

УДК 697.328

Галілейська О.М., Шевченко О.М., Дешко В.І.

Національний технічний університет України «КПІ», м. Київ, Україна

## СТВОРЕННЯ МОДЕЛІ - ЕТАЛОНУ БУДІВЛІ НАВЧАЛЬНОГО КОРПУСУ

*Анотація – Розроблена методологія створення моделі-еталону будівлі, на прикладі, корпусу вищого навчального закладу. Результати в подальшому послугують для обґрунтування поділу будівель на групи за призначенням та розробки шкал оцінки енергоефективності будівель, які експлуатуються.*

*Аннотация - Разработана методология создания модели-эталона здания, на примере корпуса высшего учебного заведения. Результаты в дальнейшем будут использованы для обоснования разделения зданий на группы по назначению и разработки шкал оценки энергоэффективности эксплуатируемых зданий.*

*Annotation – A methodology to create a model-standard building, for example, the case of higher education is provided. The results serve as further justification for dividing buildings into groups by appointment and development of energy efficiency assessment scales of existing buildings.*

### Вступ

Важливою компонентою сучасної економіки є потужна енергетика, розвиток якої щільно пов'язаний з науково-технічним прогресом. Енергетичні ресурси у поєднанні з машинними системами забезпечують технологічне оновлення виробництва, комунікацій, усіх сфер життєдіяльності суспільства, стаючи домінантою економічного зростання і національної безпеки країни.

Для світової енергетики, а також для України, зважаючи на підвищення рівня життя, урбанізації, характерні тенденції нарощення сумарного енергоспоживання будівлями, як громадськими, так і житловими, і поетапні зрушення в структурі залучених енергоресурсів.

У період індустріалізації виробництва, у зв'язку з вичерпністю викопного палива та негативним впливом на довкілля постало питання ефективного використання енергетичних ресурсів для зниження енергоспоживання. Енергетична криза 70-х років і стрімке зростання цін на паливо, особливо на нафту, змусили промислово розвинуті країни світу переглянути власні стратегії енергоспоживання, змістити акценти з нарощення споживання невідновних енергоресурсів на їхнє збереження. Водночас здійснюється перехід від безпосереднього використання палива до споживання перетворених видів енергії, в першу чергу електроенергії.

### Існуюча проблема

Питання аналізу ефективності використання енергетичних ресурсів гостро постало у бюджетній сфері, по-перше, через зношеність фонду будівель, по-друге, через брак бюджетного фінансування на покриття комунальних витрат і проведення заходів з енергозбереження та санації будівель.

Одним з критеріїв оцінки енергетичної ефективності будівлі в Україні є енергетичний паспорт [1], який є обов'язковою складовою проектною документацією для будівель при новому будівництві та реконструкції. Однак, порядок його розробки для будівель, що експлуатуються за діючою методологією [1] сьогодні не достатньо прописані й потребують доопрацювання, зокрема за напрямками, що пов'язані з: дотриманням комфортних умов у приміщеннях та умов клімату; необхідністю оцінки загального енергоспоживання будівлею;

обґрунтованим виділенням типів споруд за призначенням; структурою та питомими показниками їх енергоспоживання.

У світі існує система оцінювання енергетичних показників та маркування будинків за показниками питомих тепловитрат на опалення, питомого споживання електричної енергії, а також питомого споживання холодної води. Такі системи вже впроваджені в країнах західної Європи, США і направлені на стимулювання застосування енергоефективних конструктивних заходів та інженерних систем в будівлях насамперед громадського, а також житлового призначення. При цьому встановлюється ранжування будівель за комплексом показників, що характеризують їх енергоефективність.

#### **Постановка задачі**

На жаль, більшість існуючих будівель в Україні, не відповідають європейським нормам за рівнем теплозахисту і величиною енергетичних витрат для забезпечення їх функціонування. Крім того, існують відмінності в структурі енергоспоживання будівель. Для забезпечення оцінювання енергоефективності будівель передбачається створити відповідну шкалу.

При розробці методології енергетичної сертифікації доцільно визначити рівень енергетичної ефективності існуючої та новозбудованої будівлі. Для цього запропоновано розроблення методології створення моделі - еталону будівлі, на прикладі, корпусу вищого навчального закладу.

#### **Методика розрахунку**

При розробці моделі – еталону будівлі враховувались:

- 1) характеристики рівня будівлі (призначення, розмір і загальна геометрія будівлі, теплофізичні властивості будівлі).
- 2) характеристики інженерних систем будівлі (системи опалення, вентиляції, охолодження, і т.д.).
- 3) характеристики умов експлуатації будівлі (експлуатаційні параметри, режим зайнятості, графіки енергоспоживання і т.д.).

Залежно від використовуваних даних, запропоновано розглядати два типи будівлі:

- «Віртуальний тип будівлі» – ґрунтується на використанні нормативних величин енергоспоживання, умов клімату тощо, згідно [2, 3, 4].
- «Реальний тип будівлі» - ґрунтується на обробці статистичних даних та деяких припущень про існуючі будівлі навчальних корпусів.

#### **Створення моделі-еталону «Віртуального типу будівлі»**

При створенні «віртуального типу» за об'єкт, на основі якого створювалась модель-еталон корпусу вищого навчального закладу, була взята будівля 22-го корпусу НТУУ «КПІ» з деякими змінами. Згідно [2] отримано співвідношення між площами приміщень в моделі корпусу.

Структура розподілу приміщень за площами наведена на рис.1.

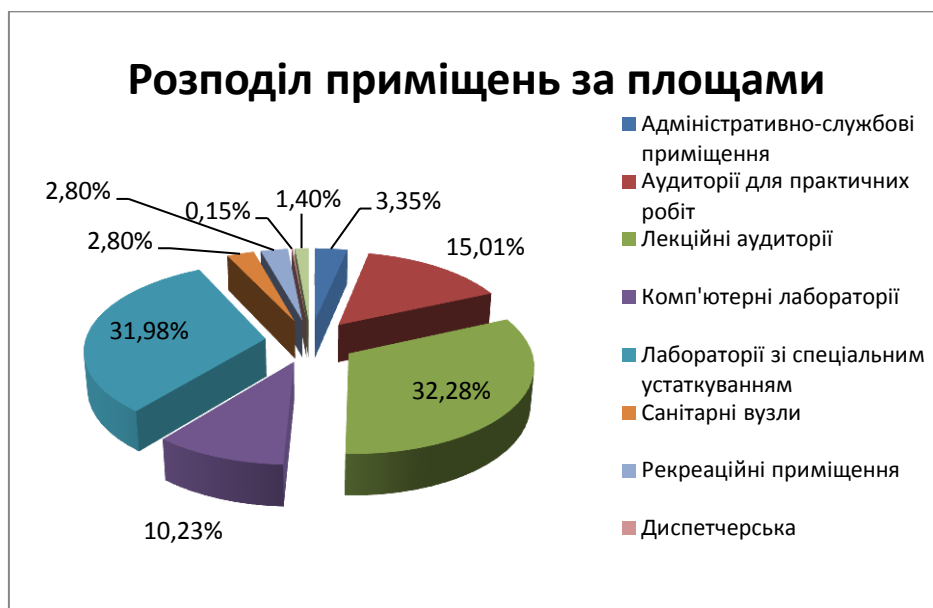


Рисунок 1 – Розподіл приміщень моделі-еталону корпусу ВНЗ за площами

Основні дані про будівлю-еталон наведені в табл. 1.

Таблиця 1 – Основні параметри будівлі-еталону

№п/п	Найменування показника	Будівля
1	Найменування об'єкта	
1.1	Місцезнаходження об'єкта	Київ
1.2	Розрахункова температура зовнішнього повітря для проектування системи опалення, °С	-22
1.3	Кількість діб опалювального періоду, діб	187
2	Рік побудови	2010
3	Кількість поверхів	5
4	Тип будівлі	навчальний корпус
5	Години роботи будівлі в рік	2000
6	Кількість працюючих у будівлі	100
7	Кількість студентів, що навчаються в будівлі	2000 <sup>1</sup>
8	Корисна площа будинку, м <sup>2</sup>	9904 <sup>2</sup>
9	Опалювальна площа будинку, м <sup>2</sup>	13794
10	Загальна площа будинку, м <sup>2</sup>	13794
11	Джерело теплопостачання	централізоване
12	Наявність теплолічильника, лічильника холодної води, електролічильників	так
13	Нормативна внутрішня температура в приміщеннях, °С	20
14	Норма споживання теплоти на опалення, кВт·год/м <sup>2</sup> (взято за [4])	94
15	Норма споживання холодної води, л за рік на 1 м <sup>2</sup> загальної площі	68,1 <sup>3</sup>
16	Норми споживання електричної енергії, кВт·год/м <sup>2</sup> корисної площі	21 <sup>4</sup>

Примітки.

- <sup>1</sup> з розрахунку, що найбільша кількість студентів, що одночасно знаходяться в будівлі 555 осіб
- <sup>2</sup> за умови, що корисно використовується 75% від розрахункової площі корпусу (характеристики приміщень для знаходження розрахункової площі брались за [2])
- <sup>3</sup> взято за [5] переведено з л/добу на 1 особу в л за рік на 1 м<sup>2</sup> загальної площі
- <sup>4</sup> взято за [3], для навчального корпусу (без їдалень, без кондиціонування повітря)

### Створення моделі-еталону «Реального типу будівлі»

Зважаючи на різноманітність і кількість будівель навчальних закладів, для проведення аналізу були взяті будівлі навчальних корпусів НТУУ «КПІ» та університету ім. Шевченка, що об'єднані в дві групи відповідно до року побудови:

- 1) навчальні корпуси, побудовані до 1980 р.;
- 2) навчальні корпуси, побудовані з 1980 р.

Для кожної групи будівель знаходились середні показники за рядом експлуатаційних та енергетичних параметрів, представлені в табл.2.

Таблиця 2 – Основні параметри моделі-еталону будівель «реального типу», збудованих до і після 1980 р.

№п/п	Найменування показника	Будівля, збудована до 1980 р.	Будівля, збудована з 1980 р.
1	Найменування об'єкта		
1.1	Місцезнаходження об'єкта	Київ	Київ
1.2	Розрахункова температура зовнішнього повітря для проектування системи опалення, °С	-22	-22
1.3	Кількість днів опалювального періоду, днів	187	187
2	Рік побудови	до 1980 р.	з 1980 р.
3	Кількість поверхів	5	6
4	Тип будівлі	навчальний корпус	навчальний корпус
5	Години роботи будівлі в рік	2090	2138
6	Кількість працюючих у будівлі	212	238
7	Кількість студентів, що навчаються в будівлі	1217	952
8	Корисна площа будинку, м <sup>2</sup>	7663	9241
9	Опалювальна площа будинку, м <sup>2</sup>	10443	14015
10	Джерело теплопостачання	централізоване	централізоване
11	Наявність теплоточильника, лічильника холодної води, електролічильників	так	так
12	Нормативна внутрішня температура в приміщеннях, °С	18	18
13	Норма споживання теплоти на опалення, кВт·год/м <sup>2</sup>	111	137
14	Норма споживання холодної води, л за рік на 1 м <sup>2</sup> загальної площі	512	601
15	Норми споживання електричної енергії, кВт·год/м <sup>2</sup> корисної площі	35	38

Фактичне річне теплоспоживання на опалення було приведене до «нормативного» року (для нейтралізації впливу погодних умов) за формулою:

$$Q_{o.s}^{прив} = Q_{o.s}^{факт} \cdot \frac{ГД^{норм}}{ГД_i^{факт}},$$

де  $Q_{o.s}^{факт}$  – фактичне річне теплоспоживання на опалення, кВт·год/м<sup>2</sup>;  $ГД^{норм}$  - градусо-добы для „нормативного” року;  $ГД_i^{факт}$  – градусо-добы, розраховані по фактичній температурі зовнішнього повітря для року  $i$ ; де  $i$  – рік, за даними якого встановлюється базове теплоспоживання.

При розрахунку  $ГД_i^{факт}$  врахована фактична температура в приміщеннях будівлі.

Для кожної групи знаходились середні, максимальні і мінімальні значення споживання енергії та холодної води за останні три роки (2009-2011 рр.).

### Побудова шкали оцінки енергетичної ефективності будівлі

Загальний принцип побудови шкали ефективності енергоспоживання будівель [6], що використано в роботі, базується на використанні нормативних  $R_r$  (сучасних норм для типу будівлі, тобто «віртуальному типу будівлі») та фактичних  $R_s$ , відповідає середньостатистичному фактичному показнику типу будівлі, тобто «реальному типу будівлі») даних про енергозбереження типових будівель (табл.3).

**Таблиця 3.** Визначення класу енергоефективності будівель, згідно європейського підходу за EN 15217 [6]

Клас	Енергоефективність будівель
A	$EP < 0,5 \cdot R_r$
B	$0,5 \cdot R_r \leq EP < R_r$
C	$R_r \leq EP < 0,5 \cdot (R_r + R_s)$
D	$0,5 \cdot (R_r + R_s) \leq EP < R_s$
E	$R_s \leq EP < 1,25 \cdot R_s$
F	$1,25 \cdot R_s \leq EP < 1,5 \cdot R_s$
G	$1,5 \cdot R_s \leq EP$

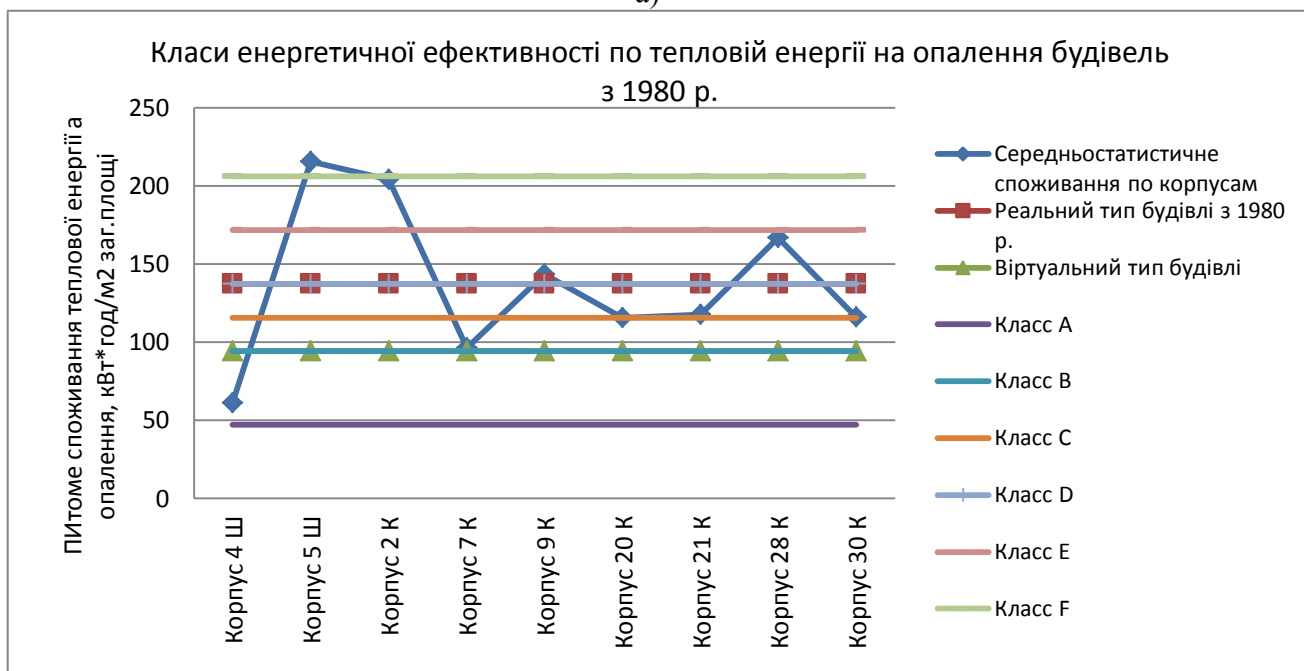
З таблиці видно, що клас А отримують будівлі, енергоспоживання яких на 50 % менше від визначеного сучасними нормами; клас В — більше 50 %, але менше значень, встановлених сучасними вимогами, і т. д. Основне правило нормування енергоефективних будинків в ЄС можна подати у вигляді  $EP \leq R_r$ , де  $EP$  — розрахована або виміряна нормалізована величина енергоспоживання будинку.  $R_r$  встановлюються на національному рівні залежно від технічних, економічних та політичних умов. Найгірші за показником ефективності використання енергії будівлі споживають на 50 % більше енергії, ніж середньостатистична існуюча будівля даного типу ( $R_s$ ).

### Результати розрахунків

Розроблені шкали енергоефективності з використанням енергетичних показників за моделями-еталонами «віртуального» та «реального» типів будівлі представлені на рис.2-4. Для визначення класів енергоефективності досліджуваних будівель навчальних корпусів збудованих до 1980р. та з 1980р., наведено фактичні величини їх енергоспоживання на одиницю площі. На рис. 2-4 використано позначення: Корпус 1Ш ... 8 Ш – корпуси університету ім. Шевченка; Корпус 1К ... 30 К – корпуси НТУУ «КПІ».



а)

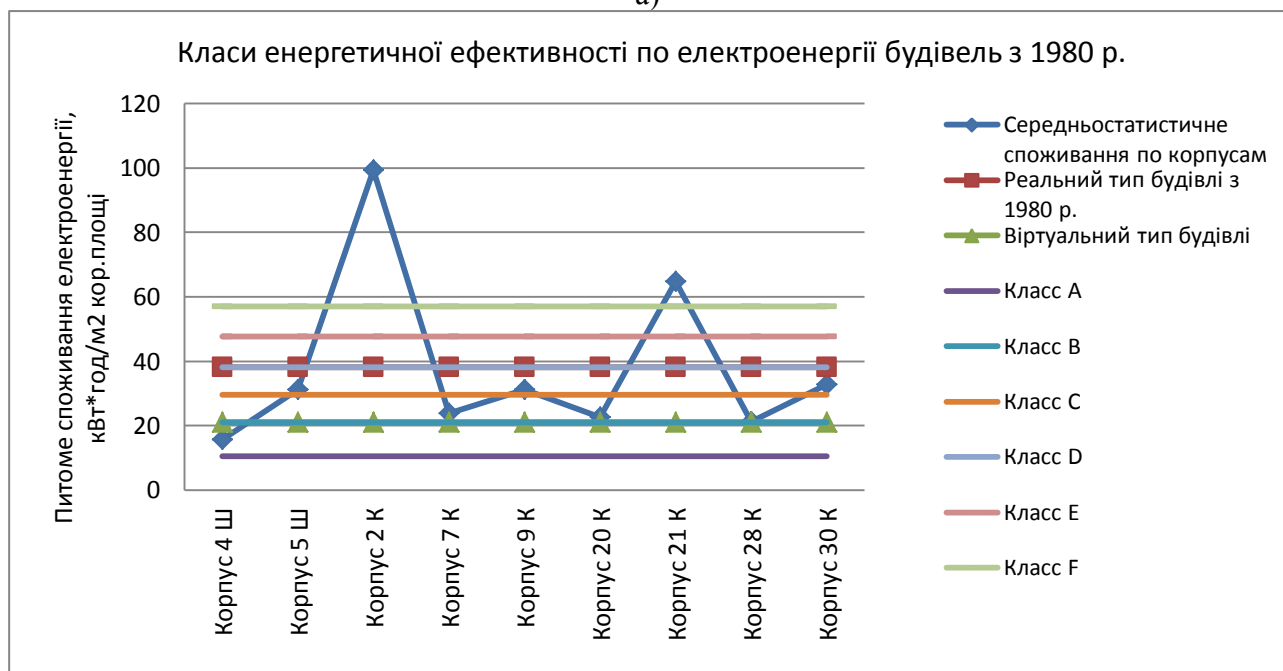


б)

Рисунок 2 – Питоме споживання теплової енергії на опалення: а) для будівель, побудованих до 1980 р.; б) для будівель, побудованих з 1980 р.

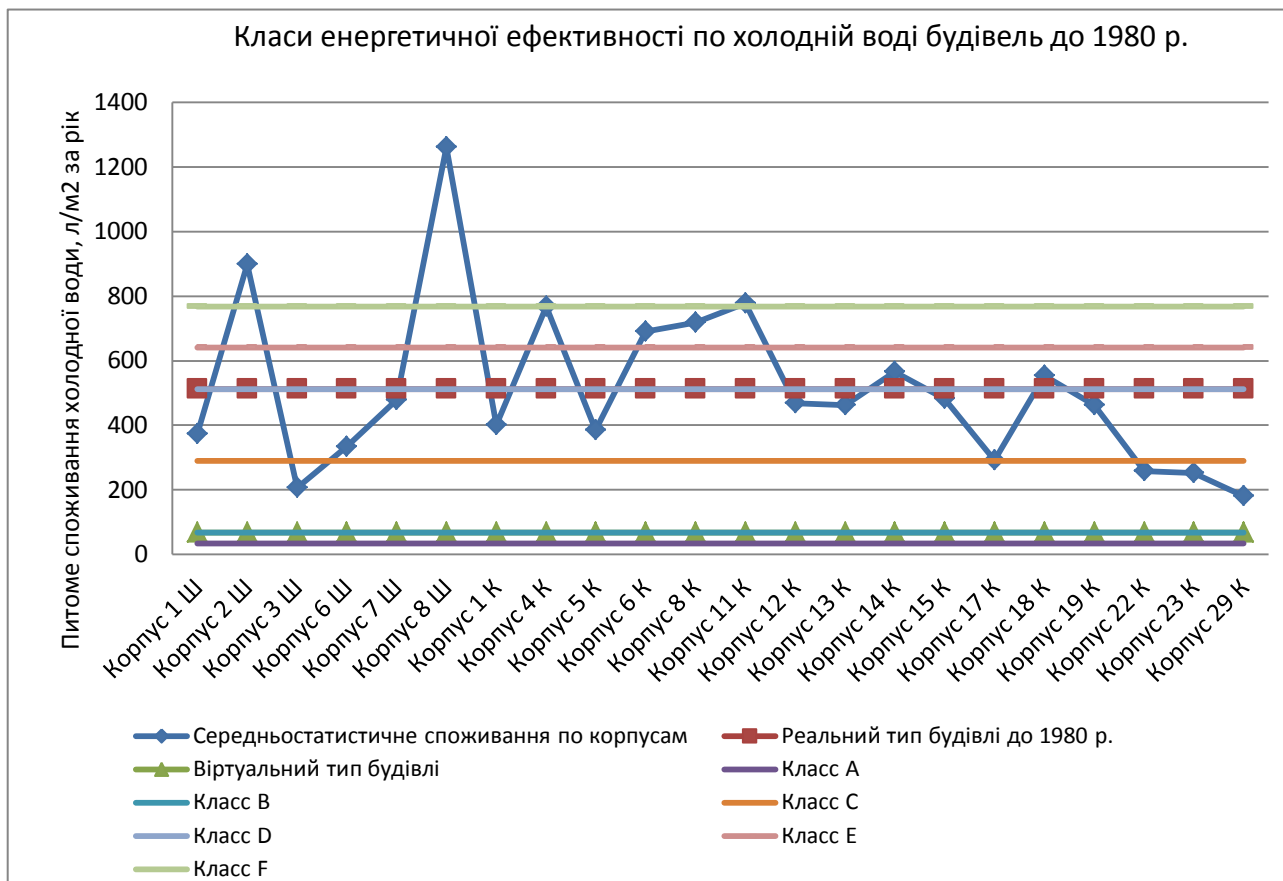


а)

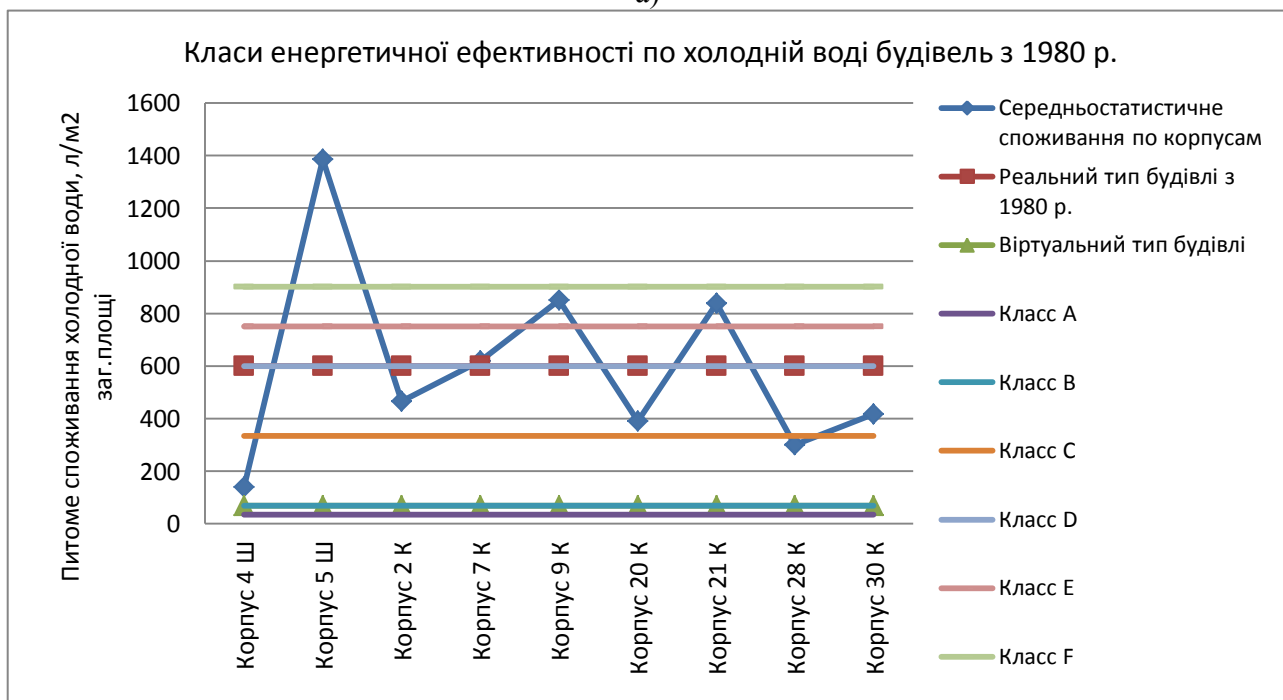


б)

Рисунок 3 – Питоме споживання електроенергії: а) для будівель, побудованих до 1980 р.; б) для будівель, побудованих з 1980 р.



а)



б)

Рисунок 4 – Питоме споживання холодної води: а) для будівель, побудованих до 1980 р.; б) для будівель, побудованих з 1980 р.



## Висновки

Використання подібних підходів створення моделі-еталону будівлі може бути використане при проведенні енергетичного аудиту та діяльності з енергоменеджменту для: моделювання витрат енергоносіїв будівель та їх порівняння з типовими представниками; оцінки енергоефективності; визначення резервів енергозбереження тощо.

Результати в подальшому послугують для обґрунтування поділу будівель на групи за призначенням та розробки програмного забезпечення по створенню енергетичного сертифікату будівель закладів освіти. Це дасть можливість: проводити оцінку енергоефективності будівель із врахуванням всіх особливостей; визначати навчальні будівлі з надвисоким енергоспоживанням.

## Список використаних посилань

1. ДСТУ-Н Б А.2.2-5:2007. Настанова з розробки та складання енергетичного паспорту будівель. – К., 2008. – 43 с.
2. ДБН В 2.2-3-97. Будинки та споруди навчальних закладів. – К., 1997. – 50 с.
3. Міжгалузеві норми споживання електричної та теплової енергії для установ і організацій бюджетної сфери України. – К., 2000. – 104 с.
4. ДБН В.2.6-31:2006. Теплова ізоляція будівель. – К., 2006. – 69 с.
5. СНиП 2.04.01-85. Внутренний водопровод и канализация зданий. – К., 1985. – 80 с.
6. EN 15217:2007. Energy performance of buildings – Methods for expressing energy performance and for energy certification of buildings. – CEN. – European Committee for Standardization., 2007.–31p.