

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ ТА ЕНЕРГЕТИЧНА СЕРТИФІКАЦІЯ БУДІВЕЛЬ

ЛАБОРАТОРНИЙ ПРАКТИКУМ: СТВОРЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ МОДЕЛІ БУДІВЛІ ДЛЯ АНАЛІЗУ І ВИБОРУ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ ПРОЄКТІВ

Навчальний посібник

Рекомендовано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського
як навчальний посібник для здобувачів ступеня бакалавра
за освітньою програмою «Енергетичний менеджмент та енергоефективні технології»
спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Укладач: М.М. Шовкалюк

Електронне мережне навчальне видання

Київ
КПІ ім. Ігоря Сікорського
2023

Рецензент *Назарова І.О.*, кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри теплової та альтернативної енергетики НН ІАТЕ
КПІ ім. Ігоря Сікорського

Відповідальний редактор *Бориченко О.В.*, кандидат технічних наук, доцент кафедри
електропостачання НН ІЕЕ, доцент

*Гриф надано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського
(протокол № 4 від 19.01.2023 р.)
за поданням Вченої ради навчально-наукового інституту енергозбереження та
енергоменеджменту
(протокол № 5 від 29.12.2022 р.)*

У представленому посібнику викладено основні положення щодо виконання лабораторної роботи «Створення енергетичної моделі будівлі для аналізу і вибору енергоефективних проектів» навчальної дисципліни «Енергоефективність та енергетична сертифікація будівель». Навчальне видання містить вказівки до виконання роботи, послідовність розрахунків та включає індивідуальні завдання та необхідні додатки. Видання призначене для вивчення особливостей спеціалізованого програмного продукту RETScreen.

Під час вирішення задач враховано діючі нормативні вимоги з енергетичної ефективності будівель. Навчальне видання призначене для здобувачів ступеня бакалавра за спеціальністю 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка за освітньою програмою «Енергетичний менеджмент та енергоефективні технології». Матеріали, наведені у даному навчальному виданні, також можуть бути використані під час розробки спеціальних частин дипломних проектів бакалавра.

Реєстр. № НП 22/23-399. Обсяг 2,9 авт. арк.

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
проспект Перемоги, 37, м. Київ, 03056
<https://kpi.ua>

Свідоцтво про внесення до Державного реєстру видавців, виготовлювачів
і розповсюджувачів видавничої продукції ДК № 5354 від 25.05.2017 р.

Зміст

ВСТУП.....	4
1 ОЗНАЙОМЛЕННЯ З ПРОГРАМОЮ RETScreen	5
1.1 Загальна інформація.....	5
1.2 Завантаження програми RETScreen.....	5
1.3 Ознайомлення з програмою RETScreen	7
1.4 Умовні кольорові позначення	10
1.5. Джерела енергії та графіки навантажень	14
1.6 Характеристика об'єкту	19
2 ОГЛЯД ДІЮЧОЇ НОРМАТИВНОЇ БАЗИ В УКРАЇНІ.....	26
3 ХАРАКТЕРИСТИКА ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ ЗАХОДІВ.....	29
4 ФІНАНСОВО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ ПРОЕКТІВ З ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ.....	30
5 РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО ВИКОНАННЯ КОМП'ЮТЕРНОГО ПРАКТИКУМУ.....	31
Завдання №1	31
Завдання №2.....	32
Завдання №3.....	34
6 ЗАГАЛЬНІ ВИМОГИ ЩОДО ОФОРМЛЕННЯ ПРОТОКОЛІВ КОМП'ЮТЕРНОГО ПРАКТИКУМУ	46
Контрольні запитання	47
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....	48
ДОДАТОК А	49
ДОДАТОК Б.....	50
ДОДАТОК В	51
ДОДАТОК Г.....	53
ДОДАТОК Д.....	54
ДОДАТОК Ж	57
ДОДАТОК К	63
ДОДАТОК Л	65

ВСТУП

Курс RETScreen International для аналізу проектів з використання чистої енергії було створено для застосування освітніми центрами та навчальними організаціями в усьому світі, а також для використання професіоналами та студентами у форматі дистанційної самоосвіти. RETScreen суттєво знижує витрати як коштів, так і часу, пов'язані з визначенням та оцінкою потенційних енергетичних проектів. Ці витрати, які виникають на стадіях попереднього техніко-економічного аналізу, техніко-економічного обґрунтування, проектування та здійснення проекту, можуть становити суттєві перешкоди для впровадження технологій використання відновлюваної енергії та енергозбереження.

Програмне забезпечення є доступним на 35 мовах світу. RETScreen є частиною навчальної програми у понад 270 вищих учбових закладах по всьому світі. Непрямі вигоди від застосування програми пов'язані з скороченням викидів парникових газів завдяки використанню чистої енергії.

Програму RETScreen можна застосовувати для попереднього аналізу економічної доцільності проектів з енергоефективності та енергозбереження з використанням екологічно чистої енергії у всіх типах та масштабах організацій: від промислових підприємств до окремих будівель, за усіма типами власності та за будь-яким видом енерготехнології. Така оцінка включає проведення енергетичного аналізу; аналізу собівартості; аналізу емісії парникових газів; фінансового аналізу; аналізу ризиків; аналізу чутливості системи. Цей аналіз є потрібним при створенні енергосистеми з використанням відновлюваної енергії, при новому будівництві або запланованій реконструкції будівлі (модернізація, реновація), у випадку високих традиційних витрат на енергію підприємств, компаній, об'єктів муніципальної влади, власності, тощо. Програма дозволяє визначити можливості фінансування подібних проектів з чистої енергії з використанням місцевого потенціалу відновлюваних джерел енергії та врахуванням місцевих кліматичних умов.

Видання призначене для студентів спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» освітньо-професійної програми «Енергетичний менеджмент та енергоефективні технології».

1 ОЗНАЙОМЛЕННЯ З ПРОГРАМОЮ RETScreen

1.1 Загальна інформація

Програма RETScreen надає змогу особам, що приймають рішення, та спеціалістам визначити, чи є запропонований проект, спрямований на використання відновлюваної енергії або одночасне генерування електричної та теплової енергії, доцільними з фінансової точки зору, тобто визначити рентабельність проекту.

Програму RETScreen можна застосовувати для оцінки енергозатрат виробництва, витрат протягом терміну служби обладнання та зниження викидів парникових газів для різних типів енергозберігаючих технологій, а також технологій з використанням відновлюваної енергії (RET). Програмне забезпечення включає бази даних про продукцію, кошти і погоду, та посібник для користувача.

1.2 Завантаження програми RETScreen

Вимоги до обладнання та програмного забезпечення, та навчального матеріалу, необхідних для застосування програми RETScreen: для роботи програмного забезпечення та бази даних потрібно: Microsoft® Excel 2000 чи новіше; Microsoft® Windows 2000 чи новіше; Microsoft.NET Framework 2.0 чи новіше. Переконайтеся, що на Вашому комп'ютері встановлено останні версії компанії Microsoft (www.microsoft.com) для Windows та Excel.

Завантаження програми RETScreen. Уряд Канади надає RETScreen цілком безкоштовно на відзнаку визнання Канадою потреби в інтегрованому підході до проблем зміни клімату та зниження забруднення. Завантаження програми можливо з офіційного сайту <http://www.etscreen.net/uk/home.php> (рис.1).

До навчальних матеріалів включено:

- слайдові презентації та примітки викладача;
- численні приклади конкретних ситуацій, у тому числі завдання, отримані рішення та інформація про те, якими були реальні результати здійснених проектів;
- детальний посібник користувача;

- електронний підручник з детальним описом алгоритмів, використаних у моделях;
- юридичний інструментарій з чистої енергії, в тому числі зразки юридичних документів.

У програму входять інтегровані інструменти аналізу, які включають бази даних продукції, проектування, гідрологічної інформації та клімату. Кліматичні дані базуються на матеріалах з 4700 наземних станцій та супутникових даних NASA, які покривають усю поверхню планети.

Також до інструменту аналізу входять посилання на карти енергетичних ресурсів всього світу. Для полегшення та швидкого засвоєння програмного забезпечення RETScreen має широку базу типових шаблонів проектів з використання екологічно чистої енергії.

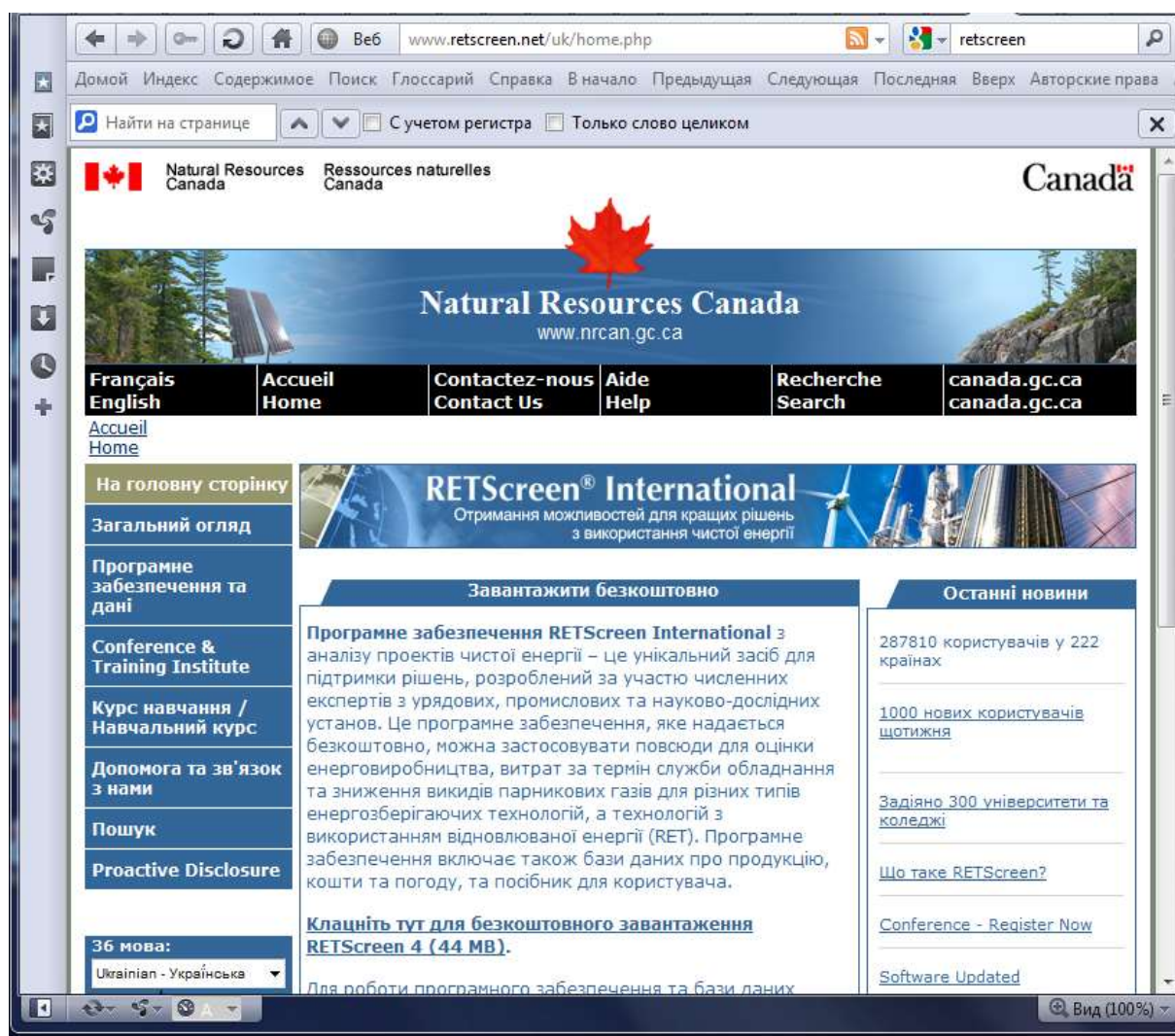


Рисунок 1 — Офіційна веб-сторінка RETScreen

1.3 Ознайомлення з програмою RETScreen

Масштаби застосування програми RETScreen

Програму RETScreen є найбільш всеосяжним продуктом, що дозволяє інженерам, архітекторам, спеціалістам з фінансового планування здійснювати моделювання та аналіз будь якого проекту з використанням екологічно чистої енергії.

Програма надає інформацію керівникам, необхідну для прийняття рішень, завдяки виконанню стандартного аналізу з п'яти етапів, а саме (рис. 2):

- ✓ енергетичного аналізу;
- ✓ аналізу собівартості;
- ✓ аналізу емісії парникових газів;
- ✓ фінансового аналізу;
- ✓ аналізу ризиків;
- ✓ аналізу чутливості системи.

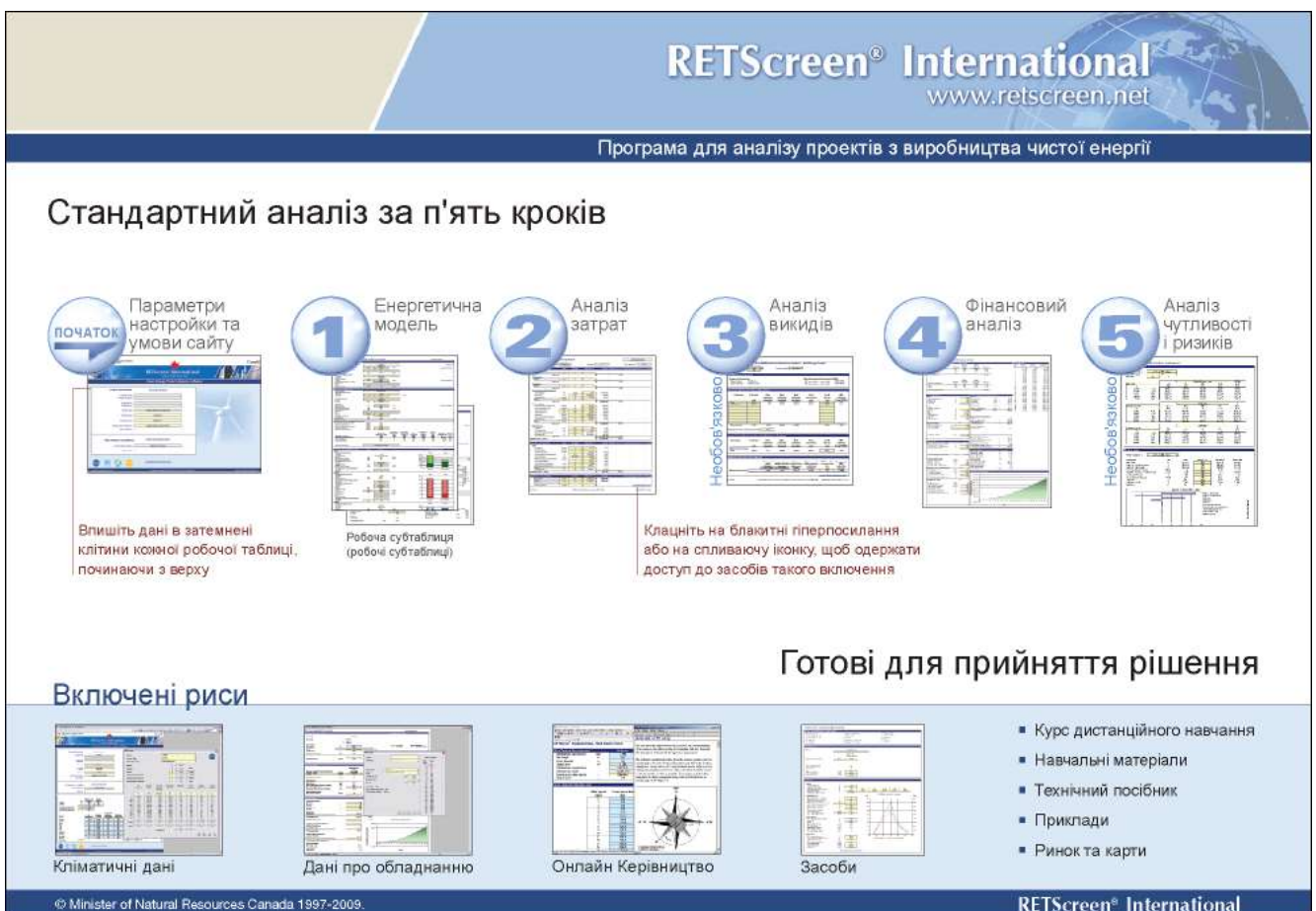


Рисунок 2 — П'ять етапів стандартного аналізу документів

Базові модулі та напрями проектів, що охоплює програма RETScreen

Технології, які включені до моделей проектів RETScreen, охоплюють традиційні та нетрадиційні джерела екологічно чистої енергії, а також загальноприйняті традиційні джерела енергії та технології. Прикладами таких проектних моделей можуть бути:

- проекти з раціонального використання енергії, тобто проекти з енергоефективності (від промислових підприємств до окремих будівель),
- проекти з опалення та охолодження (наприклад, з використанням біомаси, теплових насосів, сонячної енергії для повітряного та водяного опалення),
- проекти з генерації електроенергії, включно з поновлюваними джерелами енергії, а саме сонячної, вітрової, енергії хвиль, гідро- та геотермальної енергії, а також загальноприйнятими технологіями, такими як газові та парові турчини, поршневі двигуни;
- проекти з комбінованого виробництва теплової та електричної енергії (когенерації).

Рекомендації щодо застосування RETScreen

Завдяки зазначеним інструментам та способам аналізу RETScreen можна визначити як програму, що надає можливість здійснити поглиблений аналіз та визначити необхідні заходи для ефективного використання екологічно чистої енергії у всіх типах та масштабах організацій: від промислових підприємств до окремих будівель, за усіма типами власності за будь яким видом енерготехнології.

Оцінку технологій з використанням чистої енергії слід робити для надання попереднього аналізу економічної доцільності. Цей аналіз може бути потрібним у наступних випадках:

- необхідне створення енергосистеми,
- нове будівництво або запланована реконструкція будівлі (модернізація, реновація),
- високі традиційні витрати на енергію,
- зацікавленість основних учасників (представників компаній, муніципальної влади, власників тощо),
- привабливі можливості фінансування та кредитування подібних проектів з чистої енергії,
- наявність місцевого потенціалу для використання чистої енергії,
- інше.

Проекти RETScreen щодо заходів з підвищення енергоефективності

За допомогою RETScreen можна досліджувати можливості підвищення ефективності використання енергії в широкому діапазоні житлових, комерційних, адміністративних будівель і промислових об'єктів, а також для будинків на одну сім'ю, житлових комплексів, офісних будівель, лікарень, великих промислових будівель. Програмне забезпечення може бути використане для оцінки проектів, що включають різні заходи з підвищення енергоефективності, пов'язаних з огорожувальною конструкцією будівель, вентиляцією, освітленням, електрообладнанням, гарячим водопостачанням, насосами, вентиляторами, двигунами, процесами з використанням електроенергії, технологічної теплоти, технологічної пари, рекуперацією енергії, а також оцінити втрати тепла (пари), стисненого повітря тощо. Такій підхід є корисним як для нового будівництва, так і для модернізації будівель. Програма передбачає можливості як для комплексного моделювання всіх об'єктів, так і надає можливість вивчати окремі об'єкти, підсистеми або квартири (рис.3).

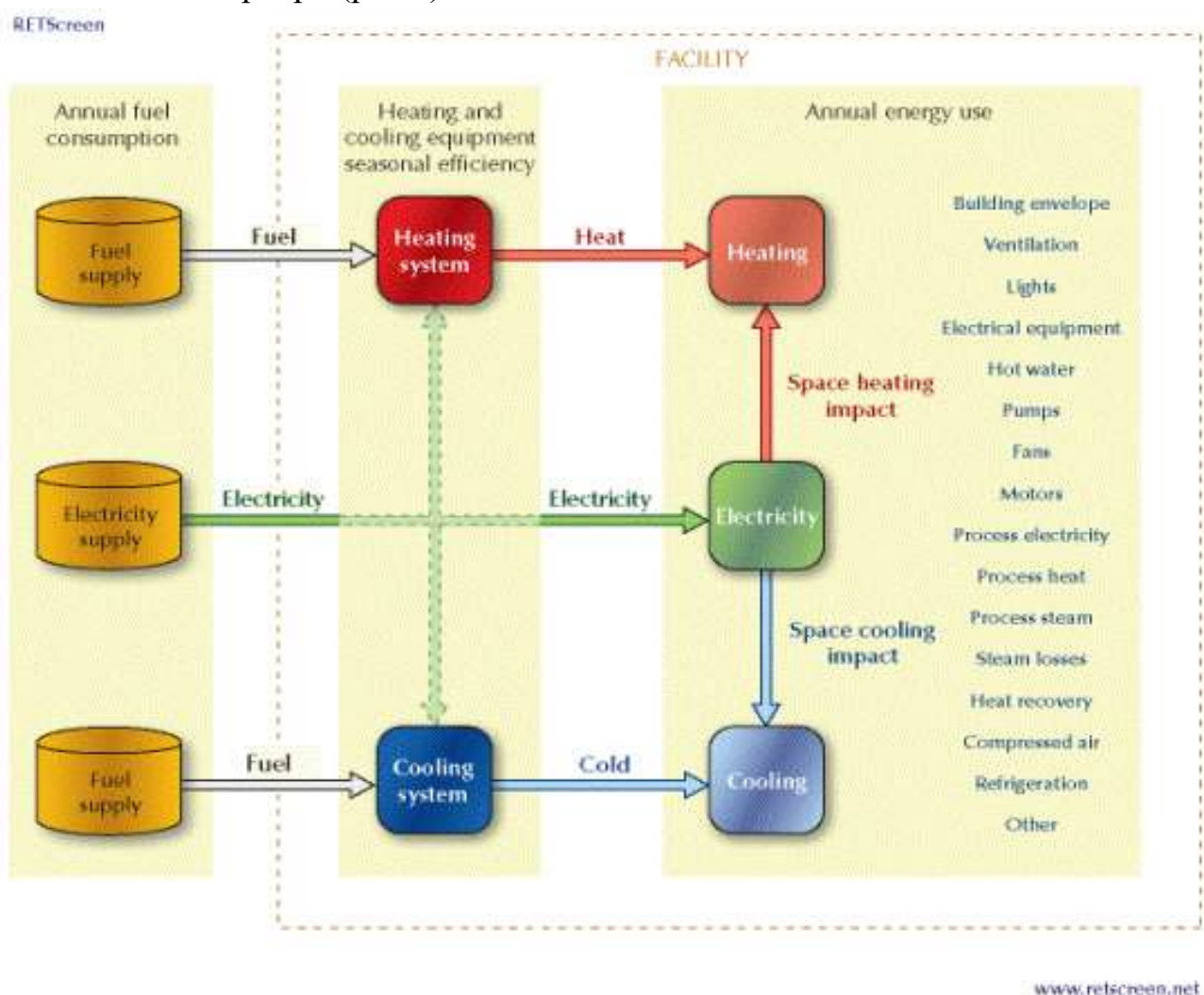


Рисунок 3 — Структурні складові проектів RETScreen

1.4 Умовні кольорові позначення

Введення даних у клітинки аркуша програми має відповідати певним правилам.

- a) В клітинки, позначені **білим кольором**, дані не вводяться користувачем. В клітинках білого кольору відображується результат розрахунку згідно до заданої моделі розрахунку проекту.
- b) Дані можуть бути **ведені користувачем тільки в клітинки, позначені сірим, жовтим та синім кольорами**. Вони в свою чергу теж поділяються ті, дані яких мають лише інформативний характер и програмою не використовуються та на клітинки, дані з яких використовуються програмою.

Клітинки сірого кольору: дані, введені користувачем мають лише інформативний характер. Це загальні відомості про проект, які не використовуються програмою ні для запуску моделі розрахунку проекту, ні для доступу к базам даних on-line.

Клітинки жовтого кольору: дані вводяться користувачем для запуску відповідної моделі розрахунку проекту. Ці клітинки мають меню вибору.

Клітинки синього кольору: дані вводяться користувачем для запуску відповідної моделі розрахунку проекту та для доступу к базам даних on-line. Ці клітинки також мають меню вибору.

Приклад: Інформація по проекту (початковий робочий лист)

Дані інформативного характеру, які введено користувачем (***клітинки сірого кольору***):

- Назва проекту
- Місце розташування проекту
- Підготовано для...

Дані, обрані користувачем для запуску відповідної моделі розрахунку проекту з меню вибору (***клітинки жовтого кольору***):

- ✓ Тип проекту (обрати з меню)
- ✓ Тип об'єкту (обрати з меню)
- ✓ Тип аналізу (обрати з меню)
- ✓ Нормативна величина для опалення (обрати з меню)
- ✓ Мова (обрати з меню)
- ✓ Валюта (обрати з меню)
- ✓ Одиниці (обрати з меню)

Робоча область програми має три основні листи:

- **«Початок»**. Створений для введення початкових даних та попереднього налаштування програми.

Початковий робочий лист енергоефективного проекту (рис.4) включає дані інформативного характеру, які введено користувачем (*клітинки сірого кольору*) та дані обрані користувачем для запуску відповідної моделі розрахунку проекту з меню вибору (*клітинки жовтого кольору*).

Програма для аналізу проектів з виробництва чистої енергії

Інформація по проекту [Див. базу проектів](#)

Назва проекту: Лабораторна робота №1

Місце розташування проекту: ІЕЕ НТУУ "КПІ"

Підготовано для: "Енергозбереження та енергоменеджмент"

Підготовано: ПІБ студента, № бригади

Тип проекту: **Заходи з енергозбереження**

Тип об'єкта: Потужність, Потужність - різні технології, Опалення

Тип аналізу: Охолодження, Комбіноване виробництво тепла і е/е, Комбіноване виробництво холоду і е/е, Комбіноване виробництво тепла і холоду

Нормативна величина для опалення: ☐

Показати настройки: ☒

Мова: **Ukrainian - Українська**

Керівництво користувача: **English - Anglais**

Валюта: **Україна**

Одиниці: **Метричні одиниці**

Рисунок 4 — Початковий робочий лист RETScreen

- **«Енергетична модель»**

Енергетична модель – робочий лист, якій має відповідні вбудовані функції та зв'язки, що дозволяють проводити оцінку проекту в рамках базових модулів та напрямів, які охоплює програма.

Робочий лист «Енергетична модель» (рис.5) включає наступні складові (субтаблиці до робочого листа): джерела енергії та графіки навантажень, характеристики об'єкту, резюме, аналіз викидів, фінансовий аналіз.

- **«Засоби»**. Робочий лист, що створений для більш зручної роботи з програмою (рис.6).

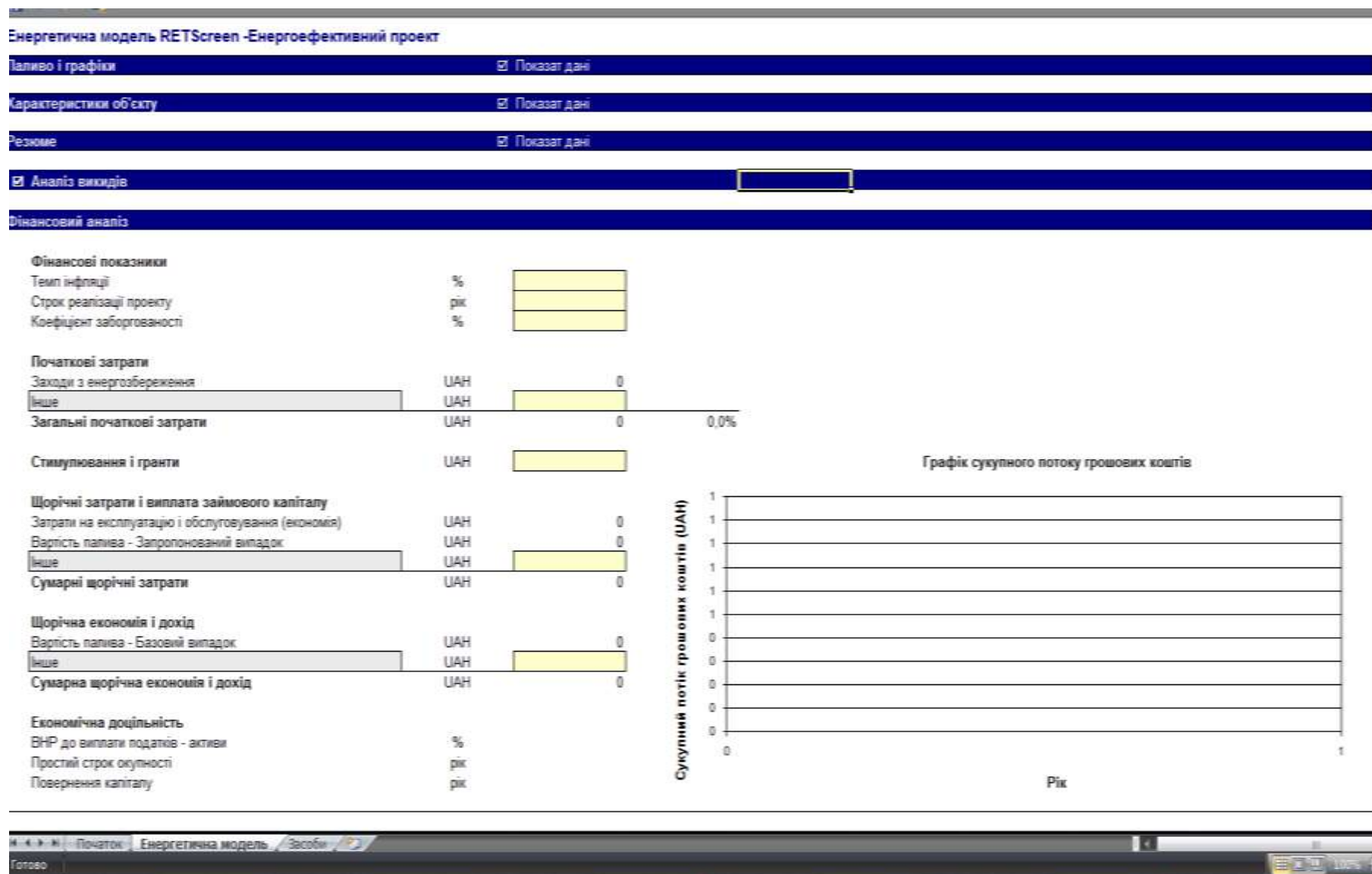


Рисунок 5 — Робоче вікно «Енергетична модель»

Засоби RETScreen - Енергоефективний проект

Настройки

- | | | |
|--|--|--|
| <input type="checkbox"/> Як спалюване паливо | <input type="checkbox"/> Грунтовий теплообмінник | <input type="checkbox"/> Задане користувачем паливо - газ |
| <input type="checkbox"/> Біогаз | <input type="checkbox"/> Питома витрата теплоти | <input type="checkbox"/> Задане користувачем паливо - тверде |
| <input type="checkbox"/> Властивості оболонки будівлі | <input type="checkbox"/> Теплота згорання і вартість палива | <input type="checkbox"/> Вода і пара |
| <input type="checkbox"/> Електроприлади та обладнання | <input type="checkbox"/> Метод розрахунку ГЕС за формулою затрат | <input type="checkbox"/> Відкачування води |
| <input type="checkbox"/> Ціна на електроенергію - щомісячно | <input type="checkbox"/> Біогаз | <input type="checkbox"/> Властивість вікна |
| <input type="checkbox"/> Ціна на електроенергію - час використання | <input type="checkbox"/> Переведення одиниць | <input type="checkbox"/> Варіант 1 |
| <input type="checkbox"/> Кількість викидів ПГ | <input type="checkbox"/> Задане користувачем паливо | <input type="checkbox"/> Варіант 2 |

Властивості оболонки будівлі

Тип	Стіна - над поверхнею землі			
Опис				
Одиниці	(Вт/м²)/°C	Коеф. теплопередачі		
Опис	Шар	Товщина мм	Питома Вт/м - °C	Теплопровідність (Вт/м²)/°C
Наружний плівковий коефіцієнт				33,402
Цементна штукатурка для внутрішніх робіт	1	20,0	0,700	35,000
Полістирол - тип 1	2	120,0	0,038	0,317
Бетонний блок	3	250,0	0,900	3,600
Інше	4	20,0	0,100	5,000
	5			
	6			
	7			
	8			
Внутрішній плівковий коефіцієнт				8,350
Коефіцієнт теплопередачі - ном.			(Вт/м²)/°C	0,262

Опис	Шар	Рама	Площа %	Коефіцієнт теплопередачі - (Вт/м²)/°C
Цементна штукатурка для внутрішніх робіт	1			
Полістирол - тип 1	2			
Бетонний блок	3			

Рисунок 6 — Робоче вікно «Засоби»

1.5. Джерела енергії та графіки навантажень

Верхня позиція робочого листа «Енергетична модель» - **«Паливо та графіки»**. (рис 7). Дані субтаблиці відображаються на робочому листі, коли це вказує користувач, встановивши «примітку» в полі «Показати дані». Мета опції - дозволяти користувачеві приховати для зручності докладну інформацію, коли вона вже введена.

У цьому розділі користувач має вводити інформацію про джерела енергії та графіки навантажень для базового варіанту і запропонованого варіанту об'єктів (заходів). Слід зазначити, що структурно число номер джерела енергії не відповідає номер графіку навантажень, наприклад, користувач може використовувати "Вид джерела енергії (палива) 1" у поєднанні "Графік навантажень 3" у формі нижче.

Опція «Паливо» (Джерела енергії та види енергії). Користувач задає один або більше видів палива для базового варіанту і пропонованих варіанту об'єктів (систем). На додаток до електроенергії (Вид палива 1), користувач може обрати до п'яти додаткових видів палива, які слід розглянути у базовому і пропонованих варіантах системи опалення та охолодження, що розглядається у формі нижче.

Користувач вибирає тип палива з розкривного списку. У залежності від вибору виду нормативної величини теплоти згоряння в стартовому листі, відповідне значення буде використане для розрахунків. Користувач не вибирає одиницю споживання палива, вона з'являється автоматично після вибору виду палива.

Вартість палива задається користувачем відповідно до існуючих тарифів.

Опція «Розклад» (Графіки навантажень). Користувач вказує один або кілька графіків роботи для базового і запропонованих варіантів (рис.8). Користувач може визначити до п'яти додаткових графіків, які слід розглядати в формах «Огороджувальні конструкції», «Вентиляція», що надані нижче.

Опис графіків навантажень в клітинки сірого кольору користувач вводить для довідкових цілей. Наприклад, користувач може ввести "Супермаркет", після цього автоматично нижче відображується додаткова графа щодо розкладу зайнятості приміщення (клітинки жовтого кольору), в які користувач вводить інформацію з урахуванням регулярного графіку годин на тиждень, коли магазин відкритий.

РЕТScreen4-1 - Microsoft Excel неkomмерческое использование

Главная Вставка Разметка страницы Формулы Данные Рецензирование Вид РЕТScreen

Паливо і графіки ☒ Показати дані

Паливо	Вид палива 1	Вид палива 2	Вид палива 3	Вид палива 4	Вид палива 5
Вид палива	Електроенергія	Електроенергія	Вугілля		
Споживання палива - одиниці	МВт-год	МВт-год	Вугілля		
Вартість палива - одиниця	UAH/kBT-год	UAH/kBT-год	Дизель (мазут #2) - галон		
Вартість палива	0,187	0,244	Дизель (мазут #2) - л		
			Електроенергія		
			Бензин - галон		
			Бензин - л		
			Керосин - галон		
			Керосин - л		

Розклад	Одиниця	Розклад 1	Розклад 2	Розклад 3	Розклад 4	Розклад 5
Опис		24/7				
Температура - опалення приміщень	°C	20,0	Зайнятий	Зайнятий	Зайнятий	Зайнятий
Температура - кондиціонування приміщень	°C	24,0				
Температура - без людей	+/-°C					
Коефіцієнт зайнятості - в день		год/день				
Понеділок		24				
Вівторок		24				
Середа		24				
Четвер		24				
П'ятниця		24				
Субота		24				
Неділя		24				
Коефіцієнт зайнятості - в рік	год/рік	8 760				
	%	100%				
Температура переключення опалення/охолодження	°C	11,5				
Тривалість опалювального сезону	д	187				
Тривалість сезону охолодження	д	178				

Початок Енергетична модель Засоби

Готово

Рисунок 7 — Робоче вікно «Паливо та графіки» (джерела енергії та графіки навантажень)

RETScreen4-1 - Microsoft Excel некоммерческое использование				
Главная Вставка Разметка страницы Формулы Данные Рецензирование Вид RETScreen				
Розклад	Одиниця	Розклад 1	Розклад 2	Розклад 3
Опис		24/7	Супермаркет	
			Зайнятий	Зайнятий
Температура - опалення приміщень	°C	20,0	18,0	
Температура - кондиціювання приміщень	°C	24,0	18,0	
Температура - без людей	+/-°C		Незайнятий	
	+/-°C		3,0	
Коефіцієнт зайнятості - в день	+/-°F		Зайнятий	
Понеділок		год/день	год/день	
Вівторок		24	20,0	
Середа		24	20,0	
Четвер		24	20,0	
П'ятниця		24	20,0	
Субота		24	15,0	
Неділя		24	0,0	
Коефіцієнт зайнятості - в рік	год/рік	8 760	5 996	
	%	100%	68%	
Температура переключення опалення/охолодження	°C		11,5	
Тривалість опалювального сезону	д		187	
Тривалість сезону охолодження	д		178	
Характеристики об'єкту				
Показат дані				
Початок Енергетична модель Засоби				
Готово				

Рисунок 8 — Вигляд субтаблиці «Розклад» (графіки навантажень)

Температура - опалення та температура – кондиціювання приміщень вводиться користувачем для кожного графіку. Це є значення установочної температури (нормоване значення) для вказаних періодів навантажень.

Користувач вводить *відмінність між температурою уставки для зайнятих і незайнятих періодів (за абсолютною величиною) для вказаних графіків «+/-»*. Наприклад, якщо введено значення у позицію «+/-» дорівнює 3 °С, то протягом неробочого часу перепад температури для опалення приміщень буде на 3 °С нижче, а температура для кондиціювання на 3 °С вище.

Коефіцієнт зайнятості в день.

Користувач вводить кількість годин на день, які розглядаються як окуповані періоди для кожного дня тижня і для кожного графіка.

Коефіцієнт зайнятості в рік.

Цей показник розраховується моделлю, яка розраховує кількість годин на рік, що розглядаються як окуповані періоди для кожного графіку. Модель також обчислює коефіцієнт зайнятості у % протягом усього року.

Для об'єктів, які не зайняті в певні періоди року (наприклад, школи закриті в літні місяці), користувач може врахувати це в моделі, **змінюючи значення "опалення градусо-днів" і "охолодження градусо-днів"**, введені в розділі кліматичних даних в листі «Початок» для тих місяців. Наприклад, якщо система кондиціонування повітря вимкнений в липні і серпні, то користувач повинен **ввести "0"** для охолодження **градусо-днів** у ці місяці.

Температури переключення опалення / охолодження.

Користувач вводить температури зовнішнього повітря (температура повітря), при якому системи (опалення, вентиляція і кондиціонування повітря HVAC) змінюються від нагрівання до охолодження і навпаки.

Тривалість опалювального сезону.

Цей показник обчислюється моделлю на основі температури переключення опалення/охолодження і кліматичних даних в листі «Початок».

Кліматичні дані

Для розрахунку необхідно обрати кліматичну зону:

Вихідні умови місцезнаходження	<u>Оберіть кліматичну зону</u>
--------------------------------	--------------------------------

Після входу оберіть кліматичні дані, наприклад: Україна, Borispol'/Keiv:

Розміщення кліматичних даних	Borispol'/Keiv
------------------------------	----------------

Після цього оберіть:

Показати дані	<input checked="" type="checkbox"/>
---------------	-------------------------------------

Програма містить наступну статистичну інформацію щодо кліматичних умов місцевості (рис. 9):


- розрахункові координати,
- розрахункові температури зовнішнього повітря на потреби опалення та охолодження;
- середньомісячні значення температури повітря;
- середньомісячні значення вологості повітря;
- середньомісячне значення атмосферного тиску;
- середньоденне значення по надходженню сонячної радіації за кожен місяць опалювального періоду та влітку;
- середньомісячне значення швидкості повітря;
- щомісячне кількість градусо-днів;
- температура землі.

Кліматичні дані згідно діючих норм [4] для населених міст України наведені в додатках.

Країна - регіон Україна

Провінція / штат п/а

Розміщення кліматичних даних Kiev/Zhulyany



Широта	°N	50,4	Джерело	
Довгота	°E	30,6		
Підняття	м	167		Грунтовий
Розрахункова температура опалення	°C	-15,1		Грунтовий
Розрахункова температура охолодження	°C	27,8		Грунтовий
Амплітуда коливань температури землі	°C	22,2	NASA	

	Температура повітря °C	Відносна вологість %	Денна сума сонячної радіації - на горизонтальній кВтгод/м²/день	Атмосферний тиск кПа	Швидкість вітру м/с	Температура землі °C	Градусо-дні опалювальне сезону °C-д	Градусо-дні з від'ємною температурою °C-д
Січ	-5,6	82,3%	0,79	100,0	3,5	-5,9	732	0
Лют	-4,2	78,9%	1,27	100,0	3,6	-4,9	622	0
Бер	0,7	73,5%	2,56	99,8	3,6	0,5	536	0
Квіт	8,7	66,1%	3,21	99,4	3,2	9,8	279	0
Трав	15,1	63,1%	4,98	99,5	3,1	16,8	90	158
Черв	18,2	69,5%	5,44	99,3	2,9	19,8	0	246
Лип	19,3	69,7%	5,70	99,3	2,6	22,0	0	288
Серп	18,6	69,3%	4,62	99,5	2,6	21,8	0	267
Вер	13,9	75,2%	3,04	99,6	2,8	15,8	123	117
Жовт	8,1	78,3%	1,80	100,0	2,9	8,5	307	0
Лист	2,1	84,9%	0,73	99,9	3,2	0,4	477	0
Груд	-2,3	84,7%	0,58	99,8	3,4	-5,1	629	0
Щорічний	7,8	74,6%	2,90	99,7	3,1	8,4	3 795	1 076
Джерело	Грунтовий	Грунтовий	Грунтовий	Грунтовий	Грунтовий	NASA	Грунтовий	Грунтовий

Виміряно в м 10 0

✓
✗
🖨
?

Рисунок 9 — Вихідні дані – кліматичні умови

1.6 Характеристика об'єкту

Характеристика об'єкту. У цьому розділі користувач вводить інформацію про характеристики об'єкту для базового і пропонує варіантів (рис.10).

Показати дані. Дані субтаблиці відображаються на робочому листі, коли це вказує користувач, встановивши «примітку» в полі «Показати дані». Мета опції - дозволяти користувачеві приховати для зручності докладну інформацію, коли вона вже введена. Зверніть увагу, що інформація цього

розділу в клітинках жовтого кольору (або синього, якщо це застосовано) потрібна для запуску моделі і повинна бути введена користувачем.

Після цього користувач натискає на синє гіперпосилання (наприклад, гіперпосилання системи опалення, системи охолодження, огорожувальних конструкцій тощо) для доступу до форми введення даних, використовуваної для опису об'єкту. Крім того, у цьому розділі відображаються основні результати моделі (наприклад, збереження палива, термін простої окупності тощо).

Характеристики об'єкту				<input checked="" type="checkbox"/> Показат дані
Показати:	Опалення	Охолодження	Електроенергія	
Зекономлене паливо	ГДж	ГДж	ГДж	
Опалювальна система				
Система охолодження				
Оболонка будівлі				
Вентиляція				
Освітлення				
Електрообладнання				
Гаряча вода				
Рекуперація тепла				
Інше				
Разом	0	0	0	

Рисунок 10 — Робоче вікно «Характеристика об'єкту»

Опалювальна система

Необхідно ввести інформацію щодо виду палива, яке задане попередньо, а також сезонну ефективність. В будинку може бути як централізоване теплопостачання, так використовуватися також і електричні бойлери (в цьому випадку заповнюємо вкладки «1» і «2»).

Опалювальна система

1

2

3

4

5

Опис

district heating

		Базовий випадок	Запропонований випадок
Вид палива		Вид палива 2	Вид палива 2
Паливо		Задане користувачем паливо	Задане користувачем паливо
Сезона ефективність	%	70	70
Додаткові капітальні затрати	UAH		0
Додаткова економія на експлуатації і обслуговуванні	UAH		0

Опалювальна система

1

2

3

4

5

Опис

electro boilers

		Базовий випадок	Запропонований випадок
Вид палива		Вид палива 1	Вид палива 1
Паливо		Електроенергія	Електроенергія
Сезона ефективність	%	60	60
Додаткові капітальні затрати	UAH		0
Додаткова економія на експлуатації і обслуговуванні	UAH		0

Рисунок 11 — Характеристики опалювальної системи та системи ГВП

Огороджувальні конструкції будівлі (оболонка будівлі)

Енергетичні характеристики огороджувальних конструкцій будівлі залежать від ряду факторів. Наприклад, це може бути елементи дизайну, фізична орієнтація будівлі і кількість сонячного світла, що проникає в глиб або робочі місця. Інші фактори можуть також включати характеристики теплопередачі (як втрати і надходження) і розташування компонентів оболонки будівлі, включаючи стіни, вікна, двері, підлоги і дах. На енергетичну ефективність будівель можуть також впливати будь-яке фізичне проникнення повітря через оболонку будівлі (наприклад, тріщини).

Користувач натискає на сине гіперпосилання (наприклад, огороджувальні конструкції тощо) для доступу до форми введення даних, що використовуваний для опису об'єкту (рис.12).

У ці форми вводять інформацію про базовий стан і стан запропонованого варіанту, включаючи будь-які запропоновані заходи щодо підвищення енергоефективності, для розрахунку щорічного використання енергії для опалення та / або охолодження, пов'язаних з огороджувальною конструкцією будівлі.

Інші характеристики будівлі (рис.13):

- вентиляція;
- освітлення;
- електричне обладнання;
- гаряча вода (рис.14);
- внутрішні тепловиділення.

		Базовий випадок				Запропонований випадок					
Північна сторона будівлі	°					0				<input checked="" type="checkbox"/> Базовий випадок = запропонованому	
Розклад		Розклад 2				Розклад 3					
Опис		Workshop				workshop setback					
		Базовий випадок				Запропонований випадок				Додаткові капітальні затрати	
Оболонка будівлі		Північ	Схід	Південь	Захід	Північ	Схід	Південь	Захід		
Стіни						<input type="checkbox"/> Базовий випадок = запропонованому					
Площа	м ²										
Коеф. теплопередачі	(Вт/м ²)/°C	2,1	2,1	2,1	2,1					UAH	
<input checked="" type="checkbox"/> Вікно						<input type="checkbox"/> Базовий випадок = запропонованому					
Площа	м ²										
Коеф. теплопередачі	(Вт/м ²)/°C									UAH	
Коефіцієнт теплототоку від сонячної радіації											
<input checked="" type="checkbox"/> Сонячне затінення - сезон використання						<input checked="" type="checkbox"/> Базовий випадок = запропонованому					
Сонячне затінення - зима	%	9	8	7	8	9	8	7	8		
Сонячне затінення - літо	%	8	9	19	10	8	9	19	10		
<input type="checkbox"/> Двері						<input type="checkbox"/> Базовий випадок = запропонованому					
<input checked="" type="checkbox"/> Дах											
Площа	м ²										
Коеф. теплопередачі	(Вт/м ²)/°C	1,6				0,27				UAH	
<input type="checkbox"/> Підлога						<input type="checkbox"/> Базовий випадок = запропонованому					
<input type="checkbox"/> Стіна - нижче поверхні землі											
<input checked="" type="checkbox"/> Підлога - нижче поверхні землі											
Незахищений периметр	м										
Опис		Неізовований/на рівні ґрунту				Ізовований / на рівні ґрунту				UAH	
Коеф. теплопередачі	(Вт/м ²)/°C	1,3				0,35					

[Далі](#) [Далі](#)

Рисунок 12 — Характеристика оболонки будівлі

Природня інфільтрація повітря		Базовий випадок	Запропонований випадок	Додаткові капітальні затрати
Метод		Швидкість повітрообміну		\$ 0
Об'єм	м³	1	0,7	
Швидкість повітрообміну	зміни	1	0,7	
Природня інфільтрація повітря	л/сек	0,0	0,0	
Додаткові капітальні затрати	UAH		6 649 307	
Додаткова економія на експлуатації і обслуговуванні	UAH		0	
Кількість одиниць оболонки будівлі		1	1	
Вибір системи		Опалення	Опалення	
Опалювальна система		Опалювальна система 1	Опалювальна система 1	
Опис опалювальної системи		district heating	district heating	
Опалення	MBt·год	2 603	627	75,9%

		Базовий випадок	Запропонований випадок	
Площа підлоги	м²			
Освітлювальне навантаження на одиницю площі	Вт/м²	0,6	0,6	
Робочі години	год/день	24	24	
Додаткові капітальні затрати	UAH		0	
Додаткова економія на експлуатації і обслуговуванні	UAH		0	
Кількість одиниць		1	1	
Електроенергія	MBt·год	0	0	0,0%

Навантаження при охолодженні п

☒ Так ☐ Ні

Навантаження при опаленні примі

☒ Так ☐ Ні

Рисунок 13 — Експлуатаційні характеристики будівлі

Гаряча вода

1
2
3
4
5

Опис

workshop

Метод

☒ 1
☐ 2

☐ Тип навантаження

Використання гарячої води
Температура
Метод підведеної температури
Температура води - мінімум
Температура води - максимум
Робочі години
Ефективність утилізації тепла
Додаткові капітальні затрати
Додаткова економія на експлуатації і обслуговуванні
Опалювальна система
Опис опалювальної системи
Опалення

Базовий випадок
Запропонований випадок

л/день		
°C		
	Формула	
°C		3
°C		12
год/день	24	24
%	0	0
UAH		0
UAH		0
	Опалювальна система 2	Опалювальна система 2
	electro boilers	electro boilers
МВт·год	0	0
		0,0%

☒
☐
☐
☐
☐

Рисунок 14 — Характеристики будівлі по споживанню гарячої води

2 ОГЛЯД ДІЮЧОЇ НОРМАТИВНОЇ БАЗИ В УКРАЇНІ

Розрахункові кліматичні та теплоенергетичні параметри повинні обиратися виходячи з діючої нормативної бази в Україні відповідно до призначення будівель [7-14].

Розрахункові параметри мікроклімату приміщень

Комфортні умови – такі показники мікроклімату, за яких зберігається теплова рівновага в організмі людини і відсутнє напруження у його системі терморегуляції.

Комфортні умови визначаються:

- внутрішньою температурою,
- вологістю,
- швидкістю руху повітря,
- радіаційною температурою в приміщенні,
- повітрообміном,
- рівнем освітленості на робочому місті та ін.

Інформація щодо розрахункової температури внутрішнього повітря, розрахункове значення відносної вологості приміщень будівель згідно їх призначення наводяться у відповідних ДБН.

В [5] наводяться розрахункові параметри основної частини приміщень будівель, що проектується та тих, що реконструюються (див. табл. 2.1).

Таблиця 2.1 — Розрахункові параметри мікроклімату будівель, що проектується та будівель, що реконструюються [5]

Призначення будинку	Розрахункова внутрішня температура, $t_{\text{в}}, ^\circ\text{C}$	Розрахункове значення відносної вологості, $\varphi_{\text{в}}, \%$
Житлові будинки	20	55
Громадські і адміністративні будинки	20	50÷60
Лікувальні й ДНЗ	21	50
Дошкільні установи	22	50

Для існуючих будівель і споруд нормативна внутрішня температура обирається згідно КТМ-204 [3], розрахункові дані наведено у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 — Розрахункові параметри мікроклімату існуючих будівель [3]

	Найменування	$t_{\text{вн}}, ^\circ\text{C}$
1	Дитячі дошкільні заклади загального типу	20
2	Школи, ПТУ, ВУЗи, інші заклади для підготовки кадрів	18
3	Позашкільні заклади: бібліотеки, лабораторні корпуси, ін.	18
4	Поліклініки, стаціонари, диспансери, санаторії, медпункти	20
5	Будинки відпочинку, пансіонати, туристичні заклади	18
6	Спортзали	18
7	Науково–дослідні інститути	18
8	Конференц–зали, вестибюлі, клуби	16
9	Кінотеатри, театри	16
10	Підприємства громадського харчування	16
11	Магазини	
	Продовольчі магазини, ринки	12
	Непродовольчі магазини	15
12	Підприємства комунального господарства	
	Хімчистка	16
	кладові	15
	перукарні	18
	бані	25
	пральні	15
13	Громадські організації	18
14	Вокзали, диспетчерські	18
15	Гаражі, пожежні депо	10
16	Готелі, мотелі, та кемпінги	18
17	Житлові будівлі	18
18	Адміністративні будівлі та установи	18

Також в [5] вказані допустимі параметри комфортних умов для теплового та холодного періоду року (див. табл. 2.3).

Таблиця 2.3 — Допустимі параметри комфортних умов [5]

Період	$t, ^\circ\text{C}$	$\phi, \%$	Швидкість повітря м/с
Теплий	20÷25	60÷30	0,3
Холодний і перехідний	20÷22 (≥18)	45÷30 (≤65)	0,2 (0,2)

На рівень комфортних умов, а саме на радіаційну температуру приміщення, впливає значення температури внутрішньої поверхні, мінімально допустиме значення якої залежить від призначення будинку та виду огорожувальної конструкції [5].

Вимоги до природного повітрообміну залежать також від призначення будівель, для деяких будівель інформація наведена у додатку 3. Згідно з ДСТУ-Н Б А.2.2-5 [6] середня кратність повітрообміну житлового будинку за опалювальний період визначається окремо для житлової частини та для нежитлових приміщень.

Розрахункові параметри зовнішнього повітря

Діючий ДБН [5] містить наступні розрахункові параметри:

- тривалість опалювального періоду для різних населених міст України, середня температура зовнішнього повітря,
- надходження теплоти від сонячної радіації,
- вологість повітря,
- швидкість вітру,
- та ін.

Детально інформація по кліматологічним характеристикам для населених міст України наведена в додатках.

Вимоги до теплоізоляційної оболонки будівлі

Згідно з ДБН В.2.6-31 «Теплова ізоляція та енергоефективність будівель» [5] рекомендовано мінімально допустимий приведений опір теплопередачі $R_{q \min}$, $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ (див. додатки):

- для зовнішніх стін;
- для перекриття холодного горища;
- для перекриттів цокольного перекриття;
- для світлопрозорих огорожувальних конструкцій;
- для дверей.

Також в ДБН [5] приведені максимально **допустимі** значення питомих тепловитрат на опалення будинку за опалювальний період (див. додатки).

3 ХАРАКТЕРИСТИКА ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ ЗАХОДІВ

При виборі енергозберігаючих заходів враховують:

- *економічні аспекти*: ефективність витрат,
- *технічні, санітарно-гігієнічні та екологічні аспекти*: оптимізація енергопостачання та енерговикористання (можливість управління навантаженням, регулювання), збалансованість енерговикористання (раціональне та екологічне), безпека енергопостачання: достатнє, надійне та стабільне постачання енергії, мінімізація поломок, втрат, ін.

Напрямки енергозберігаючих заходів

Тепловий захист – утеплення огорожувальних конструкцій (стіни, двері, покриття, перекриття, підлога), заміна вікон, теплоізоляція трубопроводів. Це дозволяє знизити

Облік та регулювання – зменшення енергоспоживання в інженерних системах, стимулювання енергозберігаючої поведінки.

Модернізація інженерних мереж та джерел енергії – системи місцевого та центрального теплопостачання, водопостачання, опалення, гарячого водопостачання, вентиляції, освітлення.

Нетрадиційні та поновлювані джерела енергії (сонячна енергія, геотермальна енергія, теплові насоси, тощо).

Потенціал енергозбереження при реконструкції існуючого житлового фонду та будівель громадського призначення в Україні складає близько **50...60 %** (від базового рівня), що включає:

- зниження енергетичної потужності системи за рахунок - підвищення теплозахисних властивостей зовнішніх огорожувальних конструкцій та зниження втрат при транспортуванні теплоносіїв;
- зниження витрат енергії в установках мікроклімату за рахунок постачання енергії у відповідності із потребами і правильного розподілення енергоносіїв;
- ефективне використання існуючих джерел енергії та нетрадиційних і відновлювальних джерел енергії для систем забезпечення мікроклімату.

Інженерний аналіз енергозберігаючих заходів включає: розрахункові методики визначення енергетичних та теплотехнічних показників; статистичні дані та нормативи (використання води, електрообладнання, освітлення); дані виробників (ККД, продуктивність та ін.); передовий досвід подібних заходів; перехресну перевірку і дублюючі розрахунки.

4 ФІНАНСОВО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ ПРОЕКТІВ З ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ

Інвестиції – всі затрати, пов'язані з реалізацією проекту, що включають:

- проектування, виконавчу документація,
- керівництво проектом,
- матеріали та обладнання,
- монтажні, пусконаладжувальні роботи,
- навчання персоналу,
- податки,
- інші затрати.

Чиста річна економія, що включає: вартість зекономленого палива, вартість зекономленої енергії, зниження платежів (екологічні, плата за підключення, плата за пікове навантаження), витрати на обслуговування.

Простий термін окупності: $PP=I/CF$, [років],

де I – інвестиції (капітальні витрати), грн; CF – чиста річна економія, грн/рік. Якщо простий термін окупності більше, ніж економічний термін служби - захід нерентабельний.

Чиста приведена вартість (NPV) - сьогоднішня вартість всієї майбутньої щорічної економії на протязі економічного строку служби за вирахуванням первинних інвестицій. Якщо $NPV>0$ - проект рекомендується до впровадження, якщо $NPV<0$ - проект збитковий.

$$NPV = \frac{CF_1}{(1+i)^1} + \frac{CF_2}{(1+i)^2} + \dots + \frac{CF_n}{(1+i)^n} - I = \sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+i)^t} - I$$

де CF_t – чистий грошовий приплив в кінці t -го періоду, i – бажана ставка дисконтування, n – горизонт планування, років.

Коефіцієнт чистої приведеної вартості (NPVQ): $NPVQ=NPV/I$.

Найбільший NPVQ вказує на найбільш прибутковий захід. NPVQ можна застосовувати при ранжуванні заходів всередині проекту.

Внутрішня норма доходності (IRR), [%] - ставка дисконтування, при якій чиста приведена вартість майбутньої економії коштів за весь термін служби дорівнює сумі інвестицій ($NPV=I$). Якщо $IRR>i$ - захід прибутковий.

Горизонт планування - кількість років, на протязі яких буде аналізуватися рентабельність пакету заходів (для проектів енергоефективності будівель – 10-20 років).

5 РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО ВИКОНАННЯ КОМП'ЮТЕРНОГО ПРАКТИКУМУ

Завдання №1

Створення робочих листів моделі

Мета: отримання досвіду внесення вихідних даних для базового та запропонованого проектів при роботі зі спеціалізованим програмним продуктом RETScreen для можливості моделювання і оцінки проектів з енергоефективності.

Завдання: створення робочих листів програми RETScreen «Початок», «Енергетична модель», «Засоби» для різних типів об'єктів (промислових, адміністративних і громадських будівель, житлових багатоповерхових та малоповерхових окремих будівель котеджного типу) з використанням різних джерел енергії та їх комбінації.

Порядок виконання:

- 1) Заповнення робочого листа «Початок», внесення даних інформативного характеру. Вихідні дані для розрахунку надає викладач на початку заняття індивідуально кожному студенту.
- 2) Заповнення робочого листа «Енергетична модель» для різних типів проектів (заходи з енергозбереження, потужність, опалення, охолодження, комбіноване виробництва тепла та електроенергії, комбіноване виробництво холоду та електроенергії, комбіноване виробництво тепла і холоду):
 - Джерела енергії – вводиться інформація для базового варіанту та запропонованого варіанту стосовно палива і видів енергії;
 - Графіки навантажень - залежно від типу об'єкту і його призначення, год/день, та внутрішні температури в період зниження навантаження;
 - Кліматичні дані;
 - Характеристика об'єкту – вносяться дані відносно системи опалення; системи охолодження; складу і характеристик огорожувальних конструкцій оболонки будівлі; систем вентиляції та обладнання для рекуперації теплоти, систем освітлення, гарячого водопостачання; складу електрообладнання; систем
 - Аналіз викидів – аналіз проекту стосовно зменшення викидів CO₂;

- Фінансовий аналіз - початкові затрати, темп інфляції, терміни реалізації проекту, гранти, щорічні затрати на експлуатацію і обслуговування, вартість палива, щорічний дохід.
- 3) Заповнення робочого листа «Засоби» - більш деталізована інформація щодо енергетичної моделі об'єкту.

Рекомендації до виконання

- 1) Вартість палива і енергії обирається студентом самостійно залежно від регіону розташування об'єкту на офіційних сайтах НКРЕ, компаній-постачальників або за даними затверджених тарифів виконавчих органів міськадміністрацій з обов'язковою вказівкою джерела інформації.
- 2) Теплофізичні характеристики огорожень приймати за даними ДБН «Теплова ізоляція», які наведені в додатках.
- 3) При заповненні даних для об'єктів нового будівництва або тих, для яких запланована реконструкція (модернізація, реновація), урахувати наявність місцевого потенціалу для використання чистої енергії.

Завдання №2

Оцінка впливу вибору різних факторів на техніко-економічні показники енергоефективного проекту

Мета: отримання практичних навиків визначення нормативних параметрів для розрахунку енергоефективних проектів та вміння застосовувати існуючі бази даних щодо кліматичних характеристик місцевості і інших, а також вміння виконувати порівняльний аналіз їх впливу на показники проектів.

Завдання: порівняльна оцінка кліматичних і інших характеристик та розрахункових умов і оцінка впливу вихідних даних на результати обчислень та вибір заходів з енергоефективності.

Порядок виконання

- 1) Визначити кліматичні параметри місця розташування об'єктів відповідно до індивідуального варіанту (видається викладачем перед початком роботи) згідно діючих норм в Україні:

- середньомісячні температури зовнішнього повітря протягом опалювального періоду та в літній період;
- розрахункова температура на опалення;
- тривалість опалювального періоду;
- тривалість сезону охолодження;
- кількість градусо-днів;
- відносна вологість повітря;
- швидкість вітру;
- надходження сонячної радіації протягом періоду (кВт-год, або МДж) та середньостатистичну місячну інтенсивність сонячної радіації (Вт/м^2) погодинно для середніх умов хмарності.

2) Визначити нормативні вимоги до певного типу об'єкту згідно індивідуального варіанту (видається викладачем перед початком роботи) після проведення термомодернізації, а саме:

- розрахункової внутрішньої температури повітря в приміщенні для опалення і для кондиціонування,
- вологості приміщень,
- кратності повітрообміну,
- опору теплопередачі згідно сучасних вимог $R_{q \min}$, $\text{м}^2 \cdot \text{К/Вт}$,
- нормативних максимальних теплових витрат E_{\max} , кВт-год/м^2 , кВт-год/м^3
- величина побутових теплонадходжень від людей, обладнання та приладів;
- нормативна температура внутрішнього повітря в години зниження теплового навантаження під час регулювання теплового потоку.

3) Графічно представити відмінності у вихідних даних, для чого привести дані до одних одиниць виміру.

4) Оцінити можливий вплив відмінностей у вказаних даних на результати розрахунку технічних і економічних показників енергоефективного проекту.

5) Зробити висновки, результати порівняння представити у наочній формі.

Завдання №3

Створення енергетичної моделі будівлі для аналізу і вибору енергоефективних проектів

Мета: створення моделі та комп'ютерне моделювання заходів з термореновації будівлі.

Завдання: провести комп'ютерне моделювання впровадження таких заходів, як утеплення зовнішніх огорожень, заміна вікон та зменшення теплового потоку в нічний час у заданій будівлі; проаналізувати результати роботи з енергетичної, екологічної, фінансової точки зору.

Вихідні дані

Вихідні дані надаються викладачем на початку заняття у наступному вигляді (таблиця 5.1, 5.2), надається також інформація щодо складу огорожувальних конструкцій будівлі.

Таблиця 5.1 — Варіанти для виконання лабораторної роботи

Варіант	Геометричні розміри будівлі			Кількість поверхів, шт..	Кількість квартир, шт.	Орієнтація будівлі	Місце знаходження	Кількість людей	Паливо			Додаткові графіки навантажень
	Довжина, м	Ширина, м	Висота, м						Вид	Тариф	Сезонна ефективність	
1												
2												
3												

Таблиця 5.2 — Характеристики вікон та параметри гарячої води

Варіант	Характеристики вікон				Характеристики гарячої води	
	Вид застосування	Розмір вікна	Коефіцієнт теплопередачі вікон, Вт/м ² К	Коефіцієнт корисного сонячного випромінювання	Витрата гарячої води, л/люд.	Температура гарячої води, °С

Порядок виконання роботи

1) Після вибору *кліматичної зони* необхідно натиснути на поле «Заповніть лист Енергетичної моделі»

2) У підрозділі «*Джерела енергії та графіки навантажень*» необхідно ввести інформацію для базового варіанту і запропонованого варіанту заходів.

Користувач задає один або більше видів палива, перший вид палива – «Електроенергія», інші види палива обираються згідно варіанту.

3) *Вартість палива* і енергії обирається студентом самостійно залежно від регіону розташування об'єкту на офіційних сайтах НКРЕ, компаній-постачальників або за даними затверджених тарифів виконавчих органів міськадміністрацій з обов'язковою вказівкою джерела інформації.

4) В підрозділі «*Розклад*» (*Графіки навантажень*) студент вказує один або кілька графіків роботи для базового і запропонованих варіантів. Основний розклад - "24 / 7"(24 години на добу/7 днів на тиждень), також необхідно ввести додаткові графіки навантажень (Розклад 2 та Розклад 3), які пізніше розглядаються у формах «Огороджувальні конструкції», «Вентиляція», що надані нижче. Їх детальна характеристика описана на рисунку 15.

5) Далі вводиться «температура опалення та температура кондиціонування приміщень» для кожного графіку - це нормоване значення внутрішньої температури – 20 °С.

6) Студент вводить різницю між температурою для зайнятих і незайнятих періодів (за абсолютною величиною) для вказаних графіків «+/-». Приймаємо, що введені значення у позицію «+/-» (Розклад 3) дорівнює 3 °С, це означає, що протягом неробочого часу у запропонованому випадку перепад температури для опалення приміщень буде на 3 °С нижче, а температура для кондиціонування на 3 °С вище.

7) *Коефіцієнт зайнятості в день*. Користувач вводить кількість годин на день, які розглядаються як періоди роботи для кожного дня тижня і для кожного графіка. При розгляданні житлового будинку, приймемо, що:

- для парних варіантів: в робочі дні – 16%, а у вихідні – 18%.
- для непарних варіантів: в робочі дні – 17%, а у вихідні – 19%.

8) *Коефіцієнт зайнятості – в рік*. Цей показник розраховується моделлю, як кількість годин на рік, що є робочими для кожного графіку. Модель також обчислює коефіцієнт зайнятості, у %, протягом усього року.

9) *Температури переключення опалення/охолодження.* Користувач вводить температури зовнішнього повітря, при якому системи (опалення, вентиляція і кондиціонування) змінюються від нагрівання до охолодження і навпаки. Прийнемо цю температуру рівною 16°C.

10) *Тривалість опалювального сезону і тривалість сезону охолодження.* обчислюються моделлю на основі температури переключення опалення/охолодження і кліматичних даних в листі «Початок».

11) У цьому розділі *«Характеристика об'єкту»* студент вводить інформацію щодо характеристик об'єкту для базового і запропонованих варіантів. Користувач натискає на синє гіперпосилання (наприклад, гіперпосилання системи опалення, системи охолодження, огорожувальних конструкцій тощо) для доступу до форми введення даних, використовуваної для опису об'єкту.

12) У підрозділі *«Опалювальна система»* необхідно ввести інформацію щодо виду палива і сезонної ефективності. В будинку є як централізоване тепlopостачання, так використовуються і електричні бойлери (заповнюємо вкладки «1» і «2»).

13) Заповнення підрозділу *«Огороджувальні конструкції будівлі (оболонка будівлі)»*. Для заповнення форми «Оболонка будівлі» натискаємо на гіперпосилання. Далі необхідно ввести наступні дані:

- орієнтація будівлі (відносно північної сторони)
- розклад – розклад 2 (базовий випадок), розклад 3 (запропонований випадок)
- необхідно відкрити закладку «Засоби», відмітити пункт «Властивості оболонки будівлі» та заповнити (див. рис. 17).

У цьому випадку, коли наявні лише три шари матеріалів і немає теплової ізоляції, - отриманий коефіцієнт теплопередачі – 2,1 Вт/(м²·К). Наступний крок – додати теплоізоляційну оболонку, як вказано на рис. 18, та довести коефіцієнт теплопередачі до нормативного, вказаного у додатках відповідно температурній зоні розташування об'єкту, змінюючи товщину теплоізоляції.

Паливо		Вид палива 1	Вид палива 2	Вид палива 3	Вид палива 4
Вид палива		Електроенергія	Задане користувачем паливо		
Споживання палива - одиниці		МВт·год	МВт·год		
Вартість палива - одиниця		UAH/кВт·год	UAH/МВт·год		
Вартість палива		0,349	0,333		

Розклад	Одиниця	Розклад 1	Розклад 2	Розклад 3	Розклад 4
Опис		24/7	Workshop		
			Зайнятий	Зайнятий	Зайнятий
Температура - опалення приміщень	°C	20,0	20,0	20,0	
Температура - кондиціювання приміщень	°C				
Температура - без людей	+/-°C		Незайнятий 0,0	Незайнятий 3,0	
Коефіцієнт зайнятості - □в день		год/день	Зайнятий год/день	Зайнятий год/день	
Понеділок		24	16,0	16,0	
Вівторок		24	16,0	16,0	
Середа		24	16,0	16,0	
Четвер		24	16,0	16,0	
П'ятниця		24	16,0	16,0	
Субота		24	18,0	18,0	
Неділя		24	18,0	18,0	
Коефіцієнт зайнятості - □в рік	год/рік %	8 760 100%	6 049 69%	6 049 69%	
Температура переключення опалення/охолодження	°C	16,0			
Тривалість опалювального сезону	д	234			
Тривалість сезону охолодження	д	131			

Рисунок 15 — Загальний вигляд блоку «Паливо та графіки»

14) Повертаючись до вкладки «Енергетична модель», необхідно натиснути знову на гіперпосилання «Оболонка будівлі» та ввести *характеристики стін* – площі (підрховані самостійно) та отримані коефіцієнти теплопередачі для базового та запропонованого випадків.

15) *Характеристики вікон* приймаємо наступні (для базового випадку):

- тип вікна: віконне плетіння;
- детальний тип: подвійне/одинарне застклення;
- тип рами: дерев'яна;

Далі вказуємо розмір вікна, коефіцієнт теплопередачі вікон, коефіцієнт корисного сонячного випромінювання, кількість вікон.

Коефіцієнт теплопередачі вікон для запропонованого випадку приймаємо нормативними (див. додатки) згідно температурної зони.

16) Коефіцієнти *сонячного затінення* (і в базовому, і в запропонованому варіанті) приймаємо наступні:

☒ Сонячне затінення - сезон використання

Сонячне затінення - зима	%	9	8	7	8
Сонячне затінення - літо	%	8	9	19	10

Рисунок 16 — Коефіцієнти сонячного затінення

17) *Характеристики даху* – площа, розрахована за зовнішніми розмірами, коефіцієнт теплопередачі $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ (базовий випадок) і (запропонований випадок).

18) *Характеристики підлоги* – підлога нижче рівня землі, неізолювана/на рівні ґрунту для базового випадку (коефіцієнт теплопередачі $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$) та ізолювана/на рівні ґрунту для запропонованого випадку (коефіцієнт теплопередачі $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$), незахищений периметр – розрахувати самостійно.

Властивості оболонки будівлі

Тип	Стіна - над поверхнею землі			
Опис				
Одиниці	(Вт/м²)/°C	Коеф. теплопередачі		
Опис	Шар	Товщина мм	Питома Вт/м - °C	Теплопровідність (Вт/м²)/°C
Наружний плівковий коефіцієнт				33,402
Цементна штукатурка для внутрішніх робіт	1	20,0	0,700	35,000
	2			
Бетонний блок	3	250,0	0,900	3,600
Цементна штукатурка для зовнішніх робіт	4	20,0	1,100	55,000
	5			
	6			
	7			
	8			
Внутрішній плівковий коефіцієнт				8,350
Коефіцієнт теплопередачі - ном.			(Вт/м²)/°C	2,109

Рисунок 17 — Властивості оболонки будівлі

Тип	Стіна - над поверхнею землі			
Опис				
Одиниці	(Вт/м²)/°C	Коеф. теплопередачі		
Опис	Шар	Товщина мм	Питома Вт/м - °C	Теплопровідність (Вт/м²)/°C
Наружний плівковий коефіцієнт				33,402
Цементна штукатурка для внутрішніх робіт	1	20,0	0,700	35,000
Полістирол - тип 1	2	90,0	0,038	0,422
Бетонний блок	3	250,0	0,900	3,600
Цементна штукатурка для зовнішніх робіт	4	20,0	1,100	55,000
	5			
	6			
	7			
	8			
Внутрішній плівковий коефіцієнт				8,350
Коефіцієнт теплопередачі - ном.			(Вт/м²)/°C	0,352

Рисунок 18 — Утеплення зовнішніх огорожень

19) Внесення інших даних:

- Кількість одиниць оболонки будівлі: 1
- Вибір системи: опалення;
- Опалювальна система: Опалювальна система 1;
- Вентиляція: система активної вентиляції відсутня;
- Освітлення (рис.21);
- Площа підлоги (розрахована за вихідними даними);
- Інші позиції заповнюємо за рис. 19-21.

20) *Електричне обладнання.* Для опису наявного електрообладнання натискаємо гіперпосилання «Електрообладнання».

Робочі години – 24 год/день.

Приймаємо електричне навантаження - $1,2 \text{ Вт/м}^2$ (для занесення в таблицю – врахувати площу).

Тривалість вмикання – 100%

Навантаження при охолодженні – Так;

Навантаження при опаленні – Так;

Базовий і запропонований випадки приймемо рівними.

21) *Гаряча вода.* Заповнюємо таблицю наступним чином:

- Використання гарячої води та температуру
- Метод підведеної температури: Формула;
- Робочі години – 24 год/день;
- Температура води – мінімум – 3 °C;
- Температура води – максимум - 12 °C;
- Ефективність утилізації тепла – 0%;
- Опалювальна система – Опалювальна система 2;

22) Необхідно також врахувати *внутрішнє тепловиділення осіб.* По гіперпосиланню «*Інші*» вводимо наступне:

- Електричне навантаження – 75 Вт/особа;
- Тривалість вмикання – 100%;
- Робочі години – 6049 год/рік;
- Кількість одиниць (людей) – згідно варіанту.

23) Далі приймаємо:

- навантаження при охолодженні – Так;
- навантаження при опаленні – Так;

		Базовий випадок				Запропонований випадок					
Північна сторона будівлі	°					0	<input checked="" type="checkbox"/> Базовий випадок = запропонованому				
Розклад		Розклад 2				Розклад 3					
Опис		Workshop				workshop setback					
		Базовий випадок				Запропонований випадок				Додаткові капітальні затрати	
Оболонка будівлі		Північ	Схід	Південь	Захід	Північ	Схід	Південь	Захід		
Стіни						<input type="checkbox"/> Базовий випадок = запропонованому					
Площа	м²										
Коеф. теплопередачі	(Вт/м²)/°C	2,1	2,1	2,1	2,1					UAH	
<input checked="" type="checkbox"/> Вікно						<input type="checkbox"/> Базовий випадок = запропонованому					
Площа	м²										
Коеф. теплопередачі	(Вт/м²)/°C									UAH	
Коефіцієнт теплопотоків від сонячної радіації											
<input checked="" type="checkbox"/> Сонячне затінення - сезон використання						<input checked="" type="checkbox"/> Базовий випадок = запропонованому					
Сонячне затінення - зима	%	9	8	7	8	9	8	7	8		
Сонячне затінення - літо	%	8	9	19	10	8	9	19	10		
<input type="checkbox"/> Двері						<input type="checkbox"/> Базовий випадок = запропонованому					
<input checked="" type="checkbox"/> Дах						<input type="checkbox"/> Базовий випадок = запропонованому					
Площа	м²										
Коеф. теплопередачі	(Вт/м²)/°C	1,6				0,27				UAH	
<input type="checkbox"/> Підлога						<input type="checkbox"/> Базовий випадок = запропонованому					
<input type="checkbox"/> Стіна - нижче поверхні землі						<input type="checkbox"/> Базовий випадок = запропонованому					
<input checked="" type="checkbox"/> Підлога - нижче поверхні землі						<input type="checkbox"/> Базовий випадок = запропонованому					
Незахисений периметр	м										
Опис		Неізований/на рівні ґрунту				Ізований / на рівні ґрунту				UAH	
Коеф. теплопередачі	(Вт/м²)/°C	1,3				0,35					

[Далі](#) [Далі](#)

Рисунок 19 — Вікно «Оболонка будівлі»

Природня інфільтрація повітря		Базовий випадок	Запропонований випадок	Додаткові капітальні затрати
Метод	Швидкість повітрообміну			\$ 0
Об'єм	м³	1	0,7	
Швидкість повітрообміну	змін	1	0,7	
Природня інфільтрація повітря	л/сек	0,0	0,0	
Додаткові капітальні затрати	UAH		6 649 307	
Додаткова економія на експлуатації і обслуговуванні	UAH		0	
Кількість одиниць оболонки будівлі		1	1	
Вибір системи		Опалення	Опалення	
Опалювальна система		Опалювальна система 1	Опалювальна система 1	
Опис опалювальної системи		district heating	district heating	
Опалення	MBT·год	2 603	627	75,9%

Рисунок 20 — Заповнення даних щодо будівлі

		Базовий випадок	Запропонований випадок	
Площа підлоги	м²			
Освітлювальне навантаження на одиницю площі	Вт/м²	0,6	0,6	
Робочі години	год/день	24	24	
Додаткові капітальні затрати	UAH		0	
Додаткова економія на експлуатації і обслуговуванні	UAH		0	
Кількість одиниць		1	1	
Електроенергія	MBT·год	0	0	0,0%
<div> Навантаження при охолодженні п <input checked="" type="radio"/> Так <input type="radio"/> Ні </div> <div> Навантаження при опаленні примі <input checked="" type="radio"/> Так <input type="radio"/> Ні </div>				

Рисунок 21 — Освітлення

24) «Викиди» - аналіз проекту стосовно зменшення викидів CO₂, показники якого важливі в умовах сталого розвитку:

- коефіцієнт викидів ПГ (до втрат) прийняти рівним 0,347 тCO₂/МВт;
- втрати при транспортуванні та розподіленні – 12%.

25) «Фінансовий аналіз» - аналіз результатів впровадження заходів з енергозбереження з точки зору економічної доцільності.

Середній рівень інфляції – 10%;

Строк реалізації проекту – 15 років.

Коефіцієнт заборгованості – 0%.

26) Результати проведеної роботи (див. рис. 22, 23, 24) необхідно занести до табл. 5.3.

Роздрукувати аркуші «Початок» та «Енергетична модель».

Таблиця 5.3 —Результат впровадження проекту

1	Зекономлена енергія на опалення, %	
	Зекономлена енергія на опалення, кВт·год/м ²	
	Зекономлена енергія (загальна), %	
	Зекономлена енергія (загальна), кВт·год/м ²	
2	Чисте щорічне скорочення викидів ПГ, %	
3	ВНР до виплати податків – активи, %	
	Простий строк окупності, рік	
	Повернення капіталу, рік.	

27) Побудувати діаграми для базового та запропонованого варіантів:

- спожитої енергії, МВт·год (на опалення, загальної);
- спожитого палива, МВт·год (електроенергія, задане користувачем паливо);
- річного скорочення обсягу викидів ПГ, тCO₂.

28) Зробити висновки.

Резюме											Показат дані						
Паливо				Базовий випадок			Запропонований випадок			Економія витрат на паливо							
Вид палива		Споживання палива - одиниці		Вартість палива		Споживання палива		Вартість палива		Споживання палива		Вартість палива		Зекономлене паливо		Економія витрат на паливо	
Електроенергія		МВт·год		UAH 349,000		2 449,4		UAH 854 844		2 449,4		UAH 854 844		0,0		UAH -	
Задане користувачем паливо		МВт·год		UAH 333,000		7 716,1		UAH 2 569 469		2 526,7		UAH 841 379		5 189,5		UAH 1 728 090	
Разом								UAH 3 424 313				UAH 1 696 223				UAH 1 728 090	
Перевірка проекту		Споживання палива - одиниці		Споживання палива - традиційне		Споживання палива Базовий		Споживання палива - зміна									
Вид палива		МВт·год				2 449,4											
Електроенергія		МВт·год				7 716,1											
Задане користувачем паливо		МВт·год															
Енергія		Опалення МВт·год		Охолодження МВт·год		Електроенергія МВт·год		Разом МВт·год									
Споживання енергії - Базовий випадок		6 325				910		7 235									
Споживання енергії - Запропонований випадок		2 692				910		3 602									
Зекономлена енергія		3 633				0		3 633									
Зекономлена енергія - %		57,4%				0,0%		50,2%									
Мітка		кВт·год		57 720													
Одиниця енергії		м²															
Еталонна одиниця																	
Мітка		Опалення кВт·год/м²		Охолодження кВт·год/м²		Електроенергія кВт·год/м²		Разом кВт·год/м²									
Енергія		109,6		46,6		15,8		62,4									
Споживання енергії - Базовий випадок		109,6		46,6		15,8		62,4									
Споживання енергії - Запропонований випадок		62,9		62,9		0,0		62,9									
Зекономлена енергія		62,9		62,9		0,0		62,9									

Рисунок 22 — Енергетичний аналіз проведеної роботи

Emission Analysis					
Base case electricity system (Baseline)		GHG emission factor (excl. T&D)	T&D losses	GHG emission factor	
Country - region	Fuel type	tCO ₂ /MWh	%	tCO ₂ /MWh	
Ukraine	All types	0.347	12.0%	0.395	
GHG emission					
Base case	tCO ₂	2 447.2			
Proposed case	tCO ₂	1 483.5			
Gross annual GHG emission reduction	tCO ₂	963.7			
GHG credits transaction fee	%				
Net annual GHG emission reduction	tCO ₂	963.7	is equivalent to	177	Cars & light trucks not used
GHG reduction income					
GHG reduction credit rate	UAH/tCO ₂				

Рисунок 23 — Аналіз викидів

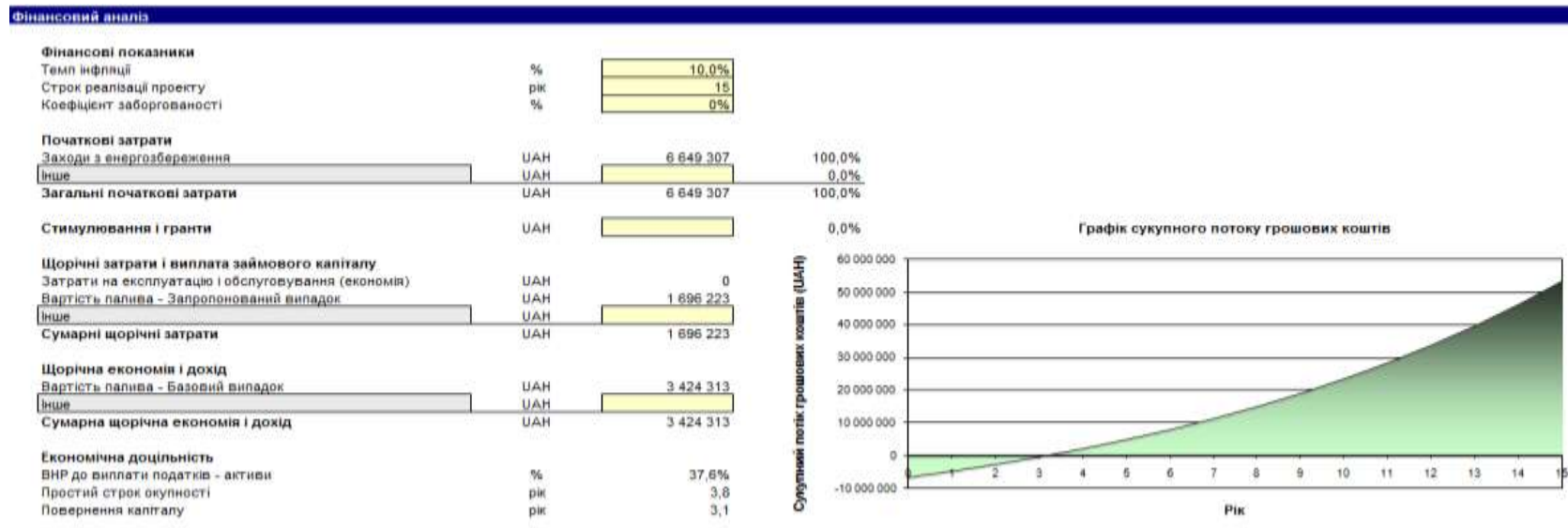


Рисунок 24 — Фінансовий аналіз

6 ЗАГАЛЬНІ ВИМОГИ ЩОДО ОФОРМЛЕННЯ ПРОТОКОЛІВ КОМП'ЮТЕРНОГО ПРАКТИКУМУ

Зміст протоколу

1. Титульний аркуш (див. додаток А);
2. Анотація (обсяг 0,5 сторінки);
3. Початковий лист проекту: вхідні та вихідні дані,
4. Інформація по проекту;
4. Графічне оформлення лабораторної роботи: індивідуальне завдання;
5. Висновки.

Порядок оформлення протоколу

Анотація призначена для ознайомлення з текстовим документом лабораторної роботи. Вона має бути стислою, інформативною і містити відомості, які характеризують виконану лабораторну роботу. Анотацію слід розміщувати безпосередньо за титульним аркушем, починаючи з нової сторінки (другої) нумерація якої не зазначається.

Інформація по проекту: дані інформативного характеру; дані для запуску відповідної моделі розрахунку проекту:

Таблиця 6.1 — Інформація по проекту

Назва проекту:	Лабораторна робота №1
Місце розташування проекту	НН ІЕЕ
Підготовано для	"Енергозбереження та енергоменеджмент"
Підготовано	ПІБ студента, № бригади
Тип проекту (обрати з меню)	Заходи з енергозбереження
Тип об'єкту (обрати з меню)	Житловий
Тип аналізу (обрати з меню)	Метод 1
Нормативна величина для опалення	Нижча теплота згорання
Мова (обрати з меню)	Ukrainian - Українська
Керівництво користувача (обрати з меню)	English - Anglais
Валюта (обрати з меню)	Україна
Одиниці (обрати з меню)	Метричні одиниці

Далі наводиться основна частина роботи, таблиці з внесеними розрахунковими даними, обробка результатів і висновки.

Контрольні запитання

1. Що ви знаєте про застосування програмного продукту RETScreen в інших країнах світу?
2. Які можливості по застосуванню має RETScreen?
3. Які переваги використання методології RETScreen?
4. Які фінансові показники дозволяє аналізувати програмний продукт?
5. Які екологічні показники дозволяє аналізувати RETScreen?
6. Які енергетичні результати розрахунків енергоефективних проектів дозволяє розрахувати та проаналізувати програмний продукт?
7. Які бази даних містяться в програмному продукті RETScreen?
8. Які кліматичні дані містить RETScreen?
9. Стандартний аналіз складається з п'яти етапів, яких саме?
10. Що включає енергоаналіз?
11. Що включає аналіз собівартості?
12. Що включає аналіз емісії парникових газів?
13. Що включає аналіз ризиків?
14. Що включає аналіз чутливості системи?
15. Які вихідні дані вводяться в RETScreen для проектів термомодернізації будівель?
16. Які базові модулі та напрями проектів охоплює RETScreen?
17. Структурні складові проектів RETScreen?
18. Які дані включає енергетична модель?
19. Які дані включає робочий лист моделі «Засоби»?
20. Які дані включає підрозділ «Паливо і графіки»?
21. Які характеристики будівлі потрібно вводити для можливості моделювання проектів з енергоефективності?
22. Які дані щодо інженерних мереж можна враховувати при створенні моделі?
23. Поясніть суть фінансово-економічних показників проектів з енергоефективності.
24. Яка мета виконання роботи та основні її етапи?
25. Проаналізуйте основні результати виконання роботи?

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Directive 2010/31/eu of the European parliament and of the council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings (recast). Official Journal of the European Communities. 2010, L153. P.13-35.
2. Офіційний сайт НАЕР: <http://naer.gov.ua/programmy-1/monitoring>.
3. КТМ 204 Україна 244–94. Норми та вказівки по нормуванню витрат палива та теплової енергії на опалення житлових та громадських споруд, а також на господарсько–побутові потреби в Україні. К.: ЗАТ „ВІПОЛ”. 2001. – 376с.
4. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 «Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Будівельна кліматологія». К., 2011. – 135с.
5. ДБН В.2.6- 31:2021 Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель. К.: Мінбуд України, 2022. – 27 с.
6. ДСТУ Б А.2.2-12:2015. Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання при опаленні, охолодженні, вентиляції, освітленні та гарячому водопостачанні. К. Мінрегіонбуд, 2016. – 205 с.
7. ДБН В.2.2-9:2018 «Громадські будинки і споруди. Основні положення»
8. ДБН В.2.2-4:2018 «Будинки і споруди. Дошкільні навчальні заклади»
9. ДБН В.2.2-3:2018 «Будинки і споруди. Будинки та споруди навчальних закладів»
- 10.ДБН В.2.2-15:2019 «Житлові будинки. Основні положення»
- 11.ДБН В.2.2-41:2019 «Висотні будівлі: Основні положення»
- 12.ДБН В.2.2-10-2018 «Будинки і споруди. Заклади охорони здоров'я»
- 13.ДБН В.2.2-11-2002 «Будинки і споруди. Підприємства побутового обслуговування»
- 14.ДБН В.2.2-13-2003 «Будинки і споруди. Спортивні та фізкультурно-оздоровчі споруди»
- 15.Прикладні задачі енергозбереження: вибрані розділи : Лабораторний практикум [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 144 «Теплоенергетика» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: М.М.Шовкалюк, І.Ю.Білоус – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. –80 с.

ДОДАТОК А**Зразок титульного аркуша лабораторної роботи**

НН Інститут енергозбереження та енергоменеджменту
Кафедра електропостачання

**Створення енергетичної моделі будівлі для аналізу і вибору
енергоефективних проектів**

**з навчальної дисципліни «Енергоефективність та енергетична
сертифікація будівель»**

спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Викладач: Шовкалюк М.М.

(прізвище та ініціали)

_____ *(підпис)*
” ____ ” _____ 20__ р.

Виконав студент гр. _____

_____ *(підпис, прізвище та ініціали)*
” ____ ” _____ 20__ р.

Дата захисту: ” ____ ” _____ 20__ р.

Оцінка _____

Київ
НН ІЕЕ КПІ ім. Ігоря Сікорського 20__

ДОДАТОК Б

КАРТА-СХЕМА ТЕМПЕРАТУРНИХ ЗОН УКРАЇНИ



ДОДАТОК В

Таблиця В1 — Мінімально допустиме значення опору теплопередачі огорожувальної конструкції (житлові та громадські будинки)

Ч.ч.	Вид огорожувальної конструкції	Значення R_{qmin} , $m^2 \cdot K/Вт$, для температурної зони	
		I	II
1	Зовнішні стінові огорожувальні конструкції	4,00	3,50
2	Суміщені покриття, що межують із зовнішнім повітрям	7,00	6,00
3	Покриття опалюваних горищ (технічних поверхів), мансард, горищні перекриття неопалюваних горищ	6,00	5,50
4	Перекриття, що межують із зовнішнім повітрям, та над неопалюваними підвалами	5,00	4,00
5	Світлопрозорі огорожувальні конструкції	0,90	0,70
6	Зенітні ліхтарі	0,80	0,70
7	Зовнішні двері	0,70	0,60

Таблиця В2 — Мінімально допустиме значення опору теплопередачі огорожувальної конструкції (промислові будинки)

Вид огорожувальної конструкції та тепловологісний режим експлуатації будівлі	Значення R_{qmin} , $m^2 \cdot K / Bt$, для температурної зони	
	I	II
Зовнішні непрозорі стіни будівель:		
- з сухим і нормальним режимом з конструкціями з:		
$D > 1,5$	1,70	1,50
$D \leq 1,5$	2,20	2,00
- з вологим і мокрим режимом з конструкціями з:		
$D > 1,5$	1,80	1,60
$D \leq 1,5$	2,40	2,20
- з надлишками тепла (більше ніж $23 Bt/m^3$)	0,55	0,45
Покриття та перекриття неопалюваних горіщ будівель:		
- з сухим і нормальним режимом з конструкціями з:		
$D > 1,5$	1,70	1,60
$D \leq 1,5$	2,20	2,10
- з вологим і мокрим режимом з конструкціями з:		
$D > 1,5$	1,70	1,60
$D \leq 1,5$	1,90	1,80
- з надлишками тепла (більше ніж $23 Bt/m^3$)	0,55	0,45
Перекриття над проїздами й неопалюваними підвалами з конструкціями з:		
$D > 1,5$	1,90	1,80
$D \leq 1,5$	2,40	2,20
Зовнішні двері й ворота будівель:		
- з сухим і нормальним режимом	0,60	0,55
- з вологим і мокрим режимом	0,75	0,70
- з надлишками тепла (більше ніж $23 Bt/m^3$)	0,20	0,20
Вікна й зенітні ліхтарі будівель:		
- із сухим і нормальним режимом	0,45	0,42
- з вологим і мокрим режимом	0,50	0,45
- з надлишками тепла (більше ніж $23 Bt/m^3$)	0,18	0,18
Примітка. D – показник теплової інерції конструкції, що визначається згідно з ДСТУ-Н Б В.2.6-190.		

ДОДАТОК Г

Нормативна максимальна питоме енергоспоживання на опалення та охолодження для житлових та громадських будівель EP_{max}

№ з/п	Вид будівлі (еталонні будівлі)	Граничне значення питомого енергоспоживання будівель при опаленні та охолодженні, EP_p , кВт×год/м ² [кВт×год/м ³], для температурної зони України	
		I	II
1	Будівлі житлові (поверховість):		
	від 1 до 3	120	110
	від 4 до 9	85	75
	від 10 до 16	75	70
	17 і більше	70	65
2	Громадські будівлі (поверховість):		
	від 1 до 3	$[38\Lambda_{bel} + 15]$	$[34\Lambda_{bel} + 13]$
	від 4 до 9	[30]	[25]
	10 і більше	[25]	[20]
3	Окремі типи громадських будівель:		
3.1	Будівлі готельні	$57\Lambda_{bel} + 60$	$50\Lambda_{bel} + 55$
3.2	Будівлі закладів освіти	$[55\Lambda_{bel} + 24]$	$[52\Lambda_{bel} + 23]$
3.3	Будівлі закладів дошкільної освіти	[32]	[28]
3.4	Будівлі закладів охорони здоров'я	[30]	[26]
3.5	Будівлі торговельні	$[33\Lambda_{bel} + 17]$	$[26\Lambda_{bel} + 15]$
Примітка: Λ_{bel} - коефіцієнт компактності будівлі, м ⁻¹ , знаходиться згідно з ДБН В.2.6-31:2016 "Теплова ізоляція будівель".			

Розрахункові температури зовнішнього повітря різних міст України

№	Місто	Температура середня місячна												Сер. за рік	Розрахункова темпер.	Період із середньою добовою температурою повітря					
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII			≤ 8°С		≤ 10° С		≥ 21° С	
																дiб	Середня темп	дiб	Середня темп	дiб	Середня темп.
1	Київ	-4,7	-3,6	1,0	9,0	15,2	18,3	19,8	19,0	13,9	8,1	1,9	-2,5	8	-22	176	-0,1	195	0,7	-	-
2	Сімферополь	-0,3	0,4	3,7	10,1	15,1	19,2	21,8	21,3	16,7	11,0	6,1	2,1	10,6	-15	154	2,6	175	3,5	61	21,8
3	Ялта	4,1	4,2	6,0	10,6	15,7	19,8	23,6	23,2	19,0	13,6	9,5	6,1	13,0	-6	126	5,3	152	6,1	83	23,0
4	Вінниця	-5,1	-3,8	0,5	8,1	14,2	17,2	18,7	18,0	13,3	7,6	1,8	-2,9	7,3	-21	182	-0,2	202	0,6	-	-
5	Луцьк	-4,2	-3,0	1,1	8,1	13,9	16,9	18,4	17,7	13,2	7,9	2,4	-2,4	7,5	-20	180	0,3	201	1,1	-	-
6	Дніпр-тровськ	-4,7	-3,8	1,1	9,6	16,0	19,6	21,6	20,7	15,4	8,6	2,2	-2,5	8,7	-24	172	-0,2	188	0,6	57	21,6
7	Кривий Ріг	-4,3	-3,3	1,6	9,6	15,8	19,4	21,5	20,7	15,5	8,9	2,7	-2,0	8,8	-17	171	0,2	188	1,0	55	21,5
8	Донецьк	-5,2	-4,4	0,7	9,4	15,4	19,0	21,2	19,8	14,9	8,0	1,8	-2,9	8,1	-22	176	-0,5	192	0,3	47	21,3
9	Житомир	-5,1	-4,0	0,4	7,9	14,0	17,1	18,5	17,7	13,0	7,4	1,7	-2,8	7,2	-22	184	-0,2	203	0,5	-	-
10	Ужгород	-2,4	-0,2	4,7	10,8	15,8	18,7	20,3	19,8	15,5	10,2	4,7	-0,5	9,8	-18	154	1,4	175	2,5	28	20,7
11	Запоріжжя	-3,5	-2,6	2,0	10,1	16,4	20,2	22,4	21,4	16,2	9,6	3,5	-1,1	9,6	-21	166	0,6	182	1,4	69	22
12	Ів.-Франківськ	-4,3	-2,6	1,7	8,1	13,6	16,7	18,3	17,7	13,4	8,0	2,5	-2,4	7,6	-20	179	0,4	200	1,2	-	-
13	Кіровоград	-4,9	-3,9	0,8	9,1	15,2	18,6	20,4	19,7	14,7	8,2	2,1	-2,6	8,1	-22	175	-0,3	192	0,5	32	20,8
14	Луганськ	-5,0	-4,2	1,1	10,1	16,1	19,9	22,0	20,7	15,1	8,2	2,2	-2,5	8,6	-25	172	-0,4	188	0,4	61	21,7
15	Львів	-4,0	-2,7	1,4	7,9	13,4	16,3	17,7	17,2	13,0	8,0	2,5	-2,2	7,4	-19	179	0,4	201	1,2	-	-
16	Миколаїв	-2,6	-1,6	2,8	10,2	16,4	20,3	22,7	22,0	16,8	10,4	4,2	-0,4	10,1	-20	161	1,1	178	2,0	75	22,3
17	Одеса	-1,3	-0,6	2,9	9,2	15,3	19,6	22,0	21,6	17,0	11,3	5,8	1,1	10,3	-18	158	2,0	178	3,0	65	21,9
18	Полтава	-5,6	-4,7	0,3	9,0	15,4	18,7	20,5	19,7	14,3	7,7	1,3	-3,4	7,8	-23	178	-0,8	195	0,0	31	10,8
19	Рівне	-4,6	-3,4	0,7	8,0	13,8	16,7	18,2	17,5	13,1	7,7	2,1	-2,6	7,3	-21	182	0,1	202	0,8	-	-
20	Суми	-6,6	-5,8	-0,8	8,1	14,6	17,9	19,5	18,4	13,0	6,7	0,4	-4,3	6,8	-25	187	-1,4	204	-0,6	-	-

21	Тернопіль	-5,0	-3,7	0,4	7,6	13,5	16,4	17,8	17,2	12,8	7,5	1,8	-3,1	6,9	-20	184	-0,2	205	0,6	-	-
22	Харків	-5,9	-5,1	0,0	9,0	15,5	18,9	20,7	19,7	14,1	7,5	1,0	-3,7	7,6	-23	179	-1,0	196	-0,2	37	20,9
23	Херсон	-2,5	-1,6	2,8	10,1	16,1	20,0	22,4	21,6	16,5	10,1	4,3	-0,2	10,0	-19	163	1,3	181	2,2	69	22,1
24	Хмельницький	-4,9	-3,6	0,6	7,9	13,9	16,8	18,4	17,7	13,1	7,6	1,9	-2,9	7,2	-21	183	-0,1	203	0,7	-	-
25	Черкаси	-5,0	-4,0	0,7	8,9	15,2	18,4	20,1	19,3	14,2	7,9	2,0	-2,7	7,9	-21	178	-0,3	195	0,5	18	20,6
26	Чернівці	-4,1	-2,4	2,0	8,9	14,5	17,6	19,1	18,4	14,1	8,7	2,7	-2,1	8,1	-20	175	0,5	196	1,4	-	-
27	Чернігів	-5,9	-4,9	-0,1	8,0	14,4	17,6	19,2	18,1	12,9	6,9	1,0	-3,5	7,0	-23	187	-0,9	204	-0,2	-	-
28	Умань	-4,8	-3,7	0,9	8,7	14,6	17,8	19,4	18,6	13,6	7,7	2,0	-2,5	7,7	-20	179	-0,1	197	0,7	-	-
29	Феодосія	1,2	1,6	4,6	10,6	16,1	20,8	23,2	23,1	18,4	12,6	7,6	3,8	12,0	-15	142	3,6	163	4,3	83	23,3
30	Ковель	-3,9	-2,7	1,3	8,1	13,9	16,9	18,2	17,6	13,0	7,9	2,5	-1,9	7,6	-21	177	0,4	199	1,2	-	-

Розрахункові швидкості повітря різних міст України

ДОДАТОК Е

№	Місто	Середня швидкість вітру м/с											
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	Київ	2,8	2,9	2,7	2,6	2,3	2,2	2,1	2,0	2,1	2,3	2,6	2,7
2	Сімферополь	5,0	5,1	5,0	4,7	4,3	4,0	4,0	3,9	3,9	4,2	4,7	5,0
3	Ялта	2,5	2,4	2,2	2,0	1,9	1,9	1,9	2,1	2,2	2,2	2,2	2,3
4	Вінниця	3,9	4,2	4,0	3,8	3,3	3,0	3,0	2,8	3,1	3,5	3,9	3,9
5	Луцьк	4,2	4,3	4,2	3,9	3,3	3,1	2,9	2,7	3,1	3,6	4,2	4,0
6	Дніпропетровськ	5,2	5,5	5,2	4,9	4,3	3,9	3,8	3,9	4,1	4,6	4,9	5,0
7	Кривий Ріг	4,7	5,2	4,9	4,8	4,2	3,7	3,7	3,7	3,9	4,1	4,5	4,5
8	Донецьк	5,3	5,9	5,4	5,0	4,2	3,6	3,5	3,6	3,9	4,5	5,0	5,2
9	Житомир	4,5	4,6	4,4	4,0	3,5	3,3	3,1	3,0	3,4	3,8	4,4	4,3
10	Ужгород	2,2	2,5	2,9	3,1	2,7	2,4	2,3	2,1	2,3	2,3	2,4	2,2
11	Запоріжжя	2,7	2,9	2,7	2,5	2,1	1,8	1,7	1,7	1,9	2,2	2,6	2,6
12	Івано-Франківськ	2,9	3,2	3,4	3,2	2,8	2,8	2,6	2,3	2,4	2,6	3,0	2,8
13	Кіровоград	4,3	4,6	4,5	4,3	3,8	3,5	3,4	3,4	3,6	3,8	4,2	4,2
14	Луганськ	3,0	3,4	3,3	3,1	2,6	2,0	1,9	2,0	2,2	2,5	2,9	2,9
15	Львів	4,0	4,0	4,1	3,7	3,2	3,0	2,8	2,6	2,9	3,4	4,0	3,9
16	Миколаїв	4,0	4,2	4,1	3,9	3,6	3,4	3,3	3,2	3,2	3,4	3,9	3,9
17	Одеса	4,1	4,1	4,0	3,5	3,2	3,0	2,9	3,0	3,2	3,6	4,1	4,0
18	Полтава	4,1	4,5	4,2	3,8	3,4	3,1	2,8	2,8	2,9	3,4	3,9	4,0
19	Рівне	4,8	4,8	4,6	4,3	3,8	3,5	3,3	3,1	3,7	4,2	4,9	4,8
20	Суми	4,4	4,6	4,4	4,1	3,6	3,4	3,1	3,1	3,3	3,9	4,3	4,4
21	Тернопіль	4,2	4,3	4,2	3,8	3,3	3,1	2,9	2,7	3,1	3,5	4,2	4,1
22	Харків	4,4	4,7	4,6	4,4	3,8	3,5	3,3	3,2	3,4	3,8	4,2	4,3
23	Херсон	3,9	4,1	4,1	3,7	3,2	3,0	2,9	2,8	2,8	3,1	3,6	3,8
24	Хмельницький	4,4	4,6	4,4	4,1	3,5	3,3	3,1	2,9	3,3	3,8	4,5	4,3
25	Черкаси	4,3	4,4	4,3	4,1	3,7	3,2	3,0	3,1	3,2	3,5	4,0	4,1
26	Чернівці	3,8	4,0	4,0	3,9	3,5	3,4	3,2	3,0	3,0	3,3	3,7	3,5
27	Чернігів	4,2	4,3	4,1	4,0	3,5	3,3	3,2	3,1	3,4	3,7	4,2	4,4
28	Умань	2,6	2,8	2,7	2,6	2,2	2,1	2,0	1,9	2,0	2,1	2,3	2,4
29	Феодосія	4,1	4,2	3,9	3,4	3,1	3,1	3,2	3,1	3,2	3,4	3,7	4,0
30	Ковель	3,0	3,0	3,1	2,7	2,3	2,1	2,0	1,8	2,0	2,4	3,0	2,9

ДОДАТОК Ж

Середньомісячна сумарна сонячна радіація, що надходить на горизонтальну та вертикальну поверхні різної орієнтації за середніх умов хмарності

Місто	Місяць	Сонячна радіація, Вт/м ²								
		поверхня								
		вертикальна								горизон- тальна
		Пн	ПнСх	Сх	ПдСх	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ	
Вінниця	I	14	15	21	37	48	39	23	15	34
	II	22	24	35	55	68	58	37	24	59
	III	34	40	56	75	85	78	59	40	99
	IV	39	52	74	88	87	84	71	51	145
	V	53	76	99	102	93	101	93	64	202
	VI	62	81	105	100	88	99	97	81	215
	VII	59	80	104	101	91	98	98	78	207
	VIII	43	64	96	102	99	102	85	62	180
	IX	28	41	70	91	102	92	66	41	133
	X	19	22	40	65	79	65	39	21	75
	XI	10	11	18	32	41	33	18	11	33
	XII	10	10	15	27	35	28	15	10	24
Дніпропетровськ	I	13	13	21	37	50	40	25	13	33
	II	23	24	36	58	72	62	38	24	63
	III	31	38	57	79	91	83	61	39	108
	IV	40	56	81	97	99	94	78	55	159
	V	55	81	108	112	102	110	101	79	221
	VI	67	94	119	114	98	113	112	90	247
	VII	61	87	116	115	101	112	111	86	236
	VIII	44	69	108	118	111	117	96	68	204
	IX	29	46	81	109	122	110	76	46	154
	X	18	22	46	77	95	77	44	22	84
	XI	10	12	20	38	49	39	20	12	37
	XII	9	9	15	28	36	29	15	9	24
Донецьк	I	12	13	19	32	42	34	20	13	30
	II	22	24	36	57	71	61	38	24	62
	III	31	38	57	79	91	82	61	39	107
	IV	39	55	79	95	95	92	76	54	157
	V	55	81	108	113	101	109	102	79	221
	VI	64	90	113	108	93	108	106	87	238
	VII	61	86	115	114	99	111	111	85	234
	VIII	44	69	103	118	110	118	97	68	205
	IX	28	45	81	108	120	109	76	45	152
	X	18	22	48	84	102	83	43	21	88
	XI	10	11	19	37	49	38	19	11	35
	XII	10	10	15	29	37	30	16	10	25
Житомир	I	13	13	19	32	41	34	20	13	30
	II	22	24	34	53	66	56	36	24	57
	III	34	40	56	74	84	78	59	40	98
	IV	38	51	73	87	87	83	70	50	142
	V	53	75	97	102	93	100	92	72	197
	VI	63	84	105	102	91	100	99	82	215

	VII	59	78	100	101	90	97	96	77	208
	VIII	42	63	89	102	100	102	85	64	177
	IX	29	41	67	87	96	86	64	41	126
	X	18	21	38	62	75	60	37	21	70
	XI	10	11	17	29	37	29	17	11	31
	XII	9	9	13	24	30	24	13	9	21
Запоріжжя	I	13	13	19	36	49	40	22	13	34
	II	22	24	36	58	73	62	39	24	64
	III	31	40	57	79	91	83	61	38	109
	IV	40	56	81	98	98	95	79	56	161
	V	55	81	109	113	101	110	102	80	223
	VI	66	94	118	113	97	113	111	93	248
	VII	61	88	117	116	100	112	112	89	237
	VIII	45	70	105	120	112	120	98	69	208
	IX	29	46	83	110	123	112	78	46	156
	X	18	23	47	81	99	81	46	22	87
	XI	10	12	20	39	50	40	20	12	38
	XII	9	10	15	29	37	29	15	10	26
Івано-Франківськ	I	13	13	20	34	44	36	21	14	32
	II	23	24	35	55	67	58	37	24	60
	III	31	37	52	71	81	74	55	37	97
	IV	38	50	69	81	81	79	81	49	137
	V	51	71	91	95	87	92	86	69	186
	VI	59	78	96	91	81	91	90	74	197
	VII	55	72	90	89	80	87	86	70	183
	VIII	43	60	84	94	91	94	80	59	169
	IX	29	38	57	73	81	73	60	38	111
	X	18	21	40	65	82	64	42	21	74
	XI	11	12	17	29	39	30	17	12	33
	XII	10	10	14	24	31	25	14	10	23
Київ	I	13	14	21	38	50	40	22	14	32
	II	24	25	36	57	70	60	38	25	59
	III	35	41	58	78	90	81	61	41	101
	IV	39	53	77	92	92	88	73	52	149
	V	56	79	104	110	101	107	99	77	211
	VI	67	88	111	110	96	106	105	86	228
	VII	61	83	108	109	98	106	104	81	220
	VIII	40	65	93	107	106	106	89	63	185
	IX	29	41	70	91	102	91	66	41	130
	X	19	22	38	62	75	61	37	21	71
	XI	11	12	17	30	39	32	17	12	31
	XII	9	9	14	27	35	28	15	9	22
Кіровоград	I	14	14	23	42	56	45	24	15	36
	II	25	26	38	59	73	63	41	26	64
	III	32	39	57	79	91	83	61	40	107
	IV	40	56	81	96	96	93	77	55	158
	V	55	81	106	112	100	109	100	78	219
	VI	67	96	120	117	101	115	113	92	252
	VII	61	87	116	116	102	113	112	86	237
	VIII	44	68	101	116	110	112	95	67	202
	IX	28	45	80	107	119	104	75	45	151
	X	20	24	46	77	93	72	45	24	85
	XI	12	12	20	36	47	34	20	12	37
	XII	9	9	15	29	37	25	16	9	24

Луганськ	I	12	12	18	32	43	34	19	12	29
	II	22	24	36	57	73	61	38	24	62
	III	31	38	57	80	95	83	62	39	106
	IV	39	55	80	95	97	92	77	54	157
	V	55	81	109	114	103	111	102	79	221
	VI	64	90	113	109	95	107	106	86	235
	VII	60	85	113	113	100	110	109	84	230
	VIII	44	68	101	116	115	116	96	68	201
	IX	28	44	80	105	122	106	75	44	149
	X	17	21	47	82	102	81	45	21	85
	XI	10	11	20	38	51	39	20	11	35
	XII	9	9	14	28	37	29	15	9	23
Луцьк	I	12	12	18	31	40	32	19	12	28
	II	21	23	32	50	62	53	34	23	54
	III	31	37	52	70	81	73	56	37	95
	IV	39	50	71	86	83	80	68	49	137
	V	51	70	91	95	88	93	85	68	183
	VI	61	79	97	96	86	93	93	77	200
	VII	58	75	94	96	86	93	91	74	192
	VIII	43	60	84	95	93	94	80	59	167
	IX	29	38	59	76	84	76	57	38	112
	X	18	20	35	56	68	55	34	20	65
	XI	10	10	15	27	33	27	15	11	29
	XII	8	8	12	22	27	22	12	8	19
Львів	I	13	13	19	33	43	35	21	13	30
	II	22	24	34	53	65	56	36	24	57
	III	34	39	54	72	83	75	57	39	97
	IV	38	49	70	82	83	79	67	49	136
	V	52	71	91	95	87	93	86	68	184
	VI	59	77	95	93	83	91	90	75	196
	VII	55	71	89	90	81	87	87	70	183
	VIII	43	60	82	93	91	93	79	58	165
	IX	29	38	58	73	81	73	56	38	111
	X	18	21	38	61	74	60	36	20	69
	XI	11	12	17	28	37	29	17	12	31
	XII	9	9	13	24	29	24	13	9	21
Миколаїв	I	13	13	22	41	55	44	24	14	38
	II	22	24	36	59	77	62	40	24	67
	III	30	38	56	78	100	80	60	38	110
	IV	41	58	84	101	100	98	81	57	167
	V	56	82	111	115	101	112	105	80	228
	VI	68	96	123	116	99	116	115	90	257
	VII	63	90	121	118	103	116	118	90	249
	VIII	45	73	106	122	118	122	103	71	217
	IX	30	47	83	113	123	113	79	47	160
	X	21	26	53	88	106	87	49	25	98
	XI	12	13	21	39	51	41	21	13	41
	XII	10	10	16	31	41	31	16	10	29
Одеса	I	13	13	22	41	55	43	24	13	38
	II	21	22	34	57	72	60	37	22	65
	III	29	37	55	78	88	79	60	37	110
	IV	40	60	87	105	104	103	84	58	175
	V	54	82	112	118	102	116	106	80	234
	VI	65	95	122	115	96	116	114	93	257

	VII	61	92	125	119	103	118	122	92	258
	VIII	43	74	112	128	119	128	108	73	227
	IX	29	48	86	117	127	117	81	47	166
	X	20	25	52	87	105	86	51	25	97
	XI	12	13	22	41	54	42	22	13	42
	XII	9	9	15	31	41	31	16	9	28
Полтава	I	12	13	21	39	51	40	22	14	32
	II	24	25	38	60	74	64	40	25	62
	III	32	39	58	76	93	83	62	40	106
	IV	40	55	80	96	96	93	77	54	155
	V	55	74	108	114	102	111	102	77	217
	VI	67	93	119	115	100	113	111	90	243
	VII	60	86	115	115	102	112	110	84	231
	VIII	44	69	101	117	113	115	96	67	199
	IX	28	43	75	103	115	102	73	43	143
	X	18	22	41	71	86	69	41	22	77
	XI	10	11	19	35	45	36	19	11	34
	XII	9	9	14	28	36	28	15	9	22
Рівне	I	13	13	19	31	40	33	20	13	29
	II	21	23	33	52	64	54	35	23	55
	III	32	38	54	72	83	75	57	38	96
	IV	38	50	71	84	84	81	68	49	138
	V	52	71	92	96	89	94	87	69	186
	VI	61	79	98	97	87	95	93	78	203
	VII	59	76	95	96	87	94	92	74	195
	VIII	43	62	87	100	98	98	83	60	174
	IX	29	38	60	77	86	77	57	38	113
	X	18	21	35	56	68	55	35	21	66
	XI	10	10	15	26	33	27	15	10	28
	XII	9	9	12	22	28	22	13	9	20
Сімферополь	I	13	14	22	41	55	43	24	14	40
	II	24	26	38	60	74	62	41	26	72
	III	32	40	58	82	91	83	63	41	116
	IV	42	61	86	101	101	99	83	59	176
	V	53	79	108	112	95	111	102	74	228
	VI	62	93	119	111	91	112	110	89	255
	VII	57	88	120	114	96	113	116	88	250
	VIII	41	68	100	114	106	114	98	68	209
	IX	29	47	81	111	118	110	78	46	162
	X	21	27	55	89	111	88	53	24	105
	XI	14	15	27	49	66	51	27	15	52
	XII	11	11	18	35	46	35	18	11	34
Суми	I	12	13	19	35	46	37	21	13	29
	II	22	24	40	58	71	61	38	24	58
	III	33	40	60	83	97	87	63	41	102
	IV	39	54	80	96	97	91	76	53	152
	V	55	78	105	111	102	107	100	76	211
	VI	64	88	112	112	97	109	106	86	230
	VII	59	85	112	114	101	111	108	82	224
	VIII	42	67	97	112	110	111	92	65	189
	IX	28	41	73	99	110	99	69	41	134
	X	17	21	39	65	79	63	37	20	70
	XI	9	10	17	30	39	31	17	10	29
	XII	8	8	14	28	36	29	14	8	20

Тернопіль	I	13	14	20	34	44	35	21	14	31
	II	23	24	34	52	65	56	36	24	57
	III	32	38	54	72	83	75	57	38	97
	IV	38	49	69	83	82	79	67	49	137
	V	52	72	93	97	88	94	88	69	189
	VI	59	78	96	93	83	91	91	76	198
	VII	55	72	90	90	81	88	87	70	185
	VIII	43	61	85	96	93	96	81	59	170
	IX	29	39	60	76	83	76	57	39	114
	X	18	21	39	63	77	62	38	21	71
	XI	11	12	17	29	36	29	17	12	31
	XII	9	9	13	24	30	24	14	9	21
Ужгород	I	14	15	21	35	45	37	22	15	34
	II	21	22	34	56	69	60	37	22	62
	III	28	35	53	75	87	78	57	35	105
	IV	38	51	69	81	81	79	68	50	139
	V	51	71	92	96	87	94	87	70	190
	VI	61	80	97	93	82	94	92	78	204
	VII	59	79	101	100	88	97	97	78	207
	VIII	44	64	91	103	97	103	86	63	183
	IX	31	44	71	90	99	91	67	44	135
	X	19	22	40	69	83	68	41	22	78
	XI	12	13	19	32	41	33	19	13	36
	XII	9	10	14	27	34	27	15	10	24
Харків	I	12	12	19	34	44	35	20	13	29
	II	24	26	36	60	75	63	40	26	62
	III	33	40	60	83	97	87	63	40	105
	IV	39	54	81	96	97	93	77	54	155
	V	56	81	107	113	103	110	101	78	216
	VI	64	89	115	112	97	108	107	87	234
	VII	60	85	113	114	100	110	109	83	227
	VIII	44	68	100	116	112	115	95	66	196
	IX	28	42	76	101	113	129	72	42	140
	X	18	21	42	71	87	69	40	21	75
	XI	10	11	19	79	46	36	19	11	32
	XII	9	9	14	29	37	29	15	9	22
Херсон	I	13	14	22	40	53	43	24	14	38
	II	22	24	36	57	72	60	38	24	67
	III	31	38	57	80	91	81	62	38	112
	IV	41	58	83	98	98	96	79	57	167
	V	56	83	111	116	101	114	105	80	231
	VI	67	95	120	114	96	114	112	92	252
	VII	62	90	121	118	102	114	117	90	248
	VIII	45	74	108	124	116	124	103	73	220
	IX	30	48	84	114	123	113	80	47	163
	X	21	27	53	89	108	88	52	26	100
	XI	12	14	22	39	51	41	22	14	42
	XII	10	10	16	32	41	32	17	10	30
Хмельницький	I	13	14	20	35	44	36	22	14	32
	II	23	24	34	53	67	56	33	24	57
	III	34	39	55	74	84	77	58	40	98
	IV	38	51	72	82	86	83	69	50	141
	V	52	72	94	98	89	96	89	70	192
	VI	60	80	100	97	84	95	94	78	206

	VII	56	76	96	96	85	94	93	74	197
	VIII	42	61	87	98	95	98	83	60	173
	IX	29	41	68	87	96	87	64	41	127
	X	18	21	39	63	76	62	38	21	71
	XI	10	11	17	29	37	30	17	11	31
	XII	9	10	14	25	31	26	15	10	22
Черкаси	I	13	14	21	38	51	40	23	14	34
	II	24	26	37	58	72	61	39	26	62
	III	33	40	57	78	91	82	61	40	104
	IV	40	54	78	93	93	90	75	53	152
	V	56	80	105	111	101	109	100	77	214
	VI	67	92	117	113	99	111	110	94	239
	VII	60	85	112	112	99	109	108	83	227
	VIII	44	68	99	113	87	113	93	66	195
	IX	29	44	77	101	114	101	73	44	143
	X	19	22	41	67	81	66	40	22	76
	XI	11	12	19	34	43	34	19	12	34
	XII	9	9	14	28	36	28	15	9	22
Чернівці	I	14	14	21	35	46	38	22	15	34
	II	23	24	35	55	68	59	37	24	60
	III	32	38	53	72	81	74	57	38	99
	IV	38	50	69	81	81	78	66	49	137
	V	52	72	93	96	87	94	88	70	192
	VI	59	80	97	94	82	94	92	77	204
	VII	57	77	98	97	86	94	94	75	200
	VIII	42	61	86	97	91	97	81	60	173
	IX	30	41	67	86	95	88	64	41	129
	X	19	22	42	69	83	68	41	22	78
	XI	12	12	18	30	38	31	18	12	34
	XII	10	10	15	26	32	26	15	10	24
Чернігів	I	12	12	18	31	40	32	18	12	27
	II	22	24	33	53	64	55	34	24	54
	III	34	41	57	82	94	85	61	41	102
	IV	39	52	78	93	94	89	75	51	148
	V	53	77	102	108	100	103	96	73	203
	VI	68	90	111	114	100	110	110	87	230
	VII	61	84	108	111	99	108	104	81	217
	VIII	43	66	95	108	107	106	91	64	184
	IX	29	40	66	87	96	88	64	40	123
	X	18	20	36	57	69	56	34	20	65
	XI	10	10	15	27	34	27	15	10	27
	XII	8	9	12	21	27	22	12	9	18

Характеристики вікон

Таблиця К1 — Приведений опір теплопередачі склопакетів

Кількість камер у склопакеті	Варіанти скління*	Газовий склад середовища камер склопакетів, %			R_0 , (м²К)/Вт	K_0 , Вт/(м²К)
		Повітря	Криптон	Аргон		
1	2	3	4	5	6	7
1	4М ₁ -8-4М ₁	100			0,28	3,57
1	4М ₁ -10-4М ₁	100			0,29	3,45
1	4М ₁ -12-4М ₁	100			0,3	3,33
1	4М ₁ -16-4М ₁ ¹	100			0,32	3,13
1	4М ₁ -8-4М ₁			100	0,3	3,33
1	4М ₁ -10-4М ₁			100	0,31	3,23
1	4М ₁ -12-4М ₁			100	0,32	3,13
1	4М ₁ -16-4М ₁			100	0,34	2,94
1	4М ₁ -16-4М ₁		100		0,38	2,63
1	4М ₁ -8-4К	100			0,47	2,13
1	4М ₁ -10-4К	100			0,49	2,04
1	4М ₁ -12-4К	100			0,51	1,96
1	4М ₁ -16-4К	100			0,53	1,89
1	4М ₁ -8-4К			100	0,53	1,89
1	4М ₁ -10-4К			100	0,55	1,82
1	4М ₁ -12-4і			100	0,42	2,38
1	4М ₁ -16-4і			100	0,45	2,22
1	4М ₁ -16-4і		100		0,47	2,13
1	4М ₁ -16-4і		75	25	0,49	2,04
1	4М ₁ -16-4і		50	50	0,52	1,92
1	4М ₁ -16-4і		25	75	0,44	2,27
2	4М ₁ -6-4М ₁ -6-4М ₁	100			0,47	2,13
2	4М ₁ -8-4М ₁ -8-4М ₁	100			0,51	1,96
2	4М ₁ -10-4М ₁ -10-4М ₁	100			0,49	2,04
* Примітка. Порядок скління - від зовнішньої поверхні						
Позначення скла: М ₁ – листове стандартне, К - енергозберігаюче з твердим покриттям, і – енергозберігаюче з м'яким покриттям						

Таблиця К2 — Опір теплопередачі (R_o) та коефіцієнти теплопередачі (K_o) заповнень світлових отворів

Заповнення світлового отвору	R_o , (m^2K)/Вт	K_o , Вт/(m^2K)
1	2	3
Одинарне зашклення в дерев'яних переплітах	0,17	5,88
Те ж саме в металевих	0,15	6,67
Подвійне зашклення в дерев'яних сполучених переплітах	0,34	2,94
Те ж саме в металевих	0,31	3,23
Подвійне зашклення в дерев'яних відокремлених переплітах	0,38	2,63
Те ж саме в металевих	0,34	2,94
Подвійне зашклення вітрин в металевих відокремлених переплітах	0,31	3,23
Потрійне зашклення в дерев'яних переплітах (сполучений та одинарний)	0,52	1,92
Те ж саме в металевих	0,48	2,08
Блоки скляні пустотілі розмірами 194×194×98мм з шириною швів 6 мм	0,31	3,23
Те ж саме розмірами 244×244×98мм з шириною швів 6 мм	0,33	3,03
Органічне скло одинарне	0,19	5,26
Те ж саме подвійне	0,36	2,78
Те ж саме потрійне	0,52	1,92
Двошарові склопакети в дерев'яних переплітах	0,34	2,94
Те ж саме в металевих	0,31	3,23
Двошарові склопакети та одинарне зашклення в відокремлених дерев'яних переплітах	0,52	1,92
Те ж саме в металевих	0,48	2,08

ДОДАТОК Л

РОЗРАХУНКОВІ ТЕПЛОФІЗИЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

Назва матеріалу		Характеристика в сухому стані			Розрахунковий вміст вологи за масою в умовах експлуатації w, %		Розрахункові характеристики в умовах експлуатації				
		густина, ρ ₀ , кг/м ³	питома теплоємність, c ₀ , кДж/(кг К)	теплопр о-відність λ ₀ , Вт/(м К)			теплопровідність, λ _р , Вт/(м К)		коефіцієнт теплотасвоєння, s, Вт/(м ² К)		коефіцієнт паропро-никності μ, мг/(м год Па)
					А	Б	А	Б	А	Б	А,Б
1		2	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1.ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЙНІ											
Волокнисті матеріали											
1	Плити з мінеральної вати на синтетичному зв'язуючому негофрованої структури	75	0,84	0,047	2	5	0,055	0,062	0,55	0,61	0,55
		125	0,84	0,049	2	5	0,060	0,070	0,73	0,82	0,49
		150	0,84	0,044	2	5	0,055	0,066	0,75	0,87	0,45
		175	0,84	0,046	2	5	0,058	0,072	0,83	0,98	0,41
		200	0,84	0,049	2	5	0,064	0,081	0,93	1,11	0,37
2	Плити з мінеральної вати на синтетичному зв'язуючому гофрованої структури	175	0,84	0,051	2	5	0,065	0,079	0,88	1,04	0,40
		200	0,84	0,053	2	5	0,071	0,087	0,98	1,16	0,36
3	Плити мінераловатні гофрованої структури	70	0,84	0,042	2	5	0,050	0,055	0,49	0,54	0,54
		100	0,84	0,043	2	5	0,053	0,060	0,60	0,68	0,48
		170	0,84	0,045	2	5	0,059	0,070	0,82	0,97	0,41
4	Плити з мінеральної вати на синтетичному зв'язуючому (вміст зв'язуючого за масою від 6,5% до 8,0 %)	150	0,84	0,044	2	5	0,054	0,064	0,76	0,88	0,45
		170	0,84	0,045	2	5	0,055	0,065	0,82	0,97	0,42
		180	0,84	0,046	2	5	0,056	0,066	0,86	1,02	0,40
5	Плити з мінеральної вати на синтетичному зв'язуючому (вміст зв'язуючого за масою від 4,0% до 5,0 %)	20	0,84	0,044	0,5	1,0	0,048	0,049	0,25	0,26	0,56
		30	0,84	0,043	0,5	1,0	0,046	0,047	0,30	0,31	0,55
		50	0,84	0,042	0,5	1,0	0,045	0,046	0,39	0,40	0,54
		80	0,84	0,041	0,5	1,0	0,044	0,045	0,50	0,53	0,49
		110	0,84	0,042	0,5	1,0	0,045	0,047	0,56	0,57	0,45
		190	0,84	0,043	0,5	1,0	0,047	0,052	0,78	0,82	0,32
6	Плити з мінеральної вати на синтетичному зв'язуючому (вміст зв'язуючого за масою від 3,5% до 4,2 %)	30	0,84	0,04	0,5	1,0	0,044	0,045	0,29	0,30	0,55
		50	0,84	0,039	0,5	1,0	0,041	0,042	0,36	0,37	0,52
		70	0,84	0,037	0,5	1,0	0,039	0,040	0,42	0,43	0,50
		110	0,84	0,038	0,5	1,0	0,043	0,044	0,55	0,56	0,45
		140	0,84	0,039	0,5	1,0	0,044	0,045	0,62	0,61	0,41
		180	0,84	0,040	0,5	1,0	0,047	0,048	0,72	0,75	0,34

		220	0,84	0,041	0,5	1,0	0,048	0,050	0,81	0,84	0,32
7	Плити негорючі теплоізоляційні базальто-волокнисті	40	0,84	0,045	2	5	0,053	0,059	0,58	0,66	0,53
		90	0,84	0,041	2	5	0,050	0,054	0,48	0,54	0,50
8	Мати прошивні із мінеральної вати теплоізоляційні	75	0,84	0,048	2	5	0,060	0,064	0,55	0,61	0,49
		125	0,84	0,050	2	5	0,064	0,070	0,73	0,82	0,30
9	Мати мінераловатні прошивні будівельні	70	0,84	0,041	2	5	0,049	0,054	0,48	0,54	0,49
		95	0,84	0,043	2	5	0,053	0,059	0,58	0,66	0,40
10	Мати прошивні теплоізоляційні	50	0,84	0,038	2	5	0,045	0,048	0,39	0,43	0,59
11	Плити зі скляного штапельного волокна одержуваного вертикальним роздувом	30	0,84	0,047	2	5	0,061	0,065	0,35	0,39	0,61
		75	0,84	0,047	2	5	0,062	0,067	0,56	0,62	0,58
		160	0,84	0,052	2	5	0,064	0,070	0,83	0,93	0,53
		190	0,84	0,057	2	5	0,070	0,073	0,95	1,03	0,50
12	Плити зі скляного штапельного волокна одержуваного центрифугально-фільтрово-дутьовим способом (ЦФДС) (вміст зв'язуючого за масою від 3,5% до 4,0 %)	15	0,84	0,040	1	4	0,050	0,051	0,21	0,23	0,61
		55	0,84	0,038	1	4	0,045	0,048	0,38	0,42	0,49
		140	0,84	0,040	1	4	0,049	0,051	0,66	0,73	0,41
13	Плити зі скляного штапельного волокна одержуваного ЦФДС (вміст зв'язуючого за масою від 4,0% до 4,5 %)	20	0,84	0,039	1	3	0,043	0,047	0,25	0,27	0,55
		80	0,84	0,037	1	4	0,042	0,049	0,48	0,52	0,47
14	Мати зі скляного штапельного волокна одержуваного ЦФДС (вміст зв'язуючого за масою від 3,5% до 4,0 %)	10	0,84	0,043	1	4	0,050	0,053	0,18	0,19	0,55
15	Мати зі скляного штапельного волокна одержуваного ЦФДС (вміст зв'язуючого за масою від 4,0% до 4,5 %)	10	0,84	0,046	1	3	0,051	0,054	0,19	0,20	0,69
		15	0,84	0,043	1	3	0,047	0,052	0,23	0,24	0,60
16	Мати зі скляного штапельного волокна одержуваного вертикальним роздувом	25	0,84	0,047	2	5	0,061	0,065	0,32	0,35	0,62
		35	0,84	0,047	2	5	0,060	0,064	0,38	0,41	0,60
		40	0,84	0,047	2	5	0,061	0,065	0,45	0,49	0,60
17	Вироби теплоізоляційні скловолкнисті	45	0,84	0,037	2	5	0,044	0,046	0,36	0,40	0,60
18	Вата мінеральна	80	0,84	0,045	2	5	0,060	0,064	0,55	0,61	0,40
		100	0,84	0,050	2	5	0,064	0,070	0,71	0,80	0,30
1.2. Полімерні матеріали											
19	Плити пінополістирольні	15	1,34	0,040	2	10	0,045	0,055	0,28	0,33	0,05
		25	1,34	0,038	2	10	0,043	0,053	0,34	0,40	0,05

		35	1,34	0,037	2	10	0,041	0,050	0,40	0,46	0,05
		50	1,34	0,034	2	10	0,040	0,045	0,46	0,53	0,05
20	Плити пінополістирольні екструзійні	50	1,34	0,033	2	10	0,038	0,043	0,47	0,54	0,02
		80	1,34	0,035	2	10	0,041	0,049	0,59	0,73	0,02
21	Плити пінополістирольні екструзійні	20	1,34	0,037	2	10	0,039	0,041	0,29	0,32	0,02
		25	1,34	0,036	2	10	0,038	0,040	0,32	0,36	0,02
		30	1,34	0,035	2	10	0,037	0,039	0,34	0,39	0,02
22	Плити пінополістирольні екструзійні	39	1,45	0,034	1	2	0,037	0,037	0,40	0,40	0,025
23	Блоки пінополістирольні	20	1,45	0,038	2	10	0,044	0,045	0,24	0,35	0,04
		30	1,45	0,035	2	10	0,041	0,043	0,29	0,42	0,04
24	Вироби з жорсткого пінополіуретану	40	1,47	0,029	2	5	0,040	0,040	0,40	0,42	0,05
		60	1,47	0,035	2	5	0,041	0,041	0,53	0,55	0,05
		80	1,47	0,041	2	5	0,050	0,050	0,67	0,70	0,05
25	Плити з резольно-формальдегідного пінопласта	40	1,68	0,038	5	20	0,041	0,060	0,48	0,66	0,23
		50	1,68	0,041	5	20	0,050	0,064	0,59	0,77	0,23
		100	1,68	0,047	5	20	0,052	0,076	0,85	1,18	0,15
26	Вироби зі спіненої карбомідно-формальдегідної смоли	15	1,68	0,047	7	30	0,058	0,064	0,27	0,34	0,51
		25	1,68	0,043	7	30	0,063	0,074	0,36	0,47	0,42
		30	1,68	0,041	7	30	0,070	0,085	0,42	0,56	0,40
27	Вироби зі спіненого пінополіетілену	30	1,34	0,043	2	5	0,044	0,047	0,30	0,33	0,02
		50	1,34	0,039	2	5	0,042	0,045	0,38	0,41	0,02
28	Вироби зі спіненого хімічно сшитого пінополіетилену	30	1,34	0,038	2	5	0,042	0,043	0,38	0,40	0,02
1.3. Вироби з природної органічної та неорганічної сировини											
29	Вироби перлітофосфогельові	200	1,05	0,064	3	12	0,070	0,090	1,10	1,43	0,23
		300	1,05	0,076	3	12	0,080	0,120	1,43	2,02	0,20
30	Блоки полістиролбетонні стінові	200	1,06	0,065	4	8	0,070	0,080	1,12	1,28	0,12
		300	1,06	0,085	4	8	0,090	0,110	1,55	1,83	0,10
		600	1,06	0,145	4	8	0,175	0,200	3,07	3,49	0,068
31	Вироби теплоізоляційні перлітоцементні та перлітогипсові	300	0,84	0,075	10	15	0,098	0,108	0,92	1,26	0,198
		450	0,84	0,086	10	15	0,118	0,202	1,89	2,63	0,18
32	Вироби перлітобентонітові теплоізоляційні	250	0,84	0,072	10	15	0,083	0,091	1,38	1,55	0,20
		300	0,84	0,082	10	15	0,098	0,110	1,64	1,85	0,15
		400	0,84	0,110	10	15	0,140	0,160	2,26	2,59	0,10
33	Блоки перлітобетонні стінові	500	0,84	0,084	10	15	0,110	0,130	2,24	2,63	0,33
		600	0,84	0,090	10	15	0,120	0,140	2,57	3,01	0,30
		650	0,84	0,093	10	15	0,130	0,150	2,78	3,22	0,29
34	Вироби цементополістирольні	250	0,84	0,066	4	8	0,09	0,1	1,29	1,45	0,1

		300	0,84	0,076	4	8	0,10	0,11	1,53	1,74	0,095
		400	0,84	0,096	4	8	0,12	0,15	2,02	2,33	0,08
		500	0,84	0,116	4	8	0,14	0,19	2,53	2,95	0,070
		550	0,84	0,126	4	8	0,15	0,21	2,78	3,28	0,068
35	Піноскло	160	0,84	0,059	0,5	1	0,060	0,061	0,80	0,81	0
36	Блоки кремнезитоцементні	300	0,84	0,073	3	6	0,08	0,086	1,30	1,43	0,29
		400	0,84	0,083	3	6	0,09	0,096	1,59	1,75	0,23
		500	0,84	0,093	3	6	0,10	0,11	1,87	2,1	0,17
37	Вироби з арболіту на портландцементі	300	2,30	0,07	10	15	0,11	0,14	2,56	2,99	0,30
		400	2,30	0,08	10	15	0,13	0,16	3,21	3,70	0,26
		600	2,30	0,12	10	15	0,18	0,23	4,63	5,43	0,11
		800	2,30	0,16	10	15	0,24	0,3	6,17	7,16	0,11
38	Плити теплоізоляційні очеретяні	200	2,30	0,06	10	15	0,07	0,09	1,67	1,96	0,49
		300	2,30	0,07	10	15	0,09	0,14	2,31	2,99	0,45
39	Вироби перлітобітумні теплоізоляційні	300	1,68	0,087	1	2	0,09	0,099	1,84	1,95	0,04
		400	1,68	0,111	1	2	0,12	0,13	2,45	2,59	0,04
40	Плити деревноволокнисті та деревно-стружечні	200	2,30	0,06	10	12	0,07	0,08	1,67	1,81	0,24
		400	2,30	0,08	10	12	0,11	0,13	2,95	3,26	0,19
		600	2,30	0,11	10	12	0,13	0,16	3,93	4,43	0,13
		800	2,30	0,13	10	12	0,19	0,23	5,49	6,13	0,12
		1000	2,30	0,15	10	12	0,23	0,29	6,75	7,7	0,12
1.4. Бетони теплоізоляційні											
41	Бетони ніздрюваті	200	0,84	0,065	4	6	0,069	0,074	1,01	1,08	0,28
		300	0,84	0,08	4	6	0,09	0,10	1,41	1,48	0,26
		400	0,84	0,10	4	6	0,11	0,13	1,84	2,1	0,23
		500	0,84	0,12	4	6	0,15	0,16	2,38	2,48	0,20
42	Вермікулітобетон	400	0,84	0,09	8	13	0,11	0,13	1,94	2,29	0,19
		600	0,84	0,14	8	13	0,16	0,17	2,87	3,21	0,15
		800	0,84	0,21	8	13	0,23	0,26	3,97	4,58	0,12
1.5. Матеріали теплоізоляційні засипні											
43	Щебінь перлітовий	300	0,84	0,112	1	2	0,115	0,12	1,42	1,51	0,26
44	Гравій шлаковий	300	0,84	0,112	1	3	0,12	0,13	1,56	1,65	0,22
45	Щебінь шлаковий	350	0,84	0,162	1	3	0,17	0,19	2,00	2,16	0,21
46	Щебінь вермікулітовий	250	0,84	0,112	2	3	0,13	0,15	1,48	1,62	0,26
47	Гравій керамзитовий	200	0,84	0,099	2	3	0,11	0,12	1,22	1,3	0,26
		300	0,84	0,14	2	3	0,12	0,13	1,56	1,66	0,25
		400	0,84	0,12	2	3	0,13	0,14	1,87	1,99	0,24
		600	0,84	0,14	2	3	0,17	0,2	2,62	2,91	0,23

		800	0,84	0,18	2	3	0,21	0,23	3,36	3,6	0,21
48	Щебінь шлакопемзовий	400	0,84	0,17	2	3	0,21	0,23	2,35	2,52	0,24
49	Пісок вермікулітовий	100	0,84	0,064	1	3	0,076	0,08	0,7	0,75	0,3
		200	0,84	0,076	1	3	0,09	0,11	1,08	1,24	0,23
50	Пісок для будівельних робіт	1600	0,84	0,35	1	2	0,47	0,58	6,95	7,91	0,17
1.6. Розчини теплоізоляційні											
51	Розчини цементноперлітові	600	0,84	0,14	10	15	0,19	0,23	3,24	3,84	0,17
		800	0,84	0,16	7	12	0,21	0,26	3,73	4,51	0,16
		1000	0,84	0,21	7	12	0,26	0,30	4,64	5,42	0,15
52	Розчини гіпсоперлітові	400	0,84	0,09	6	10	0,13	0,15	2,03	2,35	0,53
		500	0,84	0,12	6	10	0,15	0,19	2,44	2,95	0,43
53	Розчини цементно-кремнезитові	200	0,84	0,063	4	8	0,072	0,08	1,03	1,17	0,35
		300	0,84	0,073	4	8	0,082	0,09	1,34	1,52	0,29
54	Розчини цементно-шлакові	1200	0,84	0,35	2	4	0,47	0,58	6,16	7,15	0,14
		1400	0,84	0,41	2	4	0,52	0,64	7,0	8,11	0,11
55	Розчини цементнопінополістирольні	600	0,84	0,10	4	10	0,12	0,17	2,33	3,06	0,07
2. КОНСТРУКЦІЙНО - ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ											
2.1. Бетони ніздрюваті											
56	Бетони ніздрюваті	500	0,84	0,12	4	6	0,15	0,16	2,38	2,48	0,20
		600	0,84	0,13	4	6	0,16	0,18	2,65	2,9	0,17
		700	0,84	0,18	6	8	0,24	0,27	3,66	3,98	0,16
		800	0,84	0,21	6	8	0,27	0,30	4,16	4,51	0,14
		900	0,84	0,24	6	8	0,33	0,36	4,82	5,23	0,12
		1000	0,84	0,29	8	12	0,38	0,44	5,72	6,59	0,11
		1100	0,84	0,34	10	15	0,45	0,51	6,74	7,74	0,1
		1200	0,84	0,38	10	15	0,49	0,55	7,37	8,48	0,09
57	Газо-та пінозолобетон	1000	0,84	0,23	15	22	0,44	0,5	6,86	8,01	0,098
		1200	0,84	0,29	15	22	0,52	0,58	8,17	9,46	0,075
2.2. Бетони легкі											
58	Керамзитобетон на керамзитовому піску	500	0,84	0,14	5	10	0,17	0,23	2,55	3,25	0,3
		600	0,84	0,16	5	10	0,20	0,26	3,03	3,78	0,26
		800	0,84	0,21	5	10	0,24	0,31	3,83	4,77	0,19
		1000	0,84	0,27	5	10	0,33	0,41	5,03	6,13	0,14
		1200	0,84	0,36	5	10	0,44	0,52	6,36	7,57	0,11
		1400	0,84	0,47	5	10	0,56	0,65	7,75	9,14	0,098
		1600	0,84	0,58	5	10	0,67	0,79	9,06	10,77	0,09
		1800	0,84	0,66	5	10	0,80	0,92	10,5	12,33	0,09
59	Керамзитобетон на кварцовому піску з поризацією	800	0,84	0,23	4	8	0,29	0,35	4,13	4,9	0,075
		1000	0,84	0,33	4	8	0,41	0,47	5,49	6,35	0,075

		1200	0,84	0,41	4	8	0,52	0,58	6,77	7,72	0,075
60	Керамзитобетон на перлітовому піску	800	0,84	0,22	9	13	0,29	0,35	4,54	5,32	0,17
		1000	0,84	0,28	9	13	0,35	0,41	5,57	6,43	0,15
61	Керамзитшлакобетон	1000	0,84	0,25	4	8	0,33	0,41	5,06	5,91	0,15
62	Перлітобетон	600	0,84	0,12	10	15	0,19	0,23	3,24	3,84	0,3
		800	0,84	0,16	10	15	0,27	0,33	4,45	5,32	0,26
		1000	0,84	0,22	10	15	0,33	0,38	5,5	6,38	0,19
		1200	0,84	0,29	10	15	0,44	0,5	6,96	8,01	0,15
63	Шлакопемзобетон	1000	0,84	0,23	5	8	0,31	0,37	4,87	5,63	0,11
		1200	0,84	0,29	5	8	0,37	0,44	5,83	6,73	0,11
		1400	0,84	0,35	5	8	0,44	0,52	6,87	7,9	0,098
		1600	0,84	0,41	5	8	0,52	0,63	7,98	9,29	0,09
64	Бетон на доменних гранульованих шлаках	1200	0,84	0,35	5	8	0,47	0,52	6,57	7,31	0,11
		1400	0,84	0,41	5	8	0,52	0,58	7,46	8,34	0,098
		1600	0,84	0,47	5	8	0,58	0,64	8,43	9,37	0,09
65	Бетон на зольному гравії	1000	0,84	0,24	5	8	0,30	0,35	4,79	5,48	0,12
		1200	0,84	0,35	5	8	0,41	0,47	6,14	6,95	0,11
		1400	0,84	0,47	5	8	0,52	0,58	7,46	8,34	0,09
2.3. Вироби гіпсові											
66	Плити з гіпсу	1000	0,84	0,23	4	6	0,29	0,35	4,62	5,28	0,11
		1200	0,84	0,35	4	6	0,41	0,47	6,01	6,7	0,1
67	Листи гіпсокартонні	800	0,84	0,15	4	6	0,19	0,21	3,34	3,66	0,075
2.4. Вироби бетонні											
68	Блоки кремнезитоцементні	700	0,84	0,2	4	8	0,21	0,23	3,28	3,63	0,19
		800	0,84	0,21	4	8	0,22	0,24	3,59	4,05	0,17
		1000	0,84	0,23	4	8	0,23	0,27	4,28	4,81	0,13
		1200	0,84	0,25	4	8	0,27	0,29	4,87	5,45	0,11
2.5. Деревина та вироби з неї											
69	Сосна та ялина поперек волокон	500	2,3	0,09	15	20	0,14	0,18	3,87	4,54	0,06
70	Сосна та ялина уздовж волокон	500	2,3	0,18	15	20	0,29	0,35	5,56	6,33	0,32
71	Дуб поперек волокон	700	2,3	0,10	10	15	0,18	0,23	5,0	5,86	0,05
72	Дуб уздовж волокон	700	2,3	0,23	10	15	0,35	0,41	6,9	7,83	0,3
73	Фанера клеєна	600	2,3	0,12	10	13	0,15	0,18	4,22	4,73	0,02
74	Картон облицювальний	1000	2,3	0,18	5	10	0,21	0,23	6,2	6,75	0,06
75	Картон будівельний багатошаровий	650	2,3	0,13	6	12	0,15	0,18	4,26	4,89	0,083
2.6. Цегляна кладка з порожнистої цегли											
76	Керамічної порожнистої 1400 кг/м³ (брутто) на цементно-піщаному розчині	1600	0,88	0,47	1	2	0,58	0,64	7,91	8,48	0,14

77	Керамічної порожнистої 1300 кг/м ³ (брутто) на цементно-піщаному розчині	1400	0,88	0,41	1	2	0,52	0,58	7,01	7,56	0,16
78	Керамічної порожнистої 1000 кг/м ³ (брутто) на цем.-піщаному розчині	1200	0,88	0,35	1	2	0,47	0,52	6,16	6,62	0,17
2.7. Кладка з виробів бетонних											
79	3 блоків керамзитшлакобетонних на цементно-піщаному розчині густиною 800 кг/м ³ (брутто) густиною 850 кг/м ³ (брутто)	1400	0,88	0,34	1	2	0,46	0,51	5,95	6,41	0,15
		1350	0,88	0,31	1	2	0,37	0,43	5,06	5,91	0,15
80	3 блоків кремнезитоцементних на вапняному розчині	400	0,88	0,085	3	6	0,09	0,092	1,62	1,74	0,22
3. Матеріали конструкційні											
3.1. Бетони конструкційні											
81	Залізобетон	2500	0,84	1,69	2	3	1,92	2,04	17,98	18,95	0,03
82	Бетон на гравію/ щебені з прир. каменю	2400	0,84	1,51	2	3	1,74	1,86	16,77	17,88	0,03
3.2. Розчини будівельні											
83	Розчин цементно-піщаний	1600	0,84	0,47	2	4	0,70	0,81	8,69	9,76	0,12
84	Розчин складний (пісок, вапно, цемент)	1700	0,84	0,52	2	4	0,70	0,87	8,95	10,42	0,098
85	Розчин вапняно-піщаний	1800	0,84	0,58	2	4	0,76	0,93	9,6	11,09	0,09
3.3. Облицювання природним каменем та керамічною плиткою											
86	Плити та вироби з природного каменю: - граніт, гнейс та базальт	2800	0,88	3,49	0	0	3,49	3,49	25,04	25,04	0,008
87	- мармур	2800	0,88	2,91	0	0	2,91	2,91	22,86	22,86	0,008
88	-вапняк	1600	0,88	0,58	2	3	0,73	0,81	9,06	9,75	0,09
		1800	0,88	0,70	2	3	0,93	1,05	10,85	11,77	0,075
		2000	0,88	0,93	2	3	1,16	1,28	12,77	13,7	0,06
		1000	0,88	0,21	3	5	0,24	0,29	4,2	4,8	0,11
89	-туф	1200	0,88	0,27	3	5	0,35	0,41	5,55	6,25	0,11
		1400	0,88	0,33	3	5	0,43	0,52	6,64	7,6	0,098
		1600	0,88	0,41	3	5	0,52	0,64	7,81	9,02	0,09
		1800	0,88	0,56	3	5	0,7	0,81	9,61	10,76	0,083
		2000	0,88	0,76	3	5	0,93	1,05	11,68	12,92	0,075
		1000	0,88	0,21	3	5	0,24	0,29	4,2	4,8	0,11
90	Плити керамічні для підлоги	2000	0,88	0,89	3	5	0,96	1,1	11,63	12,55	0,06
3.4. Кладка цегляна з повнотілої цегли											
91	Глиняна на цем.-піщ. розчині	1800	0,88	0,56	1	2	0,70	0,81	9,2	10,12	0,11
92	Глиняна на цем.-шлак. розчині	1700	0,88	0,52	1,5	3	0,64	0,76	8,64	9,7	0,12

Кінець таблиці Л1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
93	Глиняна на цем.-перлітовому розчині	1600	0,88	0,47	2	4	0,58	0,70	8,08	9,23	0,15
94	Силікатної на цементно-піщаному розчині	1800	0,88	0,70	2	4	0,76	0,87	9,77	10,9	0,11
95	Трепельної на цементно-піщаному розчині	1000	0,88	0,29	2	4	0,41	0,47	5,35	5,96	0,23
		1200	0,88	0,35	2	4	0,47	0,52	6,26	6,49	0,19
96	Шлакової на цементно-піщаному розчині	1500	0,88	0,52	1,5	3	0,64	0,70	8,12	8,76	0,11
3.5 Матеріали покрівельні, гідроізоляційні та покриття полімерні для підлог											
97	Листи азбестоцементні	1600	0,84	0,23	2	3	0,35	0,41	6,14	6,8	0,03
		1800	0,84	0,35	2	3	0,47	0,52	7,55	8,12	0,03
98	Матеріали бітумні, бітумно-полімерні покрівельні та гідроізоляційні	1000	1,68	0,17	0	0	0,17	0,17	4,56	4,56	0,008
		1200	1,68	0,22	0	0	0,22	0,22	5,69	5,69	0,008
		1400	1,68	0,27	0	0	0,27	0,27	6,8	6,8	0,008
99	Асфальтобетон	2100	1,68	1,05	0	0	1,05	1,05	16,43	16,43	0,008
100	Руберойд, пергамін	600	1,68	0,17	0	0	0,17	0,17	3,53	3,53	-
101	Лінолеум полівінілхлоридний на теплоізоляційній підоснові	1600	1,47	0,33	0	0	0,33	0,33	7,52	7,52	0,002
		1800	1,47	0,38	0	0	0,38	0,38	8,56	8,56	0,002
102	Лінолеум полівінілхлоридний на тканинній основі	1400	1,47	0,23	0	0	0,23	0,23	5,87	5,87	0,002
		1600	1,47	0,29	0	0	0,29	0,29	7,05	7,05	0,002
103	Лінолеум полівінілхлоридний багато- та одношаровий без підоснови	800	1,47	0,17	0	0	0,17	0,17	3,32	3,32	0,002
		1200	1,47	0,21	0	0	0,21	0,21	4,51	4,51	0,02
3.6. Метали											
104	Сталь арматурна	7850	0,482	58	0	0	58	58	126,5	126,5	0
105	Чавун	7200	0,482	50	0	0	50	50	112,5	112,5	0
106	Алюміній	2600	0,84	221	0	0	221	221	187,6	187,6	0
107	Латунь, мідь	8500	0,42	407	0	0	407	407	326	326	0
108	Скло віконне	2500	0,84	0,76	0	0	0,76	0,76	10,79	10,79	0

