

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ  
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ  
ІНЖЕНЕРНО-ЕНЕРГЕТИЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ  
ІНЖЕНЕРСТВО ЕНЕРГЕТИКИ, АВТОМАТИКИ І ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ  
УДК 621.311.1

ПОГОДЖЕНО

Директор Інженерно-енергетичного факультету,  
автоматики і енергозбереження

Каплич В.В.

(підпис)

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2021 р.

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

В.о. завідувача кафедри  
теплоенергетики

Антипов Є.О.

(підпис)

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2021 р.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ  
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ  
ІНЖЕНЕРНО-ЕНЕРГЕТИЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ  
ІНЖЕНЕРСТВО ЕНЕРГЕТИКИ, АВТОМАТИКИ І ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему: «Розробка проекту модернізації системи опалення студентського гуртожитку №10 НУБіП України з використанням технології «Temp Balance»

Спеціальність 141 електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Освітня програма Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ  
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ  
ІНЖЕНЕРНО-ЕНЕРГЕТИЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ  
ІНЖЕНЕРСТВО ЕНЕРГЕТИКИ, АВТОМАТИКИ І ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

Гарант освітньої програми

Д.Т.Н., професор

(науковий ступінь та вчене звання)

Жильцов А.В.

(підпис)

(ПБ)

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ  
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ  
ІНЖЕНЕРНО-ЕНЕРГЕТИЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ  
ІНЖЕНЕРСТВО ЕНЕРГЕТИКИ, АВТОМАТИКИ І ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи

К.Т.Н., доцент

(науковий ступінь та вчене звання)

Антипов Є.О.

(підпис)

(ПБ)

Виконав

Шандренко С.М.

(підпис)

(ПБ)

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ  
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ  
ІНЖЕНЕРНО-ЕНЕРГЕТИЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ  
ІНЖЕНЕРСТВО ЕНЕРГЕТИКИ, АВТОМАТИКИ І ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

КИЇВ – 2021

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. завідувача кафедри  
теплоенергетики

к.т.н., доц. Антипов Є.О.

(підпис)

2021 р.

ЗАВДАННЯ

ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ  
СТУДЕНТУ

Шандренку Євгену Михайловичу

Спеціальність 141 – електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Освітня програма Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна

Тема магістерської кваліфікаційної роботи: «Розробка проекту модернізації системи опалення студентського гуртожитку №10 НУБіП України з використанням технології «Temp Balance» затверджена наказом ректора НУБіП України від 1.02.2021 №175 «С»

Термін подання завершеної роботи на кафедру 15. 11. 2021

Вихідні дані до магістерської кваліфікаційної роботи

~~«Правила улаштування електроустановок»; «Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів»; «Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів».~~

Перелік питань, що підлягають дослідженню:

1. Провести аналіз сучасних вимог до енергоефективності.
2. Виконати розрахунок системи електричного освітлення об'єкту проектування.
3. Провести тепловий розрахунок будівлі та інженерних систем студентського гуртожитку.
4. Розробити заходи з енергозбереження та підвищення енергоефективності об'єкту.

Дата видачі завдання 02.02.2021 р.

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи

Антипов Є.О.

(підпис)

(ПІБ)

Завдання прийняв до виконання

Шандренко Є.М.

(підпис)

(ПІБ)

ВСТУП	4
РОЗДІЛ 1	6
ВИМОГИ ДО ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ	6
1.1. Показники енергоефективності	7
1.2. Вимоги до огорожувальних конструкцій	8
1.3. Вимоги до інженерних систем	10
1.4. Розподіл теплоти в багатоповерховій забудові	11
1.5. Регулювання теплового навантаження за погодними умовами	14
1.6. Індивідуальні теплові пункти	18
РОЗДІЛ 2	45
РОЗРАХУНОК СИСТЕМИ ЕЛЕКТРИЧНОГО ОСВІТЛЕННЯ	45
2.1. Розрахунок освітлення приміщень методом питомої потужності	45
2.2. Використання сонячних енергетичних установок для електрозабезпечення об'єкта проектування	Опшибка! Закладка не определена.
РОЗДІЛ 3	47
ТЕПЛОВИЙ РОЗРАХУНОК БУДІВЛІ ТА ІНЖЕНЕРНИХ СИСТЕМ СТУДЕНТСЬКОГО ГУРТОЖИТКУ	47
3.1. Енергетичний баланс будівлі та систем	47
3.2. Витрати теплоти на опалення	48
3.3. Розрахунок витрат теплоти на гаряче водопостачання	53
РОЗДІЛ 4	61
РЕКОМЕНДАЦІЇ З ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ТА ЗАХОДИ З ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ	61
4.1. Рекомендації по підвищенню енергоефективності	61
4.2. Використання альтернативних джерел	71
4.3. Інвестиційні показники	72
4.4. Часті помилки при реалізації заходів з підвищення енергоефективності	76
ВИСНОВКИ	77
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	79

## ВСТУП

Гострота проблеми енергозабезпечення для українських закладів вищої освіти (ЗВО) пов'язана з обмеженим бюджетним фінансуванням витрат (насамперед на комунальні послуги, серед яких найбільш вагомими є витрати на енергозабезпечення) та низькою енергоефективністю інженерних систем та будівель ЗВО. Останні, як правило, з моменту їх введення в експлуатацію не підлягали комплексній реконструкції в частині оснащення засобами регулювання їх гідравлічних та температурних параметрів в динамічному режимі. Основна частина внутрішньообудинкових мереж будівель ЗВО, по своїм конструктивним особливостям, відноситься до однотрубних з вертикальною розводкою. Такі системи, на відміну від двотрубних, є менш металосмними але більш гідравлічно розбалансованими, що в свою чергу призводить до виникнення так званих явищ «перетопів»/«недотопів» приміщень як по «стояках», так і по поверхках будівлі залежно від використання тієї чи іншої схеми подачі теплоносія. Основними причинами останнього являються: фізична та моральна застарілість обладнання та запірної арматури трубопроводів, відсутність засобів автоматичного управління та регулювання відпуску теплоносія, низька ефективність опалювальних приладів. Описану проблему частково вирішують відомі технічні рішення компанії «Danfoss» та «HERZ» [1]. Однак, відомі технічні пристрої не враховують вплив зовнішніх (температура, інтенсивність сонячного випромінювання, швидкість і напрям вітру) та внутрішніх (вологість, присутність людини) факторів, що не дозволяє здійснювати «якісне» коригування режимів роботи системи опалення залежно від впливу того чи іншого фактору. Крім того, у випадку зміни типу та площі поверхні опалюваних приладів, в умовах динамічної зміни режиму роботи системи опалення будівлі та параметрів навколишнього середовища, навіть з використанням балансувальної арматури, проблема «перетопів» та «недотопів» приміщень по поверхках будівлі досі залишається не вирішеною. Тому з метою зниження рівня енергоспоживання будівель ЗВО та приведенням його до нормативного з одночасним збереженням показників комфорту в приміщеннях,

доцільним вбачається проведення робіт та заходів щодо модернізації їх внутрішньобудинкових інженерних мереж.

Мета магістерської роботи полягає у модернізації системи опалення будівлі гуртожитку №10 НУБіП України шляхом розробки проекту модернізації системи опалення з використанням технології «Temp Balance».

Для досягнення поставленої мети в роботі необхідно вирішити такі задачі:

- провести аналіз сучасного стану систем опалення будівель з ТТП;
- вивчити особливості будови існуючої системи опалення об'єкту проектування;

- провести розробку проекту модернізації системи опалення з використанням технології «Temp Balance»;

- здійснити техніко-економічне обґрунтування ефективності застосування заходу.

*Об'єкт дослідження* – будівля студентського гуртожитку №10 НУБіП України.

*Предмет дослідження* – системи опалення будівлі з використанням технології «Temp Balance».

**Методи дослідження** – аналітичний огляд та інженерний розрахунок системи опалення будівлі студентського гуртожитку №10 НУБіП України з використанням технології «Temp Balance».

## РОЗДІЛ 1

## ВИМОГИ ДО ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ

# НУБІП України

Енергетична ефективність будівлі це властивість будівлі, що характеризується кількістю енергії, необхідної для створення належних умов проживання та/або життєдіяльності людей у такій будівлі.

# НУБІП України

Мінімальні вимоги до енергетичної ефективності це сукупність вимог до огорожувальних конструкцій будівлі, інженерних систем та їх елементів (у тому числі обладнання), дотримання яких забезпечує належні умови життєдіяльності людей у такій будівлі протягом нормативного строку експлуатації при нормативно-допустимому рівні витрат енергії.

# НУБІП України

Енергетична ефективність будівель (в тому числі закладів сфери освіти) може забезпечуватися шляхом:

# НУБІП України

1. підвищення теплотехнічних показників огорожувальних конструкцій будівель;

2. встановлення засобів обліку (в тому числі засобів диференційного (погодинного) обліку споживання електричної енергії) та регулювання споживання енергетичних ресурсів;

# НУБІП України

3. впровадження автоматизованих систем моніторингу і управління інженерними системами;

4. підвищення енергетичної ефективності інженерних систем будівлі;

5. використання відновлюваних та/або альтернативних джерел енергії та/або видів палива (з використанням інженерних систем будівлі);

# НУБІП України

6. застосування систем акумуляційного електронагріву в години мінімального навантаження електричної мережі;

Заходи з підвищення енергоефективності об'єктів сфери освіти розроблюються за результатами обстеження об'єкту (енергоаудиту), що виявляє всі чинники, що негативно впливають на експлуатаційну надійність будівлі і безперерйну роботу інженерних систем та зовнішніх теплових мереж.

# НУБІП України

Енергоаудит визначає конкретні причини неефективного

енергоспоживання та дає перелік енергоефективних заходів з їх орієнтовними вартістю, строками скупності та очікуваною економією. Енергаудитор також може запропонувати пріоритетність в реалізації заходів за умови відсутності необхідних фінансових ресурсів для комплексної реалізації всіх заходів.

### 1.1. Показники енергоефективності

Загальним показником енергоефективності будівлі є її питома річна енергопотреба EP. Відповідно до ДБН В.2.6-31:2016 нормується максимально допустима питома енергопотреба ( $EP_{max}$ ), що визначає кількість теплоти, яку необхідно подати до або видалити з кондиціонованого об'єму для забезпечення нормованих теплових умов мікроклімату в приміщенні віднесена до одиниці кондиціонованої площі або об'єму будівлі (табл. 1.1).

Таблиця 1.1 - Нормативна максимальна питома енергопотреба будівель  $EP_{max}$

№ п.п.	Призначення будівлі	Значення $EP_{max}$ , кВт* год/м <sup>2</sup> , для температурної зони України	
		I	II
1	Будинки та споруди навчальних закладів	28	30
2	Будинки та споруди дитячих дошкільних закладів	48	50

Клас енергетичної ефективності будівлі - розрахунковий рівень енергетичної ефективності будівлі або її відокремлених частин, визначений за інтервалом значень показників енергетичної ефективності, що встановлюються відповідно до вимог законодавства з урахуванням гармонізованих стандартів Європейського Союзу у сфері енергетичної ефективності будівель.

Клас енергоефективності (рис. 1.1) будівлі підтверджується енергетичним сертифікатом.

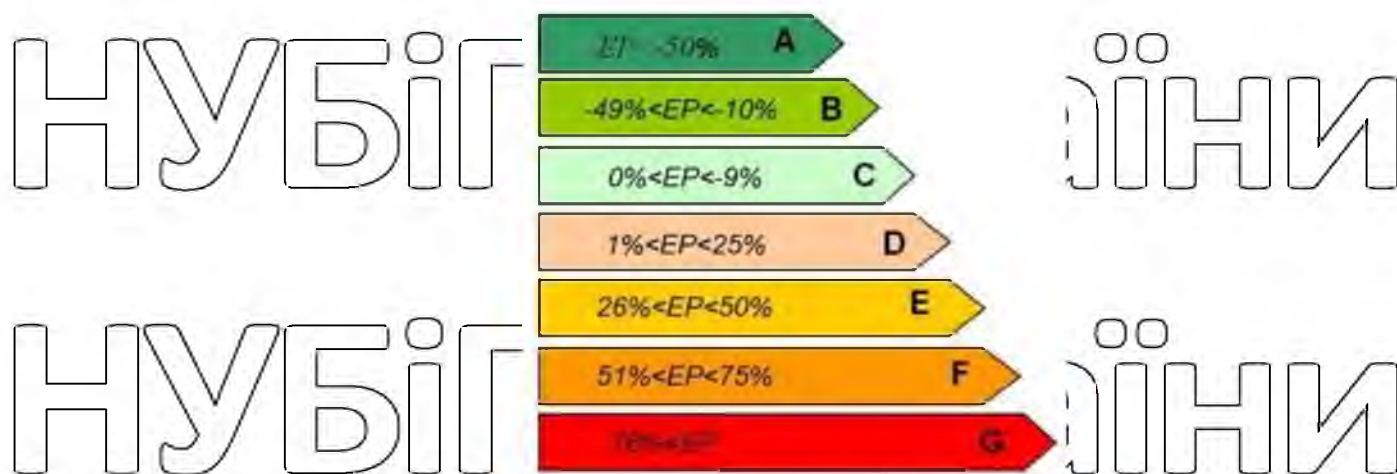


Рис. 1.1. Класи енергетичної ефективності будинку

## 1.2. Вимоги до огорожувальних конструкцій

Вимоги до теплотехнічних показників елементів теплоізоляційної оболонки будівель регламентує ДБН В.2.6-31:2016. Для зовнішніх огорожувальних конструкцій будівель та споруд, що опалюються та/або охолоджуються, обов'язкове виконання умов:

1. Приведений опір теплопередачі огорожувальної конструкції повинен бути не менше мінімально допустимого значення  $R_{q \min}$  (табл. 1.2)

Таблиця 1.2 - Мінімально допустиме значення опору теплопередачі огорожувальних конструкцій  $R_{q \min}$ ,  $\text{m}^2 \cdot \text{K} / \text{Вт}$

Вид огорожувальної конструкції	Нормативне значення $R_{q \min}$ , $\text{m}^2 \cdot \text{K} / \text{Вт}$ , для температурної зони	
	I	II
Зовнішні стіни	3,3	2,8
Суміщені покриття	6,0	5,5
Покриття опалюваних горищ (технічних поверхів) та покриття мансардного типу	4,95	4,5
Горищні перекриття неопалюваних горищ	4,95	4,5
Перекриття над проїздами та неопалювальними підвалами	3,75	3,3
Світлопрозорі огорожувальні конструкції	0,75	0,6
Зовнішні двері	0,6	0,5



2. Температурний перепад між температурою внутрішнього повітря і приведеною температурою внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції, в залежності від виду огорожувальної конструкції та призначення будівлі, має бути не більше ніж значення наведені в таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 - Температурний перепад між температурою внутрішнього повітря і приведеною температурою внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції

Вид огорожувальної конструкції	Стіни	Покриття та	Перекриття над
	(зовнішні, внутрішні)	перекриття	проїздами та
	торці	підвалами	
Дитячі установи, школи, інтернати	4,0	3,0	2,0

3. Мінімально допустиме значення температури внутрішньої поверхні в зонах теплопровідних включень в огорожувальній конструкції, в залежності від виду теплопровідних включень, місця їх розташування та призначення будівлі, не повинно бути менше значення температури точки роси для непрозорих елементів огорожувальних конструкцій та  $6^{\circ}\text{C}$  для світлопрозорих зон, коробок, імпортів та штапиків віконних та дверних блоків.

4. Теплоемність зовнішніх огорожувальних конструкцій в літній період року. Амплітуда коливань температури внутрішньої поверхні непрозорих огорожувальних конструкцій не повинна перевищувати значення  $2,5^{\circ}\text{C}$ .

5. Теплостійкість огорожувальних конструкцій в зимовий період року. Амплітуда коливань температури внутрішнього повітря не повинна перевищувати значення  $1,5^{\circ}\text{C}$ .

6. Показник теплосвоєння поверхні підлоги не повинен перевищувати  $12 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ .

7. Зовнішні стінові конструкції, що контактують з ґрунтом, у будівлях без підвалу необхідно утеплювати теплоізоляційними матеріалами на глибину  $0,5 \text{ м}$  нижче поверхні ґрунту, в будівлях з підвалом – на глибину  $1 \text{ м}$  нижче поверхні

грунту. Товщина теплоізоляційного матеріалу визначається відповідно діючих норм, але не менше ніж 50 мм.

8. При кожному зовнішньому вході слід передбачати тамбури для теплового та вітрового захисту. Тамбури допускається не влаштовувати на виходах із будинків та приміщень, якщо ці виходи є лише евакуаційними, а також при входах до неопалюваних приміщень. За відповідного обґрунтування допускається також не передбачати тамбур при зовнішньому вході до приміщення громадського призначення площею до 100 м<sup>2</sup> включно. У цьому випадку на вході необхідно передбачати повітряно-теплову завісу та обладнувати зовнішні двері пристроями самозачинення.

### 1.3. Вимоги до інженерних систем

Інженерні системи - технічне обладнання будівлі (її відокремлених частин), житлових або нежитлових приміщень, призначене для опалення, охолодження, кондиціонування, вентиляції, постачання гарячої води, освітлення будівлі або її частини чи для поєднання цих функцій.

Основні вимоги до енергетичної ефективності систем опалення, вентиляції та кондиціонування (ОВК):

1. Системи ОВК слід проектувати відповідно до класу їх енергоефективності;

2. Клас енергоефективності технічного оснащення, автоматизації, моніторингу й управління систем ОВК слід приймати не нижче класу енергоефективності будівлі;

3. Рекомендується застосовувати обладнання (насоси, терморегулятори тощо) класу енергоефективності А, незалежно від класу енергоефективності будівлі та технічного оснащення;

4. Системи ОВК слід проектувати такими, що мають можливість у кожному приміщенні будівлі закладу освіти, крім нормативно визначених виключень, автоматично підтримувати задану споживачем температуру повітря

у межах нормативно обмеженого і технічно забезпеченого діапазону;

5. Рекомендується застосовувати обладнання для систем ОВК та проектувати ці системи з якомога меншою інерційністю реагування на зміну внутрішніх і зовнішніх тепло- та холодо- надходжень;

6. Системи ОВК, що обслуговують приміщення з фіксованою тривалістю робочого дня або з тимчасовим перебуванням людей, слід проектувати з автоматичними пристроями зниження надходжень теплоти (холоду) у неробочі години або у час, коли приміщення не використовують;

7. Системи механічної загальнообмінної вентиляції та кондиціонування повітря повинні бути обладнані засобами для автоматичного регулювання витрат рециркуляційного та зовнішнього припливного повітря залежно від умов використання приміщення, що обслуговується, та зовнішніх кліматичних умов;

8. Для досягнення показників питомих тепловитрат згідно з ДБН В.2.6-31 у системах механічної загальнообмінної вентиляції та системах кондиціонування повітря слід застосовувати теплоутилізацію та/або регулювання за потребою;

9. Розміщення опалювальних приладів, як правило, слід передбачати під віконними прорізами стін з установленням тепловідбивної теплоізоляції між приладами та зовнішньою стіною;

10. Будівлі, що підключаються до систем централізованого тепломостачання, мають бути обладнані вузлами комерційного обліку;

11. Опалювальні прилади мають бути оснащені автоматичними регуляторами температури повітря в приміщенні (терморегулятор або електронний регулятор витрати теплоносія).

#### 1.4. Розподіл теплоти в багатоповерховій забудові

В нашій країні прийнято вертикальне розведення труб системи опалення, яке являється неоптимальним, така схема вже сама по собі викликає перекис температури по поверххах будівлі. На верхніх поверххах, куди гарячий теплоносій поступає в першу чергу, температура повітря вища ніж на поверххах

розташованим знизу. Приклад такого перекосу температур зображений на рис.

1.2.

Теплоносій із теплопункту по подавальному трубопроводу подається на верхній поверх будівлі і повільно опускається вниз по стояках через радіатори системи опалення в колектор зворотного трубопроводу. В зв'язку з малою швидкістю руху теплоносія по стояках більше теплоти віддається на верхніх поверхах і до нижніх поверхів вона доходить охолодженою.

В результаті на верхніх поверхах жарко і люди вимушені відкривати вікна і випускати тепло, якого недостатньо на нижніх поверхах. При цьому постійні втрати теплоти досягають 10÷15 %, відсутній комфорт, а також неможлива економія теплоти бо будь-яка спроба знизити теплове навантаження приводить до зниження швидкості теплоносія в радіаторах і зростання перекосу температур.

Розв'язати таку проблему можна:

- 1) встановивши в елеватор циркуляційний насос, який збільшить швидкість циркуляції теплоносія по контуру;
- 2) повністю переробивши систему опалення, що дорого і пов'язано з великими затратами.

Для збільшення швидкості теплоносія в радіаторах між подавальним і зворотнім трубопроводами встановлюється перемичка через яку здійснюється підмішування зворотного теплоносія до прямого. Один і той же теплоносій швидко і декілька разів проходить по внутрішньому контуру будівлі. Завдяки цьому температура в подавальному трубопроводі зменшується, а за рахунок збільшення в декілька разів швидкості протікання теплоносія по внутрішньому контуру будівлі, в зворотному трубопроводі температура зростає. Розподіл теплоти по будівлі стає рівномірним при цьому створюються комфортні умови при зменшенні втрат теплоти на 10÷15 %.

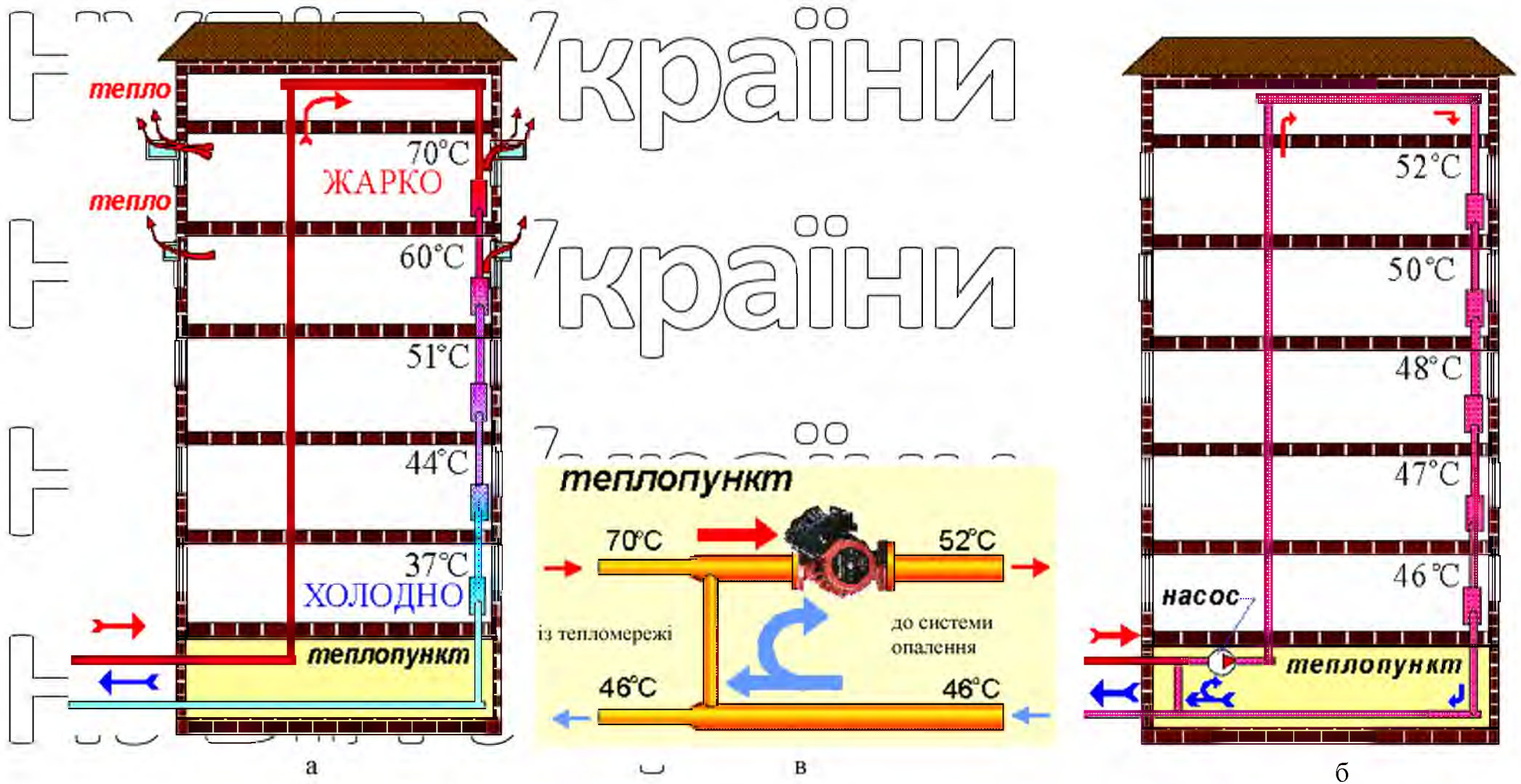


Рис. 1.2 - Розподіл температур в багатоповерховій будівлі: а) при одноконтурній системі опалення без циркуляційного насоса (елеватором); б) при одноконтурній системі опалення з циркуляційним насосом; в) теплопункт будівлі з циркуляційним насосом

В той же час при неправильному балансуванні системи опалення на стояку, розташованому ближче до подавального трубопроводу, піде основний потік теплоносія, а дальні стояки будуть погано опаливатися і тепловий перенос буде горизонтальним: більша частина теплоти буде витрачатися на перегрівання ближніх по ходу стояків, а в дальніх стояках буде "застій" теплоносія. Вирішення цієї проблеми раніше здійснювалось шляхом встановлення обмежуючих шайб на перших по ходу теплоносія стояках. Але це викликало безліч проблем, пов'язаних з перерахунком і переналадкою всієї системи опалювання.

В останній час з'явилися нові пристрої, які вирішують цю проблему - це балансувальні клапани BALLOREX, за допомогою яких стало можливим визначити і підтримати точні втрати теплоносія через кожний конкретний стояк будівлі незалежно від перепаду тиску в подавальному і зворотному трубопроводах. Використання таких пристроїв значно підвищує ефективність роботи радіаторних регуляторів температури в приміщенні, і зменшує споживання теплоти будівлею.

### 1.5. Регулювання теплового навантаження за погодними умовами

Постійне зростання і без того величезного зовнішнього боргу за енергоносії, є однією з найбільш хворобливих проблем сьогodнішньої української економіки. Займаючи 6-е місце в світі по споживанню газу, Україна сьогodні не в змозі покрити свої енергетичні потреби за допомогою власних джерел видобутку енергоресурсів і змушена закуповувати їх за рубежом. Витрати України за енергоносії протягом річного опалювального періоду складає в середньому близько 10 млрд. доларів США [38].

У цій ситуації найбільш пріоритетним напрямком у розвитку економіки країни стає активне впровадження засобів енергозбереження по всьому ланцюжку видобуток- проведення- споживання.

Одним з найбільш ефективних способів енергозбереження є економія

тепловій енергії на об'єктах її споживання: в опалювальних будинках. Головною умовою, що забезпечує таку економію є, насамперед, обов'язкове оснащення теплових пунктів приладами обліку теплоти – теплотічильниками. Це дозволяє швидко окупити капіталовкладення по оснащенню опалювальних систем енергозберігаючим устаткуванням і надалі одержати значну економію фінансових витрат, що йдуть на оплату рахунків енергетичних компаній.

Будь-яка система опалення будинку повинна бути укомплектована автоматичною системою регулювання теплового навантаження з корекцією по погодних умовах. Одним з типових варіантів установки одноконтурної автоматичної системи регулювання споживання теплоти будинком з корекцією по погодних умовах є представлена на рис. 1.3. Теплотічильник 1, що складається з витратоміра, 2-х датчиків температури й обчислювача,

встановлений на введенні теплоти в будинки і веде облік поточного і інтегрального фактичного споживання теплоти. Система автоматики енергозбереження в даному випадку складається з обчислювального контролера 2, що одержує інформацію від датчиків температури теплоносія в подавальному і зворотньому ( $t_{звор}$ ) 3 трубопроводах, датчиків температури навколишнього повітря ( $t_{н.с.}$ ) 4 і температури повітря в контрольованому приміщенні будинку 6. На основі одержуваної від датчиків інформації і обраної

настройки контролера, регулюються витрати теплоносія, що надходить в будинок клапаном на зворотньому трубопроводі 8 і циркуляційним насосом системи опалення 7. Зворотній клапан 9, встановлений на перемичці між подавальним і зворотнім трубопроводами, забезпечує роботу системи опалення при відключенні циркуляційного насоса.

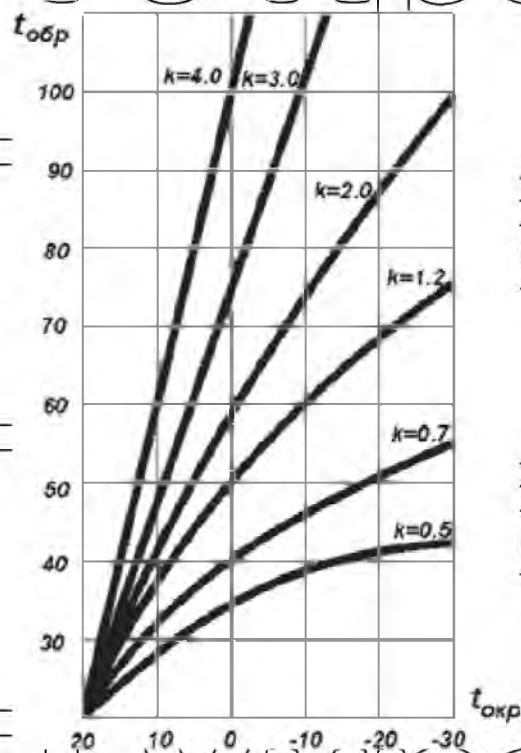
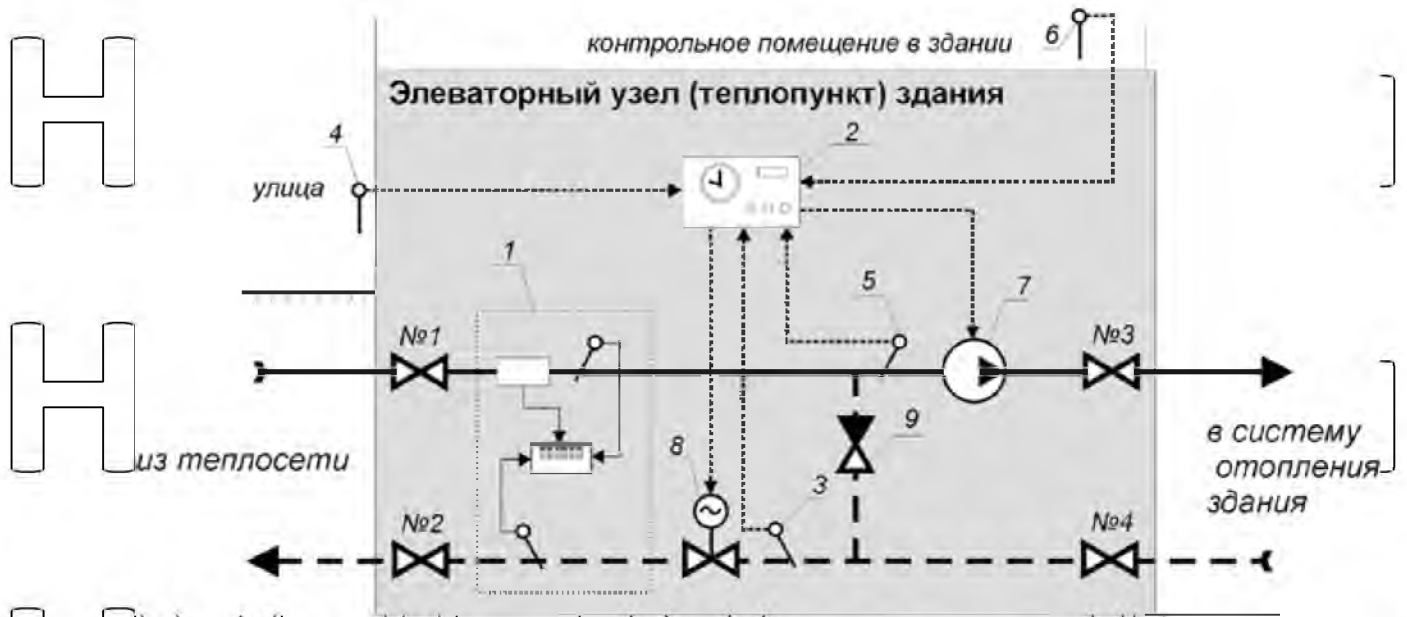


Рис. 1.3 – Автоматична система регулювання споживання теплоти з корекцією за погодними умовами: а) технологічна схема; б) реалізовувана контролером 2 функція  $t_{звор} = f(t_{окр})$  при різних коефіцієнтах  $k$

НУБІП України



Обчислювальний контролер є центральною ланкою системи і робить Пн-регулювання втрат теплоносія з метою підтримки температури його в зворотному трубопроводі (тобто самому холодному радіаторі будинку) за графіком у залежності від температури навколишнього повітря. Іншими словами, прилад реалізує функцію  $t_{звор} = f(t_{н.с.}, k)$ , що задається при настроюванні шляхом вибору й установки на приладі відповідного коефіцієнта  $k$  (див. рис. 1.3 б).

Сигнали про температури в контрольованому приміщенні і теплоносія в подавальному трубопроводі можуть коригуватися. Можливий і інший варіант регулювання, коли контролер буде підтримувати задану графіком температуру в контрольованому приміщенні. Такого роду прилад, звичайно, забезпечується таймером реального часу (годинник), що враховує час доби і перемикаючим режим енергоспоживання будинку з “комфортного” у “економний” і назад у “комфортний”. Це еквівалентно зміщенню обраної кривої  $t_{звор} = f(t_{н.с.}, k)$  паралельно вертикальній осі на будь-яку обрану величину в діапазоні  $\pm 20$  °С. Це особливо актуально, наприклад, для організації, у яких немає необхідності підтримувати комфортний режим опалення в приміщеннях вночі чи у вихідні дні.

Система володіє також функціями обмеження величини підтримуваної температури по верхній або нижній межі і захисту від замерзання. Суттєвим елементом у даній системі є циркуляційний насос. Він збільшує у кілька разів швидкість циркуляції теплоносія по внутрішньому контуру, а, по-друге, регулювання теплового навантаження здійснюється шляхом зниження витрат теплоносія. В однотрубних системах опалення (а це стандарт саме вітчизняних систем) це автоматично збільшить перепад температур в приміщеннях шляхом швидкості протікання теплоносія і практично все тепло стане віддаватися в перших по його ходу радіаторах, що значно погіршить ситуацію з розподілом теплоти в будинку і знизить ефективність регулювання.

Результати дослідження роботи таких систем в осінній та весняний період показали, що за рахунок тимчасових потеплінь втрати теплоти зменшились на

50-60 %. В зимовий період втрати зменшилися на 7-15 %, в основному за рахунок зниження температури на 3-5 °С у зворотньому трубопроводі в нічний період.

В цілому, усереднена економія теплоти за весь опалювальний період склала 30-35 % [7].

## 1.6. Індивідуальні теплові пункти

### 1.6.1. Технологічні параметри системи обліку та автоматичного регулювання витрат теплоносіїв у теплових мережах.

Технологічними параметрами системи обліку та автоматичного регулювання витрат теплоносіїв у теплових мережах є [19, 20]:

- витрати теплоносія , м<sup>3</sup>/годину;
- обсяг споживаної теплової енергії, МВт-годину (Гкал);
- теплова потужність, МВт (Гкал/годину);
- температура теплоносія та різниця її значень у подавальному і зворотному трубопроводах, °С;
- температура у системі гарячого водопостачання

У разі автоматичного регулювання витрат теплоносія на тепловому пункті виконується програмне обмеження теплоспоживання в межах доби (рис. 1.4) і в межах тижня (рис. 1.5)



Рис. 1.4 - Графік споживання теплової енергії протягом доби, що відпрацьовується на тепловому пункті

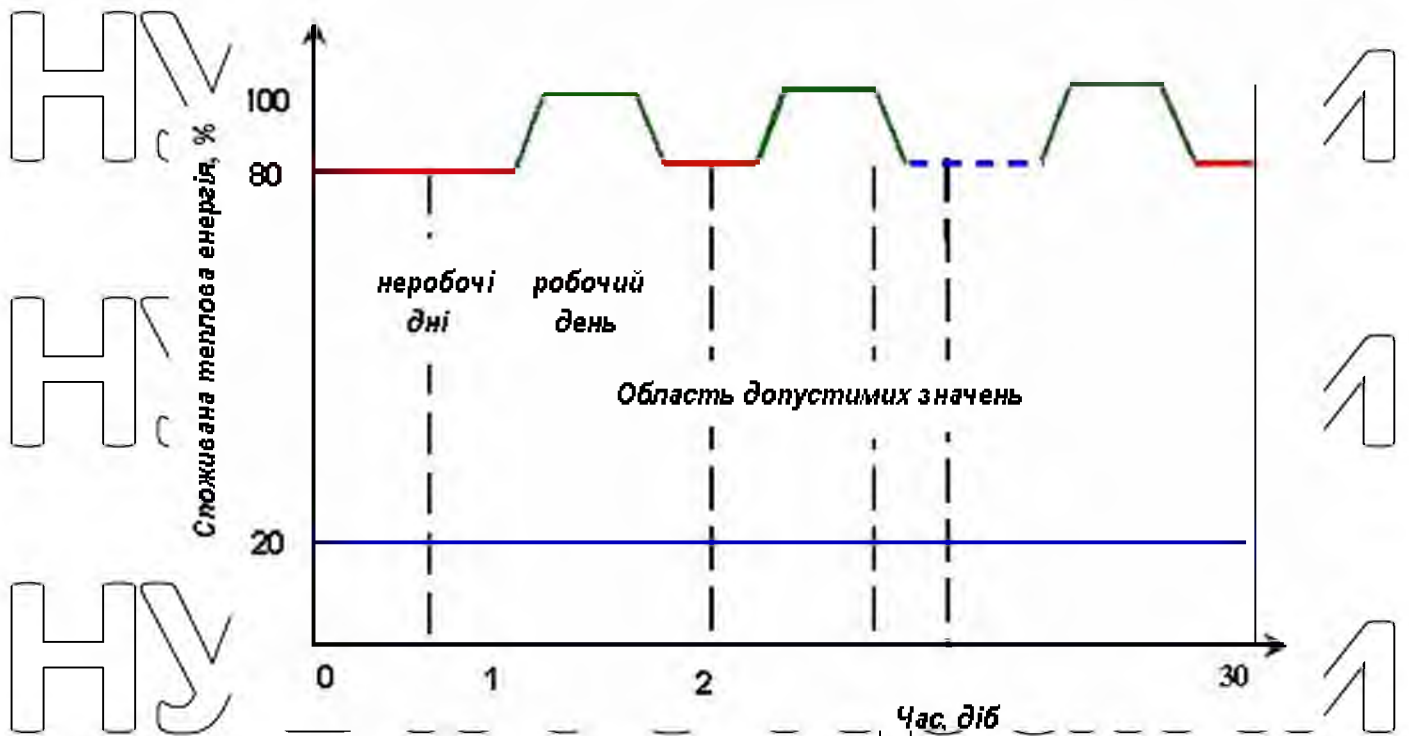


Рис. 1.5 - Добовий протягом місяця графік споживання теплової енергії, що відпрацьовується на тепловому пункті

1.6.2. Оцінка ефективності енергоощадних заходів. Економічна ефективність відображає результати впровадження енергоощадних заходів

(зокрема енергоощадної системи обліку та автоматичного регулювання витрат теплоносіїв у теплових мережах) і визначається різницею між доходами і витратами, пов'язаними із реалізацією заходів, а також відображає зміну величини попиту на паливно-енергетичні ресурси в результаті заміни більш дорогих видів менш дорогими.

Оцінка ефективності використання засобів, спрямованих на реалізацію енергоощадних заходів, проводиться на основі наступної системи показників:

- простий строк окупності  $T_n$  не більше 5 років;
- динамічний строк окупності  $T_d$  не більше 8 років;
- чистий дисконтований доход  $ДЧ$  більше 0;
- внутрішня норма доходності  $E_{вн}$  більше  $E$  – нормативної ставки дисконтування;
- індекс прибутковості  $Пі$  більше 1,0.

Простий строк окупності капітальних вкладень застосовується для попередньої оцінки енергоощадного заходу на стадії складання техніко-економічного обґрунтування (пропозиції) реалізації енергоощадного заходу:

$$T_n = E_{річн} / I, \quad (1.1)$$

де  $I$  – капітальні вкладення (інвестиції) в реалізацію даного енергоощадного заходу (з усіх можливих джерел фінансування);

$E_{річн}$  – річна економія паливно-енергетичних ресурсів, отримувана від реалізації даного енергоощадного заходу (в грошовому виразі).

Капітальні вкладення в реалізацію енергоощадних заходів включають в себе обсяги витрат на розроблення бізнес-плану або техніко-економічного обґрунтування заходу, вартість проектно-вишукувальних робіт, основного і допоміжного обладнання, будівельно-монтажних і пусконаладжувальних робіт.

Розрахунок капітальних вкладень і річної економії виконується

відповідно до методичних рекомендацій щодо складання техніко-економічних обґрунтувань для енергоощадних заходів, розроблених Держкоменергозбереження України.

На підставі розрахунку чистого дисконтованого доходу  $ДД$ , внутрішньої норми доходності  $En$  та індексу прибутковості  $Pi$  проводиться оцінка і порівняння різних енергоощадних заходів та прийняття рішення про фінансування енергоощадного заходу.

Чистий дисконтований дохід  $ДД$ , внутрішня норма доходності  $En$  та індекс прибутковості  $Pi$  відносяться до показників, що відносяться до показателям, що включають вартість грошей з урахуванням доходів майбутнього періоду.

Чистий дисконтований дохід (перевищення доходу над затратами нарастаючим підсумком за розрахунковий період  $T$  розр з урахуванням дисконтування) розраховується за формулою

$$ДД = \sum_{t=0}^T (Dt - Zt - It)(1 + E)^{-t}, \quad (1.2)$$

де  $Dt$  - грошові надходження (виручка, дивіденди та ін.) від реалізації енергоощадного заходу в  $t$ -му році;

$Zt$  - експлуатаційні витрати на реалізацію енергоощадного заходу та інші платежі (податки, мито та ін.) в  $t$ -му році;

$It$  - інвестиції (капітальні вкладення) в  $t$ -му році;

$T$  - період, протягом якого здійснюються інвестиції і експлуатація обладнання, а також стримується дохід від реалізації енергоощадного заходу, років;

$E$  - ставка дисконтування, що враховує ставку рефінансування Національного банку України або фактичну ставку процента по довгостроковим кредитах банку, індекс цін (в необхідних випадках може враховуватися надбавка за ризик, яка додається до ставки дисконтування для без ризикових вкладень) і приймається для розрахунків рівною 10% або  $En$

$\in [0,1]$ .  
 НУБІП України  
 Додатне значення чистого дисконтованого доходу свідчить про економічну доцільність реалізації енергоощадного заходу.

Примітка. В рік здійснення первинних капітальних вкладень ( $t = 0$ ) чистий дисконтований дохід дорівнює  $ДЧД_0 = -I_0$ .  
 НУБІП України  
 Внутрішня норма доходності  $E_{вн}$  (значення ставки дисконтування, при якій чистий дисконтований дохід дорівнює нулю) знаходиться шляхом розв'язку рівняння:

НУБІП

$$\sum_{t=0}^T (D_t - Z_t)(1 + E_{вн})^{-t} = \sum_{t=0}^T I_t(1 + E_{вн})^{-t} \quad (1.3)$$

У разі, коли розрахована внутрішня норма доходності  $E_{вн}$  виявляється вищою нормативної ставки дисконтування  $0,1$  енергоощадний захід є економічно ефективним.  
 НУБІП України  
 За необхідності вибору енергоощадного заходу із кількох більш ефективним є захід з більш високою внутрішньою нормою доходності  $E_{вн}$ .

Індекс прибутковості  $\Pi_i$  визначається як відношення різниці доходу і затрат при реалізації енергоощадного заходу до величини капітальних вкладень (наростаючим підсумком за розрахунковий період  $T$  розр):  
 НУБІП України

НУБ

$$\Pi_i = \frac{\sum_{t=1}^T (D_t - Z_t)(1 + E)^{-t}}{I_0 + \sum_{t=1}^T I_t(1 + E)^{-t}} \quad (1.4)$$

Індекс прибутковості  $\Pi_i$  тісно пов'язаний із чистим дисконтованим доходом  $ДЧД$ . Якщо дохід додатній, то  $\Pi_i > 1$ , і навпаки. Енергоощадний захід вважається економічно ефективним, якщо  $\Pi_i > 1$ .  
 НУБІП України

За необхідності вибору енергоощадного заходу із кількох більш ефективним є захід з більш високим індексом прибутковості  $\Pi_i$ .

Оцінка ефективності реалізованого енергоощадного заходу здійснюється за наведеними вище формулами на основі фактичних даних по капітальних вкладеннях, експлуатаційних витратах і грошових надходженнях (бухгалтерський облік, статистична звітність) станом на останній день року, що передує року проведення оцінки енергоощадного заходу.

### 1.6.3. Розрахунок очікуваної економії від регулювання витрат

теплоносія на індивідуальному тепловому пункті. Розрахунок очікуваної економії від регулювання витрат теплоносія на індивідуальному тепловому пункті проводиться виходячи із тривалості опалювального періоду, що становить в Україні орієнтовно 6 місяців (180 днів або 4320 годин).

Кількість робочих днів в опалювальному періоді дорівнює  $180/7) \times 5 = 129$  днів або  $129 \times 9 = 1161$  годину (при 5-ти денному робочому тижневі в 1 зміну; одна година при 8 – годинному робочому дні відводиться на обідню перерву)

Кількість неробочих днів становить  $(180/7) \times 2 = 51$  день.

Загальна кількість неробочих годин становить

$$129 \times 15 + 51 \times 24 = 3159 \text{ годин}$$

Питомі витрати теплової енергії за 1 годину опалювального періоду за становлять

$$q = Q/4320, \quad (1.5)$$

де  $Q$  – загальні витрати теплової енергії за опалювальний період.

У разі застосування регуляторів для підтримання температури в неробочий час на рівні половинного значення температури в робочий час (вважаючи залежність температури від витрати теплоносія лінійною) за витрати

теплової енергії за опалювальний період становитимуть

$$Q_1 = (Q/4320) \times 1161 + 0,5 \times (Q/4320) \times 3159 = 0,63Q \quad (1.6)$$

Таким чином при 5-ти денному робочому тижні в одну зміну впровадження енергоощадної системи обліку та автоматичного регулювання витрат теплоносіїв у теплових мережах дозволить заощадити приблизно 37% споживаної теплової енергії.

При цьому в розрахунках не врахована економія тепла за рахунок зниження напливкового нагрівання приміщень восени та весною за доволі високих температур зовнішнього повітря („перетоп“) та економія за рахунок нагрівання повітря в приміщеннях від енергоспоживального виробничого обладнання, побутових приладів та від сонячного випромінювання.

**1.6.4. Елементна база енергоощадної системи обліку та автоматичного регулювання витрат теплоносіїв у теплових мережах.** Елементною базою енергоощадної системи обліку та автоматичного регулювання витрат

теплоносіїв у теплових мережах, прийнятої в проекті реконструкції індивідуального теплового пункту гуртожитку №10 є:

- електромагнітний лічильник тепла SA-94 (SA-97);
- регулятор температури КИАРМ (комплект електронного регулятора температури КИАРМ 058001 і сідлового електромагнітного клапану КИАРМ 68003-НО).

Електромагнітний лічильник тепла SA-94 [9] призначений для використання при вимірюванні, реєстрації і регулюванні теплових параметрів у відкритих і закритих системах теплопостачання із встановленням одного чи двох датчиків витрати теплоносія (рис. 1.6).



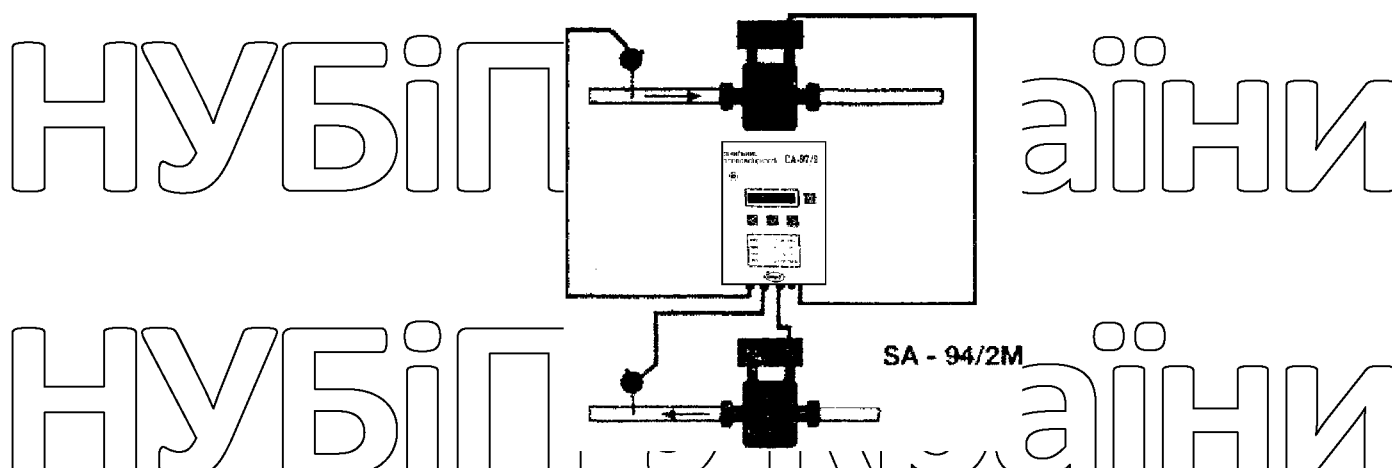


Рис. 1.6 - Схема встановлення лічильника тепла SA-94/2M у мережах теплопостачання

Лічильник може бути адаптований до тепломережі споживача шляхом вибору місця встановлення датчика (датчиків), витрат теплоносія, перемикання діапазону вимірювання витрат та вибору відповідності струмових або частотних вихідних сигналів вимірюваним параметрам тощо.

Лічильник здійснює автоматичне само діагностування та авто калібрування, фіксує порушення роботи системи теплопостачання і своїх вузлів, а також часу вимикання живлення приладу від мережі, що унеможливує несанкціонований вплив на процес обліку теплової енергії.

Лічильник фіксує у внутрішній пам'яті годинні значення параметрів роботи системи теплопостачання за останній місяць і добові значення параметрів за останній рік роботи приладу. Тривалість зберігання статистичної інформації не обмежена. Лічильник має вихід стандартного послідовного інтерфейсу RS232 для під'єднання до ПЕОМ, принтера, модему чи спеціального пристрою для знімання інформації.

До переліку вимірюваних, обчислюваних та фіксованих у внутрішній пам'яті лічильника параметрів системи теплопостачання входять:

- витрати теплоносія, м<sup>3</sup>/годину (т/годину);
- сумарне наростаючим підсумком споживання теплової енергії, МВт·год (Г кал);

- сумарна наростаючим підсумком кількість теплоносія, що протікає трубопроводами, м<sup>3</sup> (м);
- теплова потужність, МВт (Гкал/год);

- температура теплоносія у подавальному і зворотному трубопроводах та в трубопроводі холодного водопостачання;

- різниця значень температури у прямому та зворотному трубопроводах; середнього динні і середньодобові значення наведених вище параметрів теплоносія;

- календар з індикацією року, місяця, числа, години, хвилини та секунди;

- час початку і закінчення періоду вимкнення приладу від мережі, порушень в роботі приладу або системи теплопостачання;

- час перебування в робочому режимі.

Теплолічильник комплектується первинними перетворювачами витрат теплоносія типу ПРН (один чи два), термоперетворювачами типу 100П, Pt100, або 100М (два чи три), а також змінними, монтажними і установочними елементами.

Основні технічні характеристик лічильника тепла SA-94 наведені у таблиці

#### 1.4.

Таблиця 1.4. Технічні характеристики лічильника тепла SA-94

Діаметр умовного проходу, мм	15; 25; 40; 50; 80; 100; 150; 200; 300
Діапазони вихідних електричних сигналів постійного струму (пропорційного двом вибраним параметрам), mA	0...5; 0...20; 4...20
Діапазон вихідних частотних сигналів, Гц	0...2000
Допустима відносна похибка при вимірюванні кількості теплоти, %	±4 (кл.4)
Допустима відносна похибка при вимірюванні витрати теплоносія, %	±2
Діапазон значень швидкості потоку теплоносія, м/с	0,04...1
Діапазон вимірювання витрат теплоносія від значення найбільшої витрати, вибраного споживачами, %	2...100
Діапазон значень температури теплоносія у трубопроводах, °C	5...150
Діапазон різниці температур у трубопроводах, °C	2...140
Напруга живлення, В	187...231
Споживана потужність, В·А не більше	15
Маса вимірювально-обчислювального блоку, кг	2
Міжповітковий інтервал, років	3

Адаптер перенесення даних AD 2301, яким може комплектуватися теплолічильник SA-94, є переносним малогабаритним приладом з автономним живленням, призначеним для зчитування і перенесення накопиченої статистичної інформації і поточних даних (на момент зчитування) з теплолічильника до ПЕОМ з метою подальшої її обробки.

Адаптер дозволяє:

- зчитувати і зберігати в своїй пам'яті дані з великої кількості теплолічильників (від 10 до 200) залежно від виду та об'єму інформації, яку зчитують;

- зчитувати усі накопичені в пам'яті теплолічильника статистичні дані або зчитувати дані лише визначеного виду і за певний термін;

- виводити на свій дисплей код та об'єм зчитаних з кожного конкретного теплолічильника даних, а також час і дату зчитування;

- передавати накопичені дані в пам'ять ПЕОМ при підключенні до її стандартного RS232 порту;

- роздруковувати у вигляді протоколів-таблиць на папері будь-яку зчитану з теплолічильників та інформацію, що зберігається в пам'яті адаптера, шляхом підключення до стандартного принтера з об'єднованим або паралельним входом.

Адаптер забезпечує:

- відповідність статистичних даних, що зберігаються в пам'яті адаптера вихідним даним, зчитаним з теплолічильника;

- зберігання їх в пам'яті адаптера на строк до 8 років (навіть при повному відключенні елементів живлення), а також неможливість зміни їх випадково або навмисно;

- пряме підключення до принтера для друку на папір зчитаної з теплолічильників інформації;

стирання даних з пам'яті адаптера (можливе лише за спеціальної командою очищення пам'яті адаптера, що надсилається з ПЕОМ програмою підтримання адаптера).

Для роботи адаптера з ПЕОМ типу IBM PC до комплекту поставки входить програма підтримання адаптера, що дозволяє зчитувати дані з його пам'яті в ПЕОМ, і програма користувача для перегляду зчитаних даних.

Живлення адаптера здійснюється від чотирьох батарей типорозміру AA напругою 1,5 В.

Адаптер принтера даних AD 2301 призначений для періодичного зчитування з теплолічильників SA-94 по послідовному інтерфейсу RS232 або RS485 як поточних, так і статистичних даних, що зберігаються в пам'яті

теплолічильників і роздруковування їх на паперовий носій у вигляді табличних протоколів за допомогою стандартного принтера, оснащеного інтерфейсом типу CENTRONIX.

Живлення адаптера здійснюється від мережі 220 В, вмикання живлення принтера здійснюється комутуючою схемою АП в момент роздруковування

даних. АП дозволяє виконувати друк як на окремих аркушах, так і на ролоні, протоколів трьох видів:

- протокол поточних значень, що вимірюються теплолічильником, параметрів системи теплопостачання;

- протокол середньогодинних значень параметрів системи теплопостачання;

- протокол середньодобових значень параметрів системи теплопостачання.

Друкування даних виконується у двох режимах:

- автоматичне друкування даних (режим самописця), коли кожний рядок протоколу друкується автоматично у 00 хв. кожної години (або 00 год.

00 хв. кожної доби), при цьому зміна аркуша може виконуватись також автоматично;

друківання даних за запитом, коли при натисканні кнопки роздруковується повний протокол середньогодинних даних за останні

дві доби, або середньодобових даних за останні 48 діб, або рядок поточних даних з поточним часом і датою.

Вибір режиму друківання і виду протоколу здійснюється кнопкою на передній панелі АП, та же розміщені світлодіоди, що індикують роботи адаптера.

Узгоджувальний пристрій AD1201 призначений для збільшення довжини лінії зв'язку послідовного інтерфейсу теплолічильників SA-94 шляхом перетворення сигналів інтерфейсу RS232 в сигнали інтерфейсу RS485 і

навпаки, а також гальванічного розв'язку цих інтерфейсів. При використанні на обох кінцях лінії зв'язку між теплолічильниками і ПЕОМ двох УН можна здійснювати сталий двосторонній зв'язок на відстані 1,2 км.

Комутатори інтерфейсу AD1202, AD1203 призначені як для здійснення можливості під'єднання достатньо великої кількості теплолічильників SA-94 до одного порту послідовного інтерфейсу ПЕОМ, так і для збільшення довжини лінії зв'язку між ними шляхом перетворення сигналів інтерфейсу RS232 в сигнали RS485 і навпаки, а також ганої розв'язки між каналами.

На відміну від узгоджувального приладу AD1202 КІ має один вихід на лінію зв'язку (RS485 у AD1202 і RS232 у AD1203), що дозволяє, використовуючи різноманітні варіанти вмикання комутаторів з згоджувальними приладами, під'єднувати до одного ПЕОМ до декількох десятків теплолічильників SA-94 в радіусі до 3-х кілометрів і таким чином творювати локальні (на рівні мікрорайону) мережі для збирання даних з об'єктів теплопостачання.

Регулятор температури КИАРМ 68003-НО [32,33] призначений для регулювання рівня теплоспоживання в незалежних системах опалення, а також в залежних системах з елеваторним приготуванням теплоносія.

До складу комплексу регулятора входять такі функціональні вузли, які забезпечують функції керування та регулювання витрат енергоносія:

- блок контролю та регулювання (електронний регулятор температури КИАРМ 058001);
- регулювальний орган в комплекті з виконавчим механізмом (клапан сідловий електромагнітний КИАРМ 68003 НО);
- датчик температури теплоносія в зворотному трубопроводі системи опалення;
- датчик температури зовнішнього повітря.

Технічні характеристики регулятора температури КИАРМ 68003-НО

1. Тип теплоносія в теплових мережах – вода, водяна пара.
2. Робочий тиск, МПа (кг/см<sup>2</sup>) – не більше 1,6 (16).
3. Температура теплоносія, °С – від 5 до 150.
4. Діапазон регулювання температури теплоносія, °С – 5...120.
5. Точність регулювання температури теплоносія, °С –  $\pm 0,0$
6. Приєднання регулювального електромагнітного клапана до трубопроводу – фланцеве згідно ГОСТ 12815, вик. 3
7. Установочне положення регулювального клапана – електромагнітом догори, допускається відхилення від вертикального положення  $\pm 30^\circ$ .
8. Матеріал корпусних деталей клапана – чавун марки КЧ або СЧ.
9. Керування електромагнітом регулювального клапана здійснюється імпульсами постійного струму від електронного регулятора температури ЕРТ, який входить до комплексу поставки.
10. Живлення контролера – мережа однофазного змінного струму з номінальною напругою 220 В  $\pm 15\%$  частотою (50 $\pm 1$ ) Гц.
11. Стан регулювального клапана при обезструмленому електромагніті –

нормально відкритий

12. Ступінь захисту від впливу навколишнього середовища згідно ГОСТ

14254:

- контролера PE – IP54;

- електромагнітного регулювального клапану – IP65.

Таблиця 1.5 - Типорозміри сідлових електромагнітних клапанів КИАРМ-

68003-НО

Позначення клапана	Коефіцієнт пропускної здатності $kvs$ , (т/год)/(бар)	Коефіцієнт гідравлічного опору	Маса, кг, не більше
КИАРМ 68003-025НО	10	6,8	6,2
КИАРМ 68003-040НО	20	8,5	8,0
КИАРМ 68003-050НО	27	9,0	12,0
КИАРМ 68003-065НО	85	6,0	25,5



Рис. 1.7 - Клапан сідловий електромагнітний КИАРМ (варіанти виконання). Вид загальний

Система регулювання витрат теплоносія на базі регулятора температури КИАРМ 058001 (рис. 5.17) є замкненою системою з автоматичним позиційним (переривчастим, релейним) регулюванням за відхиленням.

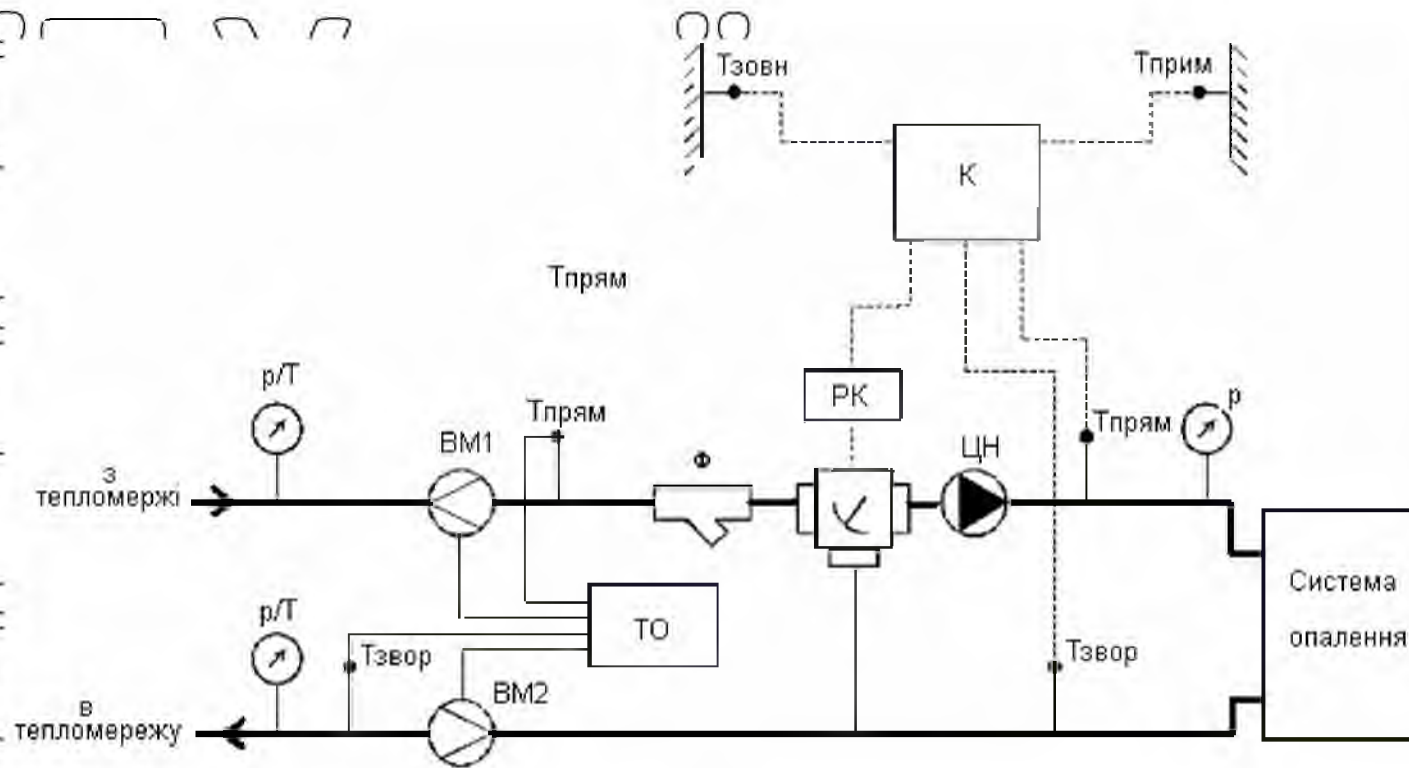


Рис. 1.8 – Технологічна схема системи обліку теплової енергії та регулювання теплового навантаження за погодними умовами: р/Т – стрілочний вимірники температури/тиску; ВМ1, ВМ2 – перетворювачі витрат; Ф – фільтр; ТО – теплообчислювач; РК – регулювальний клапан з електроприводом; К – контролер; ЦН – циркуляційний насос; Тзовн, Тприм – відповідно датчики температури зовнішнього повітря і в контрольованому приміщенні; Тпрям, Тзвор – датчики температури прямої і зворотної води; р/Т – манометр



Позиційне регулювання витрат теплоносія і систем опалення, яка приєднана до теплової мережі через елеваторний вузол, реалізується таким чином.

Встановлений на подавальному трубопроводі теплового пункту перед елеватором електромагнітний клапан (нормально відкритий) управляється командними імпульсами, які формуються в регуляторі температури під дією сигналів від датчиків температури зворотної води та зовнішнього повітря.

При зростанні температури зворотної води вище значень заданого температурного графіка, які відповідають поточній температурі зовнішнього повітря, або при підвищенні температури зовнішнього повітря понад значення, що відповідають поточній температурі зворотної води, регулятор температури видає команду на закривання нормально відкритого електромагнітного клапану.

Під дією струму регулювальний орган клапана, долаючи опір пружини, переходить в частково закрите положення, при якому витрати мережної води в системі опалення зберігаються на рівні 10..30% номінального значення. Після закривання клапану регулятор температури знижує споживаний струм до значення, достатнього для утримання регулювального органу в зазначеному положенні.

Через деякий час температура зворотної води знижується, і регулятор формує сигнал на повне відкриття електромагнітного клапана, що здійснюється зусиллям пружини при знятті напруги з електромагніту.

Таким чином обмеження споживання теплоносія системою опалення здійснюється протягом повторюваних проміжків часу, коли електромагнітний клапан знаходиться в частково закритому положенні.

Окреме спеціальне виконання регулятора температури забезпечує режим автоматичного моніторингу з використанням мобільного зв'язку для одного або групи (кілька сотень об'єктів).

**1.6.5. Вимоги щодо регулювання витрати теплоносія у теплових мережах.** Енергоощадність в системах теплопостачання дасть значно більший ефект тоді, коли вони будуть обладнані не лише приладами обліку, а й

приладами регулювання технологічних параметрів з одночасним переходом теплових пунктів від елеваторної схеми змішування до насосної. Життя підтвердило правильність такого підходу, оскільки встановлення приладів обліку теплової енергії не дозволяє знижувати споживання теплової енергії, і в ряді випадків оплата за використану теплову енергію була вищою за платежі до встановлення приладів обліку.

При цьому найбільш актуальними для систем теплопостачання є такі основні функції:

- регулювання температури в подавальному трубопроводі опалювального контуру залежно від температури зовнішнього повітря – погодне регулювання;
- контроль температури зворотної води відповідно до температури зовнішнього повітря за заданим опалювальним графіком;
- можливість програмування величини зниження теплоспоживання в задані періоди доби і дні тижня залежно від температури зовнішнього повітря;
- можливість нагрівання будівлі після режиму зниженого теплоспоживання на задану користувачем величину;
- можливість коригування режиму теплоспоживання за температурою повітря в приміщенні;
- обмеження (мінімум і максимум) температури теплоносія в подавальному трубопроводі системи опалення;
- можливість задання режиму теплоспоживання, який враховує особливості будівельної конструкції даної будівлі, тобто її акумулюючу здатність, а також орієнтацію за сторонами світу.

Перехід на регульовані теплові вузли в індивідуальних теплових пунктах будівель дає можливість вирішити наступні завдання:

- оптимально розподілити теплове навантаження в теплових мережах;
- підвищити гідравлічну стійкість системи теплопостачання;
- забезпечити стабільний гідравлічний режим у внутрішній системі теплоспоживання будівель;
- знизити на 10...15% витрати теплоносія в системі теплопостачання за

оптимального розподілу потоків;

- отримати економію теплової енергії на 10...15% за рахунок введення зниженого опалювального графіка в нічний час та у вихідні на об'єктах соціальної сфери;

отримати економію теплоспоживання на 30% у перехідний період опалювального сезону.

### 1.6.7. Вимоги щодо проектування та монтажу теплових пунктів.

Тепловий пункт (ТП) являє собою спеціально обладнане приміщення, з якого здійснюється управління місцевими системами теплоспоживання (опалення, вентиляції, гарячого водопостачання, технології). У ньому проводиться також трансформація параметрів теплоносія за видами приєднаного теплового навантаження, облік кількості тепла (вузол обліку) й таке інше.

Вузол обліку – прилад або комплект приладів (вимірювальних засобів), призначених для визначення кількості тепла і вимірювання маси та параметрів теплоносія.

Теплові пункти [4, 5] поділяються на:

- індивідуальні теплові пункти (ІТП) – для приєднання систем опалення, вентиляції, гарячого водопостачання і технологічних тепловикористовуючих установок одного будинку або його частини;
- центральні теплові пункти (ЦТП) – те ж, двох або більше будинків.

У теплових пунктах передбачається розміщення устаткування, арматури, приладів контролю, керування й автоматизації, за допомогою яких здійснюється:

- перетворення виду теплоносія або його параметрів;
- контроль параметрів теплоносія;
- облік теплових потоків, витрат теплоносія і конденсату;
- регулювання витрати теплоносія і розподіл по системах споживання теплоти (через розподільні мережі в ЦТП або безпосередньо в системи в ІТП);
- захист місцевих систем від аварійного підвищення параметрів теплоносія;
- заповнення і підживлення систем споживання теплоти;

- збирання, охолодження, повернення конденсату і контроль його якості;
- акумулювання теплоти;
- водопідготовка для систем гарячого водопостачання.

У тепловому пункті залежно від його призначення і місцевих умов можуть здійснюватися всі перераховані заходи або тільки їх частина.

Встановлення в індивідуальних теплових пунктах пристроїв регулювання витрат теплоносія дає змогу вирішити наступні завдання:

- оптимально розподілити теплове навантаження в теплових мережах;
- підвищити гідравлічну стійкість системи теплопостачання;
- забезпечити стабільний гідравлічний режим внутрішніх систем теплоспоживання будівель;
- знизити загалом витрати теплоносія в системі теплопостачання району, переведеного на регульовані теплові вузли, на 10-15 % за рахунок оптимального поточкорозподілу;
- отримати економію теплоспоживання в розмірі до 30 % у перехідний період опалювального періоду;
- отримати економію теплоспоживання в розмірі 10-15 % за рахунок введення зниженого температурного графіка у нічний час та у вихідні і святкові дні на об'єктах соціальної сфери.

Загалом до переліку основних функцій, найбільш актуальних для вітчизняних систем теплопостачання на сьогодні, слід віднести такі:

- регулювання температури в подавальному трубопроводі контуру опалення залежно від температури зовнішнього повітря;
- контроль температури зворотної води в системі опалення відповідно до температури зовнішнього повітря за наперед заданим температурним графіком;
- "натоплювання" будівлі після режиму зниженого теплоспоживання на величину, задану користувачем;
- можливість коригування режиму споживання теплової енергії за температурою повітря в опалюваному приміщенні;

- мінімальне і максимальне обмеження температури теплоносія в подавальному трубопроводі системи опалення;  
 - регулювання теплового навантаження в системах гарячого водопостачання для будь-якої схеми приготування гарячої води і будь-якого типу теплообмінників;

- регулювання теплового навантаження припливних вентиляційних установок із забезпеченням функції захисту від заморожування;  
 - можливість програмування величини зниження теплоспоживання в задані періоди залежно від температури зовнішнього повітря;

- можливість встановлення режиму теплоспоживання, який би враховував особливості будівлі, зокрема здатність до акумулювання тепла, а також орієнтацію за сторонами світу.

Значна частина перелічених функцій має реалізовуватися устаткуванням індивідуальних теплових пунктів будівель і споруд.

Автоматизований модульний індивідуальний тепловий пункт являє собою автоматизований комплекс обладнання для приготування теплоносія, виконаний в компактному вигляді, в умовах заводського збирання, на базі комплектуючих провідних компаній виробників.

Принципово стандартні теплові пункти (модульні блоки) серійного виробництва ділять на п'ять типів:

- теплові пункти із залежним приєднанням системи (наприклад, опалення) до теплової мережі;

- теплові пункти із незалежним приєднанням системи (наприклад, опалення) до теплової мережі через розбірний пластинчастий теплообмінник;

- теплові пункти з використанням одноступінчастої паралельної схеми для приєднання системи ГВП до теплової мережі;

- теплові пункти з використанням двоступінчастої змішаної схеми для приєднання системи ГВП до теплової мережі;

- модульний блок підживлення для різних систем із використанням підвищувальних насосів.

Вихідними даними для проектування індивідуального теплового пункту є:

- теплові навантаження для опалення і гарячого водопостачання;
- температурний графік тепломереж, розрахункова максимальна кількість теплоносія ( $\text{м}^3/\text{год}$ );
- температурний графік тепломереж поза опалювальним сезоном;
- режим теплотрас за тиском, різницею тисків;
- різниця, що мінімально гарантується тепломережами, тиску в теплотрасі у споживача;
- температурний графік радіаторної мережі будівлі;
- втрати тиску в радіаторній мережі (у найсприятливішому контурі);
- статичний тиск в радіаторній мережі (висота системи);
- робочий тиск, що максимально допускається, в радіаторній мережі (відкриття запобіжного клапана);
- тиск холодної води на вході до будівлі; температура холодної води;
- бажана температура гарячої води;
- втрати тиску в системі гарячого водопостачання (у найсприятливішому контурі).

Вибір і монтаж устаткування вузла обліку теплової енергії у складі теплового пункту має виконуватися на підставі проекту, розробленого відповідно до вимог чинних нормативно-технічних документів [2;7;14], та погодженого з енергопостачальною організацією. Після монтажу приладів обліку енергопостачальна організація та споживачі складають акт приймання вузла обліку в експлуатацію.

Підключення до теплових мереж енергопостачальної організації переиродавців, споживачів (у т.ч. виконавців комунальних послуг) без приладів обліку витрат теплової енергії не допускається. Визначена вимога поширюється

на всі заново споруджувані теплові мережі й теплоспоживальні установки. Як виняток, можливе тимчасове, на термін до 6 місяців, підключення теплових мереж і установок споживача без приладів обліку.

Розрахункові (комерційні) прилади обліку витрат теплової енергії для розрахунків за теплову енергію між енергопостачальною організацією та

споживачем повинен придбати споживач. За узгодженням між споживачем і енергопостачальною організацією прилади обліку можуть бути передані на обслуговування енергопостачальній організації за окремим договором.

Облік кількості теплової енергії, що відпускається, витрат і значень параметрів теплоносія, якості теплової енергії повинен виконуватися на межі балансової належності теплових мереж енергопостачальної організації і споживача або в іншій точці обліку за домовленістю сторін.

Прилади контролю параметрів теплоносія й обліку витрати теплоти варто передбачати в усіх теплових пунктах.

Встановлення ІТП є обов'язковим для кожної будівлі незалежно від наявності ЦТП, при цьому в ІТП передбачаються тільки ті заводи, які необхідні для приєднання даного будинку і не передбачені в ЦТП.

У закритих і відкритих системах теплопостачання необхідність спорудження ЦТП для житлових і громадських будівель повинна бути обґрунтована техніко-економічним розрахунком.

Для промислових і сільськогосподарських підприємств при теплопостачанні від зовнішніх джерел теплоти і кількості будинків більш ніж один спорудження ЦТП є обов'язковим.

У приміщеннях теплових пунктів допускається розмістити устаткування санітарно-технічних систем будівель і споруд, у тому числі підвищувальні насосні установки, що подають воду на господарсько-питні і протипожежні потреби.

Приєднання споживачів теплоти до теплових мереж у теплових пунктах варто передбачати за схемами, що забезпечують мінімальну витрату води в теплових мережах, а також економію теплоти за рахунок застосування регуляторів витрати теплоти й обмежувачів максимальної витрати мережної води, коригуючих насосів або елеваторів з автоматичним регулюванням, що знижують температуру води, яка надходить у системи опалення, вентиляції і кондиціонування повітря.

При закритих системах теплопостачання залежно від співвідношення максимальних теплових потоків на гаряче водопостачання й опалення

приєднання водопідігрівників гарячого водопостачання варто приймати:

при  $\frac{Q_{b \max}}{Q_{0 \max}} = 0,2 - 0,1$  двоступінчасті схеми;

- при інших співвідношеннях – одноступінчасту паралельну схему.

Розрахункова температура води в подавальних трубопроводах після ЦТП при приєднанні систем опалення будинків за залежною схемою повинна прийматися рівній розрахунковій температурі води в подавальному трубопроводі теплових мереж до ЦТП, а при незалежній схемі – не більше ніж на 20 °С нижче прийнятої в системах до водопідігрівника, але не вище +150 °С.

Самостійні трубопроводи від ЦТП для приєднання систем вентиляції при незалежній схемі приєднання систем опалення допускаються тільки при максимальному тепловому потоці на вентиляцію понад 50 % максимального теплового потоку на опалення.

У теплових мережах варто передбачати:

1) автоматичні регулятори і блокування, що забезпечують:

- заданий тиск води в подавальному або зворотному трубопроводах водяних теплових мереж з підтриманням в подавальному трубопроводі постійного тиску "після себе" і в зворотному – "до себе" (регулятор підйому);

- розподіл водяної мережі на гідравлічно незалежні зони при підвищенні тиску води понад допустимий; включення підживлювальних пристроїв у вузлах розсітки для підтримання статичного тиску води у відключеній зоні на заданому рівні;

2) добірні пристрої з необхідною запірною арматурою для вимірювань:

- температури води в подавальних (вибірково) і зворотних трубопроводах перед секціонуючими засувками і, як правило, у зворотному трубопроводі відгалужень  $D_v \geq 800$  мм перед засувкою по ходу води;



- тиску води в подавальних і зворотних трубопроводах до і після секціонуючих засувок і регулювальних пристроїв і, як правило, у подавальних і зворотних трубопроводах відгалужень  $D_y \geq 800$  мм перед засувкою;

- витрати води в подавальних і зворотних трубопроводах відгалужень  $D_y \geq 400$  мм, тиску пари в трубопроводах відгалужень перед засувкою.

У камерах теплових мереж варто передбачати місцеві показуючі контрольно-вимірювальні прилади для вимірювання температури і тиску в трубопроводах.

Автоматизація підкачувальних насосних на подавальних і зворотних трубопроводах водяних теплових мереж повинна забезпечувати:

- постійний заданий тиск у подавальному або зворотному трубопроводах насосної при будь-яких режимах роботи мережі;

- включення резервного насоса, встановленого на зворотному трубопроводі, при підвищенні тиску понад допустимий в усмоктувальному трубопроводі насосної або встановленого на подавальному трубопроводі, – при зниженні тиску в напірному трубопроводі насосної;

- автоматичне включення резервного насоса (АВР) при відключенні працюючих або падінні тиску в напірному патрубку.

Дренажні насоси повинні забезпечувати автоматичне відкачування дренажів.

Автоматизація змішувальних насосних повинна забезпечувати сталість заданої температури змішування і захист теплових мереж після змішувальних насосів від підвищення температури води проти заданої при зупинці насосів.

Насосні повинні бути оснащені комплектом показуючих і реєструючих приладів (включаючи вимірювання витрат води), які встановлюються на місці або на щиті керування, сигналізацією стану і несправності обладнання на щиті керування.

Для теплових пунктів варто передбачати припливно-витяжну вентиляцію,

розраховану на повітрообмін, обумовлений обсягами тепловиділень від трубопроводів і устаткування. Розрахункову температуру повітря в робочій зоні в холодний період року варто приймати не вище  $+28^{\circ}\text{C}$ , у теплий період року – на  $5^{\circ}\text{C}$  вище температури зовнішнього повітря на параметрах А.

При розміщенні теплових пунктів у житлових будинках і громадських будівлях варто робити перевіркою розрахунок теплонадходжень з теплового пункту в суміжні з ним приміщення. У випадку перевищення в цих приміщеннях температури повітря понад допустимі значення, встановлені СНиП 2.04.05-91\*, варто передбачати заходи щодо додаткової теплоізоляції огорожувальних конструкцій суміжних приміщень.

У підлозі теплового пункту варто встановлювати трап, а у разі неможливості самопливного відведення води, влаштовувати водозбірний приямок розміром не менш  $0,5 \times 0,5 \times 0,8$  м. Приямок повинен бути перекритий знімними ґратами.

Для відкачування води з водозбірного приямка в систему каналізації, водостоку або попутного дренажу варто передбачати один дренажний насос. Насос, призначений для відкачування води з водозбірного приямка, не допускається використовувати для промивання систем споживання теплоти.

У теплових пунктах слід передбачати заходи щодо запобігання перевищення рівнів шуму, що допускаються для приміщень житлових будинків і громадських будівель.

Теплові пункти, обладнані насосами (крім безшумних), не допускається розміщати суміжно, під або над приміщеннями житлових квартир, спальних і ігрових дитячих дошкільних установ, спальними приміщеннями шкіл-інтернатів, готелів, гуртожитків, санаторіїв, будинків відпочинку, пансіонатів, палатами й операційними лікарень, приміщень із тривалим перебуванням хворих, кабінетами лікарів.

Мінімальні відстані у світлі від окремо стоячих наземних ЦТП до зовнішніх стін перерахованих приміщень мають бути не меншими 25 м.

Будовані теплові пункти, як правило, варто розміщати в окремих приміщеннях поблизу зовнішніх стін будівель.

З теплового пункту повинні передбачатися виходи:

- при довжині приміщення теплового пункту 12 м і менше і розташуванні його на відстані менше 12 м від виходу з будинку назовні – один вихід у сусіднє приміщення, в коридор або на сходову клітку, а при розташуванні теплового пункту на відстані більш 12 м від виходу з будинків – один самостійний вихід назовні;

- при довжині приміщення теплового пункту понад 12 м – два виходи, один із яких повинен бути безпосередньо назовні, а другий – у сусіднє приміщення, на сходову клітку або в коридор.

Приміщення теплових пунктів споживачів пари повинні мати не менше двох виходів незалежно від габаритів приміщення.

За вибухопожежною і пожежною небезпечкою приміщення теплових пунктів варто відносити:

- до категорії Д – при теплоносії воді і водяній парі з температурою менше  $+300^{\circ}\text{C}$ ;
- до категорії Г – при теплоносії водяній парі з температурою  $+300^{\circ}\text{C}$  і більше.

Для переміщення устаткування й арматури або нероз'ємних частин блоків устаткування теплового пункту варто передбачати інвентарні підйомно-транспортні пристрої:

- при масі переміщуваного вантажу від 0,1 до 1,0 т – монорейки з ручними талями і кішками або крани підвісні ручні однобалкові;
- те ж, більш 1,0 до 2,0 т – крани підвісні ручні однобалкові;
- те ж, більш 2,0 т – крани підвісні електричні однобалкові.

Допускається передбачати можливість використання рухливих підйомно-транспортних засобів.

Для обслуговування устаткування й арматури, розташованих на висоті від 1,5 до 2,5 м від підлоги, повинні передбачатися пересувні площадки або переносні пристрої (драбини).

У випадку неможливості створення проходів для пересувних площадок, а також обслуговування устаткування й арматури, розташованих на висоті

2,5 м і більш, необхідно передбачати стаціонарні площадки з огороженням і постійними сходами, розміри яких мають відповідати вимогами чинних нормативних документів [4,5]. Відстань від рівня стаціонарної площадки до верхнього перекриття повинна бути не менше 2 м.

До переліку вихідних даних, необхідних для проектування індивідуального теплового пункту будівлі, відносяться такі:

- про постачальника теплової енергії (ТЕЦ, котельня);
- про межі балансової належності теплових мереж;
- про теплові навантаження (погодинні, місячні);
- про режими роботи систем опалення, гарячого водопостачання, вентиляції;
- про розрахункові і фактичні (за можливості вимірювання) витрати теплоносія у прямому і зворотному трубопроводах системи теплопостачання;
- про характер та інтенсивність відкладень на внутрішніх поверхнях труб і арматури;
- про наявність механічних і зважених частинок у теплоносії;
- про наявність блукаючих струмів і вібрацій в трубопроводах;

- про суми коштів, витрачених на оплату послуг теплопостачальної організації у попередньому опалювальному періоді.

Вимірювальні роботи виконуються безпосередньо на ділянці теплової мережі, де передбачається встановлення первинних перетворювачів витрат і температури теплоносія. При цьому необхідно виконати:

- ескіз ділянки мережі із зазначенням необхідних розмірів трубопроводів (довжина, діаметр), наявності манометрів, засувок, грязевиків та ін.;
- вимірювання відстані від наміченого місця встановлення обчислювача до місця встановлення первинних перетворювачів витрат та до джерела живлення.

Далі приведемо розрахунок основних енергетичних параметрів будівлі відповідно до вимог ДСТУ Б А.2.2-12:2015 будівлі студентського гуртожитку.

## РОЗДІЛ 2

## РОЗРАХУНОК СИСТЕМИ ЕЛЕКТРИЧНОГО ОСВІТЛЕННЯ

# НУБІП України

Одна із умов надійної, економічної і безпечної роботи електрообладнання – правильний його вибір по електричним параметрам, конструктивному виконанню, умовам навколишнього середовища та режимам роботи. Умови експлуатації електроустановок в сільському господарстві відрізняються характером впливу кліматичних і механічних факторів зовнішнього середовища та часовим режимом роботи.

## 2.1. Розрахунок освітлення приміщень методом питомої потужності

Питома потужність дається в довідникові в залежності від освітлення.

Методом питомої потужності ми розраховуємо систему освітлення для приміщення (кімнати) №1.

$$P_p = P_{\text{пит}} \times S, \text{ Вт.} \quad (2.1)$$

$P_{\text{пит}}$  – коефіцієнт питомої потужності,  $S$  – площа,  $\text{м}^2$ .

Визначаємо потужність ламп.

$$P_{\text{л}} = P_p / N, \text{ Вт,} \quad (2.2)$$

$N$  – кількість ламп, шт.

$$P_p = 7 \times 30,3 = 212,1 \text{ (Вт).}$$

$$P_{\text{л}} = 212,1 / 12 = 17 \text{ (Вт).}$$

Вибираємо світильник TBS 160 4xTTL-D 4x18 Вт та лампу T8 18 Вт із світловим потоком 400 люменів.

НУБІЛ УКРАЇНИ

НУБІЛ УКРАЇНИ

Рис. 2.2 План освітлювальних мереж

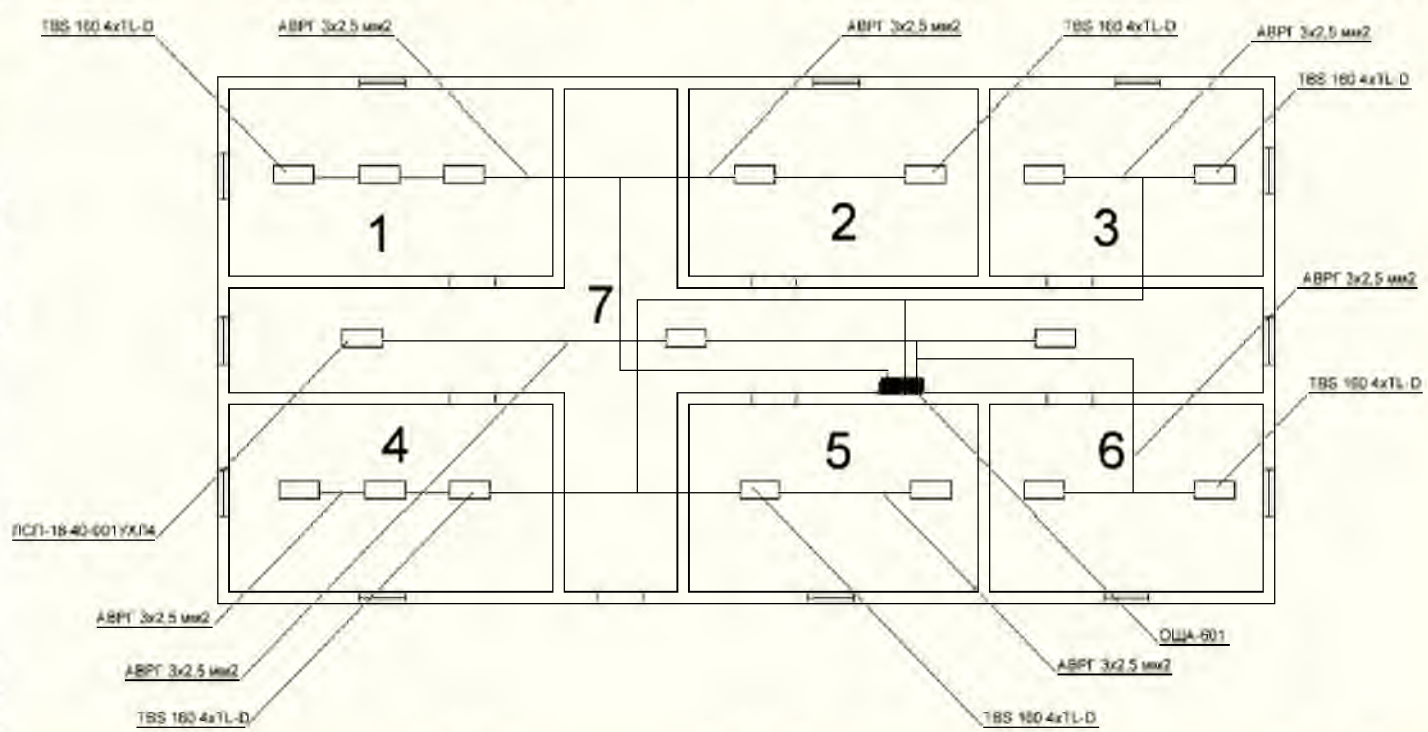
НУБІ

НУБІ

НУБІ

НУБІ

НУБІ



НН

НН

НН

НН

НН

## РОЗДІЛ 3

ТЕПЛОВИЙ РОЗРАХУНОК БУДІВЛІ ТА ІНЖЕНЕРНИХ СИСТЕМ  
СТУДЕНТСЬКОГО ГОРТОЖИТКУ**3.1. Енергетичний баланс будівлі та систем**

Енергетичний (тепловий) баланс рівня зони будівлі включає наступні складові:

- трансмісійну теплопередачу між кондиціонованим об'ємом та зовнішнім навколишнім середовищем, що обумовлена різницею між температурою кондиціонованої зони та температурою зовнішнього повітря;

- вентиляційну теплопередачу (від природної вентиляції або системи механічної вентиляції), спричинену різницею між температурою кондиціонованої зони та температурою припливного повітря;

- внутрішні теплонадходження (включаючи від'ємні надходження від тепловідводу), від людей, устаткування, освітлення та теплота, що виділена або поглинута з систем опалення, охолодження, ГВП, вентиляції тощо;

- сонячні теплонадходження (які можуть бути прямими, наприклад, через вікна, або непрямыми, наприклад, поглинені непрозорими елементами будівлі);

- акумульовану теплоту в будівлі або вивільнений запас теплоти з масиву будівлі;

- енергопотребу для опалення: якщо зона опалюється, система опалення постачає теплоту для підвищення внутрішньої температури до мінімально необхідного рівня (завданого для опалення);

- енергопотребу для охолодження: якщо зона охолоджується, система охолодження відбирає теплоту для зниження внутрішньої температури до максимально необхідного рівня (завданого для охолодження).

Примітка. Теплопередача до навколишнього середовища є від'ємною, коли зовнішня температура є більшою за внутрішню.

Енергетичний баланс будівлі може також включати енергію, утилізовану в будівлі від різних джерел, таку як утилізовані вентиляційні тепловтрати та втрати систем опалення та охолодження, які утилізують.

### 3.2. Витрати теплоти на опалення

*Розрахункові витрати теплоти на опалення.* Визначаються за точкою методикою – за втратами теплоти зовнішніми огороженнями.

Спочатку для м. Києва за [1] визначаю кліматологічні дані:

- а) тривалість опалювального періоду  $n_o = 176$  діб.
- б) розрахункова температура зовнішнього повітря для опалювання в холодний  $t_{ро} = -2,2$  °С;
- в) середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період  $t_{сер.о.} = -0,1$  °С;
- г) середня температура зовнішнього повітря найбільш холодного місяця  $t_{сер.х.м.} = -4,7$  °С.

План будівлі наведено на рис. 3.1.



Рис. 3.1. План будівлі

Термічні опори теплопередачі та загальні площі зовнішніх огорожувальних конструкцій наведені у табл. 3.1.



Таблиця 3.1 Термічні опори теплопередачі та площі зовнішніх огорожень

Тип огороження	Площа огорожувальної поверхні
	F, м <sup>2</sup>
Стіни	958,08
Вікна	169,92
Підлога	462
Перекриття	462

Для розрахунку теплових втрат використовую формулу, що рекомендована

в [2]

$$Q_{\text{втр}} = \sum Q_{\text{обг}} + Q_{\text{інф}} \quad (3.1)$$

де,  $\sum Q_{\text{обг}}$  – сумарні втрати теплоти через зовнішні огорожувальні конструкції (зовнішні стіни, вікна, зовнішні двері, перекриття для останнього поверху, підлогу для першого поверху), кВт [2];

$Q_{\text{інф}}$  – витрати теплоти на нагрівання інфільтраційного повітря, що надходить до приміщення через нещільності в огороженнях, а також при провітрюванні приміщень, кВт.

Втрати теплоти через окремі огороження визначаються за формулою

$$Q_{\text{обг.і}} = \frac{1}{R_i} \cdot F_i \cdot \Delta t \cdot (1 + \sum \beta_i) \cdot n_i \cdot 10^{-3} \quad (3.2)$$

де,  $R_i$  – приведений опір теплопередачі і-го огороження, (м<sup>2</sup>·К)/Вт (див. табл.1.1);

$\Delta t$  – різниця температур між внутрішнім та зовнішнім повітрям °С;

$n_i$  – поправка на розрахункову різницю температур, що залежить від геометричного положення огороження;

$\beta_i$  – додаткові втрати теплоти в частках до основних.

Розрахункова різниця температур:

Оскільки висота приміщень житлових будівель менша за 4 м, то розрахункову різницю температур визначають за формулою

$$\Delta t = t_{вн} - t_{р.о.} \quad (3.3)$$

$$\Delta t = 20 - (-22) = 42 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Згідно з [1] сьогодні додаткові втрати теплоти в Україні враховуються тільки на швидкість вітру та її повторюваність.

Цей параметр буде врахований при швидкості вітру більше як 4,5 м/с і повторюваності більше як 15%.

Оскільки в м. Києві для всіх напрямків орієнтації приміщень середня швидкість вітру менше за 4,5 м/с, і повторювальність менша за 15% [1], то відповідно  $\Sigma\beta = 0$ .

Розрахунки за формулою (3.2) виконані для житлової забудови.

Визначення теплових втрат через підлогу. Підлога поділяється на 4 зони, ширина кожної з яких по 2 м див рис 1.3.

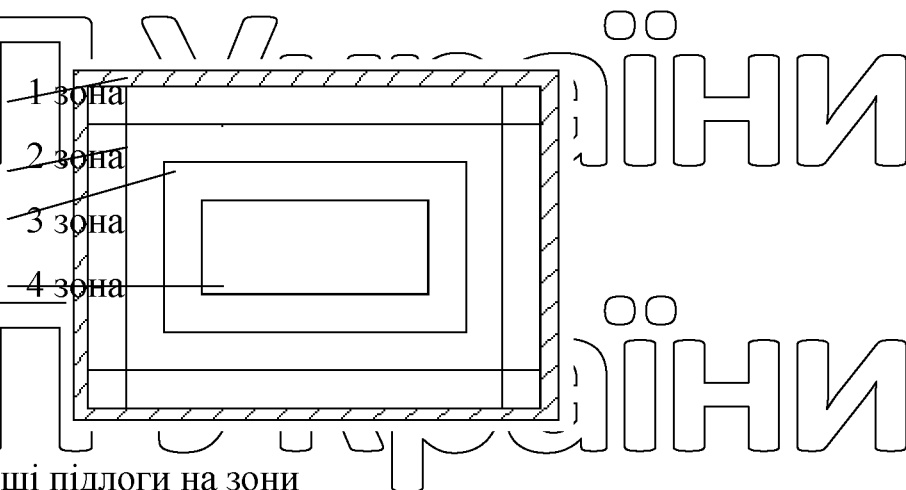


Рис. 3.2. Поділ площі підлоги на зони

За умовою, відповідно площі зон:

$$- F_I = 172, \text{ м}^2;$$

$$- F_{II} = 140, \text{ м}^2$$

$$- F_{III} = 180, \text{ м}^2;$$

–  $F_{пл} = 42, \text{ м}^2$   
 Термічні опори теплопередачі окремих зон неутепленої підлоги (згідно з довідковою літературою [2]) складають:

– для першої зони -  $r_1 = 2,15 \text{ ( м}^2 \cdot \text{К) / Вт ;}$

– для другої зони -  $r_2 = 4,3 \text{ ( м}^2 \cdot \text{К) / Вт ;}$

– для третьої зони -  $r_3 = 8,6 \text{ ( м}^2 \cdot \text{К) / Вт ;}$

– для четвертої зони -  $r_4 = 14,2 \text{ ( м}^2 \cdot \text{К) / Вт.}$

Теплові втрати:

– для першої зони

$$Q_{nI} = \frac{1}{2,15} \cdot 172 \cdot (20 - (-22)) \cdot 10^{-3} = 3,36 \text{ кВт;}$$

– для другої зони

$$Q_{nII} = \frac{1}{4,3} \cdot 140 \cdot (20 - (-22)) \cdot 10^{-3} = 1,36 \text{ кВт;}$$

– для третьої зони

$$Q_{nIII} = \frac{1}{8,6} \cdot 108 \cdot (20 - (-22)) \cdot 10^{-3} = 0,53 \text{ кВт;}$$

– для четвертої зони

$$Q_{nIV} = \frac{1}{14,2} \cdot 42 \cdot (20 - (-22)) \cdot 10^{-3} = 0,12 \text{ кВт;}$$

– сумарні втрати теплоти через підлогу

$$Q_{\text{ст}} = Q_{\text{стI}} + Q_{\text{стII}} + Q_{\text{стIII}} + Q_{\text{стIV}} = 3,36 + 1,36 + 0,53 + 0,12 = 5,40 \text{ кВт.}$$

Витрати теплоти через зовнішні обгородження приміщення визначаємо за формулою 3.2), при цьому коефіцієнт  $n = 1$  для вертикальних зовнішніх стін і  $n = 1$  для перекриття без горищ.

$$Q_{\text{ст}} = \frac{1}{4,4} \cdot 958,08 \cdot (20 - (-22)) \cdot 10^{-3} = 9,5 \text{ кВт;}$$

$$Q_{\text{вік}} = \frac{1}{0,9} \cdot 169,92 \cdot (20 - (-22)) \cdot 10^{-3} = 9 \text{ кВт;}$$

$$Q_{\text{пер}} = \frac{1}{1,8} \cdot 462 \cdot (20 - (-22)) \cdot 10^{-3} = 11 \text{ кВт;}$$

Сумарні втрати теплоти через обгороджуючі конструкції:

$$\sum Q_{\text{обг}} = Q_{\text{ст}} + Q_{\text{вік}} + Q_{\text{пер}} + Q_{\text{ст}} = 9,5 + 9 + 11 + 5,40 = 35 \text{ кВт.}$$

Витрати теплоти на нагрівання інфільтраційного повітря, для одного будинку,  $Q_{\text{інф}}$ , кВт

$$Q_{\text{інф}} = (m_{\text{об}}/3600) c_n \rho_n F_n h (t_{\text{вн}} - t_{\text{р.о}}) \quad (3.4)$$

де  $c_n$  – питома масова теплоємність повітря, кДж/(кг·К), яку можна взяти 1,005 кДж/(кг·К) [1];

$m_{\text{об}}$  – кратність повітрообміну, 1/год. За технічним завданням  $m_{\text{об}} = 0,3$  1/год;

$\rho_n$  – густина повітря, кг/м<sup>3</sup>, яку наближено беру 1,2 кг/м<sup>3</sup> [1];

$F_n$  – площа підлоги приміщення, м<sup>2</sup> (див. табл.1.1);

$h$  – висота приміщення від підлоги до стелі, м. Приймаємо згідно проектом будівлі 3 м.

$$Q_{\text{інф}} = (0,3/3600) 1,005 \cdot 1,2 \cdot 462 \cdot 12 \cdot (20 - (-22)) = 96 \text{ кВт}$$

Загальні втрати теплоти для будівлі

$$\Sigma Q_{заг} = (\Sigma Q_{обг} + Q_{инф}). \quad (3.5)$$

$$\Sigma Q_{заг} = 236 \text{ кВт}$$

Середня витрата теплоти на опалення. Для будівлі будь-якого призначення середня витрата теплоти на опалення, кВт, визначається за формулою

$$Q_{ср.о} = Q_{отп} \frac{t_{вн} - t_{ср.о}}{t_{вн} - t_{р.о}}, \quad (3.6)$$

$$Q_{ср.о} = 236 \cdot \frac{20 - (-0,1)}{20 - (-32)} = 113 \text{ кВт}$$

Річна витрата теплоти на опалення, МДж/рік, визначається за формулою

$$Q_{рч.о} = Q_{ср.о} \cdot n_o \cdot 24 \cdot 3600; \quad (3.7)$$

$$Q_{рч.о} = 113 \cdot 176 \cdot 24 \cdot 3600 = 1718 \text{ МДж/рік}$$

### 3.3. Розрахунок витрат теплоти на гаряче водопостачання

Розрахунок виконано згідно згідно з ДБН В.2.5-64:2012, ДБН 360-92/ ДБН В.2.5-74:2013 (ВОДОПОСТАЧАННЯ ЗОВНІШНЬ МЕРЕЖІ ТА СПОРУДИ) [3]

Таблиця 3.2 – Вихідні дані:

	Познач	Значення
Кількість приміщень, що обслуговуються ІТП	$N_{прим}$	112
Кількість жителів, споживачів, чол	$U_{спож}$	336
Кількість сан.-технічних приладів у приміщені, шт.	$N_{прил}$	3
Кількість годин споживання гарячої води	$T$	24
Середня норма витрати води за добу, кг/добу	$g_{вит.доб}$	105
Норма витрати за добу найбільшого водо - споживання, кг/добу	$g_{сп}$	120
Секундна норма витрати води, кг/с	$g$	0,2
Норма витрати води в годину найбільшого водоспоживання, кг/год	$g_{вит.год}$	10

Секундна витрата води усіх, під'єднаних водозабірних приладів

$$G_c = 5 \cdot g \cdot \alpha, \quad (3.8)$$

де  $g$  - витрата гарячої води одним водорозбірним приладом, кг/с ;

$\alpha = f(N, P)$  - безрозмірна величина, в залежності від загальної кількості  $N$  водорозбірних приладів, що живляться на розрахунковій дільниці, і вірогідності їх дії за годину найбільшого водоспоживання.

Визначення загальної кількості приладів  $N$ :

$$N = N_{\text{прим}} \cdot N_{\text{прис}} = 112 \cdot 3 = 336 \text{ шт} \quad (3.9)$$

Ймовірність дії санітарно – технічних приладів  $P$

$$P = \frac{U_{\text{топж}} \cdot g_{\text{видн.год}}}{g \cdot N \cdot 3600}, \quad (3.10)$$

$$P = \frac{336 \cdot 10,00}{0,2 \cdot 112 \cdot 3600} = 0,04$$

За номограмою [2] при  $N \cdot P = 112 \cdot 0,04 = 4,67$  та  $P \in 0,04$ , тоді  $\alpha = 2,0$ .

Тоді секундна витрата води дорівнює

$$G_c = 5 \cdot 0,2 \cdot 2,0 = 2,0 \text{ кг/с}$$

Розрахункова витрата гарячої води за годину найбільшого водоспоживання

[2]

$$G_{\text{год}} = 18 \cdot 10^3 \cdot g \cdot K_{\text{еит}} \cdot \alpha_{\text{год}}, \quad (3.11)$$

де  $K_{\text{еит}}$  - коефіцієнт використання водорозбірного приладу за годину найбільшого водоспоживання;

Ймовірність використання водозабірних приладів [2]

$$P_{\text{год}} = P / K_{\text{вип}} \quad (3.12)$$

$$P_{\text{год}} = 0,04 / 0,28 = 0,14$$

За номограмою [2] при  $N \cdot P = 112 \cdot 0,04 = 15,68$  та  $P = 0,14$ , годі  $\alpha = 4,2$ .

$$G_{\text{год}} = 18 \cdot 10^3 \cdot 0,2 \cdot 0,28 \cdot 4,2 = 4234 \text{ кг/год}$$

Циркуляційні витрати гарячої води у системі ГВП

$$q_{\text{цпр}} = \frac{Q_{\text{втр}}}{4,187 \cdot \Delta t} \quad (3.13)$$

де  $Q_{\text{втр}}$  - втрати теплоти у трубопроводах ГВП, кВт;

$\Delta t$  - різниця температур у подавальному трубопроводі системи від нагрівача до нагрівального тіла до найбільш віддаленого водозабірної приладу, ( $^{\circ}\text{C}$ ). Беру

$$\Delta t = 10^{\circ}\text{C}.$$

Середньо-годинна витрата теплоти на ГВП без врахування втрат теплоти трубопроводами

$$Q'_{\text{ср}} = 1,16 \cdot q_{\text{ср}} \cdot (55 - 5) \quad (3.14)$$

де  $q_{\text{ср}}$  - середньо-годинна витрата води за добу максимального водоспоживання [2]

$$q_{\text{ср}} = \frac{g_{\text{ср}} \cdot U_{\text{ср}}}{1000 \cdot T} \quad (3.15)$$

$$q_{\text{ср}} = \frac{120 \cdot 336}{1000 \cdot 24} = 1,68 \text{ м}^3/\text{год},$$

$Q_{\text{ср}}' = 1,16 \cdot 1,68 \cdot (55 - 5) = 97,44 \text{ кВт.}$   
 Втрата тепла у трубопроводах беру для систем з ізолюваними стояками у розмірі 25% від середньо-годинного теплового потоку

$Q_{\text{втр}}^{\text{тр}} = 0,25 \cdot Q_{\text{ср}}'$   
 $Q_{\text{втр}}^{\text{тр}} = 0,25 \cdot 97,44 = 24,36 \text{ кВт}$   
 $Q_{\text{цир}} = 24,36 / (4,187 \cdot 10) = 0,6 \text{ кг/с}$

Об'ємна витрата циркуляційної води  
 $G_{\text{год}}^{\text{цирк}} = 0,6 \cdot 3,6 = 2,2 \text{ м}^3/\text{год}$

Навантаження на циркуляцію, кВт  
 $Q_{\text{цирк}}^{\text{втр}} = 0,17 \cdot N_{\text{прим}}$  (3.15)  
 $Q_{\text{цирк}}^{\text{втр}} = 0,17 \cdot 112 = 19,04 \text{ кВт}$

Максимальна витрата теплоти на ГВП, кВт  
 $Q_{\text{г.в.мак}} = 1,163 \cdot G_{\text{год}} \cdot (t_{\text{г.ср}} - t_{\text{х.з.}});$  (3.16)

$Q_{\text{г.в.мак}} = 1,163 \cdot 4234 \cdot (55 - 5) + 24360 = 271 \text{ кВт}$   
 Середня витрата теплоти на ГВП, кВт

$Q_{\text{г.в.ср}} = Q_{\text{г.в.мак}} / 2;$  (3.17)  
 $Q_{\text{г.в.ср}} = 271 / 2 = 135,5 \text{ кВт}$   
 Річна витрата теплоти на ГВП, МДж/рік



$$Q_{z.v.p\acute{r}i.c.h.} = Q_{z.v.max} \cdot T_z \cdot n_z; \quad (3.18)$$

$$Q_{z.v.p\acute{r}i.c.h.} = 135,5 \cdot 24 \cdot 3600 = 11707 \text{ МДж/р\acute{i}к}$$

Загальне максимальне сумарне навантаження житлового комплексу на опалення і ГВП, кВт

$$Q_{o+ГВП} = \sum Q_o + Q_{ГВП} \quad (3.19)$$

$$Q_{o+ГВП} = 236 + 271 = 507 \text{ кВт.}$$

Результати розрахунків максимальних навантажень споживачів наведені в табл. 1.3

# НУБІП УКРАЇНИ

Таблиця 1.3 – Максимальні витрати теплоти

Навантаження	Позначення	Одиниця	Значення величини
Опалення житлових будівель	$Q_o$	МВт	0,236
Гаряче водопостачання житлових будівель (середня витрата)	$Q_{z.v.c.p.}^{ж}$	МВт	0,136
Сумарне навантаження споживачів	$\sum Q_{спож}$	МВт	0,371

Проведені розрахунки максимальних, середніх та річних витрат теплоти на опалення

– Загальні втрати теплоти для будівлі  $\sum Q_{сум} = 0,236$  МВт;

– Середня витрата теплоти на опалення  $Q_{сер} = 0,113$  МВт;

– Річна витрата теплоти на опалення  $Q_{z.v.p\acute{r}i.c.h.} = 1718$  МДж/р\acute{i}к.

Виконаний розрахунок витрати теплоти на гаряче водопостачання згідно згідно з ДБН В.2.5-64:2012, ДБН 360-92, ДБН В.2.5-74:2013 (Водопостачання зовнішні мережі та споруди). Проведені розрахунки максимальних, середніх та річних витрат теплоти на гаряче водопостачання.

# НУБІП УКРАЇНИ

– Загальні втрати теплоти на ГВП  $Q_{г.в.max} = 0,271$  МВт;

– Середня витрата теплоти на ГВП  $Q_{г.в.сер} = 0,136$  МВт;

– Річна витрата теплоти на опалення  $Q_{z.v.p\acute{r}i.c.h.} = 1707$  МДж/р\acute{i}к.

## II. Показники енергетичної ефективності та фактичне питоме енергоспоживання будівлі

### Показники енергетичної ефективності будівлі

Назва показника	Існуюче значення кВт год/м <sup>2</sup> в рік	Мінімальні вимоги кВт год/м <sup>2</sup> в рік
Питома енергопотреба на опалення, охолодження, гаряче водопостачання	145,0	83
Питоме енергоспоживання при опаленні	128,8	-
Питоме енергоспоживання при охолодженні	1,1	-
Питоме енергоспоживання при гарячому водопостачанні	118,8	-
Питоме енергоспоживання системи вентиляції	0,0	-
Питоме енергоспоживання при освітленні	14,0	-
Питоме споживання первинної енергії, кВт·год/м <sup>2</sup> в рік	475,4	-
Питомі викиди парникових газів, кг/м <sup>2</sup> в рік	89,7	-

### Енергоспоживання будівлі

Вид	Фактичний обсяг споживання за рік		Розрахунковий обсяг споживання за рік	
	МВт·год	кВт·год/м <sup>2</sup>	МВт·год	кВт·год/м <sup>2</sup>
Енергоспоживання систем опалення	-	-	359,6	128,8
Енергоспоживання систем вентиляції	-	-	0,0	0,0
Енергоспоживання систем гарячого водопостачання	-	-	331,8	118,8
Енергоспоживання систем охолодження	-	-	3,0	1,1
Енергоспоживання систем освітлення	-	-	39,1	14,0
УСЬОГО:	-	-	733,5	262,7

Фактичне споживання енергоресурсів за попередні опалювальні періоди не надано замовником.

### Річне енергоспоживання будівлі, %



### III. Фактичні або проектні характеристики інженерних систем будівлі

#### Система опалення

##### ОПИС ДЖЕРЕЛА ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ

Опис теплового вузла, обладнання та їх технічні характеристики	Централізоване тепlopостачання з центральним якісним регулюванням за температурним графіком до 110 °С зі зрізкою та коригуванням в ІТП
Температурний графік теплової мережі	75/60
Проектна (розрахункова) потужність системи опалення, ккал/год	н/д
Вид теплоносія	Гаряча вода
Найменування організації, яка є виконавцем послуг з тепlopостачання	КП «Київтеплоенерго»
Інформація про наявність вузла обліку споживання із зазначенням виду обліку (комерційний, технічний)	МВТ-2М
Опис витратомірів (тип, модифікація для кожного приладу)	н/д
Додаткова інформація	Залежна схема під'єднання



Фото вузла обліку теплової енергії

##### ОПИС РОЗПОДІЛУ ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ

Тип теплоносія системи опалення (водяний, паровий, повітряний, газовий, інший)	Вода
Тип системи опалення (однотрубна, двотрубна, інша) із зазначенням типу розведення (горизонтальний, вертикальний, інший)	Однотрубна, з нижньою подачею
Середня температура теплоносія системи опалення	55 °С
Рік прийняття в експлуатацію	1990
Опис основних елементів обладнання, що здійснюють регулювання теплової потужності (крім автоматичних регуляторів тепловіддачі опалювальних приладів)	Регулювання наявне
Тип циркуляції теплоносія (механічна, природна, за рахунок перепаду тиску в системі опалення, інша)	Механічна, за допомогою циркуляційного насоса Wilo TOP-S 50/7
Вид та стан теплової ізоляції системи розподілу	Трубопроводи прокладені в опалюваних та неопалюваних приміщеннях, не утеплені

##### ОПИС ТЕПЛОВІДДАЧІ

Для вільнообтічних нагрівальних приладів – загальна кількість опалювальних приладів, їх тип, схема підключення, наявність автоматичних регуляторів	109 чавунних ребристих радіаторів з боковим під'єднанням, які встановлені під вікнами та частково біля глухих стін. Довжина підводок до радіатора 300 мм. Терморегулятори на опалювальних приладах відсутні
--	---

<b>РІВЕНЬ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ</b>	
Регулювання надходження теплової енергії до приміщення	D
Регулювання розподілення за температурою теплоносія у подавальному або зворотному трубопроводі	D
Регулювання періодичності зниження споживання енергії системою та/або розподілення теплоносія	D
Регулювання циркуляційних, змішувальних та циркуляційно - змішувальних насосів (на різних рівнях системи)	D
Взаємозв'язок між регулюванням споживання енергії та/або розподілення тепло/холодоносія у системах опалення та охолодження	D
В загальному, клас енергетичної ефективності системи	D

#### **Системи охолодження, кондиціювання, вентиляції**

Система централізованого охолодження в будівлі відсутня.

Вентиляція приміщень будівлі відбувається в природній спосіб за рахунок перепаду тиску в середині та зовні будівлі та повітропроникності огорожувальних конструкцій (через нещільності в віконних конструкціях і відкриті елементи віконних, дверних конструкцій). Видалення повітря відбувається через повітроводи розміщені в санвузлах та кухнях.

#### **Системи постачання гарячої води**

Система постачання гарячої води – централізована, без циркуляційного контуру.

Температура гарячої води на виході – 55 °С.

Система розподілу виконана зі сталевих та поліпропіленових (PPR) трубопроводів, які знаходяться в опалюваних приміщеннях. Трубопроводи не утеплені.

#### **Системи освітлення**

Система освітлення місць загального користування (МЗК) будівлі складається із LED-світильників та світильників з лампами розжарювання. Тип світильників МЗК – світильники з LED-лампами, потужністю 12 Вт – 60 шт., 6 Вт – 25 шт., світильники з лампами розжарювання – 80 шт., потужністю 100 Вт. Система керування освітленням в місцях загального користування – зональна, ручна.

Клас ефективності системи освітлення за регулюванням за присутності людей в приміщенні – D.

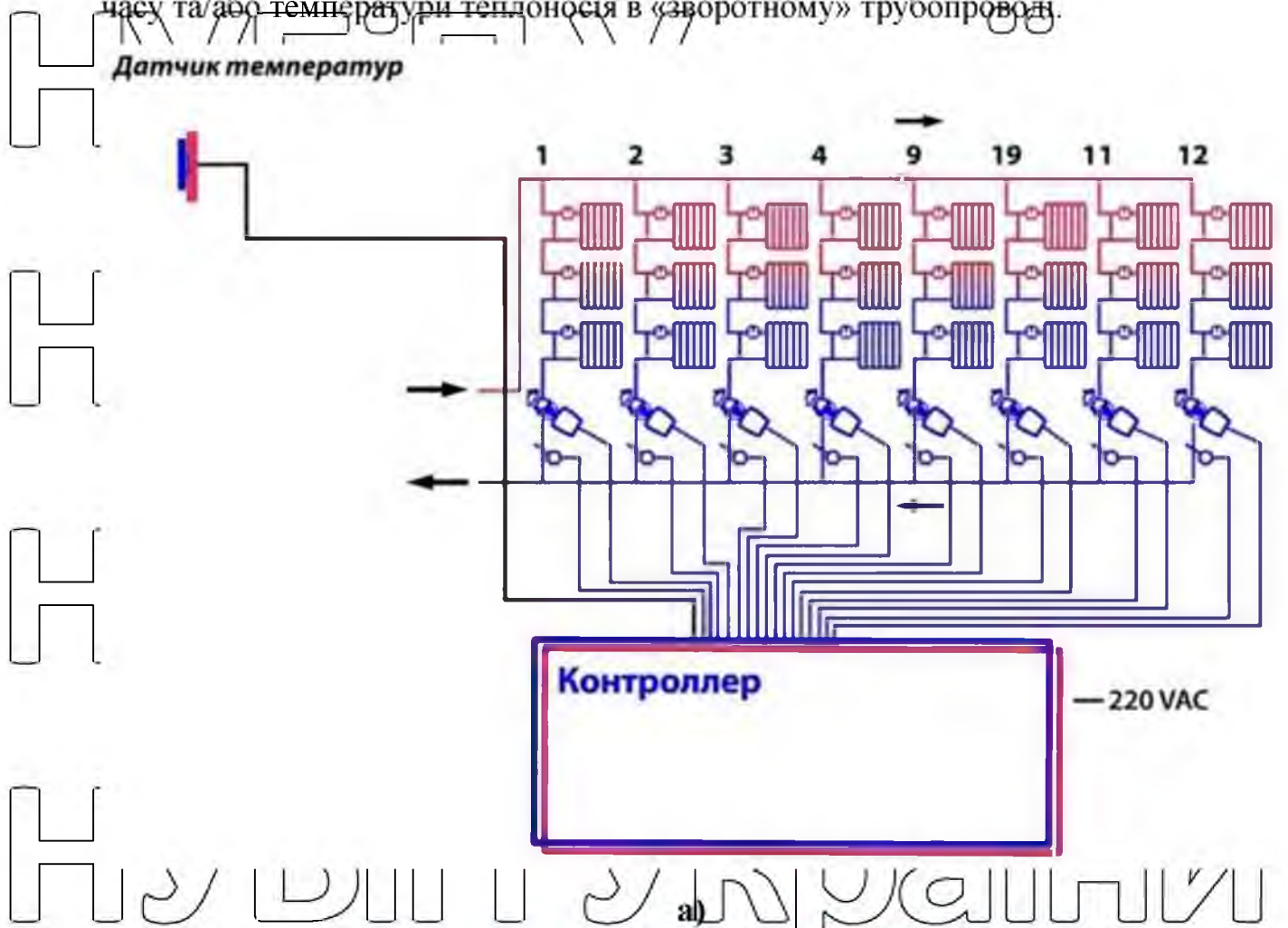
## РОЗДІЛ 4

РЕКОМЕНДАЦІЇ З ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ТА ЗАХОДИ З ПІДВИЩЕННЯ  
ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ**4.1. Рекомендації по підвищенню енергоефективності**

Під час проектування складних систем «джерело теплоти – розподільний пристрій – опалювальний прилад» основна увага має бути також приділена і «розумному» розподілу теплоносія по системі опалення залежно від потреб користувача – людини [2]. У цьому напрямі, авторами проекту, раніше було проведено ряд досліджень, зокрема щодо аналізу стану енергоспоживання на об'єктах Національного університету біоресурсів і природокористування України (НУБіП України) на протязі останніх років, проведений моніторинг параметрів мікроклімату у приміщеннях навчальних корпусів та в гуртожитках університету. Зокрема, здійснювались вимірювання профілів температур внутрішнього повітря як по поверхах, так і по фасадах будівель до та після виконання робіт з термомодернізації, які полягали в утепленні зовнішніх огорожувальних конструкцій та модернізації індивідуальних теплових пунктів у окремих корпусах. Встановлено, що потенціал теплоносія, «пройшовши» шлях від верхнього/нижнього до нижнього/верхнього поверху, істотно знижується і, як наслідок, опалювальні прилади не прогріваються до номінального режиму роботи, в приміщеннях першого/останнього поверхів температурний режим не відповідає нормативам [3, 4]. На практиці, щоб усунути цю невідповідність підвищують температуру теплоносія в «подавальному» трубопроводі, але не завжди такий метод є дієвим, оскільки з ростом температури теплоносія, ростуть і цифри в «платіжках», але ніяк не покращується комфорт в приміщеннях будинку.

З метою вирішення описаних проблем, запропоновано нову систему «Temp Balance», яка дозволить усунути «недогрів» нижніх/верхніх і «перегрів» верхніх/нижніх поверхів перемиканням схеми подачі теплоносія в систему опалення з верхньої на нижню і навпаки в автоматичному режимі залежно від

часу та/або температури теплоносія в «зворотному» трубопроводі.



б)

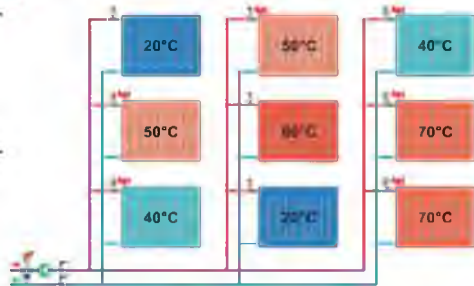
Рис. 4.1. Принципова схема пропонованої системи «Temp Balance» (а) та зовнішній вигляд клапана з електроприводом (б)

НУБІП України

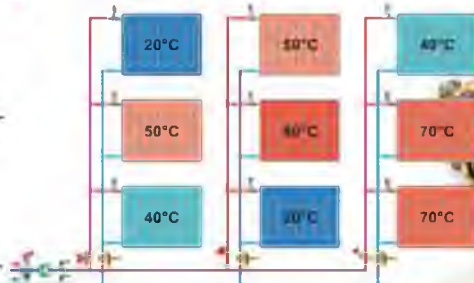
Використання останньої являється особливо доцільним в періоди значного зниження температури зовнішнього повітря, а також високих поривів вітру. Підставою такого припущення є те, що швидкість зниження температури в зазначений період перевищує швидкість реакції системи на подібні зміни.

Іншими словами, теплоносій в системі опалення будівлі може охолотитися швидше, ніж система переключиться на зворотний режим роботи за прийнятний період часу. Як наслідок, використання системи «Temp Balance» сприяє більш рівномірному прогріванню опалювальних приладів (на вказаних поверххах будівлі) теплоносієм більш високого потенціалу в циклічному режимі, на відміну від існуючих односторонніх режимів подачі теплоносія в систему опалення будинку.

■ Без балансування та АРПД



■ З балансуванням та АРПД



**Технологія „Temp Balace” дозволяє:**

- здійснювати балансування одно- та двотрубних систем з урахуванням температури зовнішнього повітря

- виконувати пофасадне регулювання систем опалення

- покращити температурний режим у приміщеннях

- знизити витрати на опалення

**Рис. 4.2. Схема внутрішньої будинкової системи «з» та «без» балансувальних клапанів на «стояках» системи та термостатичних клапанів на нагрівальних приладах**

Для оцінки впливу опору огорожувальних конструкцій на ефективність роботи системи розглянемо нестационарну теплопередачу через n-шарове середовище (стіна). Контакт між шарами в загальному випадку будемо зважати неідеальним. Теплопровідності і питомі теплоємності в кожному шарі

приймаємо лінійно залежними від температури по формулам:

$$\lambda_i = \lambda_{0i} (1 + \varepsilon_i t_i), \quad (4.1)$$

де  $\lambda_{0i}$  - значення коефіцієнта теплопровідності для  $i$ -того шару при температурі  $t_0$ , Вт/(м·°С);  $\varepsilon_i$  - постійна для  $i$ -того шару, яка визначається дослідним шляхом;  $t_i$  - температура  $i$ -того шару, °С;  $i$  - номер шару в  $n$ -шаровій середовищі.

Для теплоємності:

$$C_i = C_{0i} (1 + \beta_i t_i), \quad (4.2)$$

де  $C_{0i}$  - значення коефіцієнта теплоємності для  $i$ -того шару при температурі  $t_0$ , Дж/(кг·°С);  $\beta_i$  - постійна для  $i$ -того шару, яка визначається дослідним шляхом.

На вільних поверхнях  $n$ -шарових середовищ задаються граничні умови III роду. При цьому задаються температури зовнішнього середовища  $t_3$  і закон теплообміну між зовнішньою поверхнею огорожуючої конструкції і зовнішнім середовищем. Граничні умови III роду характеризує закон теплообміну між поверхнею і зовнішнім середовищем в процесі охолодження чи нагрівання огорожуючої конструкції. Для опису процесу теплообміну між поверхнею і середовищем використовується закон Ньютона-Ріхмана:

$$q = \alpha (t_s - t_3), \quad (4.3)$$

де  $\alpha$  - коефіцієнт тепловіддачі (характеризує інтенсивність теплообміну між поверхнею огорожуючої конструкції і середовищем), Вт/(м<sup>2</sup>·°С);  $t_s$  - температура поверхні огорожуючої конструкції, °С;  $t_3$  - температура зовнішнього середовища, °С.

Початкове температурне поле задається довільно функціями  $F_i(x)$ .



Система диференціальних рівнянь, які описують теплопередачу через  $n$ -шарову стінку, має вигляд:

$$C_i(t_i) \frac{\partial t_i}{\partial \tau} = \text{div}[\lambda(t_i) \nabla t_i] + f(p_i, \tau), \quad (4.4)$$

де  $\text{div}$  – дивергенція;  $C_i$  – теплоємність  $i$ -того шару при температурі  $t_i$ , кДж/(кг·°C);  $\nabla$  – оператор Лапласа в декартовій системі координат;  $p_i$  – питома потужність внутрішніх джерел теплоти для  $i$ -того шару, Вт/м<sup>3</sup>·с.

Для огорожжючої конструкції система (4.4) буде одномірною без джерел теплоти. З врахуванням лінійної залежності теплофізичних характеристик від температури по (4.1) і (4.2), вважаючи  $\varepsilon_i$  і  $\beta_i$  малими параметрами в тому сенсі, що можна знехтувати їх квадратами і добутками, система (4.4) прийме узагальнений вигляд:

$$\frac{\partial t_i}{\partial \tau} = \alpha_{0i} \left[ \frac{\partial^2 t_i}{\partial x^2} + \frac{\Gamma}{x} \frac{\partial t_i}{\partial x} \right] + \varepsilon_i \frac{a_{0i}}{2} \left[ \frac{\partial^2 t_i}{\partial x^2} + \frac{\Gamma}{x} \frac{\partial t_i}{\partial x} \right] - \frac{\beta_i}{2} \frac{\partial t_i}{\partial \tau}, \quad (4.5)$$

де  $\Gamma$  – коефіцієнт форми, для пластини (стіни)  $\Gamma = 0$ ;  $a$  – коефіцієнт температуропроводності, м<sup>2</sup>/с.

Відповідно, початкові і граничні умови запишуться наступним чином:

$$t_i(x, 0) = F_i(x), \quad (4.6)$$

$$\begin{aligned} -\frac{\partial t_i(l_0, \tau)}{\partial x} + H_{0i} [t_i(l_0, \tau) - \varphi_1(\tau)] - \varepsilon_1 H_{0i} t_i(l_0, \tau) \times \\ \times [t_i(l_0, \tau) - \varphi_1(\tau)] = 0, \end{aligned} \quad (4.7)$$

$$\lambda_{0i} \left[ \frac{\partial t_n(l_n, \tau)}{\partial x} + H_{0n} [t_n(l_n, \tau) - \varphi_n(\tau)] - \varepsilon_n H_{0n} t_n(l_n, \tau) \right] \times [t_n(l_n, \tau) - \varphi_n(\tau)] = 0, \quad (4.8)$$

де  $l_0$  – відстань від початку координат до зовнішньої поверхні стіни;  $l_n$  – відстань від початку координат до внутрішньої поверхні стіни;  $H$  – відносний коефіцієнт теплообміну.

$$H_i = \frac{\alpha_i}{\lambda_j} \quad (4.9)$$

$\varphi_1(\tau)$  – функція зміни температури на зовнішній поверхні першого шару;  
 $\varphi_n(\tau)$  – функція зміни температури на зовнішній поверхні  $n$ -го шару;  
 Умови на контактах між шарами з врахуванням (4.8) та (4.9) визначаються так:

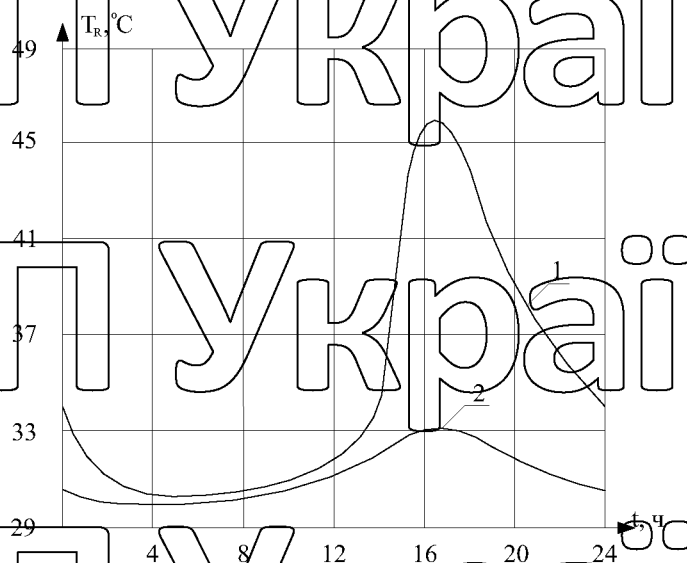
$$\lambda_{0i} \left[ \frac{\partial t_i(l_i, \tau)}{\partial x} + \frac{\varepsilon_i}{2} \frac{\partial^2 t_i(l_i, \tau)}{\partial x^2} \right] = \lambda_{0(i+1)} \times \left[ \frac{\partial t_{i+1}(l_i, \tau)}{\partial x} + \frac{\varepsilon_{i+1}}{2} \frac{\partial^2 t_{i+1}(l_i, \tau)}{\partial x^2} \right], \quad (4.10)$$

$$\lambda_{0i} \left[ \frac{\partial t_i(l_i, \tau)}{\partial x} + \frac{\varepsilon_i}{2} \frac{\partial^2 t_i(l_i, \tau)}{\partial x^2} \right] = \frac{1}{R_i} \times [t_{i+1}(l_i, \tau) - t_i(l_i, \tau)], \quad (4.11)$$

$i = 1, 2, \dots, (n-1),$

де  $\lambda_{0i}$  – теплопровідність  $i$ -того шару для задачі нульового наближення, Вт/м<sup>2</sup>·°С;  $\lambda_{0(i+1)}$  – теплопровідність  $(i+1)$ -го шару для задачі нульового наближення, Вт/м<sup>2</sup>·°С;  $l_i$  – відстань до межі  $i$ -того шару (точка контакту шарів), м;  $R_i$  – термічний опір на межі розподілу двох шарів, (м·°С)/Вт.

Результати розрахунків за формулами (4.1) - (4.11), наведено на рис. 4.3.



**Рис. 4.3.** Зміна температури внутрішнього повітря приміщення на протязі доби: 1 – огорожуючі конструкції виконані з багат шарових стінових панелей; 2 – огорожуючі конструкції виконані з цегельної кладки.

Оцінюючи вплив опору огорожувальних конструкцій на ефективність роботи системи, в умовах нестационарної теплопередачі через n-шарове середовище (стіна), встановлено, що приведена математична модель тепловтрат через зовнішні стіни споруди враховує вплив кліматичних факторів на теплофізичні характеристики матеріалів, з яких вона складається. Рівняння, які описують процес теплопередачі є нелінійними і нестационарними (температура зовнішнього повітря змінюється в часі).

Наведена модель теплопередачі через стіни споруд з урахуванням залежності їх теплофізичних характеристик матеріалів від температури підвищує точність рішень вказаних задач до 15-30 % в порівнянні зі звичайними лінійними методами. Зазначене дозволяє більш точно корегувати «розумний» розподіл і транспортування теплоносія по внутрішньобудинковим системам опалення в динамічному режимі та заощаджувати до 12-15 % теплової енергії, а в поєднанні з «пофасадним» регулюванням – до 20-25 % (за умови відсутності погодозалежного регулювання) досягти скорочення споживаних ресурсів на відміну від відомих систем.

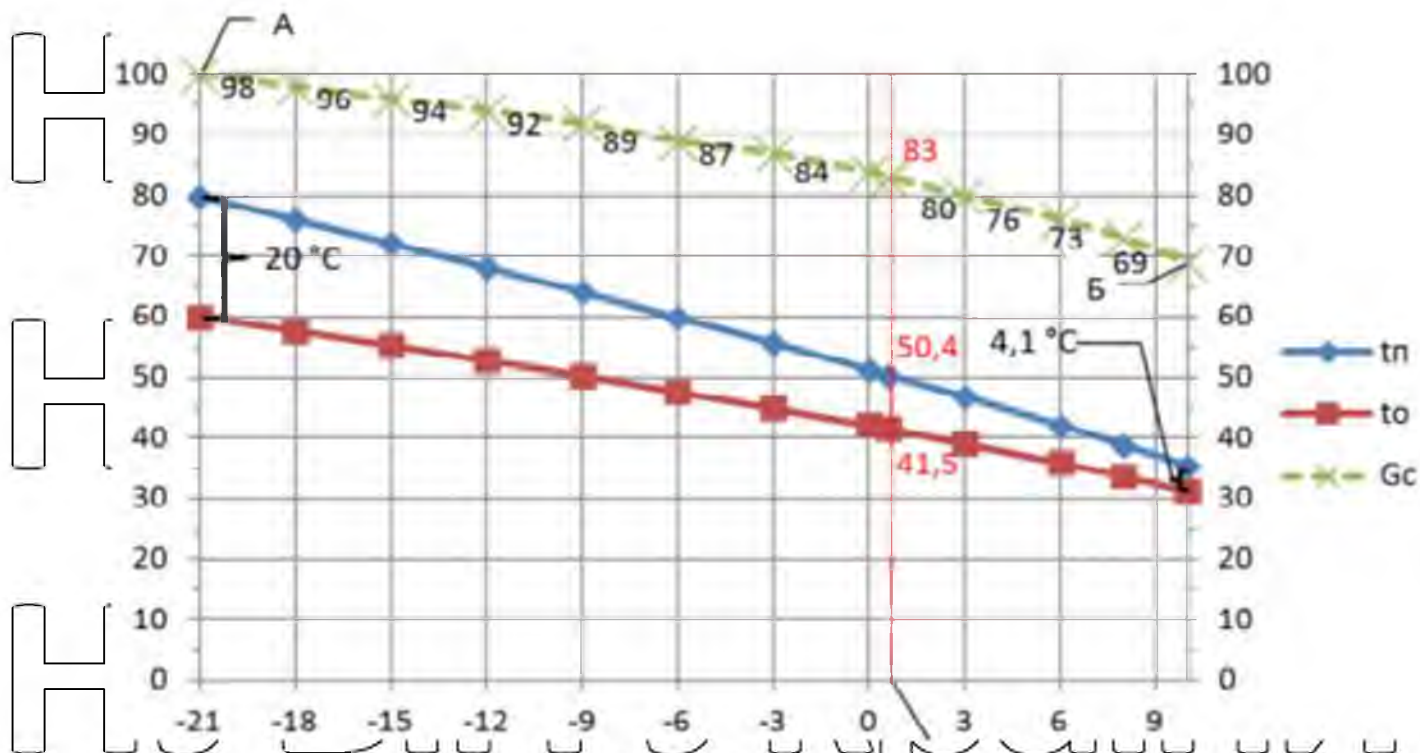


Рис. 4.4. Температури теплоносія у подавальному та зворотньому

трубопроводах внутрішньо будинкової мережі при впровадженні системи

«Temp Balance»

За попереднього оцінкою, використання системи «Temp Balance» дозволить:

покращити комфортні умови у приміщенні при роботі системи опалення в

імпульсному режимі; знизити плату за 1 м<sup>2</sup> опалювальної площі

багатоквартирного будинку на 5,8 грн, при умові організації роботи системи в

«реверсному» режимі – на 6,9 грн/м<sup>2</sup>, а в поєднанні з «пофасадним»

регулюванням – на 9,6 грн/м<sup>2</sup> (за умови відсутності погодозалежного

регулювання) від величини нормативного тарифу (прийнято середнє значення по

Україні), який діє в системах централізованого опалення. Термін окупності

запропонованих заходів не перевищує 2 – 3 опалювальних періодів.

Решта енергозберігаючих заходів описана та подана в таблицях нижче.

НУБІП України

#### IV. Рекомендації щодо забезпечення (підвищення рівня) енергетичної ефективності

##### 1. Заміна дверних конструкцій на сучасні енергозберігаючі

Опір теплопередачі існуючих дверних конструкцій не відповідає вимогам ДБН В.2.6-31:2016 «Теплова ізоляція будівель». Заходом рекомендується замінити існуючі двері на більш енергоефективні металопластикові з профілем 70 мм та склопакетом типу 4i-10-4-10-4i. Опір теплопередачі останніх відповідатиме вимогам ДБН В.2.6-31:2016 «Теплова ізоляція будівель». Площа дверних конструкцій, що підлягає заміні – 14,4 м<sup>2</sup>.



Інвестиції [тис. грн]	Економія		Окупність [роки]
	[Гкал/рік]	[тис. грн/рік]	
33.1	5,6	10.0	3,3

##### 2. Заміна світильників

Наразі освітлення коридорів, сходових маршів та деяких приміщень відбувається за допомогою світильників з лампами розжарювання загальною кількістю 80 шт. Керування системою освітлення здійснюється за допомогою ручного вимикача, встановленого на групу світильників. Заходом рекомендуємо замінити існуючі світильники на LED світильники. Впровадження даного заходу мінімізує нераціональне використання електричної енергії.



Інвестиції [тис. грн]	Економія		Окупність [роки]
	[кВт·год/рік]	[тис. грн/рік]	
30.4	4 800.0	8.1	3,8

##### 3. Заміна вікон МЗК на енергозберігаючі з склопакетами типу 4i-10-4-10-4i

Опір теплопередачі віконних конструкцій не відповідає вимогам ДБН В.2.6-31:2016 «Теплова ізоляція будівель». Заходом рекомендується замінити існуючі вікна МЗК, на більш енергоефективні металопластикові, опір теплопередачі яких відповідатиме вимогам ДБН В.2.6-31:2016 «Теплова ізоляція будівель». Заходом передбачається заміна вікон вказаних вище на нові металопластикові з профілем 70 мм та склопакетом типу 4i-10-4-10-4i з одночасною заміною відливів та підвіконь.



Інвестиції [тис. грн]	Економія		Окупність [роки]
	[Гкал/рік]	[тис. грн/рік]	
108.1	11.1	20.0	5,4

##### 4. Встановлення балансувальних клапанів на стояки системи опалення

Система опалення будівлі розбалансована. Нерівномірність розподілу теплоносія у внутрішній мережі призводить до коливань внутрішньої температури приміщень залежно від стояка будівлі. Рекомендуємо встановити автоматичні балансувальні клапани для однотрубних систем на стояки системи опалення (м. 6.4.7.7, 6.7.30 ДБН В.2.5-67:2013).



Інвестиції [тис. грн]	Економія		Окупність [роки]
	[Гкал/рік]	[тис. грн/рік]	
232,2	20,2	36,3	6,4

## 5. Модернізація системи тепловіддачі

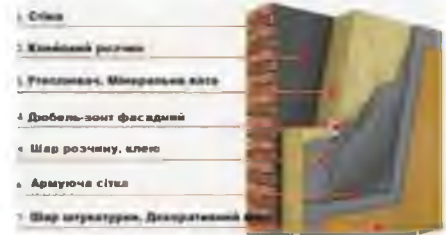
Заходом пропонується встановлення терморегуляторів на нагрівальні прилади з підвищеною пропускнуною спроможністю. Встановлення терморегуляторів регламентоване ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування» (до складу інвестицій даного заходу включені лише витрати по встановленню обладнання без облаштування обвідної лінії «байпас»).



Інвестиції [тис. грн]	Економія		Окупність [роки]
	[Гкал/рік]	[тис. грн/рік]	
103,6	8,3	15,0	6,9

## 6. Утеплення зовнішніх стінових конструкцій

Спостерігаються значні втрати тепла через зовнішні стінові конструкції. Заходом рекомендується утеплення стін плитами базальтової мінеральної вати товщиною 15 см відповідно (теплопровідність не більша ніж 0,05 Вт·м/К) та щільністю не менше  $\rho = 135 \text{ кг/м}^3$ . Супутнім заходом, що включений в інвестицію є утеплення стін фундаменту будівлі екструдованим пінополістиролом товщиною 10 см на 1 м нижче рівня ґрунту.



Інвестиції [тис. грн]	Економія		Окупність [роки]
	[Гкал/рік]	[тис. грн/рік]	
1 653,9	55,6	99,8	16,6

## 7. Утеплення горищного перекриття

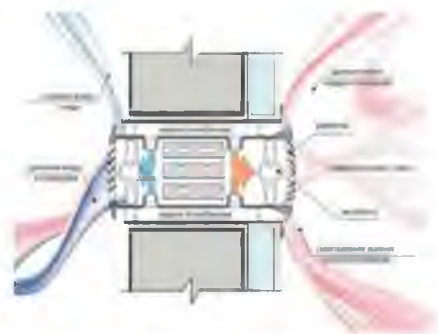
В рамках заходу пропонується виконати утеплення суміщеного покриття, із застосуванням мінеральної вати товщиною 200 мм, теплопровідністю не більше 0,045 Вт/(м·К). Реалізація заходу дозволить привести опір теплопередачі суміщеного покриття до нормативного рівня відповідно до ДБН В.2.6-31 «Теплова ізоляція будівель». Перед впровадженням заходу необхідно виконати оцінку технічного стану будівельних конструкцій і, в разі необхідності, виконати відповідні ремонтно-відновлювальні роботи (витрати на ремонт не включені до складу інвестицій енергоефективного заходу).



Інвестиції [тис. грн]	Економія		Окупність [роки]
	[Гкал/рік]	[тис. грн/рік]	
1 304,7	35,8	64,3	20,3

## 8. Встановлення локальних систем вентиляції

Наразі в будівлі вентиляція приміщень здійснюється лише через нещільності в віконних блоках або шляхом ударного провітрювання. Інфільтрація призводить до додаткових тепловтрат та не забезпечує необхідного рівня повітрообміну. Для забезпечення постійного постачання свіжого повітря рекомендуємо встановити припливно-витяжні локальні системи з рекуперацією тепла (положення ДБН В.2.2-3:2008). Робота механічної системи вентиляції призведе до збільшення споживання електричної енергії будівлею відносно до фактичного енергоспоживання. Проте, даний захід є необхідним для покращення мікроклімату в приміщеннях.



Інвестиції [тис. грн]	Економія		Окупність [роки]
	[Гкал/рік]	[тис. грн/рік]	
1 210,0	33,1	59,4	20,4

## 4.2. Використання альтернативних джерел

**Влаштування геліосистеми для потреб ГВП.** Геліосистема – це установка, яка дозволяє нагрівати воду для гарячого водопостачання та опалення.

Схема роботи системи дуже проста, вода прогрівається в сонячному колекторі, отримане тепло накопичується в баку акумуляторі.

Геліосистеми в закладах освіти можна використовувати для:

- нагрівання води (гарячого водопостачання (ГВП));
- підтримки системи опалення;
- підігріву води в басейні (якщо такий наявний в закладі освіти).

Переваги	Недоліки
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Отримання тепла з сонячної енергії безкоштовне;</li> <li>- Термін експлуатації установки складає мінімум 20 років;</li> <li>- В установці задіяна виключно енергія сонця, яка буде завжди.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Сезонність. У зимовий період часу, на території України, вироблення енергії істотно падає. На геліосистему негативно впливають перепади напруги.</li> </ul>



Рис. 4.5. Зовнішній вигляд геліосистеми

**Організаційні заходи (енергоменеджмент).** Для постійного контролю та аналізу енергоспоживання будівлею рекомендується впровадження системи енергетичного менеджменту. Захід є маловитратним, але забезпечить постійний моніторинг витрат на енергоносії і своєчасне визначення відхилень та першочергових дій, що дозволить підтримувати досягнутий рівень споживання енергоресурсів після впровадження енергозберігаючих заходів.

Для покращення обслуговування систем пропонується:

1.1.1.1 диспетчеризація;

1.1.1.2 розроблення інструкцій по експлуатації та обслуговуванню;

1.1.1.3 проведення навчання персоналу;

1.1.1.4 контроль по обмеженню електроспоживання;

1.1.1.5 відключення або зменшення навантаження в неробочий час.

При впровадженні системи енергоменеджменту передбачається здійснення безперервного контролю і аналізу за рівнем споживання енергії у будівлі.

#### 4.3. Інвестиційні показники

Для розуміння орієнтовної вартості проекту модернізації та його інвестиційних показників в даному розділі наведено результати енергетичних аудитів для закладів освіти<sup>5</sup>, з ранжуванням заходів за їх рентабельністю (NPVQ).

Заходи розділені на два пакети: перший – перелік заходів, що окупаються відносно швидко, другий – оптимальний набір заходів для повної реконструкції та максимальної економії теплової енергії.



Таблиця 4.1 - Приклад №1

ЕЕ Заходи		Інвестиції [грн]	Чиста економія [кВтг/рік][грн/рік]		Окупність [роки]	NPVQ*
1.	Утеплення металевих входних дверей, заміна старих дерев'яних дверей.	81 000	19 800	22 315	3,6	3,80
2.	Експлуатація, обслуговування та енергоменеджмент (навчання персоналу, розробка інструкцій)	30 000	19 800	16 315	1,8	3,64
3.	Модернізація системи освітлення всієї будівлі з заміною ламп на світлодіодні антивандального виконання, заміна системи зовнішнього освітлення на LED	135 500	17 400	33 617	4,0	2,69
4.	Рестаурація, часткова заміна теплоізоляції розподільчих трубопроводів на опалення у підвалі та горіщі. Теплоізоляція відкритих ділянок трубопроводів та запірної арматури.	61 500	9 900	11 157	5,4	1,70
5.	Промивка, балансування опалювальної системи (по "довжині" встановлюючи балансувальні клапани, по "висоті" - збільшивши витрату циркуляційними насосами)	451 000	69 300	53 100	8,5	0,75
6.	Теплова ізоляція зовнішніх стін мін. ватою 150мм, включаючи цоколь на глибину промерзання ґрунту 1м ЕПІС/80мм	3 593 000	257 300	289 977	12,4	0,41
<b>Всього ЕЕ заходи (пакет 2)</b>		<b>4 855 000</b>	<b>540 310</b>	<b>586 936</b>	<b>8</b>	<b>0,03</b>
7.	Вирощення локальної припливно-витяжної вентиляції з рекуперацією	826 000	73 300	83 849	9,9	0,21
8.	Повна реконструкція системи опалення з заміною стояків, встановлення балансувальних клапанів.*	2 078 500	148 500	142 360	14,6	0,58
9.	Теплова ізоляція підлоги першого поверху зі сторони підвального приміщення мін. ватою 120мм	1 909 000	95 000	107 065	17,8	0,02
10.	Утеплення перекриттів даху мін. ватою 200мм з подальшою їх гідроізоляцією	3 914 000	187 100	210 862	18,6	- 0,06
11.	Встановлення сонячної електростанції на потреби освітлення	845 500	14 584	28 170	30,0	- 0,50
<b>Всього ЕЕ заходи та реновація (пакет 1)</b>		<b>13 977 000</b>	<b>989 494</b>	<b>1 106 147</b>	<b>13</b>	<b>0,32</b>

Таблиця 4.2 - Приклад №2

EE Заходи	Інвестиції [грн]	Чиста економія [кВтг/рік]	Окупність NPVQ [грн/рік]	Окупність [роки]	NPVQ *
12. Експлуатація, обслуговування та енергоменеджмент (навчання персоналу, розробка інструкцій)	60 000	45 000	44 715	1,3	5,36
13. Реставрація, часткова заміна теплоізоляції розподільчих трубопроводів на опалення у підвалі та горищі. Теплоізоляція відкритих ділянок трубопроводів та запірної арматури.	41 000	15 000	16 905	2,4	5,13
14. Модернізація системи освітлення всієї будівлі з заміною ламп на світлодіодні (активандельного) виконання, заміна системи зовнішнього освітлення на LED.	362 000	39 000	75 348	4,8	2,10
15. Промивка, балансування опалювальної системи (по "довжині" встановлюючи балансувальні клапани, по "висоті" - збільшивши витрату циркуляційними насосами)	155 500	30 000	23 810	6,5	1,28
16. Теплова ізоляція зовнішніх стін (мін. ваток 120мм) включаючи цокли, на глибину промерзання ґрунту (МЕППС 80мм)	1 772 000	120 000	135 240	13,1	0,33
17. Заміна вікон у дерев'яних плегінях, що залишилися незаміненими на склопакети у металопластиковому профілі, утеплення металевих входних дверей	864 000	25 500	28 739	30,1	-0,42
18. Впровадження припливно-втяжної вентиляції з рекуперацією в басейні та спортивній залі	1 122 000	105 000	149 713	7,5	0,59
<b>Всього EE заходи (пакет 2)</b>	<b>5 044 000</b>	<b>857 835</b>	<b>1 003 553</b>	<b>5</b>	<b>0,70</b>
19. Встановлення системи рециркуляції, заміна теплообмінника на сучасний пластинчастий, встановлення шторки на басейн	1 245 000	426 200	476 463	2,6	5,66
20. Утеплення перекриття в даху мін. ватого 200мм з подільшою ік гідроізоляцією	2 454 500	124 500	140 312	17,4	0,00
21. Повна реконструкція системи опалення з заміною стояків, встановлення балансувальних клапанів.	869 500	105 000	93 335	9,3	1,48
22. Встановлення сонячної електростанції на потреби освітлення МЗК.	845 500	15 693	30 319	27,9	-0,47
<b>Всього EE заходи та реновація (пакет 1)</b>	<b>10 283 000</b>	<b>499 228</b>	<b>1 720 171</b>	<b>6</b>	<b>-0,43</b>

Основний інструмент системи енергомоніторингу – це діаграма «Енергія-Температура» (рисунок 5.2.1). Кожна будівля має свою унікальну ET-криву (лінія на діаграмі), яку можна установити для енергетичних розрахунків. ET-діаграма включає ETкриву і дані погодинних або щотижневих вимірів енергоспоживання при відповідній середній зовнішній температурі. ET-крива показує, яке повинно бути споживання енергії (цільове значення) при різній зовнішній температурі.

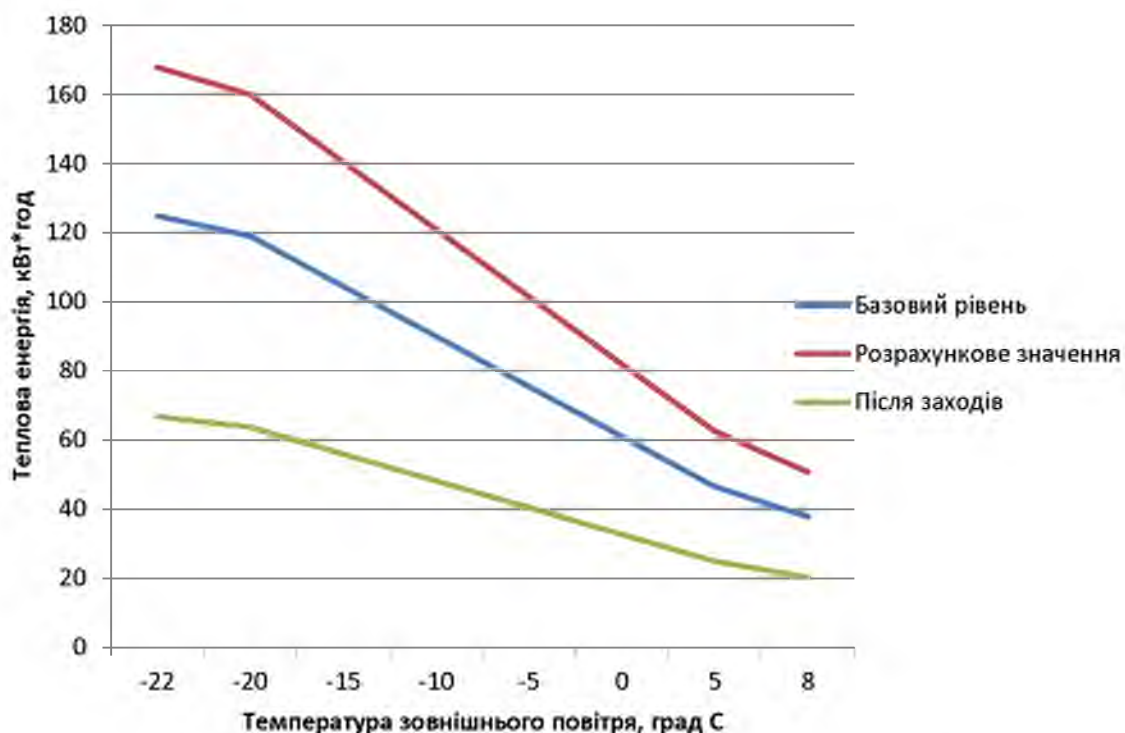


Рис. 4.6. Споживання теплової енергії в залежності від зовнішньої температури

НУБІП України

НУБІП України

#### 4.4. Часті помилки при реалізації заходів з підвищення енергоефективності

Помилка	Опис
Відсутність детального попереднього розрахунку ефекту	Іноді навіть, на перший погляд, ефективні заходи можуть не дати позитивного результату. Наприклад сонячні колектори встановлені в тіні <b>можуть не окупитися ніколи</b> , або витратина обслуговування обладнання, можуть перевищити ефект від використання.  Тому важливо завжди попередньо розраховувати вартість впровадження та вартість подальшого обслуговування.
Недобросовісні продавці/постачальники	Продавці інколи завищують ефект або свідомо продають неefективні матеріали та обладнання («зберігачі» енергії, термофарби і інші).  Тому потрібно бути обережним якщо вам пропонують пристрої з ККД вище 100% або обіцяють зниження споживання без пояснення основних принципів роботи.
Недотримання технології виконання робіт	Часта фраза « <i>і так піде, я завжди так роблю</i> » від будівельників і монтажників може мати сумні наслідки для подальшої експлуатації - <b>якщо ви вже витратилися на обладнання та матеріали, то не пошкодуйте часу і грошей на те щоб змонтувати їх правильно.</b>  Частий приклад: утеплення без використання дюбелів або нанесення не всіх необхідних шарів, недотримання правил монтажу вікон.
Економія на капітальних затратах зі значним подальшим збільшенням експлуатаційних затрат	Кожна дія має свою ціну і якщо ви вирішили встановити дешевий електродвигун або заощадити на теплоізоляції - за кілька років, за рахунок вартості енергоресурсів, можна втратити набагато більше.

Уникнути вказаних проблем допоможе залучення кваліфікованого спеціаліста/компанії з наявним практичним досвідом вже реалізованих проєктів в сфері термомодернізації закладів освіти.

Також, в більшості сучасних виробників є карти технічних рішень, де прописані основні вимоги до монтажу обладнання, приведені насті помилки та способи їх уникнення.

## ВИСНОВКИ

## НУБІП України

В рамках виконання роботи було виконано ряд досліджень, які створюють умови для підвищення ефективності процесу енергопостачання та модернізації з визначенням класу енергетичної ефективності будівлі гуртожитку №10 НУБІП

## НУБІП України

України. Зокрема виконано наступне:

1. Виконано розрахунок системи електричного освітлення типового поверху об'єкта проектування. Виконано вибір захисної апаратури та силових кабелів. Запропоновано для покриття потреб системи освітлення об'єкту

## НУБІП України

використати сонячну енергетичну установку. Виконано розрахунок терміну окупності заходу, який склав 12 років, але, за умови продажу надлишків виробленої електричної енергії сонячною установкою за "зеленим тарифом" державі, термін окупності скорочується до 6 років.

## НУБІП України

2. Здійснено розрахунок теплових втрат на об'єкті, визначено помісячні та річні показники енергопотреби на опалення та гаряче водопостачання будівлі гуртожитку.

## НУБІП України

3. Наведена модель теплопередачі через стіни споруд з урахуванням залежності їх теплофізичних характеристик матеріалів від температури підвищує

## НУБІП України

точність рішень вказаних задач до 15÷30 % в порівнянні зі звичайними лінійними методами. Зазначене дозволяє більш точно корегувати «розумний» розподіл і транспортування теплоносія по внутрішньообудинковим системам

## НУБІП України

опалення в динамічному режимі та заощаджувати до 12-15 % теплової енергії, а в поєднанні з «пофасадним» регулюванням – до 20-25 % (за умови відсутності погодозалежного регулювання) досягти скорочення споживаних ресурсів на відміну від відомих систем.

## НУБІП України

4. Розроблено нову систему автоматичного балансування системи опалення будівлі, яка дозволить усунути «недогрів» нижніх/верхніх і «перегрів»

верхніх/нижніх поверхів перемиканням схеми подачі теплоносія в систему опалення з верхньої на нижню і навпаки в автоматичному режимі залежно від часу та/або температури теплоносія в «зворотному» трубопроводі.

5. За попередньої оцінки, використання системи «Temp Balance» дозволяє покращити комфортні умови у приміщенні при роботі системи опалення в імпульсному режимі; знизити плату за 1 м<sup>2</sup> опалювальної площі багатоквартирного будинку на 5,8 грн, при умові організації роботи системи в «реверсному» режимі – на 6,9 грн/м<sup>2</sup>, а в поєднанні з «пофасадним» регулюванням – на 9,6 грн/м<sup>2</sup> (за умови відсутності погодозалежного регулювання) від величини нормативного тарифу (прийнято середнє значення по Україні), який діє в системах централізованого опалення. Термін окупності запропонованих заходів не перевищує 2 – 3 опалювальних періодів.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Покотилов В.В. Регулирующие клапаны автоматизированных систем тепло- и холодоснабжения: учебное пособие для инженеров, проектировщиков и студентов. – Вена: «HERZ Armaturen», 2017. – 232 с.
2. Радько І. П. Підвищення заходів з енергоефективності та енергозбереження у вищих навчальних закладах [Текст] / І. П. Радько, В. А. Наливайко, О. В. Окушко, А. В. Міщенко, Є. О. Антипов // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія «Техніка та енергетика АПК». – 2018. – № 283. – С. 275 – 280.
3. Радько І. П. Методика та обладнання для проведення енергетичного аудиту: [Електронний ресурс] / І. П. Радько, В. А. Наливайко, О. В. Окушко, А. В. Міщенко, Є. О. Антипов // Енергетика та автоматика. – 2018. – № 1. – С. 123–134.
4. Козирський В. В. Результати спрощеного енергоаудиту об'єктів НУБіП України: [Електронний ресурс] / В. В. Козирський, О. М. Берека, О. В. Шеліманова, Є. О. Антипов // Енергетика і автоматика. – 2012. – № 1 (11). – С. 55–63.
5. Драганов Б.Х., Черних Л.Ф., Ферт А.Р. Методика расчета теплового режима наружных ограждающих конструкций сельскохозяйственных зданий. – К.: УСХА, 1991. – 126 с.
6. Амерханов Р.А. Проектирование систем теплоснабжения сельского хозяйства: учебн. для вузов. Под. ред. проф. Б.Х. Драганова / Р.А. Амерханов, Б.Х. Драганов – Краснодар: 2001. – 200 с.
7. EN 15316-3-1:2007, Heating systems in buildings-Method for calculation of system energy requirements and system efficiencies - Part 3-1: Domestic hot water systems, characterisation of needs (tapping requirements) (Системи теплозабезпечення будівель. Методика розрахунку енергопотреби та енергоефективності системи. Частина 3-1. Системи гарячого водопостачання, характеристика потреби (вимоги))

8. EN ISO 6946:2007, Building components and building elements - Thermal resistance and thermal transmittance - Calculation method (Будівельні компоненти та елементи. Опір теплопередачі та коефіцієнт теплопередачі. Метод розрахунку)

9. ISO 10077-1:2006, Thermal performance of windows, doors and shutters - Calculation of thermal transmittance - Part 1: General (Теплотехнічні властивості вікон, дверей і примикань. Розрахунок коефіцієнта теплопередачі. Частина 1: Загальні положення)

10. EN ISO 13370:2007, Thermal performance of buildings - Heat transfer via the ground - Calculation methods (Теплотехнічні характеристики будівель. Теплопередача до ґрунту. Розрахункові методи)

11. ISO 13786:2007, Thermal performance of buildings - Transmission heat loss coefficient - Calculation method (Теплотехнічні характеристики будівель. Коефіцієнт теплопередачі трансмісією. Розрахунковий метод)

12. ISO 13789:2007, Thermal performance of buildings-Transmission and ventilation heat transfer coefficients - Calculation method (Теплові характеристики будівель. Коефіцієнти теплопередачі трансмісією та вентиляцією. Метод розрахунку)

13. EN 15316-2-3:2007, Heating systems in buildings - Method for calculation of system energy requirements and system efficiencies - Part 2-3 Space heating distribution systems (Системи теплозабезпечення будівель. Методика розрахунку енергопотреби та енергоефективності системи. Частина 2-3. Тепло розподілення в системі опалення)

14. EN 15316-3-2:2007 Heating systems in buildings - Method for calculation of system energy requirements and system efficiencies - Part 3-2: Domestic hot water systems, distribution (Системи теплозабезпечення будівель. Методика розрахунку енергопотреби та енергоефективності системи. Частина 3-2. Системи гарячого водопостачання, розподілення теплоти)

15. EN 15316-3-3:2007, Heating systems in buildings - Method for calculation of system energy requirements and system efficiencies - Part 3-3: Domestic hot water systems, generation (Системи теплозабезпечення будівель. Методика розрахунку



енергопотреби та енергоефективності системи. Частина 3-3. Системи гарячого водопостачання, генерування теплоти)

16. EN 15316-4-1:2008 Heating systems in buildings-Method for calculation of system energy requirements and system efficiencies - Part 4-1: Space heating generation systems, combustion systems (boilers) (Системи теплозабезпечення будівель. Методика розрахунку енергопотреби та енергоефективності системи. Частина 4-1: Генераційні системи опалення будівель, системи спалювання (котли))

17. EN 15378 Heating systems in buildings - Inspection of boilers and heating systems (Системи теплозабезпечення будівель. Перевірка котлів та опалення)

18. EN 15316-4-7:2008 Heating systems in buildings - Method for calculation of system energy requirements and system efficiencies - Part 4-7: Space heating generation systems, biomass combustion systems (Системи теплозабезпечення будівель. Методика розрахунку енергопотреби та енергоефективності системи. Частина 4-7: Системи виробництва тепла для опалення приміщень, системи спалювання біомаси)

19. EN 15316-4-2:2008 Heating systems in buildings - Method for calculation of system energy requirements and system efficiencies - Part 4-2: Space heating generation systems, heat pump systems (Системи теплозабезпечення будівель. Методика розрахунку енергопотреби та енергоефективності системи. Частина 4-2: Генераційні системи опалення будівель, системи опалення за використання теплового насосу)

20. EN 15316-4-3:2007 Heating systems in buildings - Method for calculation of system energy requirements and system efficiencies - Part 4-3: Heat generation systems, thermal solar systems (Системи теплозабезпечення будівель. Методика розрахунку енергопотреби та енергоефективності системи. Частина 4-3: Системи виробництва тепла, сонячні теплові установки)

21. EN 15316-4-4:2007 Heating systems in buildings - Method for calculation of system energy requirements and system efficiencies - Part 4-4: Heat generation systems, building-integrated cogeneration systems (Системи теплозабезпечення будівель. Методика розрахунку енергопотреби та енергоефективності системи.

Частина 4-4: Системи виробництва тепла, інтегровані в будівлі когенераційні системи)

22. EN 15316-4-5:2007 Heating systems in buildings - Method for calculation of system energy requirements and system efficiencies - Part 4-5: Space heating generation systems, the performance and quality of district heating and large volume systems (Системи теплозабезпечення будівель. Методика розрахунку енергопотреби та енергоефективності системи. Частина 4-5: Генераційні системи опалення будівель, ефективність та якість центрального опалення та систем великого обсягу)

23. EN 15316-4-6:2007 Heating systems in buildings - Method for calculation of system energy requirements and system efficiencies - Part 4-6: Heat generation systems, photovoltaic systems (Системи теплозабезпечення будівель. Методика розрахунку енергопотреби та енергоефективності системи. Частина 4-6: Системи виробництва тепла, фотоелектричні системи)

24. EN 14825 Air conditioners, liquid-chilling packages and heat pumps, with electrically driven compressors, for space heating and cooling-Testing and rating at part load conditions and calculation of seasonal performance (Кондиціонери, холодильні установки на основі рідини та теплові насоси з компресорами на електричному приводі для опалення та охолодження. Випробування та оцінка в умовах часткового навантаження та розрахунок сезонної ефективності)

25. EN 14511-3 Air conditioners, liquid chilling packages and heat pumps with electrically driven compressors for space heating and cooling - Part 3: Test methods (Кондиціонери, холодильні установки на основі рідини та теплові насоси з компресорами на електричному приводі для опалення та охолодження. Частина 3: Методи випробувань)

26. COMMISSION DELEGATED REGULATION (EU) No 626/2011

27. COMMISSION DELEGATED REGULATION (EU) No 626/2012