

**Л.І.ЛИСЕНКО**, канд. техн. наук, доц., НТУ «ХП»  
**І.Ю.КОЗЛОВА**, студент НТУ «ХП»

## ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ СПОРТИВНОГО КОМПЛЕКСУ НТУ «ХП»

У статті проаналізовано засоби підвищення якості теплопостачання спорткомплексу НТУ «ХП» і класу енергетичної ефективності його будівлі. Оцінено економічна та екологічна ефективність запропонованих засобів.

**Ключові слова:** теплопостачання, клас енергетичної ефективності, підвищення ефективності.

**Вступ.** Першим кроком до забезпечення енергетичної ефективності в Україні є енергетична паспортизація будівель, яка оцінює об'єми споживаної об'єктом енергії (електроенергії, опалення, гарячого і холодного водопостачання, каналізації). Ефективне використання енергозберігаючих технологій є актуальним для України, оскільки це дозволить значно зменшити споживання первинних енергоресурсів.

Об'єктом дослідження в даній роботі є спортивний комплекс НТУ «ХП», який являє собою окремо розташовану триповерхову споруду, побудовану з білої силікатної цегли. Спорткомплекс має легкоатлетичний манеж, 14 спортивних залів, два басейни. Також є конференц-зал, навчальні аудиторії, зал для занять спеціальної медичної групи. Особливістю даного об'єкта з точки зору проектування системи теплопостачання є підтримка різних температурних режимів у об'ємно-планувальних елементах споруди.

Метою даної роботи є аналіз деяких засобів підвищення енергетичної ефективності спорткомплексу НТУ «ХП».

### Розрахунок індивідуального теплового пункту для теплопостачання спорткомплексу НТУ «ХП»

Системи опалення будівлі і гарячого водопостачання підключені до системи централізованого теплопостачання (ЦТП). Плавальні басейни обладнані системами водообміну рециркуляційного типу, підігрів води здійснюється в опалювальний період за допомогою централізованої системи опалювання. в літні місяці - електричними установками.

Фактичне теплоспоживання спорткомплексу за 2012 рік, за наданими даними, склало 1,914 млн. кВт·год на опалення та 329,7 тис кВт·год на гаряче водопостачання. Проектні річні витрати теплової

© Л. І. Лисенко, І. Ю. Козлова, 2013

енергії, розрахунок яких проведений відповідно до державних стандартів України [1-3], нижче фактичних і складають відповідно, 1,83 млн. кВт·год та 328 тис кВт·год. Для підвищення ефективності теплопостачання спорткомплексу запропоновано встановити індивідуальний тепловий пункт (ІТП) з горизонтальними секційними кожухотрубними теплообмінниками і використанням систем автоматичного регулювання теплового навантаження

ІТП призначені для незалежного підключення систем будівель, що використовують тепло, до мереж централізованого теплопостачання. Вони забезпечують значне зниження втрат тепла за рахунок використання одного гріючого середовища, а автоматичне регулювання витрати теплоносія дозволяє підтримувати оптимальну температуру в приміщенні і температуру гарячого водопостачання, в залежності від температури навколишнього середовища, споживання тепла та гарячого водопостачання

Принципова схема ІТП для теплопостачання спорткомплексу та його елементи зображені на рис. 1.

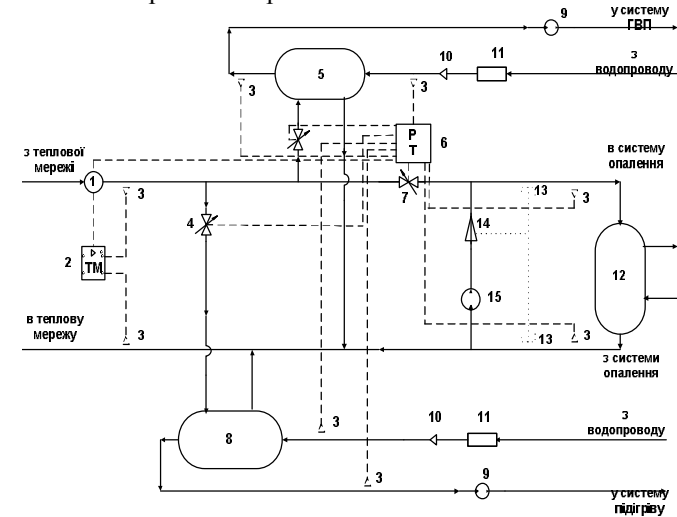


Рис. 1 – Принципова схема ІТП спорткомплексу НТУ «ХП»: 1 – датчик витрати води; 2 – тепловий лічильник; 3 – датчик температури; 4 – регулюючий клапан з електроприводом; 5 – теплообмінник ГВП; 6 – регулятор подачі теплоти на опалення, гаряче водопостачання, підігрів води у басейні та обмеження максимальної витрати мережної води на введення; 7 – регулюючий клапан з електроприводом; 8 – теплообмінник для підігріву води у басейну; 9 – підвищувально-циркуляційний насос гарячого водопостачання; 10 – зворотний клапан; 11 – водомір для холодної води; 12 – теплообмінник для системи опалення; 13 – датчик тиску води в трубопроводі; 14 – регулятор перепаду тисків (прямої дії); 15 – коригувальний підмішувальний насос

Система опалення повинна приєднуватися до двотрубних водяних теплових мереж по незалежній схемі. Схема приєднання теплообмінників гарячого водопостачання в закритих системах тепlopостачання вибирається залежно від співвідношення витрат теплоти на гаряче водопостачання  $Q_{г.в}^{рік}$  і витрат теплоти на опалення  $Q_{рік}$ . Якщо  $Q_{г.в}^{рік} / Q_{рік} \leq 1$ , то застосовується одноступенева схема.

Розрахункові потужності систем опалення і гарячого водопостачання спорткомплексу та підігріву води в басейнах становлять, відповідно, 180 кВт, 37,5 кВт та 2144 кВт.

Для обраної схеми ІТП з горизонтальними секційними кожухотрубними теплообмінниками визначені параметри теплообмінників, приєднаних за одноступеневою схемою, та проведений тепловий і гідравлічний розрахунок горизонтальних секційних кожухотрубних водо-водяних теплообмінників. Розрахунки зроблені згідно [4-5].

Основні розрахункові параметри та результати розрахунку теплообмінників ІТП для систем опалення, гарячого водопостачання та підігріву води в басейні наведені у табл. 1.

Таблиця 1 – Основні результати розрахунку теплообмінників для ІТП

Параметр	Значення		
	Опалення	ГВП	Басейн
Розрахункові теплові витрати $Q$ , Вт	180278,96	37504,2	2143750
Температура води, що нагрівається, на вході в теплообмінник $t_1$ , °C	5		
Температура води, що нагрівається, на виході з теплообмінника $t_2$ , °C	70	55	26
Температура гріючої води на вході в теплообмінник $t_3$ , °C	150		
Температура гріючої води на виході з теплообмінника $t_4$ , °C	40	30	15
Розрахункові витрати гріючої води $G_{dh}$ , кг/сек	0,37009	0,14883	3,78086
Розрахункові витрати води, що нагрівається, $G_h$ , кг/сек	0,68324	0,35718	24,30556
Фактичні швидкості води в трубках теплообмінника $W_{тр}$ , м/с	0,18367	0,07386	0,84985
Фактичні швидкості води в міжтрубному просторі теплообмінника $W_{мтр}$ , м/с	0,15952	0,06415	0,57812
Необхідна поверхня нагріву $F$ , м <sup>2</sup>	4,20538	3,26739	19,18339
Поверхня нагріву однієї секції $f_{сек}$ , м <sup>2</sup>	0,75	0,75	1,88
Число секцій в одному потоці $N$ , шт	3	2	5

**Підвищення класу енергетичної ефективності.** Розрахункове значення питомих тепловитрат на опалення існуючої будівлі спорткомплексу, яке визначено відповідно до вимог державних норм і стандартів [1-3], складає

39 кВт·год/м<sup>3</sup>, що відповідає класу енергетичної ефективності «D», тоді як допустиме значення питомих тепловитрат на опалення спортивних споруд повинно становити 33 кВт·год/м<sup>3</sup>, тобто відповідати класу енергетичної ефективності «C».

Найпоширенішим методом підвищення енергетичної ефективності будівель є термомодернізація шляхом утеплення огорожувальних конструкцій будівель. У роботі розглянуто три види теплоізоляційних будівельних матеріалів для утеплення непрозорих огорожувальних конструкцій споруди спорткомплексу, а саме: серед виробів з природної органічної та неорганічної сировини – піноскло, серед волокнистих матеріалів – плити з мінеральної вати на синтетичному зв'язуючому гофрованої структури, серед полімерних матеріалів – плити пінополістирольні.

На рис. 2 зображені теплові витрати до утеплення зовнішніх огорожувальних конструкцій теплоізолюючими матеріалами та після термомодернізації.

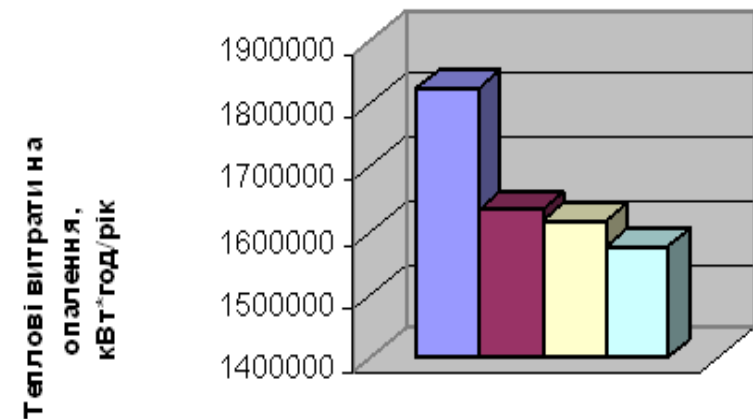


Рис. 2 – Теплові витрати на опалення до та після утеплення теплоізолюючими матеріалами: 1 – без утеплення, 2 – утеплення піносклом, 3 – утеплення плитами з мінеральної вати, 4 – утеплення пінополістиролом

Економія теплової енергії на опалення будівлі  $\Delta Q_{рік}$  після її утеплення матеріалами, що розглядаються, протягом опалювального періоду склала, відповідно, 195,233, 209,731 та 249,949 тис.кВт·год.

Результати розрахунків показують, що найбільш ефективними при утепленні будівлі є пінополістирольні плити, при цьому зниження річних витрат теплової енергії на опалення досягне 18,3 %, тобто 0,33 млн. кВт·год. Відповідно, розрахункове значення питомих тепловитрат на опалення будівлі спорткомплексу складе 33,8 кВт·год/м<sup>3</sup>, що дозволить підвищити клас енергетичної ефективності спорткомплексу НТУ «ХПІ» до класу «С» (табл. 2).

Таблиця 2 – Розрахункові теплові витрати на опалення спортивного комплексу до та після утеплення будівлі пінополістирольними плитами

Параметри	Існуюча будівля	Будівля з утепленням
Загальні тепловтрати будинку через огорожувальну оболонку, $Q_{\text{к}}$ , кВт·год	1785204,75	1564010,84
Побутові теплові надходження протягом опалювального періоду, $Q_{\text{вн.п}}$ , кВт·год	369541,92	369541,92
Теплові надходження через вікна від сонячної радіації протягом опалювального періоду, $Q_{\text{с}}$ , кВт·год	46583,08	46583,08
Витрати теплової енергії на опалення будинку протягом опалювального періоду, $Q_{\text{рік}}$ , кВт·год	1829193	1579244
Розрахункове значення питомих тепловитрат за опалювальний період $q_{\text{буд}}$ , кВт·год/м <sup>3</sup>	39	33,8
Максимально допустиме значення питомих тепловитрат на опалення будівлі за опалювальний період, $E_{\text{max}}$ , кВт·год/м <sup>3</sup> , що встановлюється згідно з [1]	33	
Клас енергетичної ефективності будівлі, $\left[ \frac{(q_{\text{буд}} - E_{\text{max}})}{E_{\text{max}}} \right] \cdot 100\%$	+19 <b>Клас D</b>	+2,44 <b>Клас C</b>

У роботі також був проведений аналіз запропонованої системи теплопостачання за критеріями економічної та екологічної ефективності енергозберігаючих заходів (з обліком дисконтування та нарощення).

Для оцінки економічної ефективності інвестицій в енергозберігаючі заходи були визначені такі критерії економічної ефективності (з урахуванням дисконтування та нарощення), як термін окупності інвестицій; чистий дохід за рахунок економії енергоресурсів за весь період експлуатації енергозберігаючих заходів; індекс прибутковості інвестицій (відношення повного доходу до величини інвестицій, що характеризує відносну віддачу інвестиційного проекту на вкладені кошти).

Питома витрата теплової енергії на опалення спорткомплексу становить 111 кВт·год/м<sup>2</sup>. Перехід на ІТП призводить до зниження тепловитрат на 15% [6]. Таким чином, питома витрата теплової енергії на опалення будівлі після установки ІТП буде становити 94,23 кВт·год/м<sup>2</sup>. Зниження витрат теплової енергії у вартісному вираженні, тобто середній додатковий дохід за рахунок економії енергоресурсів, становить 0,010726 тис. грн./м<sup>2</sup>.

Підібраний ІТП виготовляється компанією «Харківенергосервіс». За індивідуальним замовленням він може бути укомплектований витратомірними пристроями і, таким чином, буде сформовано повноцінний вузол обліку теплової енергії, що споживається та відпускається.

Орієнтовна вартість ІТП для системи теплопостачання спортивного комплексу НТУ «ХПІ» з урахуванням монтажу становить 52,272 тис. грн., звідси величина інвестицій, віднесених до 1 м<sup>2</sup> площі, становить 0,003038 тис. грн./м<sup>2</sup>.

Критерії економічної ефективності зміни схеми централізованого теплопостачання, пов'язаної з впровадженням ІТП, наведено в табл. 3. Розрахунки проведені з урахуванням діючих тарифів на теплову енергію [7].

Таблиця 3 – Критерії економічної ефективності встановлення ІТП

Параметр та його одиниця вимірювання	Значення
Термін експлуатації $T_{\text{сл}}$ , роки	20
Значення норми дисконту $r$	0,10 (10%)
Дохід за рахунок економії енергоресурсів $\Delta D$ , грн./м <sup>2</sup>	10726
Величина капіталовкладень $\Delta K$ , грн./м <sup>2</sup>	3038
Повний дисконтований дохід $DD_{\text{Тсл}}$ , грн./м <sup>2</sup>	91317
Повний дохід при нарощенні $ND_{\text{Тсл}}$ , грн./м <sup>2</sup>	614335
Чистий дисконтований дохід $CD$ , грн./м <sup>2</sup>	88279
Чистий дохід при нарощенні $CH$ , грн./м <sup>2</sup>	611297
Бездисконтний термін окупності $T_0$ , роки	0,28 ( $\approx$ 3 міс.)
Термін окупності з урахуванням дисконтування $T_d$ , роки	0,3 ( $\approx$ 4 міс.)
Термін окупності інвестицій при нарощенні $T_n$ , роки	0,29 ( $\approx$ 3 міс.)
Індекс прибутковості інвестицій за умови дисконтування $ID_d$	30,05466
Індекс прибутковості інвестицій за умови нарощення $ID_n$	202,1927

Виходячи з розрахункових витрат теплової енергії на опалення будинку протягом опалювального періоду та на гаряче водопостачання спорткомплексу НТУ «ХПІ» протягом року, було визначено

споживання палива відповідно розрахунковим тепловим витратам на систему теплопостачання. При спалюванні природного газу для виробництва теплової енергії відбувається викид близько 0,45 кг CO<sub>2</sub> на кожен 1 кВт·год енергії [8]. Порівняння викидів CO<sub>2</sub> в атмосферу при застосуванні ІТП зображені на рис. 3.

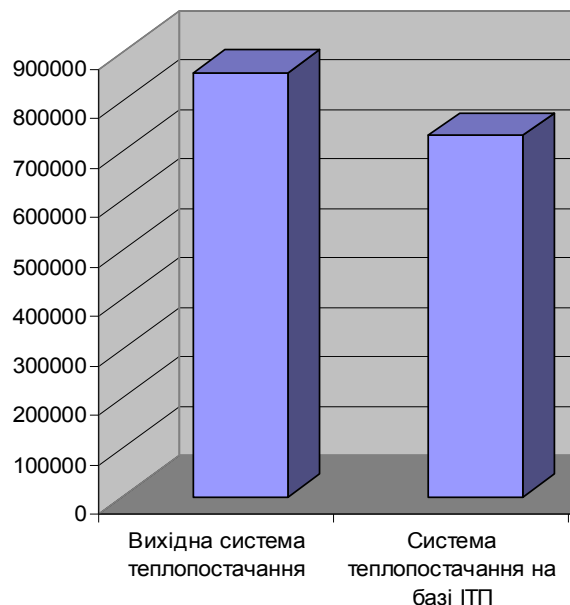


Рис. 3 – Зниження викидів CO<sub>2</sub>, кг, при встановленні ІТП у порівнянні з існуючою системою ЦТП

У табл. 4 наведено порівняння систем теплопостачання за витратами палива та викидами CO<sub>2</sub> в атмосферу з урахуванням характеристик природного (магістрального) газу відповідно [9].

Таблиця 4 – Порівняння систем теплопостачання спорткомплексу за витратами палива та викидами CO<sub>2</sub>

Параметр	Існуюча система	ІТП
Споживання природного газу, тис. м <sup>3</sup>	244,6	207,9
Споживання палива, т.у.п.	278	236
Викиди CO <sub>2</sub> , т	858,5	729,73

**Висновки.** Розробка та впровадження енергозберігаючих заходів на основі застосування енергоефективних технологій дозволяє не тільки задовольнити потреби споживачів, енергопостачання яких здійснюється від централізованої системи, але й значно зменшити споживання первинних енергоресурсів, знижуючи згубний вплив на навколишнє середовище. Встановлення ІТП в систему теплопостачання спорткомплексу НТУ «ХПІ» є ефективним засобом енергозбереження, забезпечуючи економію до 42 т.у.п і 129 т CO<sub>2-екв</sub> на рік. При цьому бездисконтний термін окупності ІТП оцінюється в 3 міс, що свідчить об економічній привабливості цього проекту. Додаткова термомодернізація будівлі призведе до підвищення класу енергетичної ефективності до нормативного значення.

**Список літератури:** 1. ДБН В.2.6-31:2006 «Теплова ізоляція будівель». 2. ДСТУ-Н Б А.2.2-5:2007 «Настанова з розроблення та складання енергетичного паспорта будинків при новому будівництві та реконструкції». 3. ДСТУ НБВ.1.1-27: 2010 «Будівельна кліматологія». 4 Свод правил по проектированию и строительству «Проектирование тепловых пунктов» к СНиП 2.04.07-86 «Тепловые сети». 5. ГОСТ 27590-2005 «Подогреватели кожухотрубные водо-водяные систем теплоснабжения». 6. Н.В. Шилкин Экономические аспекты внедрения индивидуальных тепловых пунктов / Н.В. Шилкин // Энергосбережение/ - 2007/ - №3. - 80 с. 7. Постанова Національної комісії регулювання ринку комунальних послуг України № 140 від 30 вересня 2011 р. «Про встановлення тарифів на теплову енергію для КП «Харківські теплові мережі». 8. Снижение выбросов CO<sub>2</sub> [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <http://www.atmosfera.msk.ru/solar-co2>. 9. Природный (магистральный) газ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.transservis-m.ru/cifry/>.

Надійшла до редколегії  
30.09.2013

УДК 644.11:УДК 728.1

**Підвищення ефективності теплопостачання спортивного комплексу НТУ «ХПІ» / І.Ю. Козлова, Л.І. Лисенко // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Енергетика: надійність та енергоефективність. – Х. : НТУ «ХПІ», 2013. – № 59 (1032). – С. 92–100. – Бібліогр.: 9 назв.**

В статті проаналізовані способи підвищення якості теплоснабження спорткомплексу НТУ «ХПІ» і класу енергетичної ефективності здання спорткомплексу. Виконана оцінка економічної і екологічної ефективності пропонуємих мер.

**Ключевые слова:** теплоснабжение, класс энергетической эффективности, повышение эффективности.

The paper presents ways of increasing heating quality and energy efficiency class for the National Technical University “Khar'kov Polytechnic Institute” Sports Centre. Economic and ecological efficiency of the introduced measures is estimated.

**Keywords:** heating, energy efficiency class, efficiency improvement.