

УДК 005:620.9

**ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ТИПОВОЇ  
БУДІВЛІ НАВЧАЛЬНО-ВИХОВНОГО КОМПЛЕКСУ**

**А.С. Мандрика**, доцент;

**О.С. Талан**, студент,

Сумський державний університет, м. Суми

*У статті піднімається проблема енергоощадності, енергозбереження в будівлях комунальної та бюджетної сфер. Наводяться результати енергетичного обстеження типової будівлі навчально-виховного комплексу. На основі отриманих даних пропонуються шляхи (енергозберігаючі заходи) щодо підвищення її енергетичної ефективності.*

**Ключові слова:** енергозбереження в будівлях, енергетична ефективність.

*В статье поднимается проблема энергоэффективности, энергосбережения в зданиях коммунальной и бюджетной сфер. Приводятся результаты энергетического обследования типового здания учебно-воспитательного комплекса. На основании полученных данных рекомендуются пути (энергосберегающие мероприятия) повышения его энергетической эффективности.*

**Ключевые слова:** энергосбережение в зданиях, энергетическая эффективность.

Не потребує доказів твердження, що зменшення енергоспоживання будівлею можливе тільки за умов жорсткого контролю та регулювання надходжень і витрат енергоносіїв, які необхідні для створення і підтримування заданого мікроклімату в її приміщеннях. Тому центральне місце в період експлуатації будівлі займає оцінювання і корегування енергетичного балансу, тобто структури, обсяги енергонадходжень та енерговитрат як у цілому по будівлі, так і в окремих її приміщеннях [1,2].

У загальному вигляді структуру енергетичного балансу будь-якої будівлі (приміщення) можна подати таким чином:

- енергонадходження (це енергія, що надходить від виробника або постачальника енергії, а також від сонця, людей, техніки);
- енерговитрати корисні (фактичні витрати на опалення, кондиціювання повітря, гаряче та холодне водопостачання, штучне освітлення, штучну вентиляцію, експлуатацію побутової та іншої техніки та обладнання);
- енерговтрати (втрати енергії через огорожувальні конструкції, повітрообмін через зовнішні огороження, повітрообмін через вентиляційні системи; втрати енергії під час транспортування, під час перетворення енергії із одного виду в інший; втрати внаслідок нераціонального використання техніки та обладнання, втрати у вигляді надлишкових надходжень тощо).

Зрозуміло, що величина того або іншого виду енерговитрат змінюється залежно від типу будівлі, природно-кліматичних умов, ефективності систем інженерного забезпечення, експлуатаційних якостей конструкції.

Разом з тим, за даними спеціалістів і організацій, які опікуються проблемами енергозбереження в будівельній галузі, найбільші енерговитрати припадають, як правило, на:

- опалення та покриття енерговитрат під час опалення (в європейських країнах і Росії вони становлять до 60% від загального енергоспоживання будівлею);
- кондиціонування повітря (у Сполучених Штатах Америки, Японії системи кондиціонування повітря споживають близько 50% від енерговитрат на інженерне забезпечення будівлі);
- штучне освітлення, витрати на яке можуть сягати 50% від загальних енерговитрат.

Зважаючи на вищесказане, а також із метою вивчення проблеми ефективного використання енергоносіїв установами бюджетної сфери нами було проведено енергетичне обстеження типової будівлі спеціалізованого навчально-виховного комплексу м. Сум. Основна увага під час обстеження приділялась енерговитратам на опалення як найбільшим серед інших енерговитрат, що забезпечують мікроклімат у приміщеннях будівлі. Наведений нижче теоретичний і експериментальний матеріал стосується саме енерговитрат на опалення та причин, їх супроводжуючих.

На першому етапі енергетичного обстеження оцінювався технічний стан будівлі, приміщень, системи опалення. Проводилися приладні вимірювання: розмірів приміщень, складових опалювальної системи; температури теплоносія, опалювальних приладів, температури зовнішнього і внутрішнього повітря тощо [3].

Було встановлено, що технічний стан будівлі (приміщень), стінових огорожувальних конструкцій і насамперед теплової ізоляції незадовільний.

Система опалення будівлі – водяна з однотрубною розводкою по поверхнях і байпасним клапаном. Подача теплоносія (гарячої води) здійснюється централізовано від теплової міської мережі. В системі опалення будівлі експлуатуються застарілі та малоефективні чавунні радіатори (занадто металосміні) з великою тепловою інерцією. Відсутні будь-яке регулювання параметрів і витрати теплоносія.

На внутрішній поверхні тепломережі є значна інкрустація, яка призводить до звуження прохідних отворів трубопроводів, опалювальних приладів тощо і, як наслідок, збільшення гідравлічного опору мережі та додаткових витрат енергії на його подолання. Інкрустація, крім того, негативно впливає на тепловіддачу мережі, що обумовлено погіршенням теплопровідності стінок її складових елементів. Технічний стан опалювальної системи в цілому був визнаний таким, що не відповідає вимогам експлуатації.

Результати приладних вимірювань використовували далі в теплотехнічних розрахунках [4,5]. Теплову потужність системи опалення визначали за формулою

$$Q_{c.o.} = \sum Q_{втр} - Q_{надх} \cdot \quad (1)$$

Сумарні теплові втрати в приміщеннях

$$\sum Q_{втр} = Q_{огор} + Q_{инф} \cdot \quad (2)$$

Сумарні теплонадходження в приміщення

$$\sum Q_{надх} = Q_{л} + Q_{рад} + Q_{обл} \cdot \quad (3)$$

У формулах (2), (3) прийняті позначення:

$Q_{огор}$  – втрати теплоти через огорожувальні конструкції;

$Q_{инф}$  – втрати теплоти на нагрівання інфільтруючого повітря;

$Q_{л}$  – тепловиділення від людей, що знаходяться в приміщеннях;

$Q_{рад}$  – теплові надходження за рахунок сонячної радіації;

$Q_{обл}$  – тепловиділення при працюючому електричному обладнанні, включаючи штучне освітлення.

Втрати теплоти через огорожувальні конструкції підраховували за формулою

$$Q = \frac{F}{R_0} (t_{II} - t_3) \cdot (1 + \sum \beta) \cdot n, \quad (4)$$

де  $F$  – площа огорожувальної конструкції;

$R_0$  – опір теплопередачі огорожувальної конструкції;

$t_{II}$  – температура повітря в приміщенні;

$t_3$  – температура зовнішнього повітря;

$n$  – коефіцієнт, що враховує положення зовнішньої поверхні конструкції щодо напрямку переміщення зовнішнього повітря;

$\beta$  – додаткові втрати теплоти на орієнтацію щодо сторони світла.

Опір теплопередачі

$$R_0 = R_B + R_K + R_3, \quad (5)$$

де  $R_B = \frac{1}{\alpha_B}$  – опір теплопередачі внутрішньої поверхні огорожувальної

конструкції ( $\alpha_B$  – коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції);

$R_3 = \frac{1}{\alpha_3}$  – опір теплопередачі зовнішньої поверхні огорожувальної

конструкції ( $\alpha_3$  – коефіцієнт тепловіддачі зовнішньої поверхні огорожувальної конструкції);

$R_K = \frac{\delta}{\lambda}$  – термічний опір шару (шарів) матеріалу огорожувальної конструкції ( $\delta$  – товщина шару огорожувальної конструкції,  $\lambda$  – коефіцієнт теплопровідності матеріалу огорожувальної конструкції).

Паралельно з підрахунками фактичного опору теплопередачі  $R_0$  визначали його величину  $R_0^H$  за нормативними даними [5,6]:

$$R_0^H = \frac{n \cdot (t_{II} - t_3)}{\Delta t^H \cdot \alpha_B}, \quad (6)$$

де  $\Delta t^H$  – нормативний температурний перепад між температурою повітря у приміщенні і температурою внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції;

$\alpha_B$  – коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції.

Витрати тепла на нагрівання інфільтруючого повітря

$$Q_{инф} = \sum G_{инф} \cdot c \cdot (t_{II} - t_3) \cdot k, \quad (7)$$

де  $\sum G_{инф}$  – витрата інфільтруючого повітря через огорожувальну конструкцію;

$c$  – питома теплоємність повітря;

$k$  – коефіцієнт, що враховує вплив теплового потоку протилежного напрямку.

Для підтримування необхідної температури у приміщенні система опалення повинна компенсувати тепловтрати  $Q_{огор}$ ,  $Q_{инф}$ . Однак, крім зазначених тепловтрат, можуть бути додаткові втрати тепла на нагрівання порівняно холодних предметів чи то матеріалів, які заносять у приміщення (у нашому випадку не враховувалися).

Тепловиділення від людей [5,7]

$$Q_{л} = \beta_1 \cdot \beta_{ОД} \cdot (2,5 + 10,3 \cdot \sqrt{V_{II}}) \cdot (308 - t_{II}), \quad (8)$$

де  $\beta_1$  – коефіцієнт, що враховує інтенсивність виконуваної людиною роботи;

$\beta_{ОД}$  – коефіцієнт, що враховує теплозахисні властивості одягу;

$V_{II}$  – швидкість повітря в приміщенні.

Тепловиділення при працюючому електричному обладнанні й штучному освітленні [8]

$$Q_{обл} = k \cdot N_{ел}, \quad (9)$$

де  $k$  – коефіцієнт, що враховує ту частину електричної потужності  $N_{ел}$ , яка перетворюється в тепло (залежно від технологічного процесу  $k=0,15-0,95$  [8];

$N_{ел}$  – потужність працюючого електричного обладнання та освітлювальних приладів.

Результати теплотехнічних розрахунків наведені в таблицях 1,2.

*Таблиця 1 - Фактичний тепловий баланс у приміщеннях навчально-виховного комплексу*

Приміщення	Теплонадходження, Вт	Тепловтрати, Вт	Недостача тепла, Вт
1-го поверху	12155	36990	24835
2-го поверху	13020	46325	33305
Разом	25175	83315	58140

*Таблиця 2 - Тепловий баланс у приміщеннях навчально-виховного комплексу відповідно до нормативних показників*

Приміщення	Теплонадходження, Вт	Тепловтрати, Вт	Недостача тепла, Вт
1-го поверху	14090	21700	7610
2-го поверху	13560	27332	13772
Разом	27650	49032	21382

Аналіз наведених у таблицях 1, 2 даних показує, що фактичні втрати теплоти в усіх приміщеннях будівлі приблизно в 1,7 раза перевищують нормативні. Недостача тепла, підрахована за нормативними показниками, майже втричі менша за фактичну. Все це свідчить про недостатні теплозахисні властивості огорожувальних конструкцій. А якщо до цього додати незадовільний технічний стан опалювальної системи, то енерговитрати на опалення обстеженої будівлі будуть ще більшими.

На основі проведеного обстеження були визначені шляхи (енергозберігаючі заходи) щодо підвищення енергетичної ефективності будівлі навчально-виховного комплексу:

- будь-які зниження енерговитрат через огорожувальні конструкції (в основному за рахунок герметичних і теплозахисних властивостей огорожень);

- підвищення термічного опору стінових конструкцій шляхом реновації стін та додаткового утеплення теплоізоляційними матеріалами (очікувана економія становить 15-40%);

- оптимізація площі світлопрорізів, які об'єктивно мають високу теплопровідність і тому є основними джерелами тепловтрат у приміщеннях будівлі;

- підвищення термоізоляційних параметрів дверних та віконних конструкцій (не виключаючи їх заміни), зокрема шляхом використання тепловідбиваючої плівки, яка наноситься на скління вікон із внутрішнього боку приміщення;

- обладнання системи опалення контрольно-вимірювальними приладами з метою виявлення фактичних енерговитрат під час експлуатації;

- оптимізація енерговитрат у системі опалення на основі оперативного врахування зміни параметрів теплоносія і навколишнього середовища, вилучення ефекту «надлишкових» теплонадходжень;

- регулювання опалювальної техніки за допомогою терморегуляторів, які встановлюються перед радіаторами і дозволяють регулювати подачу теплоносія в опалювальних приладах і тим самим змінювати їх температуру. Це дасть змогу підтримувати задані температурні показники в приміщеннях;

- періодичне промивання системи опалення, що зменшить товщину інкрустаційного шару на внутрішній поверхні тепломережі і тим самим підвищить її тепловіддачу навколишньому середовищу (економія енергії від упровадження такого заходу -4-5 %, [5]);

- скласти та упровадити енергетичний паспорт типової будівлі виховного комплексу, що дасть змогу провести інвентаризацію енергоносіїв відстежити їх зміну в динаміці – по місяцях, кварталах, роках;

- виховання енергетичної дисципліни, тобто зміни стереотипів поведінки персоналу, під час використання енергоносіїв з метою їх економного витрачання (економія енергії при цьому може становити 10-15%).

Упровадження запропонованих енергозберігаючих заходів забезпечить комфортні умови в приміщеннях будівлі при мінімальних енерговитратах.

## SUMMARY

### INCREASING OF ENERGY EFFICIENCY OF A TYPICAL BUILDING OF AN EDUCATIONAL INSTITUTION

*A.S. Mandryka, O.S. Talan*

*Sumy State University, Sumy*

*The problem of energy efficiency in buildings of public and nonprofit sphere are given in this article. The results of the energy examination of the typical educational institution building are given. Based on the obtained data the ways (measures) to increase it's energy efficiency are proposed.*

**Key words:** *energy efficiency, energy examination, building.*

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Соловей О.І., Розен В.П. та ін. Енергетичний аудит: навч. посібник. - Черкаси: ЧДТУ, 2005. - 299 с.
2. Мандрика А.С., Антоненко С.С., Лукша О.В. Ефективне використання енергії та енергоощадність у міському господарстві: навч. посібник. - К.: Асоц. міст України та громад, 2007. - 190 с.
3. Егизаров А.О. Общая теплотехника, теплоснабжение и вентиляция: учеб. для вузов. - М.: Стройиздат, 1982. - 215 с.
4. Каменев П.Н., Богословский В.Н. Отопление и вентиляция. - М: Стройиздат, 1975. - 483 с.
5. Єремкін Р.В. Тепловий режим будівель. - К.: Вища школа, 2001. - 450 с.
6. ДБН В.2.6-31:2006. Державні будівельні норми України. Теплова ізоляція будівель. - К.: Міністерство будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства.
7. Щекин Р.В., Корневский С.М. Справочник по теплоснабжению и вентиляции. - К.: Стройиздат, 1976. - 416 с.
8. Козин В.Е., Левина Т.А. и др. Теплоснабжение. - М.: Высшая школа, 1980. - 408с.

*Надійшла до редакції 25 листопада 2009 р.*