1525 -	2200x2135 -	2600x2440 2660x3000	- 2660x4000
Торф шматковий	Шахтні торф'яні топки ЧЦР і швидкісна передтопка системи Померанцева	T1-500 3200x6550 -	T1-1300 3200x7710 -	T1-2000 3830x8970 -	- ЧЦР 2360x6500
Мазут (природний газ)	Низьконапірні форсунки з повітряним розпилювачем Паромеханічні форсунки Черенові пальники	2x0,0417	2x0,0695	2x0,111	2x0,125
		2x0,0417	2x0,0695	2x0,111	2x0,125
		2x0,0417	2x0,0695	2x0,111	2x0,125
Дрова і відходи деревини	Швидкісна передтопка системи Померанцева	Висота і ширина шахти передтопки, м			
		3,15x1,92	3,15x1,92	3,15x2,43	3,15x2,43

При спалюванні газоподібного палива і мазуту котли ДКВр з тиском 1,37 МПа і вище можуть мати на 30 – 50 % більшу продуктивність ніж при роботі на твердому паливі. При цьому нижня частина верхнього барабану, яка розміщена над топковою камерою, повинна бути захищена вогнетривкою цеглою або торкретом.

Вся серія уніфікованих котлів типу ДКВр на тиск 1,37 МПа та 2,35 МПа мають загальну конструктивну схему: це двохбарабанні котли із природною циркуляцією і екранованою топковою камерою, з поздовжнім розміщенням барабанів і коридорним розміщенням кип'ятильних труб. У парогенераторах продуктивністю від 2,5 до 10 т/год використовують горизонтальний розворот продуктів згорання при поперечному омиванні труб конвекційної поверхні нагріву. Зварні барабани на тиск 1,37 та 2,35 МПа виготовлені із сталі марки 16ГС або Г2С є уніфіковані і мають однакові внутрішні діаметри (1000 мм) з товщиною стінки відповідно 13 та 20 мм. Екрани і кип'ятильні труби із сталей безшовних труб.

У верхньому барабані котлів типу ДКВр розміщені сепараційні пристрої (жалюзі, дірчасті листи), дві живильні труби, контрольні легкоплавкі пробки. В нижньому барабані встановлена перфорована трубка для продувки, а у котлах продуктивністю 10 т/год міститься також труба для прогріву котла при його розпалюванні.

Топкова камера парогенераторів від 2,5 до 6,5 т/год має лише бокові екрани, а парогенераторів 10 та 20 т/год – також фронтний та задній екрани. Крок фронтного і заднього екранів 130 мм.

Труби бокових екранів з кроком 80 мм верхніми кінцями завальцьовані у верхньому барабані, а нижніми приварені до колекторів (рис. 2, 3). Вода у бокові колектори надходить із верхнього барабану передніми опускними трубами, які розміщені у обмурівці, а із нижнього барабану – по перепускним трубам. Така схема живлення труб бокових екранів підвищує надійність роботи при пониженому рівні води у верхньому барабані та збільшує кратність циркуляції. Передні опускні труби також являються додатковою опорою для видовженого верхнього барабану.

Верхній і нижній барабани парогенераторів ДКВр мають розвинений пучок кип'ятильних труб діаметром 51x2,5 мм, які утворюють конвекційну поверхню нагріву. Останні ряди кип'ятильних труб по ходу газів являються опускними.

Для зменшення топкових втрат топка котлів ДКВр розділена на дві частини: власне топку і камеру догорання. Величина останньої буває різною і складає 10 – 20 % від повного об'єму топкової камери.

Пароперегрівники котлів розміщені після другого або третього ряду труб першого котельного пучка по ходу газів. Змійовики пароперегрівників виконані із сталей суцільнотягнутих труб діаметром 32x3 мм (рис. 4).

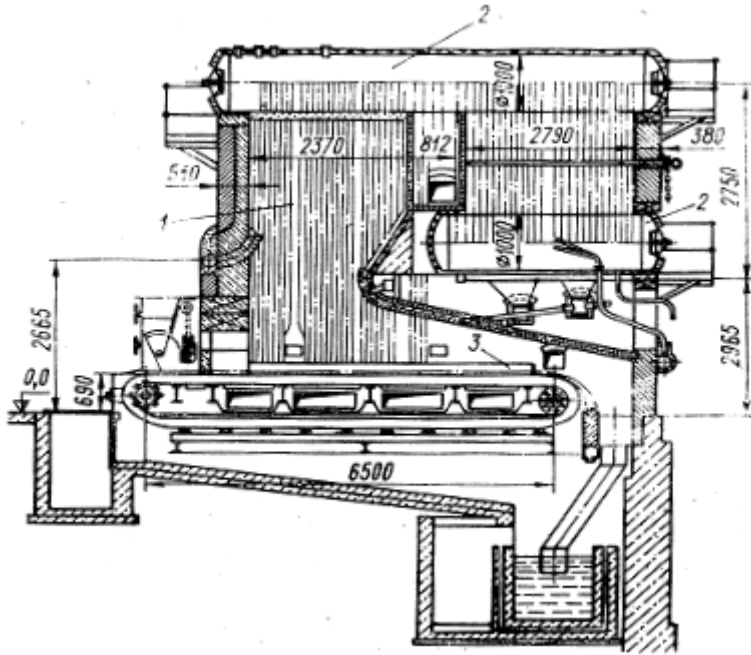


Рис. 2 Парогенератор ДКВр-10-13  
 1 – бокові екрани; 2 – барабани; 3 – колектори

Котли типу ДКВр виготовляють в важкій або полегшеній обмурівці. Остання виконується із полегшеного шамоту, вермикулітових та совелітових плит, мінеральної вати. Для забезпечення щільності газоходу та кріплення полегшеної обмурівки всі стіни котла обшиваються сталевими листами. На котлах змонтований стаціонарний обдувальний пристрій для періодичного обдування труб насиченою або перегрітою парою з тиском від 7 до 17 бар. При зниженому тиску пар (до 7 – 9 бар) очистку поверхонь здійснюють ручним переносним приладом через лючки в бокових стінах обмурівки.

Котли мають звукові сигналізатори граничних рівнів води в барабані і поплавкові регулятори живлення прямої дії.



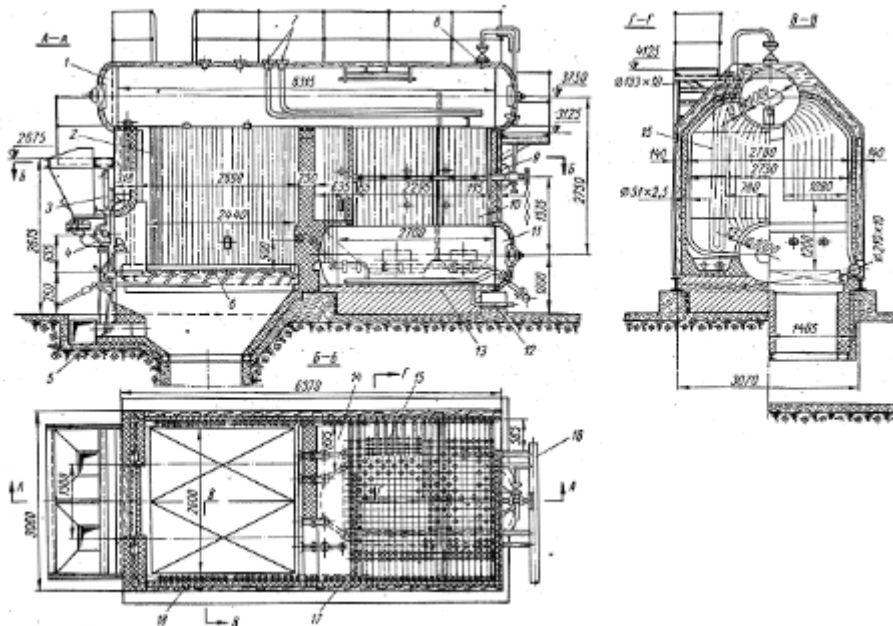


Рис. 3 Парогенератор ДКВр-6,5-13-250

1 – верхній барабан; 2 – боковий екран; 3 – підвід повітря до закидача; 4 – пневмомеханічний закидач; 5 – дуттєва засувка; 6 – колосникова решітка; 7 – підвід живильної води; 8 – штуцер для відводу насиченої пари на обдування; 9 – обдув очний пристрій; 10 – кип'ятильні труби; 11 – нижній барабан; 12 – патрубок для продувки і видалення шламу; 13 – опорна рама; 14 – камера догорання; 15 – пароперегрівник; 16 – пристрій повернення виносу; 17 – газова перегородка; 18- полегшена обмурівка

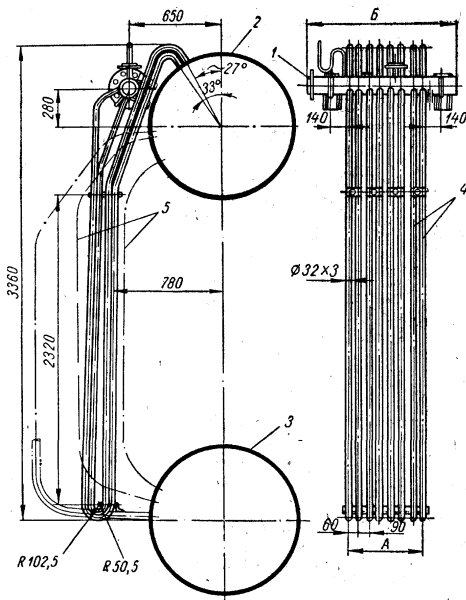


Рис. 4. Пароперегрівник котла ДКВр-4-13-250

1 – камера перегрітої пари; 2 – верхній барабан; 3 – нижній барабан;  
4 – змійовики пароперегрівника; 5 – котельні труби.

	ДКВр-4-13- 250	ДКВр-6,5-13- 250	ДКВр-10-13- 250
А	510	1925	1110
Б	1051	1466	1651
<b>Число змійовиків</b>	8	12	16

Парогенератор продуктивністю 20 т/год показаний на рис. 5. Верхній барабан парогенератора укорочений, топкова камера повністю екранована. Продукти згорання із топки надходять у камеру догорання, в кінці якої розміщений вертикальний пароперегрівач. Парогенератор має розвинену конвекційну поверхню нагріву, яка омивається продуктами згорання за один хід (відсутній горизонтальний розворот продуктів згорання, як це є у решта парогенераторів серії ДКВр).

Циркуляційна схема парогенератора ДКВр-20-13 наведена на рис. 6. Із схеми зрозуміло, що парогенератор має декілька самостійних циркуляційних контурів. У перший (по ходу продуктів згорання) половині труб конвекційної поверхні містяться підйомні труби, а у другій – опускні. Кожний боковий екран розділений на дві частини. Нижні колектори задньої частини бокових

екранів отримують воду із нижнього барабану по опускним трубам. Підйомні труби задньої частини бокових екранів через проміжний верхній колектор з'єднані з верхнім барабаном, який являється чистовим відсіком першого ступеня випаровування.

Нижні колектори бокових передніх екранів живляться із виносних циклонів. Підйомні труби бокових передніх екранів через проміжний колектор з'єднані з виносними циклонами, із яких пара направляєється у верхній барабан парогенератора.

Виносні циклони і з'єднані з ними передні екрани являються грязевим відсіком (другим ступенем) ступеневого випаровування. Нижній колектор фронтового екрану живиться із верхнього барабану. Підйомні труби фронтового екрану через верхній колектор з'єднані з верхнім барабаном. Нижній колектор заднього екрану живиться із нижнього барабану. Підйомні труби через верхній колектор заднього екрану з'єднані з верхнім барабаном.

В ЦКТИ була досліджена робота великої кількості промислових котельнь, у яких експлуатувались парогенератори серії ДКВР. В результаті досліджень було встановлено, що 85 % парогенераторів використовують газ або мазут. Крім того, були виявлені недоліки в роботі парогенераторів: великі присмоктування повітря у конвекційну частину поверхні нагріву і водяний економайзер, недостатній ступінь заводської готовності, більш низькі експлуатаційні ККД у порівнянні з розрахунковими.

Основні конструктивні характеристики парогенераторів серії ДКВР наведені в табл. 3, 4.

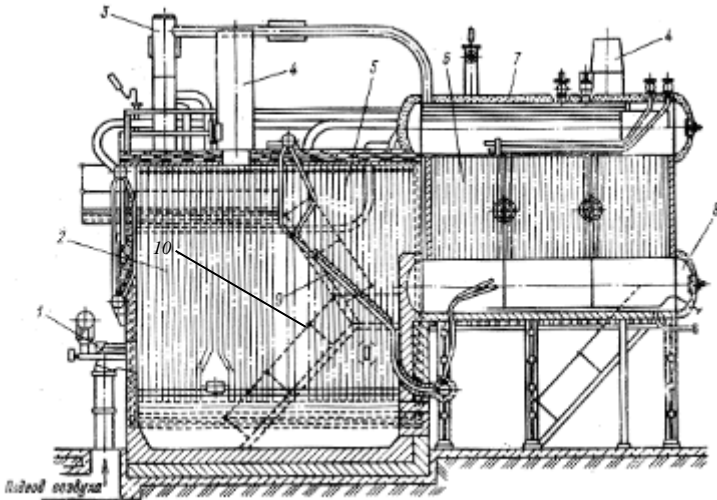


Рис. 5. Парогенератор ДКВр-20-13

1 – газомазутний пальник; 2 – бокові екрани; 3 – виносні циклони; 4 – короб вибухового запобіжного клапану; 5 – задній топковий блок; 6 – конвекційна поверхня нагріву (конвекційний блок); 7 – ізоляція верхнього барабану; 8 – нижній барабан; 9 – задній екран; 10 – фронтний екран

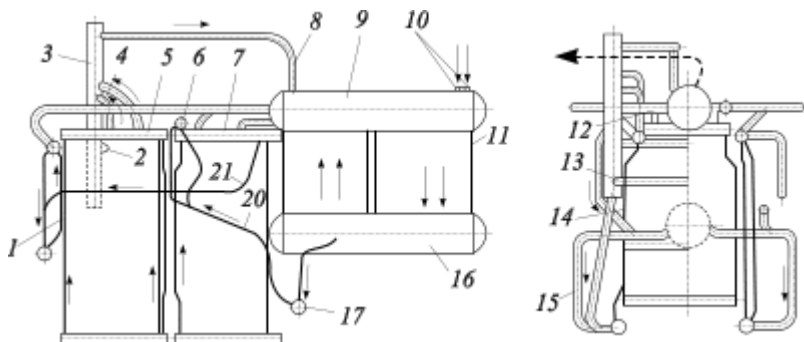


Рис. 6. Циркуляційна схема парогенератора ДКВр-20-13

1 – фронтний екран; 2 – неперервна продувка; 3 – виносний циклон; 4 – підвід у циклон пароводяної суміші; 5 – камера другого ступеня випаровування; 6 – камера заднього екрану; 7 – камера бокового екрану; 8 – відвід пари із циклона у барабан; 9 – верхній барабан; 10 – підвід живильної води; 11- опускні труби конвекційної поверхні нагріву; 12 – відвід пари в барабан; 13 – перепускні труби циклону; 14 – опускні труби циклону; 15 – перепускні труби; 16 – нижній барабан; 17 – живильні труби заднього екрану; 18 – живильні труби бокового екрану; 19 – задній екран; 20 – живильні труби циклона; 21 – живильні труби фронтного екрану

### 3. Водогрійні котли

Водогрійні котли використовуються для постачання підігрітою водою систем опалення і вентиляції, побутових і технологічних споживачів. Водогрійні сталеві котли, які як правило працюють за проточної ним принципом з постійною витратою води, встановлюють у промислово-опалювальних котельнях, а також на ТЕЦ для покриття пікових опалювально-вентиляційних навантажень. Температура води на вході в котел становить 70°C (в піковому режимі до 110 °C), температура води на виході із котла - 150 °C і більше (до 200 °C).

Для водогрійних котлів встановлена наступна шкала теплових потужностей, МВт (Гкал/год): 4,65 (4); 7,5 (6,5); 11,63 (10); 23,3 (20); 35 (30); 58,2 (50); 116,3 (100); 209,4 (180).

Водогрійні котли потужністю до 23,3 МВт забезпечують, як правило, роботу тільки в основному режимі з підігрівом води до 150 °С. При цьому тиск води на вході в котел приймається 1,6 МПа.

Для котлів температура води на вході повинна бути вищою за температуру точки роси для продуктів згорання для запобігання інтенсивної зовнішньої корозії труб. В зв'язку з цим температура води на вході в котел повинна бути не нижче 60 °С при роботі на природному газі, 70 °С – при роботі на мало сірковому мазуті і не нижче 110 °С – при роботі на високо сірковому мазуті. Враховуючи, що зворотна (холодна) вода, що надходить із тепломережі, має, як правило, температуру нижче 60 °С, частина прямої (гарячої) води при допомозі рециркуляційних насосів підмішується до зворотної води для досягнення необхідної температури води на вході в агрегат. Водогрійні котли КВГ-4,65 та КВГ-7,56 виготовляють для роботи на природному газі, поставляють з полегшеною обмурівкою одним транспортбельним блоком. Конструктивно котел виконаний прямоточним водотрубним.

Трубна система включає радіаційні і конвекційні поверхні нагріву. Радіаційні поверхні нагріву утворюються лівим і правим боковими екранами, двома двохсвітловими екранами та стельовим екраном. Кожний вертикальний топковий екран складається із прямих труб і двох колекторів (верхнього та нижнього). Відстань між вертикальними топковими екранами складає 906 мм. Конвекційні поверхні нагріву утворюються секціями, що складаються із вертикального колектора і вварених в нього зміювиків. Екрани котла з'єднані перепускними трубами. Для забезпечення очистки від шламу всі колектори вертикальних і стельового екранів мають люки. Доступ в топку для виконання робіт по огляду та ремонту елементів котла забезпечується через три лази, які розміщені на фронті котла. Для огляду поверхонь нагріву можна використовувати в якості лазів вікна двох вибухових клапанів, що встановлені у верхній частині задньої стінки конвекційного пучка.

В котлах використані по три череневі пальника, які розміщені між секціями вертикальних топкових екранів. Пальник має два ряди отворів діаметром 1,5 мм, які розміщені в шаховому порядку.

Котел не має несучого каркасу. Все навантаження передається через трубну систему на нижні поздовжні колектори, що мають опори. Теплові переміщення трубної системи забезпечується за рахунок виконання в стійках опор отворів більшого діаметра, ніж діаметр болтів, які закріплюють стійки до нижніх колекторів екранів та конвекційної частини.

Водогрійні котли КВГ-4,65 та КВГ-7,56 обладнані автоматичним захистом, що зупиняє подачу палива в топку у випадках:

- підвищення тиску води у вхідному колекторі котла більше ніж 1,71 МПа;

- падіння тиску води у вихідному колекторі котла нижче 1,02 МПа;
- підвищення температури води у вихідному колекторі котла вище 150 °С;
- зменшення витрати води через котел нижче величини: 80, 25 м<sup>3</sup>/год – для котла КВГ-7,56 та 49,4 м<sup>3</sup>/год – для котла КВГ-4,65;
- падіння тиску повітря перед пальниками нижче: 40 мм вод. ст. - для котла КВГ-7,56 та 20 мм вод. ст. – для КВГ-4,65.

При роботі котла контролюються тиск і температура води на вході і виході котла, тиск газу у пальниках після останнього по ходу газу пристрою, що відключається, тиск повітря у пальниках, розрідження в топці котла. Технічні характеристики котлів КВГ-4,65 та КВГ-7,56 наведені у табл. 3.

**Таблиця 3**

**Технічні характеристики водогрійних котлів КВГ-4,65 та КВГ-7,56**

<b>Найменування</b>	<b>КВГ-4,65</b>	<b>КВГ-7,56</b>
Тиск води на вході, МПа	1,6	1,6
Номінальна теплопродуктивність, МВт	4,65	7,56
Температура води, °С:		
на вході	70	70
на виході	150	150
Витрата води, м <sup>3</sup> /год	46,4	80,25
ККД, %	91	91
Об'єм топкового простору, м <sup>3</sup>	12,67	18,90
Поверхні нагріву, м <sup>2</sup>	0,900	1,365
Габарити в обмурівці, мм:		
довжина	4900	5520
ширина	4186	4195
висота	4102	4102
Маса металу під тиском, т	3,818	6,045
Розрахункове паливо	Газ	Газ

На рис. 7 наведений газомазутний водогрійний котел типу ПТВМ-30 (КВ-ГМ-30-150) з П-подібною компоновкою поверхні нагріву. Розрахункова теплова потужність котла складає біля 35 МВт. Топка котла екранована трубами d 60×3 мм і обладнана шістьма газомазутними пальниками. Конвекційна поверхня нагріву розміщена в опускній шахті з екранованими стінками.

Циркуляційна схема котла ПТВМ-30М наведена на рис. 8. Вхід води здійснюється у фронтний екран топкової камери, а вихід – із бокового екрану топки. Температура води на вході в котел 70, на виході – 150 °С. При роботі

котла на газу витрата води складає близько 500 т/год, а при роботі на мазуті – 435 т/год. При цьому теплова потужність котла відповідно складає 46,4 та 40,7 МВт, температура вихідних газів – 188 та 250 °С, а розрахунковий ККД котла - 92,2 та 89,5 %. Обмурівка котла полегшена, з кріпленням до труб.

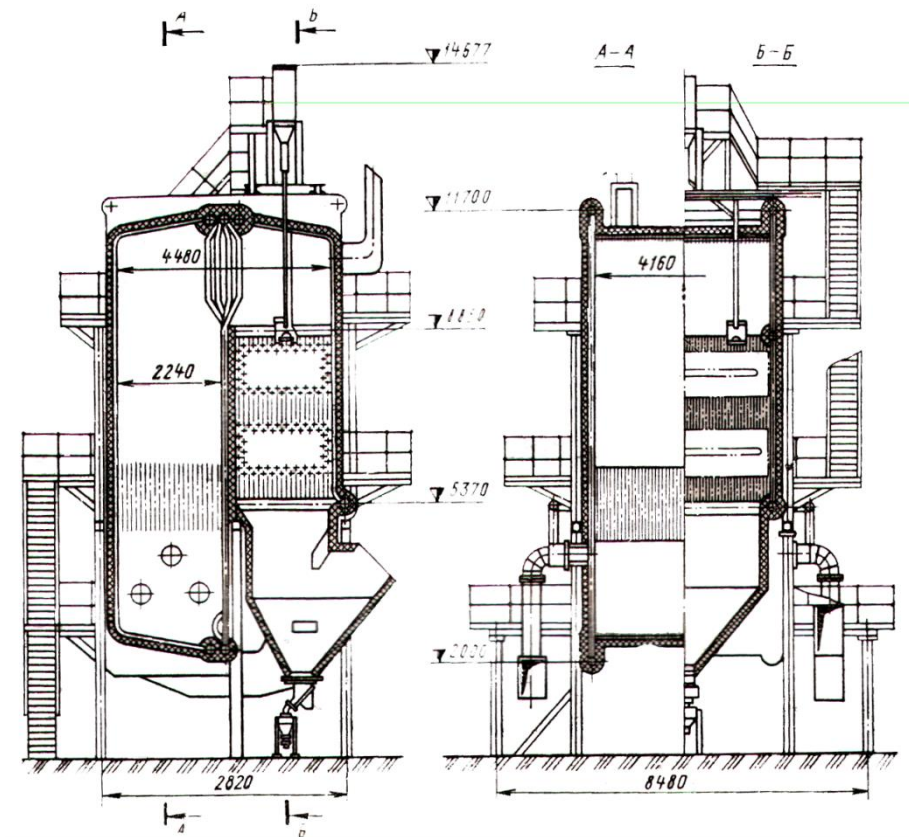


Рис. 7. Водогрійний газомазутний котел ПТВМ-30М (КВ-ГМ-30-150)

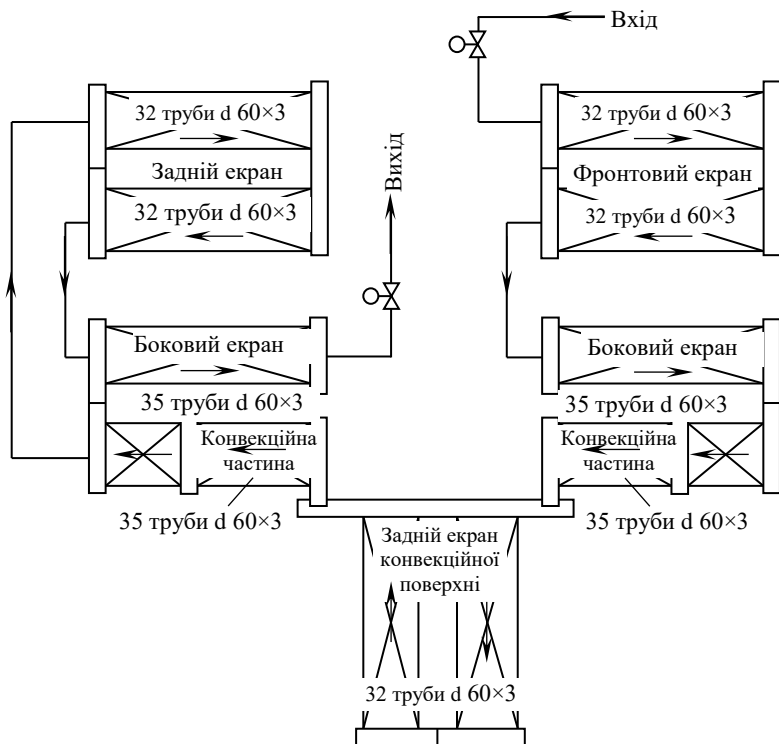


Рис. 8. Циркуляційна схема водогрійного котла ПТВМ-30М (КВ-ГМ-30-150)

### Контрольні запитання

1. Яка мета роботи ?
2. Для розглянутих типів котлів пояснити принцип роботи, назвати і показати на відповідному розрізі основні деталі котельних агрегатів, навести маркування і розшифрування його для заданих котлів.
3. Назвати область застосування котельних агрегатів.
4. Порівняти і назвати основні відмінності котельних агрегатів типу ДКВр.
5. Для чого призначенні водогрійні котли, дати їх маркування.
6. Дати основні технічні характеристики водогрійних котлів КВГ – 4,65 та КВГ – 7,56.
7. Зобразити та пояснити циркуляційну схему котла ПТВМ – 30М (КВГМ – 30 – 150).



## Лабораторна робота №2

**Тема:** Газове господарство котельні

**Мета роботи:** 1.Вивчення і аналіз роботи газового регулюючого пункту (установки).  
2.Вивчення і аналіз схеми і обладнання газопроводів в котельні.

### 1. Теоретичні відомості

#### 1.1. Обладнання зовнішніх газопроводів

Природний газ із магістральних газопроводів через газорозподільні станції надходить в міські розподільні мережі, які залежно від тиску класифікуються на газопроводи низького (до 5 кПа), середнього (5 кПа...0,3 МПа) й високого (0,3...1,2 МПа) тисків.

Газопроводи низького тиску служать для постачання газом побутових споживачів, підприємств громадського харчування, невеликих котельень. Промислові підприємства отримують газ від розподільчих мереж середнього й високого тисків. Максимальний тиск газу в промислових підприємствах звичайно не перевищує 0,6 МПа.

Ділянка від розподільного газопроводу міської мережі до газопроводів, розташованих на території підприємства чи котельні, називається вводом. Вводи газопроводів виконуються підземними. На кожному ввіді в колодязі, що знаходиться поза підприємством, встановлюється головний вимикаючий пристрій (засувка чи кран). У колодязі також розташовується компенсатор для компенсації температурного видовження газопроводу й полегшення демонтажу арматури. Газопроводи, які розташовані на території підприємства (котельної), поділяються на зовнішні (міжцехові) та внутрішні (цехові). Вибір способу прокладання цих газопроводів залежить від місцевих умов. Для охорони газопроводу від механічних пошкоджень мінімальна глибина його закладення в ґрунт з удосконаленим покриттям (асфальт, бетон) має бути не менш ніж 0,8 м, а на ділянках без покриття – не менш ніж 0,9 м до верху труби. Відстань газопроводу до будівлі й споруд регламентується СНиП I І-35-76. Надземне прокладання газопроводів виконуються по зовнішніх неспалимих стінах будівель, по неспалимих покриттях, колонах та естакадах. Як підземні, так і надземні газопроводи проектується з урахуванням компенсації їхнього температурного видовження. Всі зовнішні газопроводи фарбуються в світло-коричневий або жовтий колір.

Для виведення з газопроводів рідини (сконденсованої водяної пари та інших речовин) у найнижчих точках газопроводів встановлюються конденсатозбірники.

При прокладанні газопроводів використовуються сталеві труби, які між собою з'єднуються зварюванням. Фланцеві з'єднання застосовуються в місцях

установлення арматури, а різьбові – для приєднання арматури, пальників і приладів, які мають муфти з різьбою. Всі місця газопроводів з різьбовим або фланцевим з'єднанням повинні мати вільний доступ для їх ревізії та обслуговування.

Гідравлічний розрахунок газових мереж полягає у визначенні діаметрів газопроводів, які залежать від розрахункових витрат і допустимих втрат тиску газу. При орієнтовних розрахунках внутрішній діаметр газопроводів визначається, виходячи з рекомендованих швидкостей газу: 5...10 м/с – для газу низького тиску і 30...60 м/с – для газу середнього тиску.

### *1.2. Газорегуляторні пункти (установки)*

Газорегуляторні пункти (установки) служать для додаткової очистки газу від механічних домішок, зниження тиску після газорозподільної станції й підтримання його на заданому рівні, а також для повного автоматичного вимкнення газу. Газорегуляторні пункти (ГРП) розміщуються в спеціальних окремо стоячих будівлях або в шафах з неспалюваними матеріалами, розташованих на окремо стоячих неспалюваних опорах і працюють без постійної присутності обслуговуючого персоналу. Газорегуляторна установка (ГРУ) обслуговує тільки одного споживача і розміщується в приміщенні котельної в безпосередній близькості від вводу газопроводу, в місці, що освітлюється та провітрюється.

Основний прохід між обладнанням ГРУ та іншими спорудами, а також стінами будівлі має бути не менш ніж 0,8 м.

Котельні рекомендується обладнувати ГРУ, хоча допускається встановлення ГРП. Залежно від надлишкового тиску газу на вході – ГРП (ГРУ) можуть бути середнього (до 0,3 МПа) та високого (0,3...1,2 МПа) тисків.

В системі газопостачання котельні встановлений один ГРП середнього тиску, в якому тиск регулюється з 0,3 МПа до 20 кПа, а також одна ГРУ середнього тиску.

Газорегуляторні пункти та установки включають таке обладнання та прилади:

- фільтр для очистки газу від механічних домішок (пилу, бруду, окалини);
- запобіжний запірний клапан для повного автоматичного вимкнення подавання газу при зміні його тиску за регулятором понад заданих меж;
- регулятор тиску, що забезпечує автоматичне зниження тиску газу й підтримання його на певному рівні, незалежно від зміни витрати газу в котельні та коливань тиску у вхідному газопроводі;
- запобіжний скидний пристрій, призначений для скидання деякої кількості газу в атмосферу при можливих короткочасних підвищеннях

- його тиску за регулятором, щоб уникнути вимкнення подавання газу в котельню запобіжним запірним клапаном;
- обвідний газопровід (байпас), по якому в необхідних випадках пропускається газ, мінаючи регулятор тиску;
  - контрольно-вимірювальні прилади (манометри для вимірювання тиску газу на входному газопроводах, на обвідній лінії, перед фільтром і за ним, а також термометр перед витратоміром газу);
  - витратомір газу;
  - імпульсні трубки, по яких передаються імпульси тиску газу від точок газопроводів, що контролюються, до приладів;
  - вимикальні пристрої (засувки, крани);
  - трубопроводи продування газопроводів (свічки).

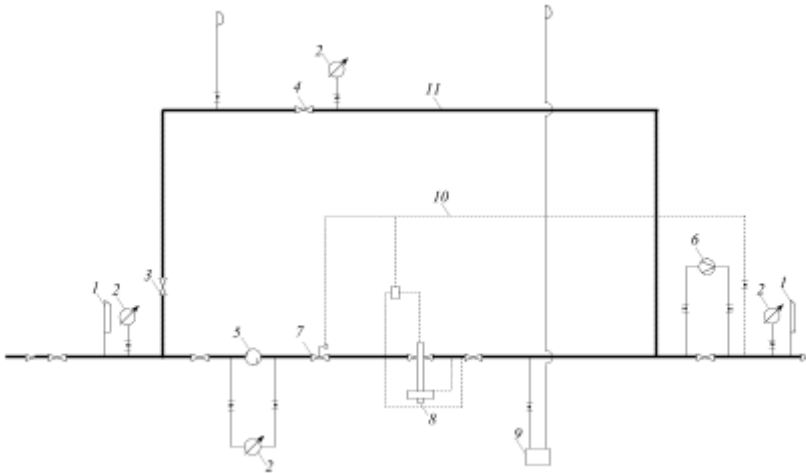


Рис.1. Схема газорегуляторного пункту

Газорегуляторний пункт (установка) працює так. Газ крізь вхідний газопровід надходить у фільтр 5 і, пройшовши запобіжний запірний клапан 7, подається в регулятор тиску 8. В разі підвищення тиску після регулятора понад допустимих значень спрацьовує запобіжний скидний клапан 9, а якщо він продовжує зростати – запобіжний запірний клапан 7, і подавання газу споживачеві припиняється. Скидний клапан настроюють на тиск, менший, ніж тиск спрацьовування запобіжного запірного клапана, завдяки чому запобігають відключенню всієї котельної при відсутності аварійної ситуації.

Імпульсна лінія кінцевого тиску 10 для регулятора тиску і запобіжного клапана, як правило, є загальною для обох клапанів.

В разі зіпсування вузла редукування в схемі передбачено байпасну лінію 11, що дає змогу здійснювати ручне регулювання вихідного тиску газу. Регулювання здійснюється засувкою 4 при повністю відкритій засувці 3.

На вході в ГРП і виході з нього встановлено манометри 2 (показуючі та самописні). Температура газу вимірюється термометром 1. Для вимірювання витрати газу встановлюється витратомір 6. При тиску газу більше ніж 100 кПа витрата вимірюється за допомогою діафрагми, при меншому тиску – за допомогою ротаційного газового лічильника.

На ГРП (ГРУ) зазвичай застосовують регулятори прямої дії. Широке застосування отримали регулятори тиску газу РД-32М, РД-50М і РДУК-2 із змінними клапанами. Регулятори РД-32М і РД-50М знижують тиск газу із середнього чи високого на низький і розраховані відповідно на максимальну пропускну здатність до 200 і 750 м<sup>3</sup>/год. У регуляторів даного типу імпульс від тиску газу діє на мембрану, а вона через важільний механізм переміщує дросельний орган. Такі регулятори встановлюють на вертикальні і горизонтальні ділянки газопроводу. Регулятори РДУК-2 призначені для зниження тиску газу з високого на середній або низький та із середнього на низький. Їхня пропускну здатність може становити 3000 м<sup>3</sup>/год. Розрахункова пропускну здатність регулятора тиску має бути в 1,15...1,2 рази вищою від заданої.

Розрахункову пропускну здатність (м<sup>3</sup>/год) регуляторів тиску газу типу РД можна визначити за формулами:

$$\text{при } P_1/P_2 \leq 2 \quad V_p - V_n \sqrt{\Delta P \cdot \rho_i \cdot D_2 / \Delta E_i \cdot \rho_i \cdot D_e}, \quad (1)$$

$$\text{при } P_1/P_2 > 2 \quad V_p - 0,5V_n * P_1 \sqrt{\frac{\rho_i}{\rho_i} \cdot \Delta E_i \cdot D_e}, \quad (2)$$

де  $P_1, P_2$  – відповідно абсолютні тиски до і після регулятора, кПа;  $V_n$  – паспортна пропускну здатність регулятора, м<sup>3</sup>/год;  $\Delta P = P_1 - P_2$  – наявний перепад тисків, кПа;  $\rho_n$  – паспортна густина газу, кг/м<sup>3</sup>;  $P_n$  – (паспортний) табличний перепад тисків, який відповідає паспортній пропускну здатності регулятора, кПа;  $\rho_o$  – густина газу за нормальних умов, для якої підбирається регулятор, кг/м<sup>3</sup>;  $P_k$  – кінцевий тиск газу за паспортними даними, кПа.

Визначивши фактичну пропускну здатність регулятора тиску, знаходять їх загальну кількість (шт.):

$$n = \frac{Q_{max}}{0,75V_p}, \quad (3)$$

де  $Q_{max}$  – споживання газу котельною, м<sup>3</sup>/год.;  $0,75V_p$  – максимальна витрата газу, яка забезпечує стійку роботу регулятора.

Газові фільтри, запобіжні запірні та скидні клапани для котельні вибираються за умовним діаметром, близьким до умовного діаметра регулятора тиску газу.

Умовні позначення регуляторів тиску:

РД-32М, РД-50М – регулятор тиску, цифра – діаметр умовного проходу вихідного штуцера, М – модернізований;

РДУК 2Н-100/50, РДУК 2В-200/105 – регулятор тиску універсальний Казанцева, 2 – модель, буква Н – низького (<0,6 МПа) вхідного тиску, В – високого (≥0,6 МПа) вхідного тиску, цифри – умовний прохід і діаметр клапана.

### *1.3. Схеми і обладнання газопроводів котельні*

У котельнях, які розташовані в окремих приміщеннях, дозволяється прокладання газопроводів низького, середнього та високого тисків до 0,6 МПа, а в котельнях, вбудованих в житлові та громадські приміщення – тільки газопроводів низького і середнього тисків.

У всіх випадках тиск газу після ГРП (ГРУ) не повинен перевищувати значення, необхідне для нормальної роботи газопальникових пристроїв котельного агрегату.

Прокладання всіх газопроводів від ГРП (ГРУ) до котлоагрегатів виконується наземним.

В середині будівлі газопроводи прокладаються по стінах або колонах у вигляді тупикових ліній. В місцях проходження людей висота від підлоги до низу труби має бути не менше ніж 2,2 м. Допускається закріплення газопроводів до каркасів котлів. На вводі газопроводу в цех ззовні чи всередині будівлі, а також перед кожним споживачем газу встановлюється вимикаючий пристрій.

Подавання газу від ГРП (ГРУ) до котлоагрегатів здійснюється за допомогою газового колектора, який проходить вздовж лінії встановлення котлоагрегатів. На відгалуженні до кожного котлоагрегату встановлюється головний запірний пристрій (засувка чи кран), а перед кожним пальником – робочий запірний пристрій. За головним запірним пристроєм розташовується виконавчий механізм автоматики безпеки – клапан-відсікач, який забезпечує припинення подавання газу при:

- недопустимому відхиленні тиску газу від заданого (в межах мінімального і максимального значень);
- падінні тиску повітря на пальниках до заданого значення;
- падінні розрідження в топці котлоагрегату;

- відключенні живлення електродвигунів вентилятора або димососа;
- погашенні факела кожного з основних пальників;
- підвищенні тиску пари в парогенераторі або підвищенні температури води на виході з водогрійного котла за допустимі межі.

Автоматичне регулювання витрати газу забезпечується поворотною заслінкою (при одночасному регулюванні витрати повітря, живильної води, величини розрідження в топці). Наявність автоматичного регулюючого органу виключає необхідність користування робочими запірними пристроями для регулювання витрати газу, завдяки чому вони довше зберігають герметичність.

Схемою газопроводів передбачено встановлення контрольно-вимірювальних приладів для виміру тиску газу і повітря перед пальниками і розрідження в топці. Прилади розташовують в місцях, вигідних для спостережень.

На відводах до приладів (крім тягоміра) встановлюють запірні пристрої. Перед кожним пальником встановлюється вимикаючий пристрій, а за ним – манометр для вимірювання тиску газу. Переносний газовий запальник приєднується до газопроводу за головним запірним пристроєм. При використанні засувки як запірного пристрою рекомендується, щоб перед кожним пальником було два запірні пристрої – контрольний та робочий. Введення в схему додаткового запірного пристрою і трубопроводу “безпеки”, який підключається між робочим і контрольним пристроями, значно підвищує безпеку обслуговування котлоагрегату (при продуванні їх, що особливо важливо при розпалюванні пальників). Коли котлоагрегат не працює, всі запірні пристрої, крім крана на трубопроводі “безпеки”, закриті. Газ, що проникає крізь можливі нещільності арматури, не попадає в топку, а видаляється в атмосферу через трубопровід “безпеки”.

З метою звільнення газопроводів від повітря (перед пуском їх в експлуатацію) чи газу (перед тривалим припиненням його подавання) газопроводи промислових підприємств обладнуються продувальними трубопроводами з умовним діаметром не менш ніж 20 мм, відводи до яких передбачаються в кінці кожної тупикової ділянки і перед останнім вимикаючим пристроєм газу. Всі відводи до продувальних трубопроводів також споряджаються вимикаючими пристроями. Продувальні трубопроводи виводяться ззовні будівлі на висоту не менш ніж 1 м над карнизом покрівлі в місце, де гарантуються безпечні умови для розсіювання газу. Щоб виключити попадання в продувальні трубопроводи атмосферних опадів, їхні кінці виконуються із загином униз на 180°.

Об'єднання трубопроводів “безпеки” і продувальних трубопроводів недопустимо і їх необхідно виводити за межі котельні роздільно.

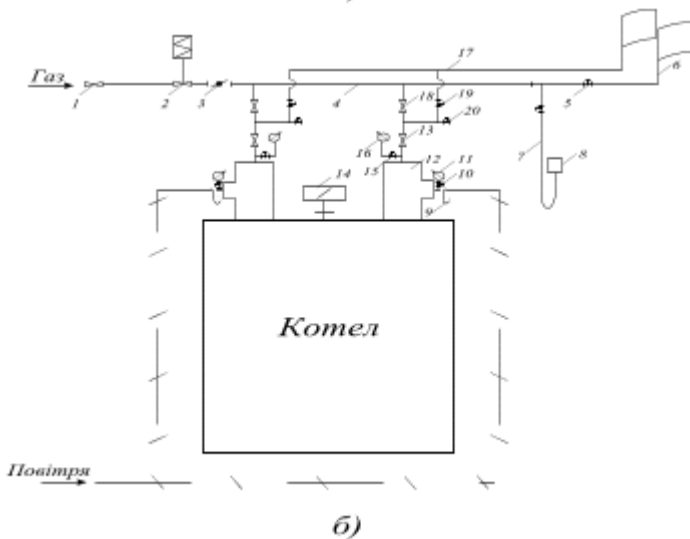
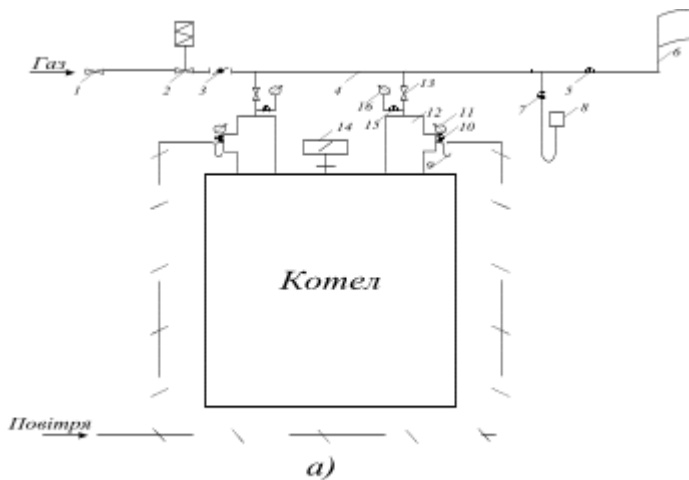


Рис.2. Схема газопроводів котлоагрегату

де а – без трубопроводу “безпеки”; б – з трубопроводом “безпеки”; 1 – головний вимикаючий пристрій котлоагрегату; 2 – клапан-відсікач; 3 – поворотна регулююча заслінка; 4 – газовий колектор; 5 – кран на продувальному трубопроводі; 6 – продувальний трубопровід; 7 – кран на штуцері до запальника; 8 – запальник; 9 – заслінка на повітропроводі; 10,15 – крани перед показуючими манометрами; 11 – показуючий манометр на повітропроводі; 12 – пальник; 13 – робочий вимикаючий пристрій; 14 – тягомір; 16 – показуючий манометр на газопроводі; 17 – трубопровід

“безпеки”; 18 – контрольний вимикаючий пристрій; 19 – кран трубопроводу “безпеки”; 20 – штуцер з краном.

## **2. Завдання і послідовність виконання роботи**

2.1. Вивчити схему, обладнання та порядок роботи зовнішніх і внутрішніх газопроводів котельні.

2.2. Вивчити схему, обладнання та призначення елементів газорегулюючого пункту (установки) котельні.

2.3. Скласти схему внутрішніх газопроводів котельні та описати принцип роботи схеми.

### **Контрольні запитання**

1. Як класифікуються газопроводи за тиском?
2. Що таке ввід газопроводу? Його обладнання.
3. Призначення газорегуляторних пунктів (установок). З якого обладнання та приладів складається?
4. Опис роботи ГРП (ГРУ).
5. Умови прокладання газопроводів в котельні.
6. Пояснити схему газопроводів котлоагрегату.
7. Умови припинення подавання газу на котлоагрегат.
8. Призначення продувальних трубопроводів і трубопроводів “безпеки”.

### **Література**

1. Волощук В. А., Денісов А. К., Трофимчук І. П. Котельні установки промислових підприємств : навч. посіб. Рівне : НУВГП, 2013. 227 с.
2. Степанов Д. В., Корженко Є. С., Боднар Л. А. Котельні установки промислових підприємств : навч. посіб. Вінниця : ВНТУ, 2011. 120 с.
3. ДБН В.2.5-77:2014. «Котельні». К. : Мінрегіон України, 2014. 49 с.
4. Алабовський О. М., Боженко М. Ф. Проектування котельень промислових підприємств : К. : Вища школа, 1992. 207 с.