

## ВИЗНАЧЕННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ КАСКАДНОГО ПІД’ЄДНАННЯ КОТЛОАГРЕГАТІВ

© Юркевич Ю.С., Ярослав В.Ю., 2008

Виконано техніко-економічне обґрунтування каскадного під’єднання котлоагрегатів на прикладі водогрійної котельні потужністю від 1 до 4 МВт. Визначено термін окупності каскадного під’єднання жаротрубних котлоагрегатів марки КВС.

In this article technical and economical basement of cascaded boilers unite on example hot water boiler room by power 1- 4 MWt is carried out. Simple pay back time value of cascaded unite hot pipe boilers KVS has been determined.

**Постановка проблеми.** Асортимент котлоагрегатів на українському ринку зростає за рахунок продукції як зарубіжних, так і вітчизняних виробників. Серед цієї продукції є значна кількість котлоагрегатів, які рекомендується експлуатувати в системі включення “каскад”. У них регулювання теплового навантаження здійснюється за температурою води в зворотному трубопроводі. Перший котел залишається постійно у ввімкненому положенні, а наступні вмикають почергово, коли температура води у зворотному трубопроводі понизиться до певного значення. Система приводиться в дію ввімкненням палика – подавання газу здійснюється тільки тоді, коли спрацьовує виставлений на певне значення температурний давач.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Доцільність такої схеми ввімкнення ґрунтується на залежності ККД котлоагрегату від його теплового навантаження (рис. 1). Як очевидно з цього графіка, експлуатація котлоагрегату повинна бути організована так, щоб максимально більший проміжок часу він працював в економічному режимі навантаження (точка “а” або ділянка, близька до неї, “б-в”).

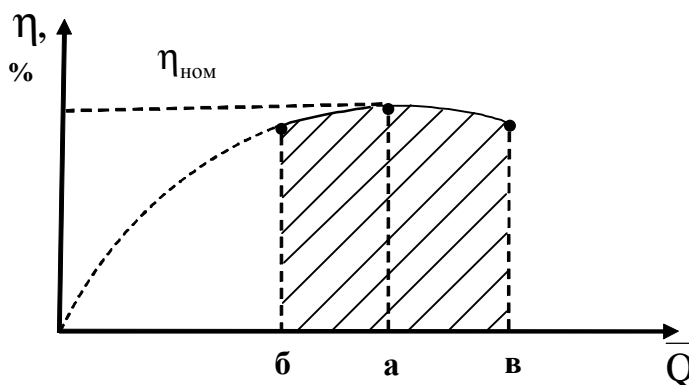


Рис. 1. Залежність ККД котлоагрегату від теплового навантаження

При тому відзначається, що чим більша кількість котлоагрегатів є об’єднаною в системі “каскад”, тим вужчим буде проміжок експлуатації кожного котлоагрегату, а, відповідно, вищим буде значення ККД і більшою кількістю газу, заощадженого за час експлуатації. Так, в

рекомендаціях з проектування водяних низькотемпературних котелень з застосуванням котлів De Dietrich та Schäfer Interdomo розглядається варіант каскадного під'єднання аж десяти агрегатів [ 3 ].

У зв'язку з цим актуальним є питання визначення економічно-доцільної кількості котлоагрегатів, об'єднаних системою “каскад”.

Таблиця 1

**Ефективність роботи котельні потужністю 1 МВт  
за різної кількості котлоагрегатів**

Кількість котлоагрегатів (шт.)	Теплова потужність одного котла, МВт	Витрата газу, G, за опалювальний період, м <sup>3</sup>	Економія газу (Δ G) відносно технічно кращого варіанта, м <sup>3</sup>	Ефективність споживання газу відносно технічно кращого варіанта, %
1	1	265990	21443	91,2
2	0,5	250520	5978	97,6
3	0,33	248160	3613	98,5
4	0,25	246780	2964	98,8
5	0,2	246780	2231	99,1
<b>M</b>				
10	0,1	244550	-	100

Для розв'язання цієї задачі необхідно мати в своєму розпорядженні залежність ККД від теплової потужності для кожного конкретного типу котлоагрегату. Однак підприємства-виробники переважно не надають такої інформації, вказуючи лише номінальне значення ККД. Оскільки ця залежність має універсальний характер, доцільною є усереднена графічна залежність величини зниження ККД ( $\Delta\eta = \eta^{\text{ном}} - \eta^{\text{дійсн}}$ ) від зміни відносної потужності котлоагрегату  $\bar{Q} = \frac{Q^{\text{дійсн}}}{Q^{\text{ном}}}$  на підставі доступних даних для шести різних типів котлів (рис.2).

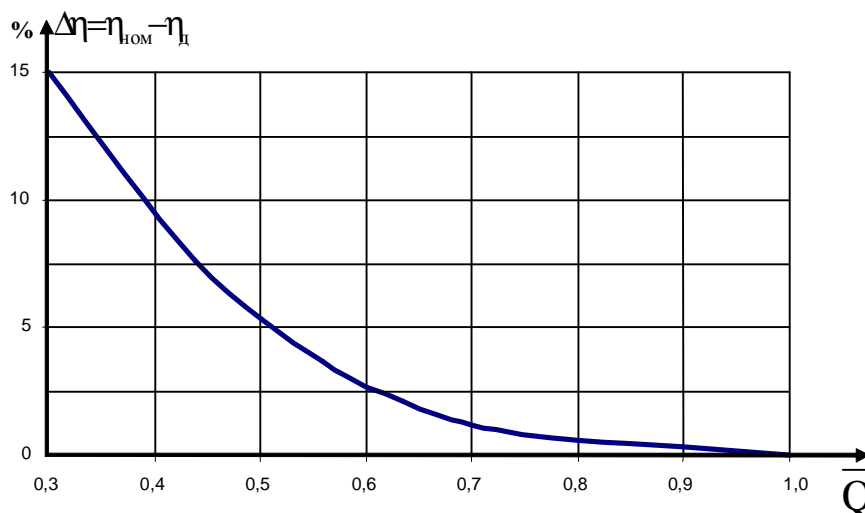


Рис. 2. Залежність зниження ККД від його відносної потужності

Отримана усереднена залежність покладена в основу розрахунку, який виконано для трьох котелень тепловою потужністю 1 МВт, 3 МВт та 4 МВт за розрахункових параметрів м. Львова. При тому зроблено спрощення: розглядається опалювальна котельня (навантаження на потреби гарячого водопостачання покриваються за рахунок протічних газових нагрівачів, як це існує в

деяких районах м.Львова). У всіх випадках розглядали однотипні котли вітчизняного виробництва типу КСВ-ВК (ДП МОУ “63-КЗЗ” м.Ів.-Франківськ).

Для кожної з котельнь розрахунок виконували для двох порівняльних варіантів. Так, котельня потужністю 4 МВт в першому випадку укомплектована двома котлами потужністю 2 МВт, а в другому – чотирма, потужністю 1 МВт кожен.

Якщо котельня покриває навантаження тільки систем опалення, то залежність її теплової потужності від температури зовнішнього повітря описується рівнянням

$$Q = Q_p \frac{18 - t_3}{18 - t_{3,p}}, \quad (1)$$

де  $Q_p$  – розрахункова тепла потужність котельні (в нашому випадку – 4 МВт);  $t_{3,p}$  – розрахункова температура зовнішнього повітря (для м.Львова  $t_3 = -19$  °С);  $t_3$  – біжуче значення зовнішньої температури, °С.

На основі цього рівняння побудовано графік залежності відносного теплового навантаження котельні  $\bar{Q} = \frac{Q}{Q_p}$  від температури зовнішнього повітря (рис.3)

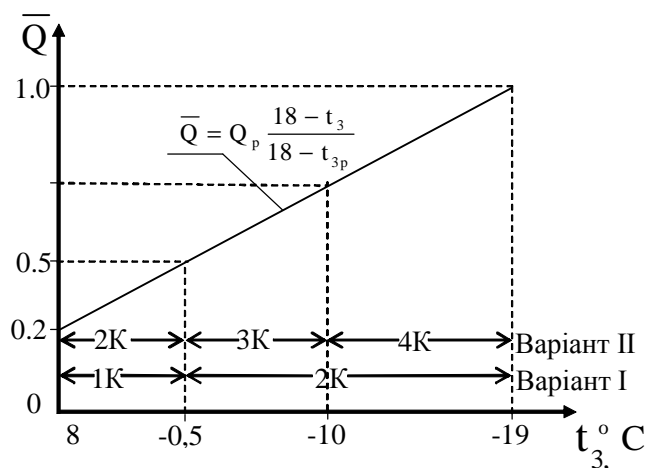


Рис.3. Залежність відносного теплового навантаження котельні  $\bar{Q}$  від температури зовнішнього повітря  $t_3$

Для котельні потужністю 4 МВт в першому варіанті, в якому котельня обладнана двома котлами потужністю 2 МВт кожний, діапазон температур опалювального періоду є розбитий на дві частини. У проміжку температур зовнішнього повітря  $-0,5 < t_3 < 8$  °С працює один котлоагрегат, а в проміжку  $-19 < t_3 < -0,5$  °С – два котлоагрегати.

У другому варіанті (котельня обладнана котлами потужністю 1 МВт) опалювальний період розбивається на три діапазони температур:  $+8 \div -0,5$ ;  $-0,5 \div -9,8$  і  $-9,8 \div -19$ . У цих діапазонах у робочому положенні знаходиться відповідно два, три та чотири котлоагрегати.

Витрату газу в кожному з діапазонів визначаємо з врахуванням дійсного значення ККД (залежно від величини  $\bar{Q}$ ) та з врахуванням тривалості кожного періоду з відповідною середньодобовою температурою зовнішнього повітря за опалювальний період [ 2 ].

Для двох котлів витрата газу за опалювальний період становить  $1002110 \text{ м}^3$ , а для чотирьох котлів –  $990070 \text{ м}^3$ . Отже, застосування чотирьох котлів дозволяє зекономити за опалювальний період  $12040 \text{ м}^3$  газу. У грошовому перерахунку це становитиме 8259 грн. (за ціни газу 686 грн. за  $1000 \text{ м}^3$  згідно з Прейскурантом цін на природний газ НАК “Нафтогаз Україна” від 1 січня 2008 р. для підприємств комунальної теплоенергетики).

Оцінюємо економічну ефективність, використовуючи показники порівняльної ефективності капіталовкладень у нову техніку. При тому застосовуємо метод окупності, за яким терміном

окупності, протягом якого повертаються додаткові капіталовкладення за більш капіталоемним, але технічно досконалішим варіантом, визначаються:

$$T_{\phi} = \frac{K_1 - K_2}{S_1 - S_2}, \quad (2)$$

де  $K_1$  і  $K_2$  – капіталовкладення за першим і другим варіантами (кошторисна вартість котельні відповідно з двома і чотирма котлоагрегатами);  $S_1$  і  $S_2$  – річні експлуатаційні видатки за цими самими варіантами.

Затрати на електроенергію, заробітну плату, амортизаційні відрахування і поточний ремонт в обох варіантах вважаємо однаковими. У зв'язку з цим економію річних експлуатаційних видатків ( $\Delta S = S_1 - S_2$ ) визначаємо як різницю вартості газу, спожитого по кожному з варіантів.

У такий самий спосіб визначено витрату газу котельнями потужністю 1 та 3 МВт та термін окупності кожного з варіантів; результати розрахунків наведено в табл. 2.

Таблиця 2

**Техніко-економічні показники котельень за різного компонування**

Теплова потужність котельні, МВт	Компонування котельні за порівняльним варіантом	Кошторисна вартість котельні, грн. К	Витрати газу за опалювальний період, м <sup>3</sup>	Економія газу за технічно кращим варіантом, м <sup>3</sup> /рік	Вартість заощадженого газу, грн/рік $\Delta S$	Термін окупності технічно кращого варіанта (років), $T_{\phi}$
1,0	1 котел (Q <sub>1</sub> =1 МВт)	496000	265990	-	-	-
	4 котли (Q <sub>1</sub> =0,25 МВт)	625500	247520	18470	12670	10,2
3,0	1 котел (Q <sub>1</sub> =3 МВт)	1485000	797970	-	-	-
	3 котли (Q=1 МВт)	1619080	744500	53490	36694	3,6
4,0	2 котли (Q <sub>1</sub> =2 МВт)	1895500	1002110	-	-	-
	4 котли (Q=1 МВт)	2060960	990070	12040	8259	13,7

**Висновки.** Як зрозуміло з даних, наведених у табл.1, встановлення в котельні двох котлоагрегатів підвищує ефективність споживання газу на 6,4 % порівняно з одним котлоагрегатом, а трьох котлів – на 7,3 %. Подальше збільшення кількості котлоагрегатів також призводить до підвищення ефективності споживання газу, однак ця величина стає щораз меншою (додатково 0,3 % порівняно з попереднім варіантом).

Як очевидно з даних, наведених у табл. 2, не існує чітко вираженої узагальненої залежності, яка б обґрунтовувала економічно-доцільну кількість котлоагрегатів. У зв'язку з цим остаточне рішення про оптимальну кількість агрегатів в котельні в кожному конкретному випадку потрібно приймати на підставі техніко-економічного розрахунку.

1. Лебедев В.И., Пермяков Б.А., Хаванов П.А. Расчет и проектирование теплогенерирующих установок систем теплоснабжения. – М.: Стройиздат, 1992. 2. Манюк В.И., Каплинский Я.И, Хижа Э.Б., Манюк А.И., Ильин В.К. Справочник по наладке и эксплуатации водяных тепловых сетей. – М.: Стройиздат, 1982. 3. Danielewicz J., Golecki K. Podstawy projektowania niskotemperaturowych kotłowni wodnych z zastosowaniem kotłów “De Dietrich” i “Schäfer Interdomo”. – Wrocław, 2000.