

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СПОЖИВАННЯ ПАЛИВНО-ЕНЕРГЕТИЧНИХ РЕСУРСІВ У ЗАГАЛЬНООСВІТНІХ ШКОЛАХ

*А.С. Мандрика, М.І. Сотник, С.С. Антоненко, С.В. Сапожніков
Сумський державний університет, м. Суми*

Розглядаються пріоритетні напрямки підвищення ефективності споживання паливно-енергетичних ресурсів у загальноосвітніх школах. Порівнюються витрати енергоресурсів на опалення та гаряче водопостачання при централізованій і автономній системах теплозабезпечення. На конкретних прикладах показуються переваги автономного теплопостачання з використання високоекономічних міні-котелень перед централізованим. Наводяться дані щодо підвищення енергоефективності систем опалення у загальноосвітніх школах за рахунок впровадження систем автоматичного регулювання температури в тепломережі.

Одним із напрямків підвищення ефективності споживання паливно-енергетичних ресурсів (ПЕР) у загальноосвітніх школах є впровадження систем автономного теплопостачання (з використанням високоекономічних міні-котелень і теплообмінників) замість централізованого теплопостачання. Це дозволяє підвищити надійність теплозабезпечення, полегшує налагодження та балансування системи для кожного споживача.

Згідно з інформацією літературних джерел [1,2,3] відмова від централізованого теплопостачання з одночасним переходом на автономне в окремих випадках дає значний економічний ефект. Такий ефект пов'язаний з рядом переваг, які має автономна система теплопостачання у порівнянні з централізованою:

- повністю відсутні теплотраси;
- відсутня необхідність у штатному обслуговуючому персоналі;
- забезпечуються мінімальні втрати ПЕР за рахунок значного скорочення довжини тепломереж та використання високоекономічних автономних котелень (з ККД до 90%).

Для визначення кількісних показників ефективності споживання ПЕР у загальноосвітніх школах нами проведений порівняльний аналіз систем централізованого і автономного теплопостачання для трьох загальноосвітніх шкіл.

У таблиці 1 наведені проектні потужності з опалення $R_{опал}$ і гарячого водопостачання $R_{ГВП}$, а також річні витрати на опалення і ГВП для вищезазначених шкіл при централізованому теплопостачанні.

Таблиця 1 – Проектні потужності з опалення, річні витрати на опалення і ГВП загальноосвітніх шкіл при централізованому теплопостачанні

Загальноосвітня школа	Проектні потужності		Витрати	
	$R_{опал}$, кВт	$R_{ГВП}$, кВт	на опалення, тис. грн	на ГВП, тис. грн
Школа № 1	192,0	70,0	40,6	2,7
Школа № 2	392,0	124,0	83,1	4,6
Школа № 3	254,0	100,0	54,0	3,8

Розрахунки витрат теплоти проводились відповідно до діючих нормативів [4,5]. Витрати коштів на опалення розраховували, виходячи із вартості одного квадратного метра опалювальної площі за один місяць опалювального періоду. Витрати коштів на ГВП визначали за нормативною вартістю одного кубічного метра гарячої води при нормі споживання три літри на одного учня на добу.

В таблиці 2 наведені річні витрати на опалення та ГВП загальноосвітніх шкіл при автономному теплопостачанні з використанням високоекономічних міні-котелень.

Витрати теплоенергії на опалення (див. табл. 2) підраховували за формулою [4]

$$Q_{опал}^{рік} = V_3 \cdot q_0 (t_{ен} - t_{сер.о}) n_0 \cdot 24 \cdot 10^{-6}, \quad (1)$$

де $Q_{опал}^{рік}$ - річна витрата тепла на опалення, ГДж;

V_3 - зовнішній будівельний об'єм шкільної будівлі;

q_0 - питома опалювальна характеристика будівлі при розрахунковій температурі зовнішнього повітря, кДж/м³·год·°С [4];

$t_{ен}$ - усереднена розрахункова температура внутрішнього повітря опалювальних приміщень, °С [5,6];

$t_{сер.о}$ - середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період, °С;

n_0 - довготривалість опалювального періоду за кількістю днів із стійкою середньодобовою температурою зовнішнього повітря 8°С і нижче (брали $n_0 = 180$ діб);

24 – кількість годин роботи системи опалення за добу.

Таблиця 2 – Річні витрати на опалення і ГВП загальноосвітніх шкіл при автономному теплопостачанні

Загальноосвітні школи	Витрата на опалення			Витрати на ГВП		
	тепло-енергії $Q_{опал}^{рік}$, ГДж	природ-ного газу $N_{опал}^{рік}$, тис.м ³	коштів, тис. грн	тепло-енергії, $Q_{опал}^{рік}$, ГДж	природ-ного газу, $N_{опал}^{рік}$, тис.м ³	коштів, тис. грн
Школа № 1	1396,7	45,8	11,0	136,2	4,5	1,1
Школа № 2	2851,7	93,4	22,5	237,5	7,8	1,9
Школа № 3	1847,5	60,5	14,6	192,9	6,3	1,5

Річну витрату тепла на ГВП $Q_{ГВП}^{рік}$ визначили як суму витрат тепла в опалювальний період $Q_{ГВП}^3$ і неопалювальний період $Q_{ГВП}^2$, тобто

$$Q_{ГВП}^{рік} = Q_{ГВП}^3 + Q_{ГВП}^2, \quad (2)$$

Витрати теплоти на ГВП в опалювальний період визначали за формулою

$$Q_{ГВП}^3 = 1,2 \sum a \cdot m \cdot (55 - t_{x.з}) \cdot c \cdot n_{ГВП} \cdot 8 \cdot 10^{-6}, \quad (3)$$

де: 1,2 – коефіцієнт, який враховує тепловіддачу в приміщеннях від трубопроводів системи гарячого водопостачання;

a – норма витрати води на гаряче водопостачання при температурі 55°C (брали $a=3$ літри за добу на одного учня);

m – кількість учнів у школі;

55 – температура, на яку треба підігріти воду, °C;

$t_{x.l}$ – температура холодної (водопровідної) води в опалювальний період, °C (брали такою, що дорівнює 5 °C);

c – питома теплоємність води 4,19, кДж/кг*°C;

$n_{ГВП}$ – довготривалість періоду гарячого водопостачання за кількістю діб на рік (брали $n_{ГВП} = 180$ діб);

δ – кількість годин роботи системи ГВП за добу.

Витрати теплоти на ГВП в неопалювальний період визначали за формулою

$$Q_{ГВП}^l = 1,2 \sum a \cdot m \cdot (55 - t_{x.l}) \cdot c \cdot (350 - n_0) \cdot \delta \cdot 10^{-6}, \quad (4)$$

де $t_{x.l}$ – температура холодної (водопровідної) води в неопалювальний період, °C (брали такою, що дорівнює + 15 °C).

За підрахованою згідно з формулою (1) витратою теплоти на опалення визначали річну потребу у природному газі для кожної окремо взятої школи:

$$N_{опал}^{рик} = Q_{опал}^{рик} / P \cdot \eta_k, \quad (5)$$

де $P = 8050$ кДж/м³ –теплота згоряння природного газу;

$\eta_k = 0,9$ – коефіцієнт корисної дії котельні.

Річну потребу у природному газі на ГВП визначали за формулою

$$N_{ГВП}^{рик} = Q_{ГВП}^{рик} / P \cdot \eta_k. \quad (6)$$

Результати розрахунків за формулами (1)-(6) наведені в табл. 2.

Із сумісного розгляду таблиць 1,2 випливає, що витрати на опалення у разі встановлення міні-котелень зменшуються в три і більше разів у порівнянні з централізованим теплопостачанням. Витрати на ГВП зменшуються у два-три рази.

У таблиці 3 представлені вартість проекту із встановлення міні-котелень, розрахункова (очікувана) економія від зменшення вартості за спожиті енергоносії [7], терміни окупності капіталовкладень.

Таблиця 3 – Витрати із встановлення міні-котелень у школах, очікувана економія, терміни окупності проекту (капіталовкладень)

Загально-освітні школи	Вартість проекту із встановлення міні-котелень			Витрати на опалення та ГВП		Економія, тис.грн	Термін окупності, рік
	вартість обладнання	вартість монтажу, тис.грн	загальна вартість, тис.грн	існуючі, тис.грн	після встановлення		
Школа№1	107,1	32,4	139,5	43,3	12,1	31,2	4,5
Школа№2	182,6	61,8	244,4	87,7	24,4	63,3	3,9
Школа№3	154,4	56,0	210,4	57,8	16,1	41,7	5,0

Розміри економії (див. табл.3) після встановлення міні-котелень вражають. Вони сягають 56% і більше від сумарних витрат на опалення та ГВП шкіл.

Терміни окупності капіталовкладень (проекту) із встановлення міні-котелень фактично можуть біти меншими за рахунок скорочення витрат теплоенергії в нічні часи та вихідні дні.

Достатньо ефективними і відносно недорогим напрямком економії енергоресурсів є установка системи автоматичного регулювання споживання теплоти (САРТ), запрограмованої на дотримання заданої температури у приміщеннях. Такі системи дають можливість переводити теплопостачання в економічний режим у неробочі дні і тим самим економити енергію. Найбільш ефективно використання САРТ для шкіл, коледжів, інших навчальних закладів.

Як показують теплотехнічні розрахунки, зниження температури у приміщенні на 1 градус дає можливість зекономити 7% ПЕР. А враховуючи те, що в осінній та весняний періоди в багатьох школах (навчальних закладах) не регулюють подачу теплоносія взагалі, тим самим допускаючи зайве споживання ПЕР в теплі дні, то використання САРТ забезпечить ще більшу економію енергоносія.

У таблиці 4 наведені витрати на опалення шкіл, витрати на впровадження САРТ та результати розрахунків економії від впровадження САРТ для двох загальноосвітніх шкіл. Опалення шкіл – централізоване.

Таблиця 4 – Річні витрати на опалення, впровадження системи САРТ. Економія від впровадження САРТ та терміни окупності капіталовкладень

Загально-освітні школи	Опалювальна площа, м ²	Витрати на опалення шкіл		Витрати на впровадження САРТ, К, тис. грн.	Очікувана річна економія, Z, тис. грн	Термін окупності Т, рік
		ГДж	тис. грн			
Школа №11	10464	3515,4	69,1	23,9	18,5	1,29
Школа №12	9070	2840,8	55,9	22,2	17,0	1,30

Очікувану річну економію Z від впровадження САРТ (див. табл.4) визначали тільки за рахунок переведення опалювальної системи в економічний режим у неробочі години.

Величина капіталовкладень К включала вартість системи САРТ, вартість виконання монтажних робіт, енергетичне обстеження, розроблення проекту щодо впровадження САРТ.

Термін окупності капіталовкладень (проекту) розраховували за формулою

$$T=K/Z . \quad (7)$$

Аналізуючи дані, наведені в табл.4, легко виявити, що річна економія від впровадження САРТ сягає в середньому 25-30% витрат на опалення. Термін окупності не перевищує 1,3 року. Це досить високі показники ефективності споживання ПЕР.

На основі проведених розрахунків та отриманих результатів можна зробити висновки:

– перехід від централізованого теплопостачання до автономного (з використанням високоекономічних міні-котелень і теплообмінників) у загальноосвітніх школах забезпечує економію ПЕР до 56% і більше від сумарних витрат на опалення та ГВП;

– впровадження автоматичного регулювання теплоти у системах опалення шкіл дає змогу заощадити 20-30% ПЕР при коротких термінах окупності капіталовкладень (до 1,3 року);

– розглянуті в роботі напрямки підвищення ефективності споживання ПЕР можна вважати пріоритетними для загальноосвітніх шкіл та інших навчальних закладів.

SUMMARY

Priority directions of increase of efficiency of consumption of fuel and energy resources in comprehensive schools are considered. Charges of power resources on heating and hot water supply are compared at the centralized and independent systems of heat supply. On concrete examples advantages of an independent heat supply with use high economical small caldrons above centralized show. Data on increase of energy effects systems of heating of comprehensive schools due to introduction of systems of automatic control of temperature in a heating system are cited.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Інноваційні пріоритети паливно-енергетичного комплексу України / За загальною редакцією А.К. Шидловського – Київ:Українські енциклопедичні знання, 2005. – 494 с.
2. Мандрика А.С., Антоненко С.С., Лукша О.В. Ефективне використання енергії та енергоощадність в міському господарстві. Навчальний посібник. – К.:АМУ, 2007.– 190 с.
3. Кращі працівники місцевого самоврядування. Випуск 4. „Досвід ефективного використання енергії та енергозбереження в житлово-комунальному і міському господарстві.” – К.:АМУ, 2006. – 36 с.
4. Норми витрат електричної та теплової енергії для установ і організацій бюджетної сфери України. – К.:ВАТ”УкрНДІнжпроект”, 1999. – 90 с.
5. СНиП 2.04.05-91 Отопление, вентиляция и кондиционирование. – М.:Госкомстрой СССР, 1991.
6. Инженерные системы зданий. BE>THINK>INNOVATE, Grundfos (ТОВ Грундфос, Україна), 2006. – 256 с.
7. ДСТУ 2155-93 Енергозбереження. Методи визначення економічної ефективності заходів по енергозбереженню. Чинне видання 01.01.95. – К.:Держстандарт України, 1995. – 20 .

Мандрика А.С., канд. техн. наук, доцент;

Сотник М.І., канд. техн. наук, доцент;

Антоненко С.С., канд. техн. наук, доцент;

Сапожніков С.В., канд. техн. наук, доцент

Надійшла до редакції 8 лютого 2008 р.