



УДК 621.182

DEVELOPMENT OF A PROJECT FOR A MODERN PRODUCTION AND HEATING BOILER PLANT WITH THE PURPOSE OF PROVIDING CONSUMERS WITH HIGH-QUALITY AND UNINTERRUPTED HEAT ENERGY**РОЗРОБКА ПРОЄКТУ СУЧАСНОЇ ВИРОБНИЧО-ОПАЛЮВАЛЬНОЇ КОТЕЛЬНОЇ З МЕТОЮ ЯКІСНОГО ТА БЕЗПЕРЕБІЙНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СПОЖИВАЧІВ ТЕПЛОВОЮ ЕНЕРГІЄЮ**

Hlushchenko O. / Глущенко О.Л.

s.t.s., as.prof. / к.т.н., доц.

ORCID: 0000-0002-9230-9958

Nazarenko V. / Назаренко В.В.

*master's degree / магістр**Dniprovsky State Technical University, Kamianske, Dneprostroievskaiia 2, 51918**Дніпровський державний технічний університет, Кам'янське, Дніпробудівська 2, 51918*

Анотація. В роботі розробляється проєкт виробничо-опалювальної котельні для ефективного забезпечення тепловою енергією як промислових, так і побутових споживачів. Для реалізації поставленої задачі в роботі проведено розрахунок теплової схеми котельні, який дозволив визначити основні показники для заданих теплових навантажень на опалення, вентиляція та гаряче водопостачання для чотирьох характерних режимів з відповідною температурою зовнішнього повітря: максимально-зимового (-28°C); середньої температури найбільш холодного місяця (-16°C); середньої температури за опалювальний період ($-3,5^{\circ}\text{C}$); літнього, а також підібрати основне (паровий котел) та допоміжне обладнання (деаератор, живильні, мережні, підживлювальні, конденсатні насоси, теплообмінники пластинчастого типу, сепаратори, дуттьовий вентилятор та димосос) котельні.

Ключові слова: виробничо-опалювальна котельня, паровий котел, теплове навантаження, живильний насос, сепаратор безперервної продувки, теплообмінник, насичена пара, хімводоочистка, охолоджувач випару, деаератор, конденсат, опалення, гаряче водопостачання, корозійно-агресивні газу.

Вступ.

Сучасна енергетика являє собою складну багаторівневу ієрархічну структуру, призначену забезпечити комфортні умови проживання населення, а також нормальне функціонування промислових підприємств, виробництв і закладів. Лише на основі надійної та ефективної системи забезпечення споживачів різного рівня потрібною енергією та енергетичними ресурсами можливі їх нормальне функціонування і розвиток. Політична та економічна незалежність і безпека держави багато в чому визначаються виробництвом енергетичних ресурсів, їх кількістю та якістю.

Різноманіття форм існування енергії, властивість їх взаємоперетворення дозволяє використовувати для виробництва і споживання енергії різні енергоресурси та енергоносії, визначає їх взаємозамінність. Енергетична цінність ресурсів, ефективність способів їх перетворення, ступінь досконалості процесів і установок, технологічних стадій енергетичного виробництва визначається, в остаточному підсумку, коефіцієнтом використання енергоресурсу (коефіцієнтом корисної дії енергоустановки) [1]



Промислові підприємства та житлово-комунальний сектор, 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 господарських завдань. Надійність, безпека і економічність в значній мірі залежать від якості виготовлення, монтажу, налагодження, ремонту та культури обслуговування, тобто від якості виготовлення і експлуатації.

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

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 проекрованої системи означає, по можливості, повний облік всіх внутрішніх і зовнішніх фізичних, технологічних, правових та економічних взаємозв'язків.

Постановка задачі.

В даній роботі розглядається проєкт виробничо-опалювальної котельні, яка використовується для постачання парою промислового підприємства і для опалення житлового району. Теплові навантаження на технологічні потреби - 9 т пари на годину; на опалення та вентиляцію - 16 ГДж/год.; на ГВС - 8 ГДж/год.

Основна вимога – безперебійна робота котельні із якісним забезпеченням усіх споживачів необхідними енергетичними ресурсами.

У котельні застосовуються котли марки ДКВР-6,5-13. Теплопостачання району здійснюється по двотрубній закритій схемі. Розрахункові параметри теплоносія: трубопровід, що подає - 130 °С; зворотний трубопровід - 70 °С.

Основними цілями розрахунку теплової схеми котельні є [2]:

- визначення загальних теплових навантажень, що складаються з зовнішніх навантажень і витрати пари на власні потреби і втрат;
- визначення всіх теплових і масових потоків необхідних для вибору обладнання;
- визначення вихідних даних для подальших техніко-економічних розрахунків (річних виробіток тепла, палива і т.п.).

Принципова тепла схема котельні наведена на рисунку 1.

Вихідна вода з температурою 5 °С насосом 1 подається в теплообмінник 2, в якому нагрівається залишковою водою, забрудненою солями, що надходить з сепаратора безперервного продувки 5. Потім, підігріта вихідна вода потрапляє в



теплообмінник 3, де нагрівається паром до температури 25-40 °С. Нагрівання до такої температури необхідне для забезпечення більш ефективної роботи катіонітних фільтрів і запобігання конденсації водяної пари на трубах і устаткуванні хімводоочистки.

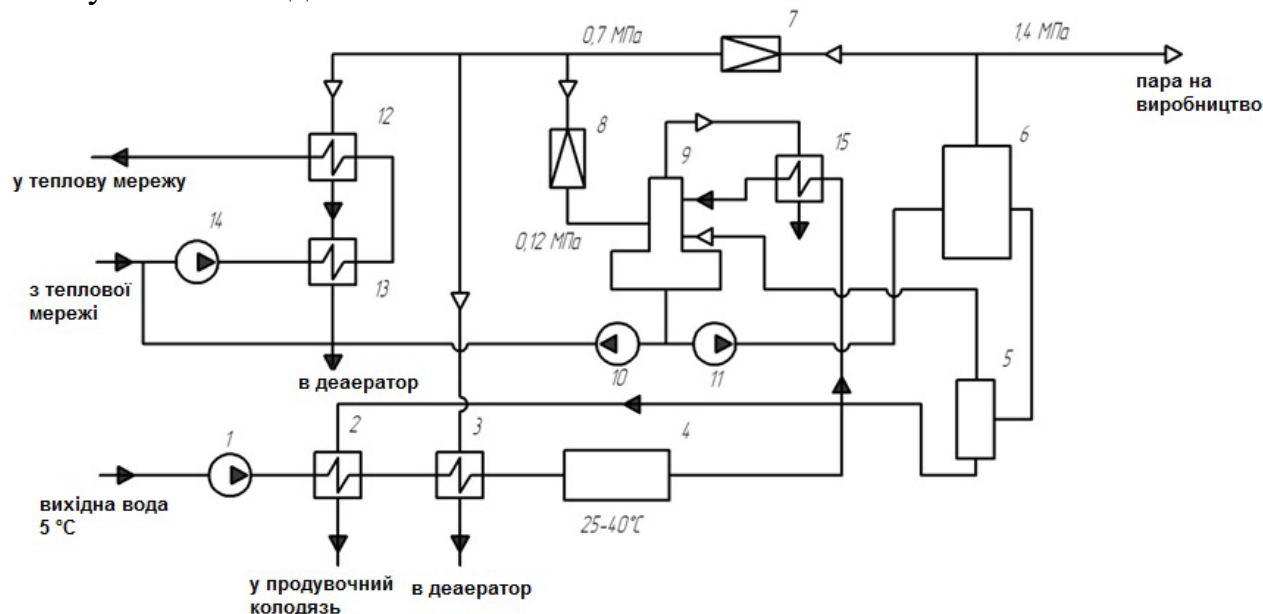


Рисунок 1 - Принципова тепла схема виробничо-опалювальної котельні [3]

1-насос вихідної води; 2-охолоджувач безперервної продувки; 3-підігрівач сирої води; 4-хімводоочистка; 5-сепаратор безперервної продувки; 6-паровий котел; 7,8-редукційний клапан; 9-деаератор; 10-підживлювальний насос; 11-живильний насос; 12-мережевий підігрівач; 13-охолоджувач конденсату; 14-мережевий насос; 15-охолоджувач випару

Далі, вода надходить на хімводоочищення 4, де відбувається пом'якшення води (видалення солей Ca і Mg) і, при необхідності, зменшення солевмісту. Хімічно оброблена вода надходить в деаератор 9, в якому з води віддаляються корозійно-активні гази (O_2 , CO_2). Частина води з деаератора живильним насосом 11 подається в паровий котел 6, інша частина підживлювальним насосом 10 направляється на підживлення теплової мережі.

Паровий котел 6 виробляє пару з тиском 1,4 МПа, частина якої без зниження тиску подається на виробництво. Інша частина пари використовується для підігріву води, що надходить в системи опалення, вентиляції, гарячого водопостачання та для власних потреб котельні (підігрів води перед ХВО, деаерація).

Оскільки пароводяні теплообмінники за умовою міцності розраховані на тиск ≤ 1 МПа, тиск пари перед ними знижується редукційним клапаном 7 до рівня 0,7 МПа. Деаератор атмосферного типу працює при тиску 0,12 МПа, який підтримується редукційним клапаном 8.

Підігрів мережної води здійснюється наступним чином. Вода із зворотного трубопроводу теплової мережі насосом 14 подається в водо-водяний теплообмінник 13, в якому нагрівається конденсатом з паро-водяного теплообмінника 12, а потім подається в теплообмінник 12, де нагрівається



парою до необхідної температури $\sim 130-150$ °С.

Для використання теплоти продувної води в котельні встановлюють сепаратор безперервної продувки (СНП) 5. Продувна вода надходить у СНП з тиском, що дорівнює робочому тиску в котлі (1,4 МПа), в сепараторі тиск знижується до рівня 0,15 МПа, що призводить до скипання води і поділу її на пару вторинного скипання і залишкову, забруднену солями води. Пара вторинного скипання подається в деаератор, а залишкова вода надходить у теплообмінник 2, де підігріває вихідну воду, а потім скидається в продувний колодязь. Для використання теплоти випарів з деаератора, встановлюється охолоджувач випару 15, який підігріває хімічно очищену воду, що надходить в деаератор. Конденсат після пароводяних теплообмінників, а також конденсат з виробництва подаються в деаератор.

Результати роботи.

Розрахунок котельні проводиться для 4-х характерних режимів з відповідною температурою зовнішнього повітря: максимально-зимового (-28 °С); середньої температури найбільш холодного місяця (-16 °С); середньої температури за опалювальний період (-3,5 °С); літнього.

Задані теплові навантаження котельні зведені в таблицю 1.

Таблиця 1 - Задані максимальні теплові навантаження котельної установки

Вид теплового навантаження	Розрахункове теплове навантаження		Характеристика теплоносія
	зима	літо	
Опалення і вентиляція, ГДж/год.	16	немає	Вода 130/70 °С
Гаряче водопостачання, ГДж/год.	8	8	Вода 130/70 °С
Пара на технологічні потреби т/год.	9	9	Пара 1,4 МПа

Виходячи із заданих теплових навантажень на опалення, вентиляцію та гаряче водопостачання для всіх характерних режимів визначаються відповідні показники. Результати розрахунку теплової схеми котельні представлені в таблиці 2.

Таблиця 2 – Результати розрахунку

Найменування величини	Режими			
	максимальн озимовий (min t найбільш холодної п'ятиденки)	середня тем-ра найбільш холодного місяця	середня температура за опалювало пал період	літній
1	2	3	4	5
Температура зовнішнього повітря $t_{н.в.},$ °С	-28	-16	-3,5	-



Температура всередині приміщень, що опалюються, $t_{в.н.}$, °С	18	18	18	18
Теплове навантаження на опалення і вентиляцію $Q_{о.в.}$, ГДж/год.	16,00	11,83	7,48	-
Теплове навантаження на гаряче водопостачання $Q_{г.в.}$, ГДж/год.	8,00	8,00	8,00	8,00
Коефіцієнт зниження витрати теплоти на опалення і вентиляцію $K_{о.в.}$	1,00	0,74	0,47	-
Поточна температура мережної води у трубопроводі, що подає t_1 , °С	130,00	100,78	70,35	70,0
Поточна температура мережної води у зворотному трубопроводі t_2 , °С	70,00	56,43	42,30	38,35
Витрата мережної води на опалення і вентиляцію $G_{о.в.}$, т/год.	63,70	63,70	63,70	-
Витрат мережної води на гаряче водопостачання $G_{г.в.}$, т/год.	31,85	43,09	68,15	60,38
Витрата води зовнішнім споживачам в магістралі теплової мережі, що подає G_c , т/год.	95,56	106,80	131,85	60,38
Ентальпія пари, що подається на підігрівачі води $h_{п.}$, кДж/кг (тиск 0,7 МПа)	2763,00			
Ентальпія конденсату після пароводяних теплообмінників $h_{к.}$, кДж/кг	398,05			
ККД підігрівача	0,98			
Витрат пари на опалення і вентиляцію $D_{о.в.}$, т/год.	6,90	5,10	3,23	-
Витрат пари на ГВП $D_{г.в.}$, т/год.	3,45	3,45	3,45	3,45
Виробіток пари для зовнішніх споживачів $D_{вн.}$, т/год.	21,29	19,31	17,25	13,70
Витрата пари на власні потреби котельні $D_{с.н.}$, т/год.	2,13	1,93	1,72	1,37
Втрати пари всередині котельні $D_{пот.}$, т/год.	0,43	0,39	0,34	0,27
Максимальна паро видатність котельної установки $D_{к.у.}^{max}$, т/год.	23,85	21,63	19,32	15,34
Витрата живильної води, яка подається в котел $G_{пит.}$, т/год.	26,23	23,79	21,25	16,87
Витрата пари на виході з СНП D_c , т/год.	0,38	0,35	0,31	0,25
Витрата залишкової води на виході з СНП $G'_{пр.}$, т/год.	2,00	1,81	1,62	1,29



Втрати конденсату технологічними споживачами $G_{ПК}$, т/год.	3,15			
Об'єм води у системі теплопостачання $V_{СИСТ}$, м ³	433,33			
Витрата води на підживлення $G_{ПОДП}$, т/год.	3,25			
Випар з деаератора $D_{ВЫП}$, т/год.	1,47	1,35	1,22	1,01
Кількість води, яка підлягає пом'якшенню $G_{ХВО}$, т/год.	9,92	9,60	9,28	8,72
Витрата сирі води $G_{ИСХ}$, т/год.	10,91	10,56	10,21	9,59
Температура вихідної води на виході з теплообмінника 2 $t'_{ИВ}$, °С	14,41	13,82	13,15	21,89
Витрата пари на підігрів вихідної води $D_{ИВ}$, т/год.	0,49	0,49	0,49	0,31
Температура конденсату після охолоджувача випару t_d , °С	121,06	116,76	111,98	102,93
Температура води на вході у мережний підігрівач t'_2 , °С	76,57	61,29	45,37	41,81
Температура конденсату після охолоджувача конденсату $t'_к$, °С	105,77	105,77	105,77	105,77
Витрата пари на деаерацію D_d , т/год.	1,52	1,43	1,34	1,20
Розрахункова витрата пари на власні потреби котельні $D_{С.Н.}^P$, т/год.	2,02	1,92	1,82	1,51
Нев'язка витрати пари на власні потреби котельні Δ , %	-5,50	-0,44	5,39	9,11
Уточнена максимальна паровидатність котельні $D_{к.у.}^{max}$, т/год.	23,73	21,62	19,41	15,48

Для якісного функціонування котельні було вибрано основне (власне котел) та допоміжне устаткування (насоси, димососи, сепаратори та ін.): чотири парових котла типу ДКВР-6,5-13ГМ, деаератор атмосферного типу марки ДА-25/15, два живильних насоси марки GRUNDFOS CR 15-4, два мережних насоса марки GRUNDFOS TPE 125-320/4-S A-F-A BAQE, два підживлювальних насоси марки GRUNDFOS CR 5-4 A-FGJ-AV HQQV, два конденсатних насоси GRUNDFOS CR 5-4 A-FGJ-AV HQQV [4-6], теплообмінники пластинчастого типу, сепаратори марки СП-0,28-0,45, дуттьовий вентилятор марки ВДН-8-1500, димосос марки ВДН-10-1000.

Висновки.

Промислові підприємства та житлово-комунальний сектор, споживають значну кількість теплоти як на технологічні потреби, так і на опалення, вентиляцію та гаряче водопостачання. Підвищення надійності і економічності систем теплопостачання залежить від роботи котельних агрегатів, раціонально



спроєктованої теплової схеми котельні, широкого впровадження енергозберігаючих технологій, економії палива, теплової та електричної енергії. Проведені дослідження підтверджують ефективність функціонування виробничо-опалювальної котельні, яка спроможна якісно забезпечувати тепловою енергією як промисловий об'єкт, так і житлово-комунальний сектор.

Література.

1. Маляренко В.А. Енергетичні установки. Загальний курс: Навчальний посібник. – 2-е видання X: «Видавництво САГА», 2008. – 320 с.
2. Ткаченко С.Й., Чепурний М.М., Степанов Д.В. Розрахунки теплових схем і основи проектування джерел теплопостачання. Навчальний посібник. – Вінниця: ВНТУ, 2005. – 137 с.
3. Драганов Б.Х., Іщенко В.В., Шеліманова О.В. Експлуатація теплоенергетичних установок і систем: підручник. / Драганов Б.Х., Іщенко В.В., Шеліманова О.В.; За ред. професора Б.Х. Драганова. – К.: Аграрна освіта, 2009. – 230 с. – Режим доступу:
http://www.agroosvita.com/sites/default/files/libery/energgameh/ETUIS_new.pdf
4. Grundfos Product Center. Веб-сайт: <https://product-selection.grundfos.com/ua/products>
5. Компанія ТеплоЕнерго. Веб-сайт: <http://teploenergo.com.ua/>
6. ЕнергоМетМаш. Веб-сайт: <https://mzko.ua/ru/separator-produvki-0-28-0-45.html>

Abstract. *The work develops a project for a production and heating boiler house to effectively provide both industrial and domestic consumers with thermal energy. To implement the task set in the work, a calculation of the boiler house thermal scheme was carried out, which allowed determining the main indicators for the specified heat loads for heating, ventilation and hot water supply for four characteristic modes with the corresponding outdoor air temperature: maximum winter (-28 °C); average temperature of the coldest month (-16 °C); average temperature for the heating period (-3.5 °C); summer, as well as selecting the main (steam boiler) and auxiliary equipment (deaerator, feed, network, make-up, condensate pumps, plate-type heat exchangers, separators, blower fan and smoke exhauster) of the boiler house.*

Keywords: *industrial heating boiler house, steam boiler, heat load, feed pump, continuous blowdown separator, heat exchanger, saturated steam, chemical water treatment, evaporative cooler, deaerator, condensate, heating, hot water supply, corrosive and aggressive gases*

Стаття відправлена: 19.12.2024р.

© Глуценко О.Л.