

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ДНІПРОВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»**



**ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
Кафедра електроенергетики**

Г.С. Олішевський

**Методичні рекомендації
до виконання індивідуальних завдань
з дисципліни «Енергозбереження в будівлях та загальногалузевих технологіях»
для студентів спеціальності
141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка**

Дніпро
НТУ «ДП»
2019

Олішевський Г.С.

Методичні рекомендації до виконання індивідуальних завдань з дисципліни «Енергозбереження в будівлях та загальногалузевих технологіях» для студентів спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка / Г.С. Олішевський; М-во освіти і науки України, Нац. техн. ун-т. «Дніпровська політехніка». – Дніпро: НТУ «ДП», 2019. – 30 с.

Автор:

Г.С. Олішевський, канд. техн. наук, доц.

Затверджено методичною комісією за спеціальністю 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка (протокол № 19/20-1 від 11.09.2019 р.) за поданням кафедри електроенергетики (протокол № 1 від 04.09.2019 р.)

Методичні рекомендації призначено для виконання індивідуальних завдань з дисципліни «Енергозбереження в будівлях та загальногалузевих технологіях» студентами спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Орієнтовано на активізацію навчальної діяльності магістрів та закріплення практичних знань з даної дисципліни.

Відповідальний за випуск виконуючий обов'язки завідувача кафедри електроенергетики В.М. Рогоза, канд. техн. наук, проф.

ЗМІСТ

Вступ.....	4
Індивідуальне завдання № 1	
Теплоізоляція огороджуючих конструкцій.....	5
Індивідуальне завдання № 2	
Конденсація вологи в будівлях.....	8
Індивідуальне завдання № 3	
Тепловий баланс будівлі.....	10
Індивідуальне завдання № 4	
Економічна ефективність модернізації системи регулювання опалення.....	12
Список рекомендованої літератури.....	25
Додаток.....	26

ВСТУП

Важливою стратегічною лінією державної політики розвитку економіки та соціальної сфери є енергозбереження, однією з важливих складових якого є енергозбереження в загальнопромислових технологічних процесах та в будівлях. Для впровадження цієї політики необхідні фахівці по енергозбереженню – магістри з енергетичного менеджменту. Майбутні виробничі функції енергетичного менеджера пов'язані з прийняттям оптимальних керівних рішень по ефективному збереженню енергії на підприємствах та в будівлях. Засвоєнні з дисципліни знання мають бути базою для опанування прогресивними методами розробки та застосування програм енергозбереження й запуску системи енергетичного менеджменту на підприємствах та в будівлях – формування енергетичної політики країни.

Мета даних методичних рекомендацій – забезпечення самостійного вивчення основних розділів дисципліни "Енергозбереження в будівлях та загальногалузевих технологіях", для формування у студентів стійких знань і умінь виконувати широке коло основних теплотехнічних розрахунків.

Методичні рекомендації складаються із чотирьох індивідуальних завдань з основних тем дисципліни. Перше завдання відповідає визначенню опору теплопередачі для різних типів огорожуючих конструкцій. У другому завданні розглянуто процеси конденсації вологи у товщі огорожуючих конструкцій. Третє завдання присвячене визначенню теплового балансу в будівлях, а в четвертому оцінюється економічна ефективність модернізації різноманітних систем регулювання опалення.

Кожне завдання супроводжується докладними методичними рекомендаціями щодо алгоритму розв'язання, а також відповідним довідковим матеріалом, поданим у табличній формі. До кожного завдання додається широкий набір вихідних даних, а в четвертому завданні кожний варіант представляє собою окрему задачу зі своїми даними. Усе це дозволяє використовувати ці завдання також для виконання контрольних робіт та здійснення блочного контролю на відповідних заняттях.

При виконанні залікових контрольних робіт або домашніх завдань викладач указує номер завдання та номер варіанта.

Студент повинен здати викладачу основні теми, для чого виконує індивідуальні завдання під час аудиторної самостійної роботи або у вигляді домашніх завдань, проробивши відповідні теоретичні розділи дисципліни. Для самостійної проробки студентами теоретичного матеріалу нижче вказується література, наявна в достатній кількості в бібліотеці університету.

ІНДИВІДУАЛЬНЕ ЗАВДАННЯ № 1

ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЯ ОГОРОДЖУЮЧИХ КОНСТРУКЦІЙ

Методичні рекомендації

Опір теплопередачі огороджуючих конструкцій слід визначати за наступною формулою

$$R = \sum_i \frac{1}{\alpha_i} + \sum_j \frac{\delta_j}{\lambda_j}, \frac{\text{м}^2 \text{К}}{\text{Вт}}, \quad (1.1)$$

де α_i – і-й коефіцієнт тепловіддачі повітря для відповідної поверхні конструкції, $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \text{К}}$; δ_j – товщина j-го шару конструкції, м; λ_j – коефіцієнт теплопровідності матеріалу j-го шару конструкції, $\frac{\text{Вт}}{\text{мК}}$.

Отриманий опір порівнюється із нормативним значенням для даного регіону, що береться із табл. 5 у додатку (вибирати максимальне значення для своєї зони). У разі, якщо дійсний опір теплопередачі менше нормативного слід розрахувати необхідну товщину шару теплоізоляції за допомогою рівняння (1.1), підставивши у ліву частину нормативне значення опору теплопередачі огороджуючої конструкції і розв'язавши це рівняння відносно товщини відповідного шару теплоізоляції.

Задача № 1

Визначити опір теплопередачі огороджуючої конструкції та розрахувати мінімальну товщину зовнішньої теплоізоляції.

Вихідні дані: Кліматичні умови – [Місто]. Експлуатаційний режим – сухий. Конструкція стіни має наступний склад: облицювальне покриття з туфу товщиною δ_3 , шар зовнішньої теплоізоляції із коефіцієнтом теплопровідності λ_2 і товщиною δ_2 ; залізобетонна плита із коефіцієнтом теплопровідності λ_1 і товщиною δ_1 та штукатурка товщиною 25 мм. Коефіцієнти тепловіддачі та теплопровідності для відповідних поверхонь та матеріалів вибрати із таблиць у додатку.

Задача № 2

Визначити опір теплопередачі огороджуючої конструкції та розрахувати мінімальну товщину зовнішньої теплоізоляції.

Вихідні дані: Кліматичні умови – [Місто]. Експлуатаційний режим – сухий. Конструкція стіни має наступний склад: облицювальне покриття з гіпсокартону товщиною δ_3 ; вентиляційна щілина шириною Δ ; шар зовнішньої теплоізоляції із коефіцієнтом теплопровідності λ_2 і товщиною δ_2 ; залізобетонна плита із коефіцієнтом теплопровідності λ_1 і товщиною δ_1 . Коефіцієнти тепловіддачі та теплопровідності для відповідних поверхонь та матеріалів вибрати із таблиць у додатку.

Задача № 3

Визначити опір теплопередачі огорожуючої конструкції та розрахувати мінімальну товщину внутрішньої теплоізоляції.

Вихідні дані: Кліматичні умови – [Місто]. Експлуатаційний режим – сухий. Конструкція стіни має наступний склад: штукатурка товщиною 15 мм; залізобетонна плита із коефіцієнтом теплопровідності λ_1 і товщиною δ_1 ; шар внутрішньої теплоізоляції із пінополістиролу товщиною δ_2 ; листок гіпсовий обшивальний товщиною δ_3 . Коефіцієнти тепловіддачі та теплопровідності для відповідних поверхонь та матеріалів вибрати із таблиць у додатку.

Задача № 4

Визначити опір теплопередачі огорожуючої конструкції та розрахувати мінімальну товщину зовнішньої теплоізоляції.

Вихідні дані: Кліматичні умови – [Місто]. Експлуатаційний режим – сухий. Конструкція стіни має наступний склад: облицювальне покриття із мармуру товщиною δ_3 ; замкнена повітряна щілина шириною Δ ; шар зовнішньої теплоізоляції із коефіцієнтом теплопровідності λ_2 і товщиною δ_2 ; залізобетонна плита із коефіцієнтом теплопровідності λ_1 і товщиною δ_1 . Коефіцієнти тепловіддачі та теплопровідності для відповідних поверхонь та матеріалів вибрати із таблиць у додатку.

Задача № 5

Визначити опір теплопередачі огорожуючої конструкції та розрахувати мінімальну товщину зовнішньої теплоізоляції.

Вихідні дані: Кліматичні умови – [Місто]. Експлуатаційний режим – сухий. Конструкція стіни має наступний склад: облицювальне покриття із природного каменю товщиною δ_3 ; зовнішній шар теплоізоляції із пінополістиролу товщиною δ_2 ; залізобетонна плита із коефіцієнтом теплопровідності λ_1 і товщиною δ_1 , штукатурка товщиною 20 мм. Коефіцієнти тепловіддачі та теплопровідності для відповідних поверхонь та матеріалів вибрати із таблиць у додатку.

Вихідні данні до завдання №1

№ варіанту	δ_1 , мм	δ_2 , мм	δ_3 , мм	№ задачі	λ_1 , $\frac{Вт}{мК}$	λ_2 , $\frac{Вт}{мК}$	Δ , мм	Місто
1	300	50	15	1	1,25	0,05	30	Дніпропетровськ
2	250	80	20	2	1,18	0,036	10	Ужгород
3	300	60	25	5	1,36	0,048	50	Рівне
4	350	40	10	4	1,45	0,041	30	Луцьк
5	400	35	30	1	1,8	0,035	30	Київ
6	450	45	35	3	1,72	0,05	20	Чернівці
7	300	65	15	5	1,1	0,075	10	Одеса
8	250	80	20	2	1,5	0,056	20	Херсон
9	350	70	25	4	0,9	0,038	50	Донецьк
10	400	50	30	1	0,8	0,057	10	Крим. узбережжя
11	450	60	30	4	1,25	0,036	50	Ужгород
12	300	40	35	1	1,18	0,048	30	Луцьк
13	250	35	15	3	1,36	0,041	30	Рівне
14	350	45	20	5	1,45	0,035	20	Чернігів
15	300	65	25	2	1,8	0,05	10	Запоріжжя
16	250	80	15	4	1,72	0,05	30	Київ
17	300	50	20	3	1,1	0,075	20	Миколаїв
18	350	80	25	2	1,5	0,056	10	Львів
19	400	60	10	1	0,9	0,038	20	Одеса
20	450	40	30	3	0,8	0,057	50	Дніпропетровськ
21	400	80	20	5	1,1	0,05	10	Крим. узбережжя
22	450	70	25	4	1,5	0,036	20	Ужгород
23	300	50	10	1	0,9	0,048	50	Луцьк
24	250	60	30	3	0,8	0,041	10	Рівне
25	350	40	35	5	1,25	0,035	50	Чернігів
26	300	35	15	2	1,18	0,05	30	Крим. узбережжя
27	400	45	20	4	1,36	0,075	30	Ужгород
28	450	65	25	1	1,45	0,056	20	Луцьк
29	300	80	30	4	1,8	0,038	10	Рівне
30	250	50	30	1	1,72	0,057	30	Чернігів

ІНДИВІДУАЛЬНЕ ЗАВДАННЯ № 2 КОНДЕНСАЦІЯ ВОЛОГИ В БУДІВЛЯХ

Визначити на якій відстані від внутрішньої поверхні стіни виникне конденсація водяних парів, якщо температура внутрішньої поверхні стіни t_6 , відносна вологість повітря біля внутрішньої поверхні φ , температура зовнішньої поверхні стіни t_3 , а температура повітря біля внутрішньої поверхні стіни на 2 °С більше температури внутрішньої поверхні стіни. Конструкція стіни складає собою: шар зовнішньої ізоляції (λ_1) товщиною δ_1 ; залізобетонну конструкцію (λ_2) товщиною δ_2 та штукатурку товщиною δ_3 . Розрахувати також температури на границях між складовими конструкції стіни, зобразити зміну температури по товщині стіни на схемі.

Методичні рекомендації

Спочатку слід за допомогою $i-d$ діаграми вологого повітря визначити температуру точки роси виходячи із наступних даних: температури повітря та відносної вологості біля внутрішньої поверхні стіни.

Далі необхідно визначити питомий тепловий потік, що проходить крізь стіну за формулою

$$q = \frac{t_6 - t_3}{\sum_i \frac{\delta_i}{\lambda_i}}, \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}, \quad (2.1)$$

де t_6 та t_3 – температури відповідно внутрішньої та зовнішньої поверхонь стіни °С; δ_i – товщина i -го шару конструкції, м; λ_i – коефіцієнт теплопровідності матеріалу i -го шару конструкції, $\frac{\text{Вт}}{\text{мК}}$.

Потім визначають температури на границях між складовими конструкції стіни, складаючи рівняння (2.1) для відповідних окремих шарів конструкції, пам'ятаючи, що крізь усі шари проходить один і той же питомий тепловий потік q .

Порівнюючи температури на границях між складовими конструкції із температурою точки роси визначають шар в якому виникає конденсація водяних парів. Далі склавши рівняння (2.1) для шару матеріалу, в якому виникла конденсація, розв'язують його відносно товщини й отримують відстань площини конденсації відносно відповідної границі між складовими конструкції стіни. Після чого, склавши цю відстань з товщинами складових конструкцію шарів, що лежать між внутрішньою поверхнею стіни та шаром із конденсацією отримують необхідний результат.

Вихідні данні до завдання №2

№ ва-ріанту	δ_1 , мм	δ_2 , мм	δ_3 , мм	λ_1 , $\frac{\text{Вт}}{\text{мК}}$	λ_2 , $\frac{\text{Вт}}{\text{мК}}$	φ , %	t_8 , °C	t_3 , °C
1	70	450	30	0,036	0,45	50	21	-1
2	50	300	35	0,048	1,15	40	25	-5
3	60	250	15	0,041	1,36	60	15	2
4	40	350	20	0,035	0,65	45	18	1
5	35	300	25	0,06	1,8	55	15	0
6	45	250	15	0,05	0,72	65	17	3
7	65	300	20	0,075	1,1	70	19	-4
8	80	350	25	0,056	1,5	35	20	-7
9	50	400	10	0,038	0,95	30	25	-10
10	80	450	30	0,057	0,8	45	15	-10
11	60	300	15	0,055	1,25	55	15	2
12	40	250	20	0,036	1,18	65	18	3
13	35	300	25	0,048	1,26	70	19	-6
14	45	350	10	0,061	1,45	42	24	-18
15	65	400	30	0,035	1,64	60	15	3
16	40	450	35	0,05	0,73	45	18	-1
17	35	300	15	0,075	1,1	50	21	-15
18	45	250	20	0,056	1,51	40	25	-5
19	65	350	25	0,03	0,9	60	17	2
20	80	400	30	0,057	0,8	45	15	1
21	50	300	20	0,065	1,1	60	15	2
22	80	400	25	0,075	1,5	45	18	1
23	50	450	10	0,056	0,9	55	15	0
24	80	300	30	0,038	0,84	65	17	3
25	60	250	35	0,057	1,25	70	19	-4
26	40	400	15	0,075	1,18	35	20	-7
27	80	450	20	0,036	1,36	30	25	-10
28	70	300	25	0,046	0,45	45	15	-10
29	50	250	30	0,041	1,8	55	15	2
30	60	350	30	0,03	0,52	65	18	3

ІНДИВІДУАЛЬНЕ ЗАВДАННЯ № 3 ТЕПЛОВИЙ БАЛАНС БУДІВЛІ

Скласти рівняння теплового балансу з визначенням усіх його складових:

- теплових втрат теплопередачею через зовнішні стіни, покрівлю та перекриття над неопалюваним підвалом без світлових отворів в стінах;
- теплових витрат на вентиляцію (за умов однократного обміну повітря);
- побутових тепловиділень.

Вихідні дані: розміри помешкання $L \times B$; висота стелі H , площа вікон F , середня температура повітря в помешканні t_g , середня температура зовнішнього повітря t_z . Кліматичні умови – [Місто]. Експлуатаційний режим – сухий. Стіни прийняти великопанельними з утеплювачами із полімерних матеріалів. Тип засклення та його умовні позначення у вихідних даних наведені нижче.

Відсутні характеристики для відповідних конструкцій та матеріалів вибрати із таблиць у додатку.

Методичні рекомендації

Рівняння теплового балансу помешкання за винятком втрат інфільтрацією холодного повітря запишеться

$$Q = Q_m + Q_v - Q_{nm}, \text{ Вт}, \quad (3.1)$$

де Q_m – теплові втрати теплопередачею крізь зовнішні огороження;
 Q_v – витрати теплоти на вентиляцію; Q_{nm} – побутові тепловиділення.

Теплові втрати теплопередачею крізь зовнішні огороження визначаються за формулою

$$Q_m = \sum k_i F_i \Delta t_i, \text{ Вт}, \quad (3.2)$$

де $k_i = \frac{1}{R_i}$ – коефіцієнт теплопередачі i -тої однорідної частини огорожуючих конструкцій, $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \text{ К}}$; R_i – відповідний опір теплопередачі огорожуючих конструкцій, $\frac{\text{м}^2 \text{ К}}{\text{Вт}}$ (вибрати з табл. 5 в додатку); F_i – площа i -тої однорідної частини огорожуючих конструкцій, м^2 ; Δt_i – різниця середніх температур повітря зсередини та зовні для i -тої однорідної частини огорожуючих конструкцій, $^\circ\text{С}$.

Витрати теплоти на вентиляцію визначаються як

$$Q_v = \frac{V_g c' (t_g - t_z)}{3600}, \text{ Вт}, \quad (3.3)$$

де V_g – об'єм помешкання, що вентилюється, м^3 ; c' – об'ємна теплоємність повітря, приймається рівною $1260 \frac{\text{Дж}}{\text{м}^3 \text{ К}}$; t_g – середня температура нагрі-

того повітря, що подається у помешкання, °С ; t_3 – середня температура зовнішнього повітря, °С .

Побутові тепловиділення визначаються за формулою

$$Q_{nm} = 10 F , \text{ Вт} , \quad (3.4)$$

де F – загальна площа помешкання, м².

Таблиця 3.1

Вихідні данні до завдання №3

№ варіанту	L , м	B , м	H , м	F , м	t_6 , °С	t_3 , °С	Тип засклення	Місто
1	15	50	2,4	45	15	2	А	Дніпропетровськ
2	25	80	2,5	60	18	3	З	Ужгород
3	30	60	3	50	19	-6	Б	Рівне
4	35	40	3,5	35	24	-18	В	Чернігів
5	40	35	4	42	15	3	И	Запоріжжя
6	45	45	4,5	51	18	-1	Г	Київ
7	50	65	5	65	21	-15	К	Миколаїв
8	55	80	5,5	70	25	-5	Д	Львів
9	60	70	6	80	17	2	Е	Одеса
10	65	50	6,5	75	15	1	А	Дніпропетровськ
11	70	60	2,5	39	15	-1	Ж	Крим. узбережжя
12	75	40	3	59	18	-5	Б	Ужгород
13	80	35	3,5	69	15	2	З	Рівне
14	85	45	4	54	17	1	В	Луцьк
15	90	65	4,5	81	19	0	И	Київ
16	55	30	2,4	38	20	3	К	Чернівці
17	60	50	3,5	48	25	-4	Г	Одеса
18	65	80	4	78	15	-7	А	Херсон
19	70	60	4,5	84	15	-10	Д	Донецьк
20	75	40	5	64	18	-7	Б	Крим. узбережжя
21	65	80	5,5	79	21	-10	Е	Ужгород
22	70	25	4,5	42	25	-10	В	Луцьк
23	75	50	5	52	15	2	Ж	Луцьк
24	80	30	5,5	36	18	3	Г	Рівне
25	85	40	6	41	15	-10	З	Чернігів
26	90	35	6,5	55	17	2	Д	Крим. узбережжя
27	25	45	4	27	19	1	И	Луцьк
28	30	65	4,5	30	20	0	Е	Рівне
29	35	80	5	37	25	3	К	Чернігів
30	40	60	5,5	46	15	-4	Ж	Ужгород

Умовні позначення типів засклення вікон

Тип засклення	Позначення
Однокамерний склопакет із звичайного скла	А
Однокамерний склопакет із звичайного скла та із заповненням газами	Б
Однокамерний склопакет із тепловідзеркалюючим покриттям на склі	В
Однокамерний склопакет із тепловідзеркалюючим покриттям на склі та із заповненням газами	Г
Двокамерний склопакет	Д
Двокамерний склопакет із тепловідзеркалюючим покриттям	Е
Двокамерний склопакет із тепловідзеркалюючим покриттям та із заповненням газами	Ж
Вікна із одинарним заскленням	З
Вікна із подвійним заскленням	И
Вікна із потрійним заскленням	К

ІНДИВІДУАЛЬНЕ ЗАВДАННЯ № 4
ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ МОДЕРНІЗАЦІЇ СИСТЕМИ
РЕГУЛЮВАННЯ ОПАЛЕННЯ

Варіант № 1

Дати оцінку економічної ефективності модернізації системи регулювання опалення для 9-поверхового панельного будинку, побудованого в 70-х роках із важких конструкцій з недостатньою теплоізоляцією. Площа, що опалюється 5400 м². Існуюча система регулювання – ручні радіаторні крани. Дім приєднано до теплової мережі. Температура в приміщеннях 20 °С. Середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період 1 °С.

Заходи по покращенню регулювання: термостатичні радіаторні вентилі; регулювання по температурі зовнішнього повітря в індивідуальному тепловому пункті; нічне зниження температури в продовж 8 годин на добу.

Вартість енергії – 0,13 грн./кВт·год. Капітальні витрати 120000 грн.

Варіант № 2

Дати оцінку економічної ефективності модернізації системи регулювання опалення для 9-поверхового панельного будинку, побудованого в 70-х роках із важких конструкцій з недостатньою теплоізоляцією. Площа, що опалюється 5500 м². Існуюча система регулювання – ручні радіаторні крани. Дім приєднано до теплової мережі. Температура в приміщеннях 23 °С. Середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період -5 °С.

Заходи по покращенню регулювання: термостатичні радіаторні вентиля; регулювання по температурі зовнішнього повітря в індивідуальному тепловому пункті; нічне зниження температури в продовж 8 годин на добу.

Вартість енергії – 0,13 грн./кВт·год. Капітальні витрати 150000 грн.

Варіант № 3

Дати оцінку економічної ефективності модернізації системи регулювання опалення для 9-поверхового панельного будинку, побудованого в 70-х роках із важких конструкцій з недостатньою теплоізоляцією. Площа, що опалюється 5000 м². Існуюча система регулювання – ручні радіаторні крани. Дім приєднано до теплової мережі. Температура в приміщеннях 20 °С. Середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період -1 °С.

Заходи по покращенню регулювання: термостатичні радіаторні вентиля; регулювання по температурі зовнішнього повітря в індивідуальному тепловому пункті; нічне зниження температури в продовж 4 годин на добу.

Вартість енергії – 0,13 грн./кВт·год. Капітальні витрати 100000 грн.

Варіант № 4

Дати оцінку економічної ефективності модернізації системи регулювання опалення для 9-поверхового панельного будинку, побудованого в 70-х роках із важких конструкцій з недостатньою теплоізоляцією. Площа, що опалюється 5600 м². Існуюча система регулювання – ручні радіаторні крани. Дім приєднано до теплової мережі. Температура в приміщеннях 20 °С. Середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період 1 °С.

Заходи по покращенню регулювання: термостатичні радіаторні вентиля; регулювання по температурі зовнішнього повітря в індивідуальному тепловому пункті; нічне зниження температури в продовж 12 годин на добу.

Вартість енергії – 0,13 грн./кВт·год. Капітальні витрати 140000 грн.

Варіант № 5

Дати оцінку економічної ефективності модернізації системи регулювання опалення для 9-поверхового панельного будинку, побудованого в 70-х роках із важких конструкцій з недостатньою теплоізоляцією. Площа, що опалюється 5100 м². Існуюча система регулювання – ручні радіаторні крани. Дім приєднано до теплової мережі. Температура в приміщеннях 21 °С. Середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період -9 °С.

Заходи по покращенню регулювання: регулювання по температурі зовнішнього повітря в індивідуальному тепловому пункті; нічне зниження температури в продовж 4 годин на добу.

Вартість енергії – 0,13 грн./кВт·год. Капітальні витрати 125000 грн.

Варіант № 6

Дати оцінку економічної ефективності модернізації системи регулювання опалення для 9-поверхового панельного будинку, побудованого в 70-х роках із важких конструкцій з недостатньою теплоізоляцією. Площа, що опалюється 5900 м². Існуюча система регулювання – ручні радіаторні крани. Дім приєднано до теплової мережі. Температура в приміщеннях 25 °С. Середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період -3 °С.

Заходи по покращенню регулювання: термостатичні радіаторні вентиля; регулювання по температурі зовнішнього повітря в індивідуальному тепловому пункті; нічне зниження температури в продовж 4 годин на добу.

Вартість енергії – 0,13 грн./кВт·год. Капітальні витрати 130000 грн.

Варіант № 7

Дати оцінку економічної ефективності модернізації системи регулювання опалення для 9-поверхового панельного будинку, побудованого в 70-х роках із важких конструкцій з недостатньою теплоізоляцією. Площа, що опалюється 5000 м². Існуюча система регулювання – ручні радіаторні крани. Дім приєднано до теплової мережі. Температура в приміщеннях 23 °С. Середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період -6 °С.

Заходи по покращенню регулювання: термостатичні радіаторні вентиля; регулювання по температурі зовнішнього повітря в індивідуальному тепловому пункті; нічне зниження температури в продовж 12 годин на добу.

Вартість енергії – 0,13 грн./кВт·год. Капітальні витрати 110000 грн.

Варіант № 8

Дати оцінку економічної ефективності модернізації системи регулювання опалення для 9-поверхового панельного будинку, побудованого в 70-х роках із важких конструкцій з недостатньою теплоізоляцією. Площа, що опалюється 6000 м². Існуюча система регулювання – ручні радіаторні крани. Дім приєднано до теплової мережі. Температура в приміщеннях 22 °С. Середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період -8 °С.

Заходи по покращенню регулювання: регулювання по температурі зовнішнього повітря в індивідуальному тепловому пункті; нічне зниження температури в продовж 8 годин на добу.

Вартість енергії – 0,13 грн./кВт·год. Капітальні витрати 150000 грн.

Варіант № 9

Дати оцінку економічної ефективності модернізації системи регулювання опалення для 9-поверхового панельного будинку, побудованого в 70-х роках із важких конструкцій з недостатньою теплоізоляцією. Площа, що опалюється 5150 м². Існуюча система регулювання – ручні радіаторні крани. Дім приєднано до теплової мережі. Температура в приміщеннях 21 °С. Середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період 3 °С.

Заходи по покращенню регулювання: термостатичні радіаторні вентиля; регулювання по температурі зовнішнього повітря в індивідуальному тепловому пункті.

Вартість енергії – 0,13 грн./кВт·год. Капітальні витрати 90000 грн.

Варіант № 10

Дати оцінку економічної ефективності модернізації системи регулювання опалення для 9-поверхового панельного будинку, побудованого в 70-х роках із важких конструкцій з недостатньою теплоізоляцією. Площа, що опалюється 5850 м². Існуюча система регулювання – ручні радіаторні крани. Дім приєднано до теплової мережі. Температура в приміщеннях 26 °С. Середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період 5 °С.

Заходи по покращенню регулювання: термостатичні радіаторні вентиля; регулювання по температурі зовнішнього повітря в індивідуальному тепловому пункті; нічне зниження температури в продовж 4 годин на добу.

Вартість енергії – 0,13 грн./кВт·год. Капітальні витрати 125000 грн.

Варіант № 11

Дати оцінку економічної ефективності модернізації системи регулювання опалення для 5-поверхового панельного будинку, побудованого в 70-х роках із важких конструкцій з недостатньою теплоізоляцією. Площа, що опалюється 7200 м². Існуюча система регулювання – ручні радіаторні крани. Дім приєднано до теплової мережі. Температура в приміщеннях 25 °С. Середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період 1 °С.

Заходи по покращенню регулювання: термостатичні радіаторні вентиля; регулювання по температурі зовнішнього повітря в індивідуальному тепловому пункті; нічне зниження температури в продовж 8 годин на добу.

Вартість енергії – 0,13 грн./кВт·год. Капітальні витрати 150000 грн.

Варіант № 12

Дати оцінку економічної ефективності модернізації системи регулювання опалення для 5-поверхового панельного будинку, побудованого в 70-х роках із важких конструкцій з недостатньою теплоізоляцією. Площа, що опалюється 7000 м². Існуюча система регулювання – ручні радіаторні крани. Дім приєднано до теплової мережі. Температура в приміщеннях 24 °С. Середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період 7 °С.

Заходи по покращенню регулювання: термостатичні радіаторні вентилі; регулювання по температурі зовнішнього повітря в індивідуальному тепловому пункті; нічне зниження температури в продовж 12 годин на добу.

Вартість енергії – 0,13 грн./кВт·год. Капітальні витрати 120000 грн.

Варіант № 13

Дати оцінку економічної ефективності модернізації системи регулювання опалення для 5-поверхового панельного будинку, побудованого в 70-х роках із важких конструкцій з недостатньою теплоізоляцією. Площа, що опалюється 7500 м². Існуюча система регулювання – ручні радіаторні крани. Дім приєднано до теплової мережі. Температура в приміщеннях 23 °С. Середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період -4 °С.

Заходи по покращенню регулювання: регулювання по температурі зовнішнього повітря в індивідуальному тепловому пункті; нічне зниження температури в продовж 8 годин на добу.

Вартість енергії – 0,13 грн./кВт·год. Капітальні витрати 160000 грн.

Варіант № 14

Дати оцінку економічної ефективності модернізації системи регулювання опалення для 5-поверхового панельного будинку, побудованого в 70-х роках із важких конструкцій з недостатньою теплоізоляцією. Площа, що опалюється 6900 м². Існуюча система регулювання – ручні радіаторні крани. Дім приєднано до теплової мережі. Температура в приміщеннях 25 °С. Середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період 1 °С.

Заходи по покращенню регулювання: термостатичні радіаторні вентилі; регулювання по температурі зовнішнього повітря в індивідуальному тепловому пункті; нічне зниження температури в продовж 4 годин на добу.

Вартість енергії – 0,13 грн./кВт·год. Капітальні витрати 126000 грн.

Варіант № 15

Дати оцінку економічної ефективності модернізації системи регулювання опалення для 5-поверхового панельного будинку, побудованого в 70-х роках із важких конструкцій з недостатньою теплоізоляцією. Площа, що опалюється 7500 м². Існуюча система регулювання – ручні радіаторні крани. Дім приєднано до теплової мережі. Температура в приміщеннях 22 °С. Середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період 3 °С.

Заходи по покращенню регулювання: термостатичні радіаторні вентилі; регулювання по температурі зовнішнього повітря в індивідуальному тепловому пункті; нічне зниження температури в продовж 12 годин на добу.

Вартість енергії – 0,13 грн./кВт·год. Капітальні витрати 155000 грн.

Варіант № 16

Дати оцінку економічної ефективності модернізації системи регулювання опалення для 5-поверхового панельного будинку, побудованого в 70-х роках із важких конструкцій з недостатньою теплоізоляцією. Площа, що опалюється 7500 м². Існуюча система регулювання – ручні радіаторні крани. Дім приєднано до теплової мережі. Температура в приміщеннях 23 °С. Середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період -2 °С.

Заходи по покращенню регулювання: термостатичні радіаторні вентилі; регулювання по температурі зовнішнього повітря в індивідуальному тепловому пункті; нічне зниження температури в продовж 8 годин на добу.

Вартість енергії – 0,13 грн./кВт·год. Капітальні витрати 160000 грн.

Варіант № 17

Дати оцінку економічної ефективності модернізації системи регулювання опалення для 5-поверхового панельного будинку, побудованого в 70-х роках із важких конструкцій з недостатньою теплоізоляцією. Площа, що опалюється 7120 м². Існуюча система регулювання – ручні радіаторні крани. Дім приєднано до теплової мережі. Температура в приміщеннях 20 °С. Середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період 7 °С.

Заходи по покращенню регулювання: термостатичні радіаторні вентилі; регулювання по температурі зовнішнього повітря в індивідуальному тепловому пункті; нічне зниження температури в продовж 12 годин на добу.

Вартість енергії – 0,13 грн./кВт·год. Капітальні витрати 120000 грн.

Варіант № 18

Дати оцінку економічної ефективності модернізації системи регулювання опалення для 5-поверхового панельного будинку, побудованого в 70-х роках із важких конструкцій з недостатньою теплоізоляцією. Площа, що опалюється 7350 м². Існуюча система регулювання – ручні радіаторні крани. Дім приєднано до теплової мережі. Температура в приміщеннях 20 °С. Середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період 4 °С.

Заходи по покращенню регулювання: термостатичні радіаторні вентилі; регулювання по температурі зовнішнього повітря в індивідуальному тепловому пункті; нічне зниження температури в продовж 8 годин на добу.

Вартість енергії – 0,13 грн./кВт·год. Капітальні витрати 140000 грн.

Варіант № 19

Дати оцінку економічної ефективності модернізації системи регулювання опалення для 5-поверхового панельного будинку, побудованого в 70-х роках із важких конструкцій з недостатньою теплоізоляцією. Площа, що опалюється 7450 м². Існуюча система регулювання – ручні радіаторні крани. Дім приєднано до теплової мережі. Температура в приміщеннях 24 °С. Середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період 1 °С.

Заходи по покращенню регулювання: регулювання по температурі зовнішнього повітря в індивідуальному тепловому пункті; нічне зниження температури в продовж 12 годин на добу.

Вартість енергії – 0,13 грн./кВт·год. Капітальні витрати 154000 грн.

Варіант № 20

Дати оцінку економічної ефективності модернізації системи регулювання опалення для 5-поверхового панельного будинку, побудованого в 70-х роках із важких конструкцій з недостатньою теплоізоляцією. Площа, що опалюється 7270 м². Існуюча система регулювання – ручні радіаторні крани. Дім приєднано до теплової мережі. Температура в приміщеннях 23 °С. Середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період -2 °С.

Заходи по покращенню регулювання: термостатичні радіаторні вентилі; регулювання по температурі зовнішнього повітря в індивідуальному тепловому пункті.

Вартість енергії – 0,13 грн./кВт·год. Капітальні витрати 135000 грн.

Варіант № 21

Дати оцінку економічної ефективності модернізації системи регулювання опалення для 12-поверхового панельного будинку, побудованого в 70-х роках із важких конструкцій з недостатньою теплоізоляцією. Площа, що опалюється 8600 м². Існуюча система регулювання – ручні радіаторні крани. Дім приєднано до теплової мережі. Температура в приміщеннях 23 °С. Середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період 1 °С.

Заходи по покращенню регулювання: термостатичні радіаторні вентилі; регулювання по температурі зовнішнього повітря в індивідуальному тепловому пункті; нічне зниження температури в продовж 8 годин на добу.

Вартість енергії – 0,13 грн./кВт·год. Капітальні витрати 170000 грн.

Варіант № 22

Дати оцінку економічної ефективності модернізації системи регулювання опалення для 12-поверхового панельного будинку, побудованого в 70-х роках із важких конструкцій з недостатньою теплоізоляцією. Площа, що опалюється 8400 м². Існуюча система регулювання – ручні радіаторні крани. Дім приєднано до теплової мережі. Температура в приміщеннях 21 °С. Середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період -1 °С.

Заходи по покращенню регулювання: термостатичні радіаторні вентилі; регулювання по температурі зовнішнього повітря в індивідуальному тепловому пункті; нічне зниження температури в продовж 12 годин на добу.

Вартість енергії – 0,13 грн./кВт·год. Капітальні витрати 160000 грн.

Варіант № 23

Дати оцінку економічної ефективності модернізації системи регулювання опалення для 12-поверхового панельного будинку, побудованого в 70-х роках із важких конструкцій з недостатньою теплоізоляцією. Площа, що опалюється 8200 м². Існуюча система регулювання – ручні радіаторні крани. Дім приєднано до теплової мережі. Температура в приміщеннях 21 °С. Середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період 5 °С.

Заходи по покращенню регулювання: термостатичні радіаторні вентилі; регулювання по температурі зовнішнього повітря в індивідуальному тепловому пункті; нічне зниження температури в продовж 4 годин на добу.

Вартість енергії – 0,13 грн./кВт·год. Капітальні витрати 150000 грн.

Варіант № 24

Дати оцінку економічної ефективності модернізації системи регулювання опалення для 12-поверхового панельного будинку, побудованого в 70-х роках із важких конструкцій з недостатньою теплоізоляцією. Площа, що опалюється 8100 м². Існуюча система регулювання – ручні радіаторні крани. Дім приєднано до теплової мережі. Температура в приміщеннях 23 °С. Середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період -3 °С.

Заходи по покращенню регулювання: термостатичні радіаторні вентилі; регулювання по температурі зовнішнього повітря в індивідуальному тепловому пункті; нічне зниження температури в продовж 12 годин на добу.

Вартість енергії – 0,13 грн./кВт·год. Капітальні витрати 140000 грн.

Варіант № 25

Дати оцінку економічної ефективності модернізації системи регулювання опалення для 12-поверхового панельного будинку, побудованого в 70-х роках із важких конструкцій з недостатньою теплоізоляцією. Площа, що опалюється 8700 м². Існуюча система регулювання – ручні радіаторні крани. Дім приєднано до теплової мережі. Температура в приміщеннях 20 °С. Середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період 1 °С.

Заходи по покращенню регулювання: термостатичні радіаторні вентилі; регулювання по температурі зовнішнього повітря в індивідуальному тепловому пункті; нічне зниження температури в продовж 4 годин на добу.

Вартість енергії – 0,13 грн./кВт·год. Капітальні витрати 175000 грн.

Варіант № 26

Дати оцінку економічної ефективності модернізації системи регулювання опалення для 12-поверхового панельного будинку, побудованого в 70-х роках із важких конструкцій з недостатньою теплоізоляцією. Площа, що опалюється 8250 м². Існуюча система регулювання – ручні радіаторні крани. Дім приєднано до теплової мережі. Температура в приміщеннях 22 °С. Середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період 1 °С.

Заходи по покращенню регулювання: регулювання по температурі зовнішнього повітря в індивідуальному тепловому пункті; нічне зниження температури в продовж 8 годин на добу.

Вартість енергії – 0,13 грн./кВт·год. Капітальні витрати 147000 грн.

Варіант № 27

Дати оцінку економічної ефективності модернізації системи регулювання опалення для 12-поверхового панельного будинку, побудованого в 70-х роках із важких конструкцій з недостатньою теплоізоляцією. Площа, що опалюється 8450 м². Існуюча система регулювання – ручні радіаторні крани. Дім приєднано до теплової мережі. Температура в приміщеннях 25 °С. Середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період -1 °С.

Заходи по покращенню регулювання: термостатичні радіаторні вентиля; регулювання по температурі зовнішнього повітря в індивідуальному тепловому пункті.

Вартість енергії – 0,13 грн./кВт·год. Капітальні витрати 160000 грн.

Варіант № 28

Дати оцінку економічної ефективності модернізації системи регулювання опалення для 12-поверхового панельного будинку, побудованого в 70-х роках із важких конструкцій з недостатньою теплоізоляцією. Площа, що опалюється 8000 м². Існуюча система регулювання – ручні радіаторні крани. Дім приєднано до теплової мережі. Температура в приміщеннях 24 °С. Середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період 3 °С.

Заходи по покращенню регулювання: термостатичні радіаторні вентиля; регулювання по температурі зовнішнього повітря в індивідуальному тепловому пункті; нічне зниження температури в продовж 8 годин на добу.

Вартість енергії – 0,13 грн./кВт·год. Капітальні витрати 130000 грн.

Варіант № 29

Дати оцінку економічної ефективності модернізації системи регулювання опалення для 12-поверхового панельного будинку, побудованого в 70-х роках із важких конструкцій з недостатньою теплоізоляцією. Площа, що опалюється 8100 м². Існуюча система регулювання – ручні радіаторні крани. Дім приєднано до теплової мережі. Температура в приміщеннях 21 °С. Середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період 1 °С.

Заходи по покращенню регулювання: термостатичні радіаторні вентиля; регулювання по температурі зовнішнього повітря в індивідуальному тепловому пункті; нічне зниження температури в продовж 4 годин на добу.

Вартість енергії – 0,13 грн./кВт·год. Капітальні витрати 140000 грн.

3. Дати оцінку економічної ефективності модернізації системи регулювання опалення для 12-поверхового панельного будинку, побудованого в 70-х роках із важких конструкцій з недостатньою теплоізоляцією. Площа, що опалюється 8300 м². Існуюча система регулювання – ручні радіаторні крани. Дім приєднано до теплової мережі. Температура в приміщеннях 20 °С. Середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період 5 °С.

Заходи по покращенню регулювання: термостатичні радіаторні вентилі; регулювання по температурі зовнішнього повітря в індивідуальному тепловому пункті; нічне зниження температури в продовж 12 годин на добу.

Вартість енергії – 0,13 грн./кВт·год. Капітальні витрати 150000 грн.

Методичні рекомендації

Розрахунок економічної ефективності модернізації системи регулювання опалення слід виконувати у наступному порядку.

1. Розрахунок споживання до модернізації

Розрахункове річне теплоспоживання W_1 , кВт год/рік, до модернізації визначається за формулою

$$W_1 = w A ,$$

де w – питома теплоспоживання, кВт·год/(рік · м²), прийняте рівним для багатоповерхових житлових будинків 200...300 для України і Центральної Європи, 300...350 – для Росії, Білорусії і країн Балтії; A – площа, що обігривається, м².

Фактичне річне теплоспоживання W_1' , кВт год/рік, визначається за формулою

$$W_1' = W_1 / k_1 ,$$

де k_1 – коефіцієнт ефективності системи розподілу тепла, прийнятий рівним 0,9 – при нерегульованій температурі теплоносія і поганій теплоізоляції труб; 0,95 – при регульованій температурі теплоносія і 0,98 – при регульованій температурі теплоносія і добрій якості теплоізоляції труб.

2. Розрахунок факторів зменшення теплоспоживання

а) Фактор F_1 , що враховує коливання температур приміщення, розраховується за формулою

$$F_1 = (k_2 t_6 - t_3) / (k_2' t_6 - t_3) ,$$

де k_2 – коефіцієнт, що враховує якість поліпшеної системи регулювання, а k_2' – коефіцієнт, що враховує якість існуючої системи.

Для вибору коефіцієнтів пропонується наступна шкала:

- Регулювання в індивідуальному тепловому пункті (ІТП) будинку і термостатичні вентиля – 1,02...1,03;
- Регулювання в ІТП без термостатичних вентилів – 1,05...1,06;
- Нерегульований ІТП і термостатичні вентиля – 1,08;
- Ручне регулювання – 1,13.

б) Фактор F_2 , що враховує можливість переривчастого опалення чи нічного зниження температури, розраховується за формулою

$$F_2 = k_3 / k_3' ,$$

де k_3 – коефіцієнт, що враховує ефективність переривчастого опалення поліпшеної системи регулювання, а k_3' – коефіцієнт, що враховує відповідну якість існуючої системи. Для вибору коефіцієнтів k_3 і k_3' пропонується відповідна таблиця.

Таблиця 4.1

Коефіцієнт, що враховує зменшення часу роботи системи опалення

Характер роботи	Коефіцієнт, що характеризує будинок	Коефіцієнт k_3, k_3'		
		Час роботи системи опалення зі зниженою потужністю (год/добу)		
		4	8	12
Постійна робота	–	1	1	1
Нічне зниження потужності чи ручне вимикання	10	0,94	0,91	0,83
	15	0,94	0,92	0,85
	18	0,95	0,93	0,87
	20	0,95	0,93	0,88
	25	0,96	0,94	0,89
Автоматичне вимикання	30	0,97	0,95	0,91
	10	0,87	0,80	0,65
	15	0,88	0,83	0,71
	18	0,89	0,84	0,75
	20	0,90	0,85	0,78
	25	0,91	0,87	0,80
	30	0,92	0,89	0,83

Коефіцієнт, що характеризує будинок, вибирається з урахуванням масивності і рівня теплозахисту останнього:

- для надлегких будинків цей коефіцієнт знаходиться в діапазоні значень 10...15;
- для легких – 15...20;

- для будинків середньої масивності – 18...25 ;
- для масивних будинків – 20...30.

Причому менше значення приймається при поганій якості ізоляції зовнішніх стін.

в) Фактор F_3 , що враховує можливість використання теплонадходжень від внутрішніх і зовнішніх джерел, розраховується за формулою

$$F_3 = (6,67 - k_4)/(6,67 - k_4'),$$

де k_4 – коефіцієнт, що враховує можливість використання теплонадходжень при поліпшеній системі регулювання, а k_4' -коефіцієнт, що враховує відповідну якість існуючої системи. Величина цього коефіцієнта залежить, в основному, від досконалості приладів індивідуального регулювання.

При використанні термостатичних вентилів $k_4 = 0,8$; при місцевому ручному регулюванні $k_4 = 0,3...0,5$ у залежності від інтенсивності користування радіаторними кранами; а при відсутності місцевого регулювання $k_4 = 0,1$.

Ці значення наведені з урахуванням регулювання в центральному тепловому пункті (ЦТП). При відсутності центрального регулювання коефіцієнт знижується на 0,1 при термостатичних і на 0,2...0,3 при ручних радіаторних вентилях.

г) Фактор F_4 , що враховує можливість зменшення втрат тепла в системі розподілу, розраховується за формулою

$$F_4 = k_l'/k_l,$$

де k_l – коефіцієнт, що враховує можливість зменшення втрат тепла в системі розподілу при поліпшеній системі регулювання, а k_l' – коефіцієнт, що враховує відповідну якість існуючої системи. Значення коефіцієнтів k_l наведені вище (див. обчислювання величини W').

Загальний фактор зменшення теплоспоживання

$$F = F_1 F_2 F_3 F_4$$

3. Розрахунок теплопотреблення W_2 після модернізації

$$W_2 = W_1' F, \text{ кВт год/рік .}$$

4. Економія

Економія E , кВт год/рік, теплової енергії за рік

$$E = W_1' - W_2$$

Економія витрат на теплову енергію в гривнях за рік

$$E_{Гр} = E C$$

де C – вартість одного кВт год теплової енергії у гривнях.

Строк окупності нової системи регулювання тоді визначиться

$$T_O = K / E_{Gr}$$

де K – капітальні витрати (по кошторису підрядчика) у гривнях.

Представлена методика оцінки економічного ефекту від застосування енергозберігаючого обладнання у житловому будинку, заснована на використанні німецьких стандартів. Відносні величини економії, що рекомендуються методикою, вивірені практикою і тому становлять значний інтерес для наших фахівців.

Але при розрахунку строку окупності не можна не враховувати зростання експлуатаційних витрат у зв'язку з застосуванням приладів автоматичного регулювання, а з урахуванням витрат на ремонти й обслуговування варто було б зменшити величину щорічної економії від упровадження приладів автоматики з урахуванням 10%-них відрахувань від величини витрат на придбання й установлення приладів.

У цьому випадку строк окупності модернізації системи опалення буде

$$T_O = K / (E_{Gr} - 0.1 K)$$

Представлений метод, за допомогою якого можна визначити строк окупності системи регулювання, є одним із важливих критеріїв оцінки ефективності капіталовкладень у енергозберігаючі технології в будівлях.

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Півняк Г. Г. Рациональное використання енергії та навколишнього середовища: навч. посіб. / Г. Г. Півняк, А. Земба, М. А. Дудля. – Дніпропетровськ: Національна гірнична академія України, 2002. – 192 с.
2. Разумний Ю. Т. Енергозбереження: навч. посібник / Ю. Т. Разумний, В. Т. Заїка, Ю. В. Степаненко. – Дніпропетровськ: Національний гірничий університет, 2008. – 166 с.
3. Стогній Б. С. Національні пріоритети енергоефективності 2010 / Б. С. Стогній, О. В. Кириленко, А. В. Праховник, С. П. Денисюк, З. Ю. Буцьо. – Київ.: Текст, 2010. – 579 с.
4. Бакалін Ю. І. Енергозбереження та енергетичний менеджмент / Ю. І. Бакалін. – Харків.: БУРУН і К, 2006. – 319 с.
5. Толбатов В. А. Організація систем енергозбереження на промислових підприємствах / В. А. Толбатов, І. Л. Лебединський, А. В. Толбатов. – Суми.: Вид-во СумДУ, 2009. – 194 с.

ДОДАТОК

Таблиця 1

Теплопровідність різних матеріалів

Матеріал	Густина $\rho, \left(\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}\right)$	Теплопровідність $\lambda, \left(\frac{\text{Вт}}{\text{м К}}\right)$
Скловолокно	100...150	0,045...0,060
Мінеральна вата	15...300	0,05
Пінополістирол	10...45	0,05
Пінополіуритан	20...80	0,036
Деревина	300...900	0,10...0,23
Цегла	980...2000	0,45...0,90
Легкий бетон	300	0,10
	600	0,20
	900	0,35
Важкий бетон	1000	0,38
	1500	0,60
	2000	1,18
	2400	1,80
Паркет штучний, сосна	500	0,29
Холодна мастика	–	0,12
Плита ДВП	800	0,19
Гравій керамзитовий	400...600	0,13...0,17
З/б порожниста плита	2200	1,36
Облицювальні матеріали		
Штукатурка (вапняно-пісочна)	1600	0,46
Листок гіпсовий обшивочний	800	0,15
Картон облицювальний	1000	0,18
Граніт, гнейс, базальт	2800	3,49
Мрамур	2800	2,91
Природний камінь	1900	1,16
Вапняк	1400...2000	0,49...0,93
Туф	1000...2000	0,21...0,76
Сосна та ялина	500	0,14
Метали та скло		
Сталь стрижнева арматурна	7850	58
Чавун	7200	50
Алюміній	2600	221
Мідь	8500	407
Скло віконне	2500	0,76

Таблиця 2

Опір теплопередачі різних варіантів енергоефективних склопакетів та вікон

Типи застосування	Опір теплопередачі, $R, \frac{\text{м}^2 \text{К}}{\text{Вт}}$
Енергоефективні склопакети	
Однокамерний склопакет із звичайного скла	0,35
Те саме, із заповненням газами	0,42
Однокамерний склопакет із тепловідзеркалюючим покриттям на склі	0,54
Те саме, із заповненням газами	0,69
Двокамерний склопакет	0,5
Те саме, із тепловідзеркалюючим покриттям	0,76
Те саме, із тепловідзеркалюючим покриттям та із заповненням газами	> 1,0
Вікна із застосуванням різних типів	
Одинарне застосування	0,16...0,20
Подвійне застосування	0,32...0,38
Потрійне застосування	0,46...0,6

Таблиця 3

Коефіцієнти тепловіддачі поверхонь огорожуючих конструкцій

Вид поверхні	$\alpha, \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \text{К}}$
Внутрішні поверхні	6...8
Зовнішні поверхні	
Поверхні, що безпосередньо стикаються із повітрям	23
Поверхні вентиляючих повітряних прошарків ($\delta \leq 300$ мм)	17
Поверхні, що виходять на горище ($\delta > 300$ мм)	11,6

Таблиця 4

Термічний опір замкнених повітряних прошарків

Товщина прошарку, мм	Термічний опір замкнених повітряних прошарків, $R, \frac{\text{м}^2 \text{К}}{\text{Вт}}$			
	для вертикальних та горизонтальних із тепловим потоком уверх		для горизонтальних із тепловим потоком униз	
	улітку	узимку	улітку	узимку
10	0,129	0,146	0,129	0,154
20	0,137	0,154	0,154	0,19
30	0,137	0,163	0,163	0,206
50	0,137	0,172	0,172	0,22
100	0,146	0,18	0,18	0,23
150	0,154	0,18	0,19	0,24
200–300	0,154	0,19	0,19	0,24

**Нормативні значення опору теплопередачі
огороджуючих конструкцій в Україні**

№ п/п	Найменування огороджуючих конструкцій	Нормативні значення опору тепло- передачі огороджуючих конструкцій			
		$R_0, \left[\frac{\text{м}^2 \text{ К}}{\text{Вт}} \right]$			
		I ЗОНА >3501 градусо днів	II ЗОНА 3001– 3500 градусо днів	III ЗОНА 2501– 3000 градусо днів	IV ЗОНА <2500 градусо днів
А. Нове будівництво					
	<u>Зовнішні стіни:</u>				
1.	Великопанельні, монолітні та об'ємноблочні з утеплювачами:				
	а) із полімерних матеріалів	2,5	2,4	2,2	2,0
	б) із мінеральної вати та ін, матеріалів	2,2	2,1	1,9	1,8
2.	Блочні:				
	а) із ніздрюватого бетону	2,0	1,9	1,7	1,5
	б) із пористими заповнювачами	1,8	1,7	1,5	1,3
3.	Цегляні, з керамічних каменів та дрібних блоків:				
	а) повнотілі з утеплювачем	2,2	2,1	1,9	1,7
	б) багатощільові	1,6	1,5	1,4	1,2
	<u>Покрівлі та перекриття:</u>				
4.	Покрівлі та перекриття горищ (крім "теплих" горищ)	2,7	2,5	2,4	2,0
5.	Перекриття над проїздами та холодними підвалами, сполученими із зовнішнім повітрям	3,0	2,9	2,4	2,0
6.	Перекриття над неопалюваними підвалами:				
	а) із світовими отворами в стінах	2,5	2,4	2,2	2,0
	б) без світових отворів в стінах	2,3	2,2	2,0	1,8
7.	<u>Вікна та балконні двері</u>	0,50	0,42	0,42	0,39
Б. Реконструкція, капітальний ремонт					
1.	Зовнішні стіни	2,2	2,1	1,9	1,7
2.	Покрівлі та перекриття горищ	2,5	2,4	2,2	2,0
3.	Перекриття над проїздами та підвалами	як для нового будівництва			
4.	Вікна та балконні двері				

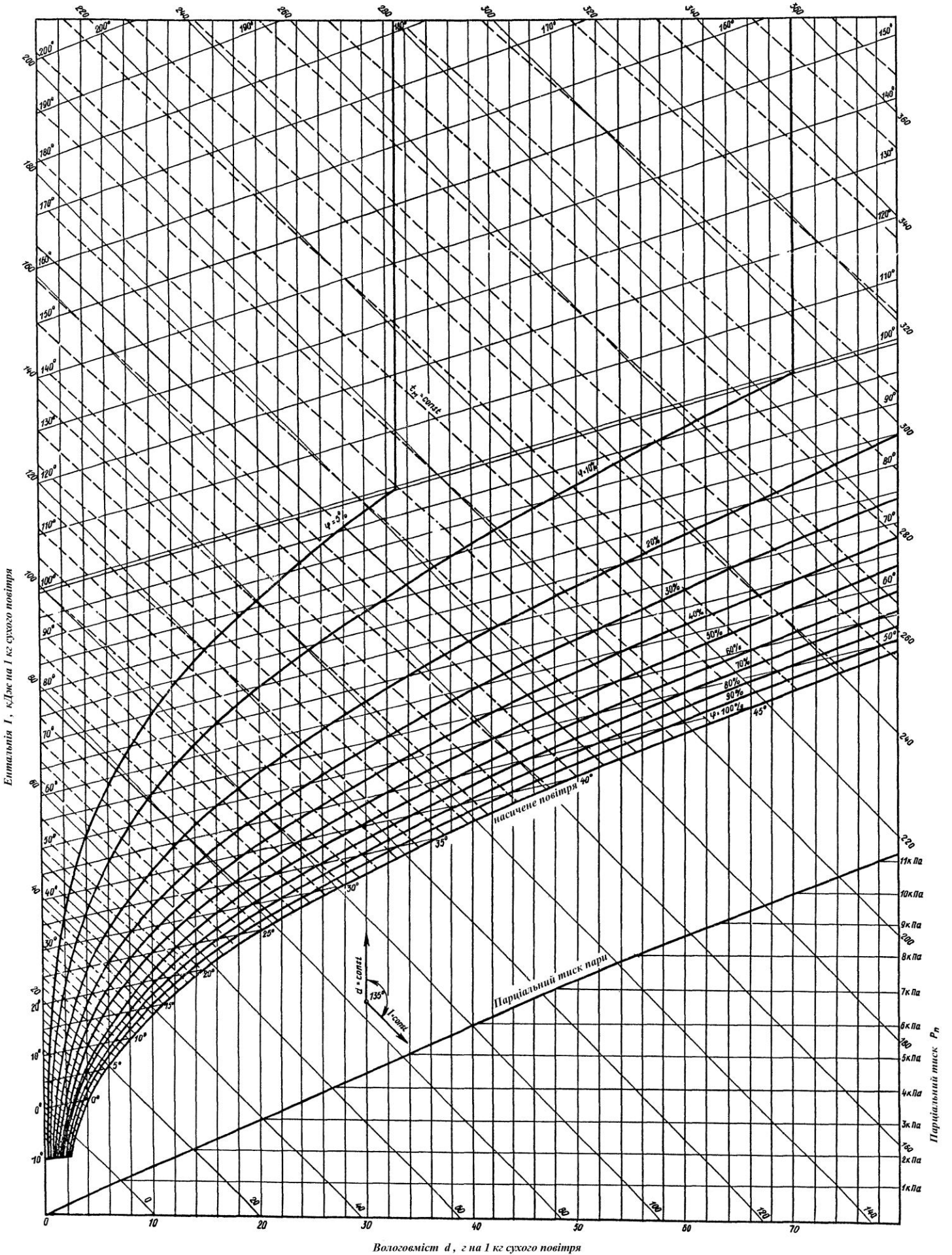
ЗОНА I – Рівне, Житомир, Чернігів, Київ, Суми, Полтава, Харків, Луганськ, Донецьк, Тернопіль, Хмельницький, Вінниця, Черкаси, Кіровоград.

ЗОНА II – Луцьк, Львів, Івано-Франківськ, Чернівці, Дніпропетровськ, Запоріжжя.

ЗОНА III – Ужгород, Одеса, Миколаїв, Херсон, Авт.Респ.Крим.

ЗОНА IV – Кримське узбережжя.

I, d - діаграма для вологого повітря



Олішевський Геннадій Сергійович

**Методичні рекомендації
до виконання індивідуальних завдань**
з дисципліни «Енергозбереження в будівлях та загальногалузевих технологіях»
для студентів спеціальності
141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Видано в редакції автора

НТУ «Дніпровська політехніка»
49005, м. Дніпро, просп.. Д. Яворницького, 19.