



УДК 621.182

## DEVELOPMENT OF HEATING AND PRODUCTION BOILER PLANT WITH INCREASED RELIABILITY AND ECONOMY РОЗРОБКА ОПАЛЮВАЛЬНО-ВИРОБНИЧОЇ КОТЕЛЬНОЇ ПІДВИЩЕНОЇ НАДІЙНОСТІ ТА ЕКОНОМІЧНОСТІ

Hlushchenko O.L. / Глущенко О.Л.

*s.t.s., as.prof. / к.т.н., доц.*

ORCID: 0000-0002-9230-9958

Nazarenko V.V. / Назаренко В.В.

*bachelor's degree / бакалавр*

Dniprovsky State Technical University, Kamianske, Dneprostroievskaiia 2, 51918

Дніпровський державний технічний університет, Кам'янське, Дніпробудівська 2, 51918

**Анотація.** В роботі приводиться приклад розробки опалювально-виробничої котельні для теплозабезпечення виробництва та побутових споживачів. В результаті проведених розрахунків отримано наступні теплові показники роботи опалювально-виробничої котельні: визначена необхідна кількість теплоти на опалення, вентиляцію та гаряче водопостачання і необхідну теплопродуктивність котельні для технічних потреб; зроблено розрахунок теплової схеми опалювально-виробничої котельні з паровими котлами для закритої системи теплопостачання; розрахунок водоводяних та пароводяних теплообмінників; розрахунок теплообмінника для нагріву сирій води за рахунок теплоти води, що йде на продувку; розрахунок теплообмінника для нагріву сирій води за рахунок пари; розрахунок охолоджувача випару атмосферного типу.

**Ключові слова:** опалювально-виробнича котельня, теплопостачання, теплообмінник, пара, водоводяний теплообмінник, пароводяний теплообмінник, конденсат, паропроодуктивність, охолоджувач випару, коефіцієнт тепловіддачі, поверхня нагріву теплообмінника, секції, мережний підігрівач води.

**Вступ.** Теплопостачання є однією з основних задач енергетики. На теплопостачання населення витрачається близько 1/3 всіх первинних паливно-енергетичних ресурсів, які використовуються в Україні. Одним з найважливіших завдань прискорення науково-технічного прогресу є впровадження нових конструкторських і технологічних розробок, надійних і ефективних, що забезпечують істотне підвищення продуктивності праці, економію матеріальних ресурсів, охорону навколишнього середовища. Необхідне удосконалення теплових схем котелень та підвищення ефективності їх роботи за рахунок більш повного використання теплоти. Розвиток промисловості й широке житлово-комунальне будівництво викликають безперервне зростання споживання теплової енергії. Одночасно йде процес концентрації цього навантаження в великих містах і промислових районах, що створює передумови для подальшого розвитку різних схем теплофікації.

Ефективність, безпека, надійність і економічність роботи теплоенергетичного обладнання котелень багато в чому визначаються методом спалювання палива, досконалістю і правильністю вибору обладнання та приладів, своєчасністю і якістю проведення пуско-налагоджувальних робіт, кваліфікацією і ступенем підготовки обслуговуючого персоналу. Підвищення надійності і економічності систем теплопостачання залежить від роботи



котельних агрегатів, раціонально спроектованої теплової схеми котельні, широкого впровадження енергозберігаючих технологій, економії палива, теплової та електричної енергії.

Сучасна теплоенергетична система підприємства являє собою єдиний технічний комплекс будівель, споруд та елементів обладнання зі складною схемою технологічних зв'язків.

Велика складність внутрішніх взаємозв'язків параметрів, процесів і характеристик обладнання теплоенергетичної системи, велике число характерних параметрів самої системи, а також її зовнішніх зв'язків з іншими системами паливно-енергетичного комплексу зумовлює складність інженерного проектування теплоенергетичних систем, починаючи від розробки технічного завдання на проектування і закінчуючи оцінкою ризику на ефективність проекту (або навпаки). Тому комплексний підхід до вибору параметрів спроектованої системи означає по можливості повний облік всіх внутрішніх і зовнішніх фізичних, технологічних, правових та економічних взаємозв'язків.

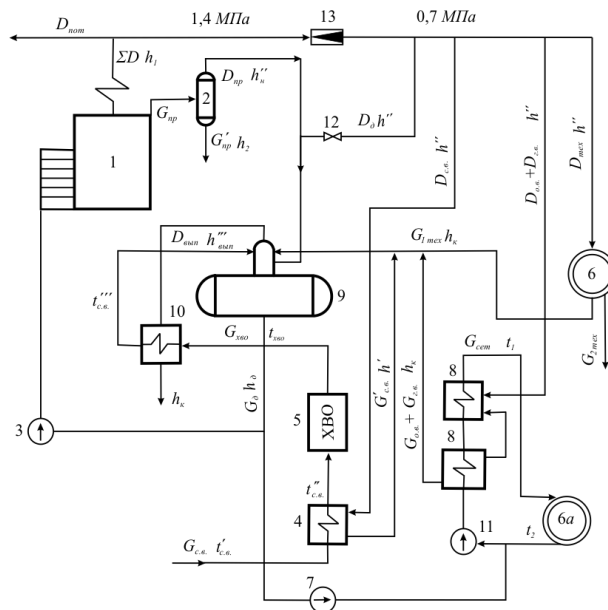
**Постановка задачі.** Промислові підприємства та житлово-комунальний сектор, що відноситься до них, споживають значну кількість теплоти як на технологічні потреби, так і на опалення, вентиляцію та гаряче водопостачання. Залежно від технологічної спрямованості підприємства, його місця розташування, потужності, наявності або відсутності централізованих теплопостачальних підприємств та інших факторів, теплоенергетичне господарство підприємства може бути різного ступеня складності.

Однак у кожному разі підвищення надійності, безпеки та економічності роботи теплоенергетичних систем і устаткування є одним з найважливіших завдань. Надійність, безпека і економічність в значній мірі залежать від якості виготовлення, монтажу, налагодження, ремонту та культури обслуговування, тобто від якості виготовлення і експлуатації.

Для визначення оптимального режиму роботи опалювально-виробничої котельні проведемо її розрахунок та підберемо відповідне обладнання.

**Результати роботи.** Котельня призначена для виробничої мети і обладнана паровим котлом типу ДЕ-10-1,4ГМ. Характеристика котельних агрегатів представлена в [1]. Максимальна паропроодуктивність котельні  $D_{max} = 10$  т/год. Конденсат повертається в кількості 80% при температурі 70 °С. Тиск пари, необхідний споживачеві, дорівнює 7 ата. Зазвичай потреба в парі для технологічних споживачів становить: влітку  $\approx 5 - 6$  т/год., у зимовий час - до 8 т/год. Тобто, як в літній час, так і в зимовий зазвичай працює один котел. Другий котел знаходиться в резерві. Котел обладнаний безперервною продувкою, яка дорівнює 5%. Втрати на власні потреби котельні становлять 5% від загальної витрати пари, що виробляється. Теплова схема (принципова) опалювально-виробничої котельні з паровими котлами для закритої системи теплопостачання приведена на рисунку 1. Вихідні дані для розрахунку котельні представлені в таблиці 1.

Розрахунок проведено за методикою, представленою в [2, 3]. Результати теплового розрахунку котельні представлені в таблиці 2.



- 1 - котел; 2 - розширювач безперервної продувки; 3 - живильний насос;
- 4 - підігрівач сирої води; 5 - хімоводоочищення; 6 - споживач технологічної пари; 6а - споживач теплоти, яка використовується на опалення, вентиляцію та гаряче водопостачання; 7 - насос для підживлення теплових мереж;
- 8 - теплообмінники для мережної води; 9 - деаератор атмосферний;
- 10 - охолоджувач випару з деаератора; 11 - мережевий насос;
- 12 - регульований клапан; 13 - редуційний клапан

**Рисунок 1 - Теплова схема (принципова) опалювально-виробничої котельні з паровими котлами для закритої системи теплопостачання**

**Таблиця 1 – Вихідні дані для розрахунку опалювально-виробничої котельні**

Назва величини	Одиниці виміру	Значення величини
1	2	3
1. Тип котла	ДЕ-10-1,4ГМ	
2. Теплоносій – суха насичена пара при тиску	МПа	1,4
3. Вид палива	природний газ	
4. Система теплопостачання	закрита	
5. Параметри теплоносія у тепловій мережі	°С	70/150
6. Частка конденсату, що повертається	-	0,6
7. Дійсна кількість димових газів	м³/кг	9,834
8. Розрахункова витрата палива	кг/год	1315,5
9. Аеродинамічний опір тракту котла	Па	1700



**Таблиця 2 – Результати теплового розрахунку опалювально-виробничої котельні при різних режимах навантаження**

Назва показника	Одиниці вимірювання	Значення розрахованої величини	
		максимально-зимовий режим	середньо-зимовий режим
1	2	3	4
1. Загальна паропродуктивність котельних агрегатів	кг/год	23,44	23,44
2. Кількість парових котлів $n$	-	2	2
3. Витрата пари на опалення та вентиляцію	кг/с	3,36	3,36
4. Витрата пари на гаряче водозабезпечення	кг/с	1,43	1,43
5. Температура прямої мережної води на виході з підігрівачі мережної води	°C	150	82,43
6. Температура зворотної мережної води на вході у підігрівач мережної води	°C	70	46,43
7. Загальна витрата теплоти на опалення, вентиляцію, кондиціонування та гаряче водопостачання	Вт	$11,4 \cdot 10^6$	$7 \cdot 10^6$
8. Необхідна витрата пари для нагріву мережної води	кг/с	4,79	2,94
9. Витрата мережної води на теплообмінники	кг/с	34,01	57,41
10. Кількість води для підживлення теплових мереж при втратах в них 1,5 %	кг/с	0,51	0,86
11. Сумарна витрата пари на виробництво та теплозабезпечення	кг/с	6,512	4,66
12. Витрата пари на деаерацію та підігрів сирої води	кг/с	0,586	0,42
13. Повна кількість пари, яка виробляється котельною	кг/с	7,228	5,17
14. Кількість живильної води, яка надходить до котла	кг/с	7,594	5,539
15. Загальна кількість води на виході з деаератора	кг/с	8,104	6,4



## Продовження таблиці 2

1	2	3	4
16. Кількість пари, що витрачається в теплообміннику сирії води	кг/с	0,067	0,08
17. Температура води з охолоджувача випару в деаератор	°C	45,7	41,88
18. Витрата пари на деаератор	кг/с	0,444	0,37

Для безпечної, ефективної та безперебійної роботи котельні необхідно підібрати відповідне обладнання. Результати розрахунку водоводяних теплообмінників представлений в таблиці 3, пароводяних теплообмінників – в таблиці 4, теплообмінника для нагріву сирії води за рахунок теплоти води, що йде на продувку – у таблиці 5, розрахунок теплообмінника для нагріву сирії води за рахунок пари – у таблиці 6, розрахунок охолоджувача випару атмосферного типу – в таблиці 7. У теплогенеруючих установках застосовуються теплообмінники трубчастої конструкції. По трубках пропускають вода, що нагрівається, а в міжтрубний простір подають чисту і пом'якшену воду. Рух теплоносіїв протитоковий.

Таблиця 3 - Результати розрахунку водоводяних теплообмінників

Назва величини	Одиниці вимірювання	Значення величини
1. Температура мережної води на виході з водоводяного теплообмінника	°C	81,73
2. Необхідний перетин трубок водопідігрівача	м <sup>2</sup>	0,0349
3. Середня температура теплоносія, що нагрівається	°C	75,87
4. Фактична швидкість води в трубках	м/с	1,5
5. Площа простору між трубами складе	м <sup>2</sup>	0,04464
6. Фактична швидкість води в міжтрубному просторі (для обраного типорозміру водопідігрівача)	м/с	0,11
7. Середня температура теплоносія, що гріє	°C	122,48
8. Коефіцієнт тепловіддачі від теплоносія, що гріє до стін труб	Вт/(м <sup>2</sup> ·°C)	1364,15
9. Коефіцієнт тепловіддачі від стінок труб до води, що нагрівається	Вт/(м <sup>2</sup> ·°C)	9658,4
10. Коефіцієнт теплопередачі	Вт/(м <sup>2</sup> ·°C)	1195,32
11. Поверхня нагріву водопідігрівача	м <sup>2</sup>	40,47
12. Теплова потужність водоводяного теплообмінника	МВт	1,67
13. Число секцій водопідігрівача	шт.	3



**Таблиця 4 - Результати розрахунку пароводяних теплообмінників**

Назва величини	Одиниці вимірювання	Значення величини
1. Середня температура теплоносія, що нагрівається	°C	115,87
2. Необхідний перетин трубок	м <sup>2</sup>	0,0359
3. Фактична швидкість води в трубному просторі (для обраного типорозміру пароводяного теплообмінника)	м/с	119
4. Коефіцієнт тепловіддачі від пари, що конденсується до горизонтальної стінки трубки	Вт/(м <sup>2</sup> ·°C)	2251,46
5. Коефіцієнт тепловіддачі від стінки трубки до води, що нагрівається,	Вт/(м <sup>2</sup> ·°C)	9191,1
6. Теплова продуктивність підігрівача	МВт	9,73
7. Коефіцієнт теплопередачі	Вт/(м <sup>2</sup> ·°C)	1808,46
8. Поверхня нагріву пароводяних підігрівачів	м <sup>2</sup>	138,75
9. Число секцій теплообмінника	шт.	2

**Таблиця 5 – Результати розрахунку пароводяних теплообмінника для нагріву сирі води за рахунок теплоти води, що йде на продувку**

Назва величини	Одиниці вимірювання	Значення величини
1. Температура сирі води	°C	16,71
2. Середня температура теплоносія, що гріє	°C	71,88
3. Середня температура теплоносія, що нагрівається	°C	10,86
4. Необхідний перетин трубок	м <sup>2</sup>	0,00216
5. Фактична швидкість води в трубках	м/с	0,74
6. Фактичну швидкість води у міжтрубному просторі	м/с	0,075
7. Коефіцієнт тепловіддачі від теплоносія, що гріє до стінок труб	Вт/(м <sup>2</sup> ·°C)	844,57
8. Коефіцієнт тепловіддачі від стінок труб до води, що нагрівається,	Вт/(м <sup>2</sup> ·°C)	3407,09
9. Коефіцієнт теплопередачі	Вт/(м <sup>2</sup> ·°C)	676,8
10. Теплова потужність теплообмінника	МВт	0,106
11. Поверхня нагріву теплообмінника	м <sup>2</sup>	2,75
12. Число секцій теплообмінника	шт.	2





**Таблиця 6 - Результати розрахунку теплообмінника для нагріву сирі води за рахунок пари**

Назва величини	Одиниці вимірювання	Значення величини
1. Температура конденсату	°C	25,86
2. Необхідний перетин трубок	м <sup>2</sup>	0,00217
3. Фактична швидкість води в трубному просторі	м/с	0,83
4. Коефіцієнт тепловіддачі від пари до стінок труб	Вт/(м <sup>2</sup> ·°C)	3187,26
5. Коефіцієнт тепловіддачі від стінок труб до води, що нагрівається,	Вт/(м <sup>2</sup> ·°C)	4209,24
6. Теплова потужність теплообмінника	МВт	0,165
7. Коефіцієнт теплопередачі	Вт/(м <sup>2</sup> ·°C)	1813,82
8. Поверхня нагріву теплообмінника	м <sup>2</sup>	0,66
9. Число секцій теплообмінника	шт.	1

**Таблиця 7 - Результати розрахунку охолоджувача випару атмосферного типу**

Назва величини	Одиниці вимірювання	Значення величини
1. Середня температура	°C	40,35
2. Необхідний перетин трубок	м <sup>2</sup>	0,0017
3. Фактична швидкість води в трубному просторі	м/с	0,67
4. Коефіцієнт тепловіддачі від пари, що конденсується до горизонтальної стінки трубки	Вт/(м <sup>2</sup> ·°C)	3597,65
5. Коефіцієнт тепловіддачі від стінки трубки до води, що нагрівається,	Вт/(м <sup>2</sup> ·°C)	3984,01
6. Теплова продуктивність підігрівача	кВт	77,34
7. Коефіцієнт теплопередачі	Вт/(м <sup>2</sup> ·°C)	1888,83
8. Поверхня нагріву пароводяних підігрівачів	м <sup>2</sup>	0,65
9. Число секцій теплообмінника	шт.	1

**Заключення та висновки.** В даній роботі представлено розрахунок опалювально-виробничої котельні, а саме: визначена необхідна кількість теплоти на опалення, вентиляцію та гаряче водопостачання і необхідну теплопродуктивність котельні для технічних потреб; зроблено розрахунок теплової схеми опалювально-виробничої котельні з паровими котлами для закритої системи тепlopостачання; розрахунок водоводяних та пароводяних теплообмінників; розрахунок теплообмінника для нагріву сирі води за рахунок теплоти води, що йде на продувку; розрахунок теплообмінника для нагріву сирі води за рахунок пари; розрахунок охолоджувача випару атмосферного типу.



Отримані результати показують ефективний рівень роботи котельні із запропонованими навантаженнями та обраним обладнанням.

### Література

1. Фокин В.М. Теплогенераторы котельных. - М.: Машиностроение-1, 2005. - 160 с.
2. Бузников Е.Ф. Производственные и отопительные котельные / Е.Ф. Бузников, К.Ф. Роддатис, Э.Я. Берзиньш. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 248 с.
3. Палей Е.Л. Проектирование котельных в секторе ЖКХ: Справочное практическое пособие. – Санкт-Петербург: Газовый клуб, 2006. – 157 с.

**Abstract.** *The work gives an example of the development of a heating and production boiler room for heat supply of production and domestic consumers. As a result of the calculations, the following thermal indicators of the operation of the heating and production boiler house were obtained: the necessary amount of heat for heating, ventilation and hot water supply and the necessary thermal productivity of the boiler house for technical needs were determined; the calculation of the thermal scheme of the heating and production boiler room with steam boilers for a closed heat supply system was made; calculation of water-water and steam-water heat exchangers; calculation of the heat exchanger for heating raw water due to the heat of the water going to the purge; calculation of a heat exchanger for heating raw water due to steam; calculation of an atmospheric type evaporative cooler.*

**Key words:** *heating and production boiler room, heat supply, heat exchanger, steam, water-water heat exchanger, steam-water heat exchanger, condensate, steam productivity, vapor cooler, heat transfer coefficient, heat exchanger heating surface, sections, network water heater.*

Стаття відправлена: 05.06.2023р.

© Глущенко О.Л.