

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
«ПОЛТАВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА  
ІМЕНІ ЮРІЯ КОНДРАТЮКА»  
КАФЕДРА ТЕПЛОГАЗОПОСТАЧАННЯ, ВЕНТИЛЯЦІЇ ТА ТЕПЛОЕНЕРГЕТИКИ

## Пояснювальна записка

до дипломного проекту  
магістра

на тему: **Порівняння енергетичних характеристик житлової будівлі в  
м. Полтава**

Виконав: студент 6 курсу,  
групи 601мНТ  
спеціальності  
144 Теплоенергетика  
(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)  
Подоляка А.В.  
(прізвище та ініціали)

Керівник Череднікова О.В.  
(прізвище та ініціали)

Рецензент \_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали)

Зав.кафедрою Голік Ю.С.  
(прізвище та ініціали)

Полтава – 2021 року

**Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»**  
(повне найменування вищого навчального закладу)

Інститут, факультет, відділення навчально-науковий інститут нафти і газу

Кафедра, циклова комісія кафедра теплогазопостачання, вентиляції та теплоенергетики

Освітньо-кваліфікаційний рівень магістр

Напрямок підготовки \_\_\_\_\_  
(шифр і назва)

Спеціальність 144 «Теплоенергетика»  
(шифр і назва)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**  
Завідувач кафедри, голова циклової  
комісії Голік Ю.С.

\_\_\_\_\_ 20\_\_ року

**ЗАВДАННЯ  
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТУ**

Подольяка Андрій Володимирович  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Порівняння теплоенергетичних характеристик житлової будівлі в м. Полтава

керівник проекту (роботи) Череднікова О.В. к.т.н.,  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)  
затверджені наказом вищого навчального закладу №688 фа від "25" 08 2021 року

2. Строк подання студентом проекту (роботи) \_\_\_\_\_

3. Вихідні дані до проекту (роботи) План роботи, складений керівником роботи, будівельні плани, каталоги, інструкції з експлуатації на обладнання

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Вступ. Теоретичні та методичні основи теплоізоляції житлових будинків. Енергопотреба житлового будинку до термомодернізації. Енергоспоживання житлового будинку до термомодернізації. Енергопотреба житлового будинку після термомодернізації. Енергоспоживання житлового будинку після термомодернізації. Висновки.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) Мета та задачі дослідження. План першого поверху будівлі. План типового поверху будівлі. Схеми вікон. Фасади. Графіки порівняння енергетичних характеристик будівлі. Висновки до магістерської роботи.

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Усі розділи	Череднікова О.В.		

7. Дата видачі завдання 2 вересня 2021 р.

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1.	Аналіз теоретичних та методичних основ теплоізоляції житлових будинків. Виконання креслень планів, фасадів.	09.2021р.	
2.	Енергопотреба житлового будинку до термомодернізації. Енергоспоживання житлового будинку до термомодернізації.	10.2021р.	
3.	Енергопотреба житлового будинку після термомодернізації. Енергоспоживання житлового будинку після термомодернізації.	11.2021р.	
4.	Порівняння енергетичних характеристик.	12.2021р.	
	Висновки.		

Студент \_\_\_\_\_  
(підпис)

Подоляка А.В.  
(прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи) \_\_\_\_\_  
(підпис)

Череднікова О.В.  
(прізвище та ініціали)

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	6
РОЗДІЛ 1 ТЕОРЕТИЧНІ ТА МЕТОДИЧНІ ОСНОВИ ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЇ	
ЖИТЛОВИХ БУДИНКІВ.....	8
1.1. Стан житлового фонду будинків України .....	9
1.2 Шляхи та доцільність покращення енергетичних характеристик житлової будівлі .....	11
РОЗДІЛ 2 ЕНЕРГОПОТРЕБА ЖИТЛОВОГО БУДИНКУ ДО	
ТЕРМОМОДЕРНІЗАЦІЇ .....	17
2.1 Вихідні дані розрахунку .....	17
2.2. Розрахунок теплопередачі та коефіцієнтів теплопередачі вікон .....	17
2.3. Розрахунок передачі тепла вхідних дверей .....	22
2.4. Розрахунок теплопередачі непрозорого термічно суцільного огородження.....	23
2.5. Трансмійна передача тепла .....	27
2.6. Надходження тепла від сонця через певні частини будови.....	27
2.7. Узагальнені коефіцієнти передачі тепла за рахунок вентиляції .....	32
2.8. Енергопотреба в опалювальний період .....	33
2.9. Енергопотреба в період охолодження .....	37
2.10. Річна енергопотреба на ГВП.....	41
РОЗДІЛ 3. ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ ЖИТЛОВОГО БУДИНКУ ДО	
ТЕРМОМОДЕРНІЗАЦІЇ .....	43
3.1. Тепловтрати трубопроводів .....	43
3.2 Енергоспоживання ГВП за рік.....	43
3.3. Питоме енергоспоживання при опаленні .....	44
3.4 Питоме енергоспоживання при охолодженні .....	50

					<b>601МНТ-№20338-ДП</b>								
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Порівняння енергетичних ха- рактеристик житлової будівлі в м.Полтава								
Розроб.	Подолька А.В.									Літ.	Арк.	Аркушів	
Перевір.	Череднікова А.В.									4	83		
Н. Контр.	Гузик Д.В.									НУПП ім.Ю.Кондратюка			
Затверд.	Голік Ю.С.												

3.5. Питоме споживання енергії при освітленні .....	52
3.6. Визначення класу енергоефективності житлового будинку .....	54
<b>РОЗДІЛ 4 ЕНЕРГОПОТРЕБА ЖИТЛОВОГО БУДИНКУ ПІСЛЯ</b>	
<b>ТЕРМОМОДЕРНІЗАЦІЇ.....</b>	<b>56</b>
4.1. Розрахунок теплопередачі та коефіцієнтів теплопередачі вікон .....	56
4.2. Розрахунок теплопередачі непрозорого термічно суцільного огородження після додаткового утеплення .....	59
4.3. Трансмійна передача тепла .....	61
4.4. Надходження тепла від сонця через певні частини будови.....	62
4.5. Енергопотреба в опалювальний період .....	66
4.6. Енергопотреба в період охолодження .....	70
<b>РОЗДІЛ 5 ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ ЖИТЛОВОГО БУДИНКУ ПІСЛЯ</b>	
<b>ТЕРМОМОДЕРНІЗАЦІЇ.....</b>	<b>74</b>
5.1. Питоме енергоспоживання при опаленні .....	74
5.2. Питоме енергоспоживання при охолодженні .....	78
5.3. Визначення класу енергоефективності житлового будинку .....	80
<b>ВИСНОВОК.....</b>	<b>82</b>
<b>СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....</b>	<b>85</b>

## ВСТУП

Україна є одним із лідерів країн Європи з вироблення та споживання теплової енергії на обігрів будівель, але при цьому питомі показники споживання теплової енергії на опалення, віднесені до одиниці площі, 2÷3 рази більше, ніж в інших країнах, розташованих у тій самій кліматичній зоні, що й Україна. За оцінками низки авторів [1] втрати тепла через стіни оцінюються в 40÷45 % від загальних теплових втрат приміщення, а для житла індивідуального будівництва ці втрати в 2,5-4 рази вище, ніж у багатоповерхових будівель. Тому збільшення термічного опору зовнішніх конструкцій, що захищають будівлі, є актуальним завданням підвищення енергетичної ефективності житлово-комунального господарства країни.

Клас енергоефективності будівлі визначається на підставі зіставлення отриманих значень енергоспоживання з нормативними значеннями максимальних теплових витрат житлових і цивільних будівель, які наведені в ДБН В. 2.6-31.2006 «Теплова ізоляція будівель».

Законодавчо енергоефективність будівель в Україні визначається за класами – від А до G, при цьому нові житлові будівлі повинні мати клас енергоефективності не нижче за С. Підвищення вимог щодо енергоефективності може незначно позначитися на собівартості одного квадратного метра житла через додаткові витрати на утеплення та оптимізацію систем опалення та вентиляція. Але в майбутньому мешканці зможуть заощадити на опаленні, адже у будинках, які відповідають новим вимогам енергоефективності, оплата комунальних послуг на 15-40% менша, ніж у звичайних. [2]

У 2016 році українське житло споживає у 2-3 рази більше енергії, ніж у державах-членах ЄС. Середнє питоме енергоспоживання в багатоквартирних житлових будинках у нас становило 264 кВт\*год на кв. метр, тоді як у європейських країнах цей показник в середньому не перевищував 90 кВт\*год на кв. метр. Цей показник відрізняється від країни до країни – не лише через стан житлових будівель, а й через кліматичні умови.

					601МНТ-№20338-ДП	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

За останніми оцінками середнє питоме енергоспоживання житловими будинками в Україні становило 186 кВт\*год на кв. метр.

На території України значна кількість житлових будівель це багатоповерхові типові будинки, що були збудовані в ті часи коли доступність енергоресурсів була значно вище, а розвиток будівельних матеріалів не дозволяв досягнути високих показників енергоефективності.

На сьогодні ситуація змінилась, тепер енергоресурси с кожним роком стають менш доступними, зростає їх вартість. Тож надзвичайно важливим є знаходження оптимальних рішень щодо покращення енергоефективності будівель, так-як втрати тепла при опаленні є найбільшими серед загального споживання енергії, необхідно знайти найбільш ефективний та доступний спосіб зниження таких витрат теплової енергії.

**Мета роботи:** визначити клас енергоефективності житлового будинку в існуючому стані, запропонувати певні заходи для підвищення класу енергетичної ефективності житлового будинку.

**Завданням дипломного проєкту** є розрахунок тепловтрат, енергопотреби, енергоспоживання, та визначення класу енергоефективності будівлі, після чого впровадити певні заходи для підвищення класу енергетичної ефективності.

Житловий будинок, енергетичні характеристики якого розраховуються, знаходиться в місті Полтава.

					601МНТ-№20338-ДП	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

# РОЗДІЛ 1 ТЕОРЕТИЧНІ ТА МЕТОДИЧНІ ОСНОВИ ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЇ ЖИТЛОВИХ БУДИНКІВ

Сучасна будівля являє собою комплекс різних інженерних систем, конструкцій і матеріалів, до якого пред'являються досить жорсткі вимоги. Однією з найважливіших вимог є енергоефективність. Максимальне зниження енергоспоживання при експлуатації будівлі (мінімізація витрат питомої енергії на одиницю об'єму) на практиці означає економією паливних ресурсів і зниженням шкідливих викидів в атмосферу, що є надзвичайно актуальним питанням сьогодення.

З метою зниження експлуатаційних витрат та підвищення комфортності приміщення застосовується конструкція теплоізоляції, в якій шар утеплювача кріпиться до несучої частини конструкції за рахунок клейових і механічних засобів. Оцінюючи сучасний стан проблеми теплоізоляції індивідуальних житлових будинків, варто зазначити, що перший етап забезпечення енергоефективності об'єктів будівництва в Україні було здійснено в 1993-1995 роках, коли значно зросли нормативні вимоги до рівня опору теплопередачі огорожувальних конструкцій будівель і споруд різного призначення, що призвело до переходу на енергоефективні багатошарові огорожувальні конструкції, а також були введені вимоги до обов'язкового обліку енергоспоживання в будівлях, що забезпечило зниження експлуатаційних витрат енергоресурсів при експлуатації нових та реконструйованих будівель до 30%. Практично розв'язаними є питання особливостей конструктивно-технологічних рішень фасадних систем мокрого типу з утепленням, проте прогалини проявляються у не систематизації методів теплоізоляції, мало інформації у науковій літературі про сучасні матеріали. Світовими тенденціями у розв'язанні проблеми теплоізоляції є впровадження енергозберігаючих та енергоефективних заходів, використання екологічних матеріалів. На цьому тлі актуальність теми «Сучасні методи теплоізоляції індивідуальних житлових будинків» важко переоцінити, оскільки вона може допомогти підвищити енергоефективність житла за умови впровадження результатів роботи у практику.

									Арк.
									8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	601МНТ-№20338-ДП				



## 1.1. Стан житлового фонду будинків України

В Україні житловий фонд складає 10,2 млн будинків, загальною площею 1066,6 млн м<sup>2</sup>, з якого у комунальній власності знаходиться – 238,2 тис. будинків (2,3 % всього житлового фонду країни), загальною площею 67,5 млн кв.м. В Україні 60,7 тис. (0,6 % житлових будинків країни) ветхих та аварійних житлових будинків загальною площею 5,1 млн кв.м., де постійно проживає 145,7 тис. мешканців.

Більшість будинків житлового фонду збудовані 60-70-х роках, перші масові серії мали ряд недоліків і планувались як тимчасове жило, з часом ці будинки кращими не стали а нормативи енергоефективності стали більш вимогливими , тому надзвичайно важливим є питання про модернізацію таких будинків, їх загальна площа становить близько 72 млн м<sup>2</sup> і потребує заміни або реконструкції. Фактично кожний четвертий міський житель проживає у житлових будинках.

Утримання та обслуговування житлового фонду Станом на 01.07.2010 в Україні налічується 509 приватних підприємств з утримання житлових будинків і прибудинкових територій та 10993 об'єднання співвласників багатоквартирних будинків, які самостійно утримують відповідні будинки, що становить 14,2 % від кількості будинків (77401 будинків 5 поверхів і вище), де може бути створено ОСББ.



ПРОЕКТ 1-464А-1 (вариант с плоской кровлей)  
Главный фасад

Рисунок 1.1 Загальний вид житлового будинку серії І-447

Житловий фонд України на початок 2010 року становить 10,2 млн будинків загальною площею 1066,6 млн кв.м, у тому числі комунальної власності – 238,2 тис.

					601МНТ-№20338-ДП	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

будинків загальною площею 67,5 млн м<sup>2</sup> або 2,3% будинків житлового фонду країни.

До категорії ветхих та аварійних житлових будинків віднесено по Україні 60,7 тис. житлових будинків загальною площею 5,1 млн кв.м, тобто 0,6% житлового фонду країни, де постійно проживають 145,7 тис. мешканців.

За 2009 рік кількість аварійних будинків зросла на 1081 одиницю (6,2%).

Недостатня комфортність, низька енергоефективність житлових будинків перших масових серій, їх значний фізичний і моральний знос потребують вирішення проблеми капітального ремонту (реконструкції) житла із застосуванням сучасних енергозберігаючих технологій, матеріалів та обладнання.

Теплопостачання населених пунктів України забезпечують 7712 підприємств усіх форм власності, на яких експлуатується 31312 котелень сумарною потужністю 133311,7 Гкал/год, 24% з яких обладнані котлоагрегатами, що експлуатується понад 20 років і мають коефіцієнт корисної дії нижче 82%.

Загальна кількість установлених котлів становить 72298 одиниць, з них 16468 котлів (22,8%) з терміном експлуатації більше 20 років.

Протяжність теплових мереж у двотрубному обчисленні становить 35834,2 км, з них ветхих та аварійних – 5620,7 км, що становить 15,7% від загальної протяжності мереж.[3]

Втрати теплової енергії в інженерних мережах за рік становлять 12,9% від загальної кількості реалізованої теплової енергії, у Дніпропетровській області – 17,5%, Чернігівській – 16,9%, Сумській – 16,8%, Херсонській – 15,6%, Закарпатській – 14,8%, Черкаській – 13,1%, у місті Києві – 18,2%.

					601МНТ-№20338-ДП	Арк.
						100
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 1.2 Шляхи та доцільність покращення енергетичних характеристик житлової будівлі

Комунальна енергетика є одним з найбільших споживачів енергоресурсів у всьому світі, світова тенденція зростання цін на енергоресурси та зростання податків на викиди CO<sub>2</sub> – є рушійною силою енергозберігаючих технологій не тільки в комунальній енергетиці, а й в енергетиці в цілому. Саме на цих двох факторах базується доцільність проведення дослідження також слід зазначити, що з питання енергозбереження та енергоефективності є актуальним і близьким для кожного жителя України. Особливо гострим воно є для власників приватних будинків – зростання цін на газ усе суттєвіше відбивається на сімейних бюджетах.

В комунальній енергетиці України найбільш широко використовуються в якості енергоресурсів природний газ та вугілля, більшість комунальних котелень працює саме на природному газі тому більшу частину платіжки за комунальні послуги займає або плата за природний газ для власників приватних будинків, або плата за опалення для власників квартир .

Зростання ціни на енергоресурси у всьому світі підвищують не лише платіжки за комунальні послуги а й на всі товари та послуги, які були вироблені за допомогою цих енергоресурсів.

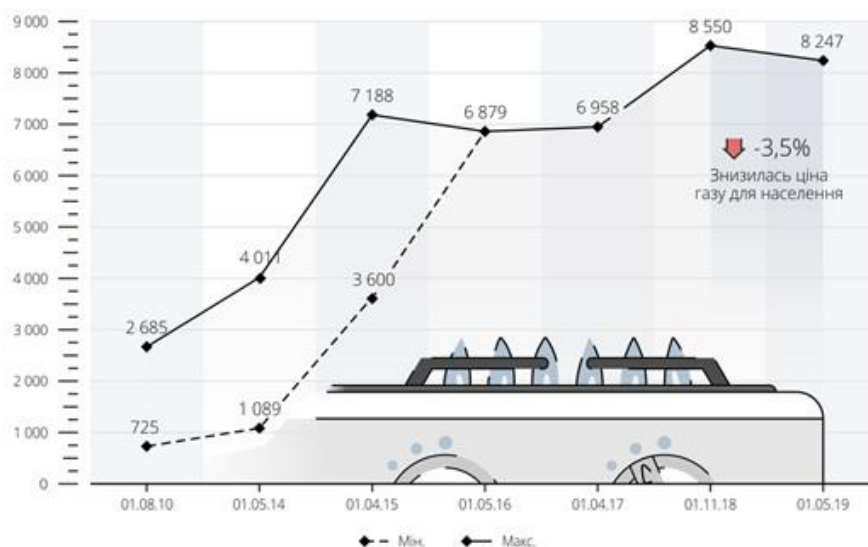


Рис 1.2. Динаміка цін на природний газ для побутових споживачів.

У результаті формується попит на енергозберігаючі заходи, зокрема утеплення будинків. Однак утеплення, виконане з порушенням спеціальних технологічних вимог, може призвести до сумних наслідків: від зниження комфорту проживання в оселі аж до руйнування будинку. Загальна тенденція зростання глобальної температури, також вказує на необхідність використання енергозберігаючих технологій, зокрема утеплення в теплий період року підвищує рівень енергоефективності так-як для забезпечення оптимальної температури у приміщенні необхідно менше використовувати кондиціонер.

Для зниження теплових втрат у теплий період року через зовнішні огорожувальні конструкції застосовують різні теплоізоляційні матеріали, для яких коефіцієнт теплопровідності та щільність матеріалу повинні бути не вище  $0,175 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$  та  $500 \text{ кг/м}^3$  відповідно. Теплоізоляційні матеріали розрізняють за видом сировини, структурою, формою випуску, щільності, теплопровідності, жорсткості, вогне- та вологостійкості, способу застосування та ін. По виду сировини, з якої виготовляють теплоізоляційні матеріали, їх поділяють на органічні (деревноволокнисті плити, торфоплити, очерет, ековата, пробка), неорганічні (мінеральна вата, скловата, піно- і газбетон, пінопласти, пінополістирол), а також композитні теплоізоляційні матеріали, що містять у своєму складі органічні та неорганічні наповнювачі. На ринку теплоізоляційних матеріалів представлений широкий асортимент продукції, частка якої (~97 %) посідає неорганічні матеріали, у тому числі: на виробі з мінеральної вати – 70 %, на пінопласти – 20 %, на інші види утеплювачів – 10 % [4].



Рис. 1.3 Загальний вигляд мінеральної вати та пінополістиролу.

					<i>601МНТ-№20338-ДП</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

Утеплення зовнішніх конструкцій будівель мінеральною ватою і пінопластом, в основному, проводиться за двома технологіями:

а) технологія навісного «вентильованого» фасаду, при якому між шаром теплової ізоляції, наноситься на поверхню стін за допомогою металевого каркасу, і облицювальними декоративними панелями залишається повітряний вентиляційний. Зазор, призначений для видалення вологи від огорожувальної конструкції, а також підвищення загального термічного опору всієї конструкції;

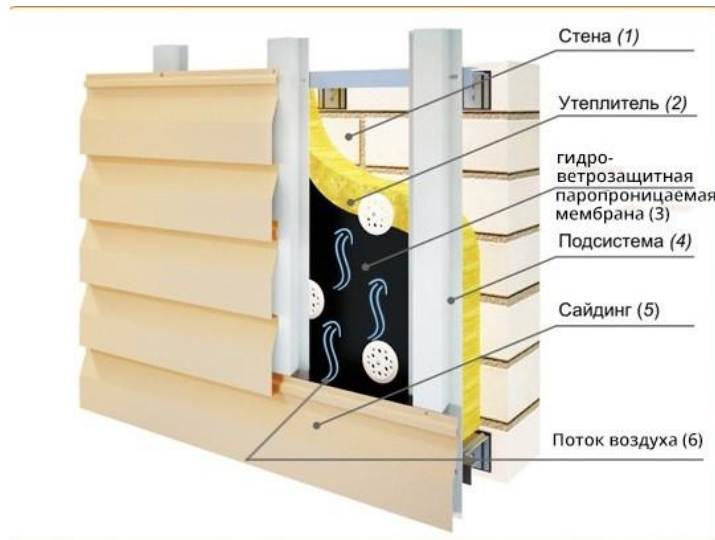


Рис. 1.4 Конструкція вентильованого фасаду.

б) технологія «мокрого» фасаду, коли стіни утеплюють плитами теплоізоляційного матеріалу, які зміцнюють на поверхні стіни за допомогою спеціального клейового складу та монтажних дюбелів, і подальшим створенням на поверхні утеплювача армованого шару з використанням сітки та спеціальної штукатурки.

					601МНТ-№20338-ДП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

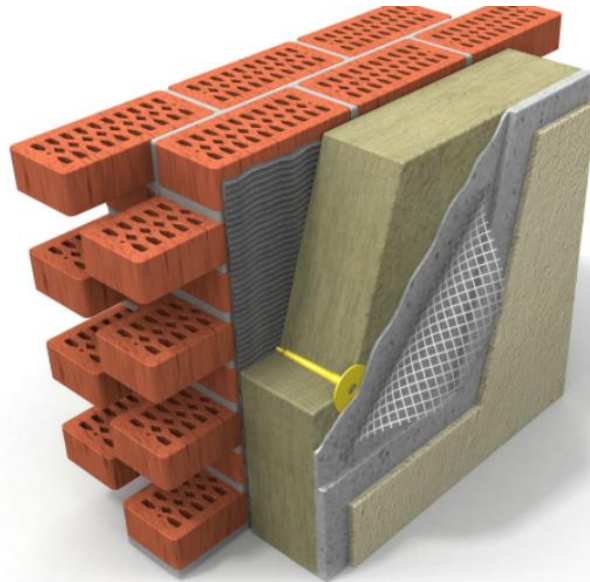


Рис. 1.5 Конструкція мокрого фасаду.

В даний час з'явився новий спосіб утеплення будівель – фарбування стін тонкоплівковою енергозберігаючою фарбою. Енергозберігаюча фарба це емульсія, що складається з сполучного компонента та мікроскопічних керамічних або скляних порожнистих сфер діаметром  $0,03 \div 0,1$  мм. Енергозберігаючі фарби мають властивості фарб – захищають поверхню від впливу навколишнього середовища. Середовища – та властивостями теплової ізоляції – знижують теплові втрати за рахунок власної пористої структури.

Сучасні норми проектування надають можливість проектування теплової ізоляції житлових будинків, що опалюються, за двома напрямками:

- за теплотехнічними показниками елементів теплоізоляційної оболонки будинку;
- за тепловитратами будинку на опалення .

У разі реконструкції вимоги до мінімально допустимих значень опору теплопередачі огорожувальних конструкцій  $R_q \min$  можуть бути знижені: – до  $0,8R_q \min$  для непрозорих огорожувальних конструкцій (при проектуванні за теплотехнічними показниками елементів); – до  $0,75 R_{\min}$  для непрозорих частин зовнішніх стін і до  $0,8 R_{\min}$  для інших огорожувальних конструкцій (при проектуванні за тепловитратами будинку за умовами, коли виконується низка вимог до питомих тепловитрат на опалення будинку, величин температурного перепаду між

					<i>601МНТ-№20338-ДП</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

температурою внутрішнього повітря і приведеною температурою внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції, мінімального значення температури внутрішньої поверхні в зонах теплопровідних включень в огорожувальних конструкціях) [3].

У загальному випадку пошук конструктивного рішення теплової ізоляції можна вести кількома шляхами з метою вирішення різних питань. Наприклад, під час проектування реконструкції п'ятиповерхового великопанельного житлового будинку розглядали та оцінювали низку варіантів покращення показників теплової ізоляції [4,5]. Серед них були маловитратні (заміна заповнень віконних та дверних прорізів тощо) та затратні комплексні заходи (утеплення стін, перекриттів, заміна заповнень). Проектування комплексного рішення виконувалось на засаді мінімізації тепловитрат будинку на опалення, а теплотехнічні показники усіх елементів прийнятого варіанту мали величини, які дорівнювали або перевищували мінімально допустимі нормами значення. Отримані результати дозволили наочно оцінити, що масове впровадження окремих, насамперед, маловитратних, заходів з енергозбереження надає можливість забезпечити вимоги норм до опору теплопередачі окремих конструкцій та скоротити витрати теплової енергії на опалення, але у більшості випадків це не є ефективним рішенням для досягнення нормативного рівня теплової ізоляції будинку в цілому [5]. Пошук оптимального рішення теплоізоляційної оболонки окремої секції дев'яти поверхового великоблочного будинку, за проєктованої відповідно домаксимально допустимих питомих витрат, дозволив отримати конструктивне рішення зі знизеними величинами опору теплопередачі та запропонувати відповідний алгоритм виконання розрахунків .

Для утеплення зовнішніх стін 5-, 9- та 16-типоверхових житлових великопанельних будинків розроблений альбом принципіальних технічних рішень з урахуванням різних конструктивних схем та специфіки зовнішнього опорядження будинків масової забудови 1960–1995 р/р. Це значно спрощує процес вибору конструкції фасадної теплоізоляції та розроблення проектної документації. Але у процесі робочого проектування рекомендовані значення товщини теплоізоляційних шарів

					601МНТ-№20338-ДП	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

повинні уточнюватися з урахуванням нормативних вимог, обраних матеріалів, стану будинку, тощо. Заслуговує уваги досвід інститута «НДІ проект реконструкція», накопичений у ході реалізації інвестиційних та пілотних проектів з енергозбереження, а також під час реконструкції гуртожитків, житлових будинків перших масових серій тощо [6].

Питанням утеплення стін зараз займається величезна кількість жителів старих будинків, ще радянських часів: в часи безперебійного, недорогого опалення про теплоізоляцію фасадів не замислювалися.

Велика частина будинків, що дісталися в спадок, панельні. Про те, як кожен рік при настанні холодів там гуляють протяги, а температура знижується до 10 °С, багато хто знає по собі. Зводилися будинки в 60–80-х роках, термоопір їх стін становить 0,7 м<sup>2</sup> \*К/Вт, якщо говорити про бетон, і 1 м<sup>2</sup> \*К/Вт, якщо будинок з цегли. А сучасні норми – 2–2,8 м<sup>2</sup> \*К/Вт. Виходить, що стіни старих будівель втрачають у два–чотири рази більше тепла, ніж новобудови.

Щоб зрозуміти, наскільки ефективним буде утеплення квартири, потрібно розрахувати термоопір стін після укладання утеплювача.

Наприклад, візьмемо поширений матеріал – пінопласт марки ПСБ-С-25, теплопровідність якого 0,036 Вт/(м\*К), і підрахуємо підсумковий термоопір стін панельного будинку. Якщо плита 50 мм (0,05 м) товщиною, то  $R_c = 0,7 \text{ м}^2 \text{ *К/Вт} + 0,05 \text{ м} / (0,036 \text{ Вт/м*К}) = 2,09 \text{ м}^2 \text{ *К/Вт}$  Враховуючи норми, розуміємо, що такого шару утеплювача для стін недостатньо. Якщо взяти плиту 80 мм товщиною,  $R_c = 0,7 \text{ м}^2 \text{ * К/Вт} + 0,08 \text{ м} / (0,036 \text{ Вт/м*К}) = 2,92 \text{ м}^2 \text{ * К/Вт}$

Це вже непоганий ефект теплозбереження, можна зупинитися на ньому.

Якщо взяти плити більшої товщини, 150 мм, отримаємо термоопір 4,87 м<sup>2</sup> \* К/Вт,  $R_c = 0,7 \text{ м}^2 \text{ * К/Вт} + 0,15 \text{ м} / (0,036 \text{ Вт/м*К}) = 4,87 \text{ м}^2 \text{ * К/Вт}$

Укладання таких плит передбачає виділення більшого обсягу коштів, наскільки це необхідно, вирішувати господареві квартири.

					601МНТ-№20338-ДП	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



## РОЗДІЛ 2 ЕНЕРГОПОТРЕБА ЖИТЛОВОГО БУДИНКУ ДО ТЕРМОМОДЕ- РНИЗАЦІЇ

### 2.1 Вихідні дані розрахунку

Характеристика будови:

- Кількість поверхів – 5;
- Опалення – центральне;
- Кількість жителів – 140;
- Кількість кімнат – 140;
- Житлова площа – 3394 м<sup>2</sup>;
- Об'єм – 8417 м<sup>3</sup>.

Характеристики клімату району будови згідно [7]:

- температура найхолоднішої п'ятиденки – -23 °С;
- температура середня найхолоднішого місяця – -5,6 °С;
- температура середня періоду опалення – -0,8 °С;
- середньодобова температура повітря зовнішнього наприкінці періоду опалення – +8 °С;
- опалювальний період триває – 178 днів;
- I (Пн-Зх) – кліматичний район.

### 2.2. Розрахунок теплопередачі та коефіцієнтів теплопередачі вікон

**Рис. 2.1.** Вікно ОК-6

Вікно розміром 1500x1220 мм.

Тип склоблоку 4і-12-4-12-4і

Товщина металопластикової рами 70 мм.

$$U_w = \frac{\Sigma A_g \cdot U_g + \Sigma A_f \cdot U_f + \Sigma l_g \cdot \psi_g}{\Sigma A_g + \Sigma A_f}$$

					601МНТ-№20338-ДП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

$$U_{W6} = \frac{1,5 \cdot 1,1 + 0,38 \cdot 1,25 + 7,1 \cdot 0,08}{1,5 + 0,38} = 1,45 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

$$R_{\text{пр6}} = \frac{1}{U_{W6}} = \frac{1}{1,45} = 0,69 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$$

$U_w$  – приведений коефіцієнт теплопередачі;

$A_f$  – площа загальна полівінілхлоридних профільних елементів (імпостів, стулок, рам віконних блоків) – 0,38 м<sup>2</sup>;

$A_g$  – площа загальна склопакетів – 1,5 м<sup>2</sup>;

$l_g$  – включення лінійні теплопровідні в зоні стику склопакету зі сталеву рамою – 7,1 м;

$\Psi_g$  – коефіцієнт лінійної теплопередачі теплопровідного включення, 0,08 Вт/(м·К) згідно табл. Е1 ДСТУ Б EN ISO 10077-1:2016

$U_f$  – коефіцієнт теплопередачі полівінілхлоридних профільних елементів (імпостів, стулок, рам віконних блоків) – 1,25Вт/(м<sup>2</sup>·К)

$U_g$  – коеф. теплопередачі склопакетів – 1,1Вт/(м<sup>2</sup>·К)

Перевіряю умову (1):  $R_{\Sigma\text{пр}} \geq R_{q \text{ min}}$ ,  $0,69 < 0,75$  – умова не виконується.

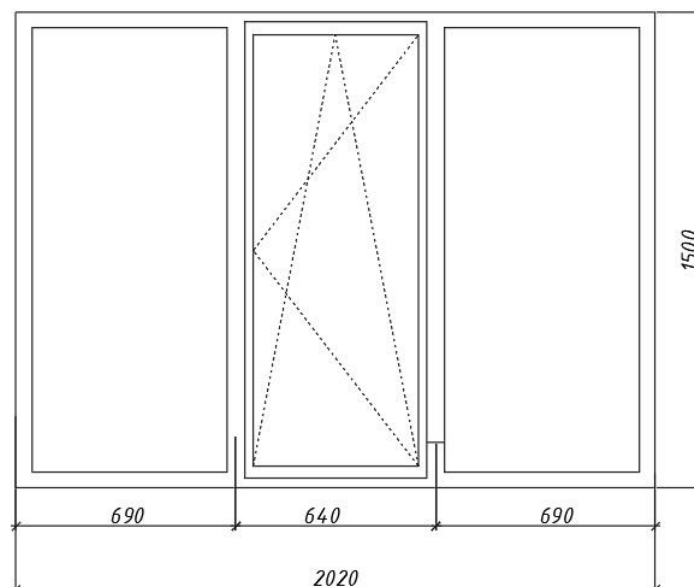


Рис. 2.1 Вікно ОК-7

Вікно розміром 1500x2020 мм.

Тип склоблоку 4і-12-4-12-4і

					601МНТ-№20338-ДП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

Товщина металопластикової рами 70 мм.

$$U_{W7} = \frac{2,2 \cdot 1,1 + 0,83 \cdot 1,25 + 10 \cdot 0,08}{2,2 + 0,83} = 1,43 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

$$R_{\text{пр}7} = \frac{1}{U_{W7}} = \frac{1}{1,43} = 0,70 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$$

$U_W$  – приведений коефіцієнт теплопередачі;

$A_f$  – сумарна площ профільних непрозорих елементів (імпостів, стулок, рам віконних блоків) – 1 м<sup>2</sup>;

$A_g$  – площа склопакету – 3,0 м<sup>2</sup>;

$l_g$  – включення лінійних теплопровідних елементів в зоні стику склопакету зі сталеву рамою – 10 м;

$\Psi_g$  – коефіцієнт теплопередачі лінійного теплопровідного включення, 0,08 Вт/(м·К) згідно табл. Е1 ДСТУ Б EN ISO 10077-1:2016

$U_f$  – коефіцієнт теплопередачі полівінілхлоридних профільних елементів (імпостів, стулок, рам віконних блоків) – 1,25Вт/(м<sup>2</sup>·К)

$U_g$  – коеф. теплопередачі склопакетів – 1,1Вт/(м<sup>2</sup>·К)

Перевіряю умову (1):  $R_{\Sigma\text{пр}} \geq R_{\text{q min}}$ ,  $0,69 < 0,75$  – умова не виконується.

					601МНТ-№20338-ДП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

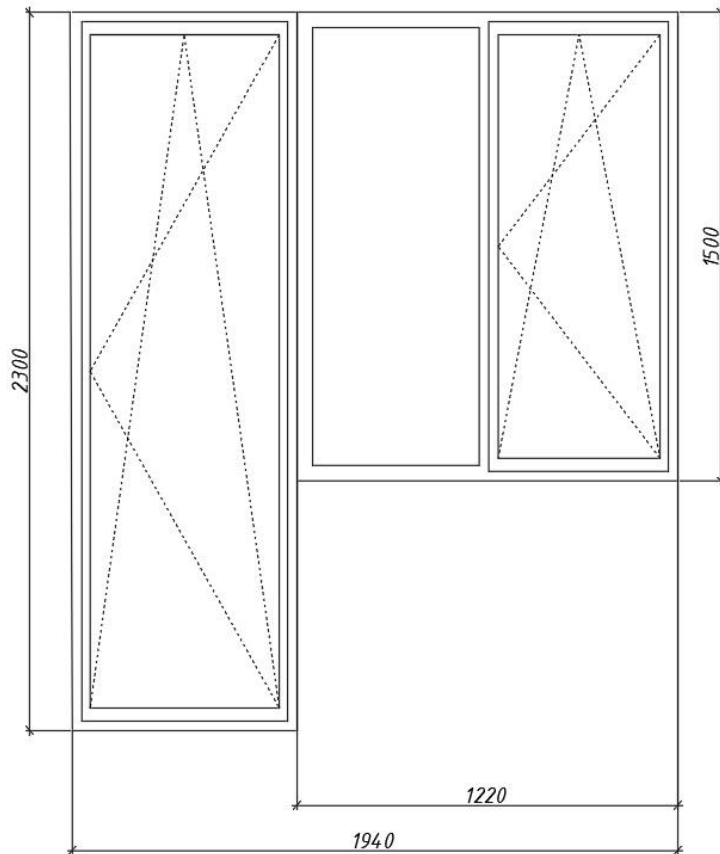


Рис. 2.3. Вікно ОК-8

Вікно розміром 1460x810 мм та двері 2230x650 мм.

Тип склоблоку 4і-12-4-12-4і

Товщина металопластикової рами 70 мм.

$$U_W = \frac{\Sigma A_g \cdot U_g + \Sigma A_f \cdot U_f + \Sigma l_g \cdot \psi_g}{\Sigma A_g + \Sigma A_f}$$

$$U_{W8} = \frac{2,8 \cdot 1,1 + 0,7 \cdot 1,25 + 8,5 \cdot 0,08}{1,6 + 0,7} = 1,38 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

$$R_{\text{пр8}} = \frac{1}{U_W} = \frac{1}{1,38} = 0,72 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$$

$U_W$  – приведений коефіцієнт теплопередачі;

$A_f$  – площа загальна полівінілхлоридних профільних елементів (імпостів, ступок, рам віконних блоків) – 0,7 м<sup>2</sup>;

$A_g$  – площа загальна склопакетів – 2,8 м<sup>2</sup>;

					601МНТ-№20338-ДП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

$l_g$  – включення лінійні теплопровідні в зоні стику склопакету зі сталевую рамою – 8,5 м;

$\Psi_g$  – коефіцієнт лінійної теплопередачі теплопровідного включення, 0,08 Вт/(м·К) згідно табл. Е1 ДСТУ Б EN ISO 10077-1:2016

$U_f$  – коефіцієнт теплопередачі полівінілхлоридних профільних елементів (імпостів, стулок, рам віконних блоків) – 1,25Вт/(м<sup>2</sup>·К)

$U_g$  – коеф. теплопередачі склопакетів – 1,1Вт/(м<sup>2</sup>·К)

Перевіряю умову (1):  $R\Sigma n_p \geq R_{q \min}$ ,  $0,72 < 0,75$  – умова не виконується.

Таблиця 2.1 Характеристики віконних конструкцій

Вікна	ОК-6	ОК-7	ОК-8	$\Sigma$
a	1,22	2,02	1,22	
h	1,5	1,50	1,5	
P, м	5,44	7,04	7,38	
F, м <sup>2</sup>	1,83	3,0	3,4	
N, шт	176	48	32	256
P <sub>заг</sub> , м	54,4	168,96	108,08	1531,5
F <sub>заг</sub> , м <sup>2</sup>	322,08	144,0	106,2	573,8
U, Вт/(м <sup>2</sup> ·К)	1,42	1,47	1,42	
H, Вт/К	457,35	211,68	150,80	819,83
b <sub>т.х.н</sub>	1	1	0,7	

де  $b_{т.х.н}$  – коеф. поправочний (для вікон, що виходять на балкон – 0,7);

$H$  – загальний коеф. передачі тепла через вікна, Вт/К.

Знаходимо приведений коефіцієнт теплопередачі вікон, Вт/(м<sup>2</sup>·К):

$$U_{\text{привед}} = \frac{\Sigma H}{\Sigma F_{\text{заг}}};$$

$$U_{\text{привед}} = \frac{819,83}{573,8} = 1,42.$$

Приведений опір теплопередачі вікон, м<sup>2</sup> · К/Вт:

$$R_{\text{привед}} = \frac{1}{U_{\text{привед}}};$$

$$R_{\text{привед}} = \frac{1}{1,42} = 0,70.$$

### 2.3. Розрахунок передачі тепла вхідних дверей

Двері розміром 2200x1300 мм.

Тип склоблоку 4-12-4-12-4.

Товщина металопластикової рами 70 мм.

$$U_W = \frac{\Sigma A_g \cdot U_g + \Sigma A_f \cdot U_f + \Sigma l_g \cdot \psi_g}{\Sigma A_g + \Sigma A_f}$$

$$U_{W_{дв}} = \frac{12,1 \cdot 1,5 + 0,77 \cdot 1,25 + 6 \cdot 0,08}{2,1 + 0,77} = 1,60 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

$$R_{пр.дв} = \frac{1}{U_W} = \frac{1}{1,62} = 0,62 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$$

$U_W$  – приведений коефіцієнт теплопередачі;

$A_f$  – площа загальних профільних конструкцій (імпостів, стулок, рам блоків) – 0,64 м<sup>2</sup>;

$A_g$  – площа загальних вхідних дверей – 2,1 м<sup>2</sup>;

$l_g$  – включення лінійні теплопровідні в зоні стику склопакету зі сталевією рамою – 6 м;

$\psi_g$  – коефіцієнт теплопередачі лінійного теплопровідного включення, 0,08 Вт/(м·К) згідно табл. Е1 ДСТУ Б EN ISO 10077-1:2016

$U_f$  – коефіцієнт теплопередачі полівінілхлоридних профільних конструкцій (імпостів, стулок, рам віконних блоків) – 1,25Вт/(м<sup>2</sup>·К)

$U_g$  – коеф. теплопередачі – 1,5 Вт/(м<sup>2</sup>·К)

Перевіряю умову (1):  $R_{\Sigma пр} \geq R_{q \text{ min}}$ ,  $0,60 < 0,75$  – умова не виконується.

					601МНТ-№20338-ДП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

## 2.4. Розрахунок теплопередачі непрозорого термічно суцільного огороження

Цегляна стіна не утеплена:

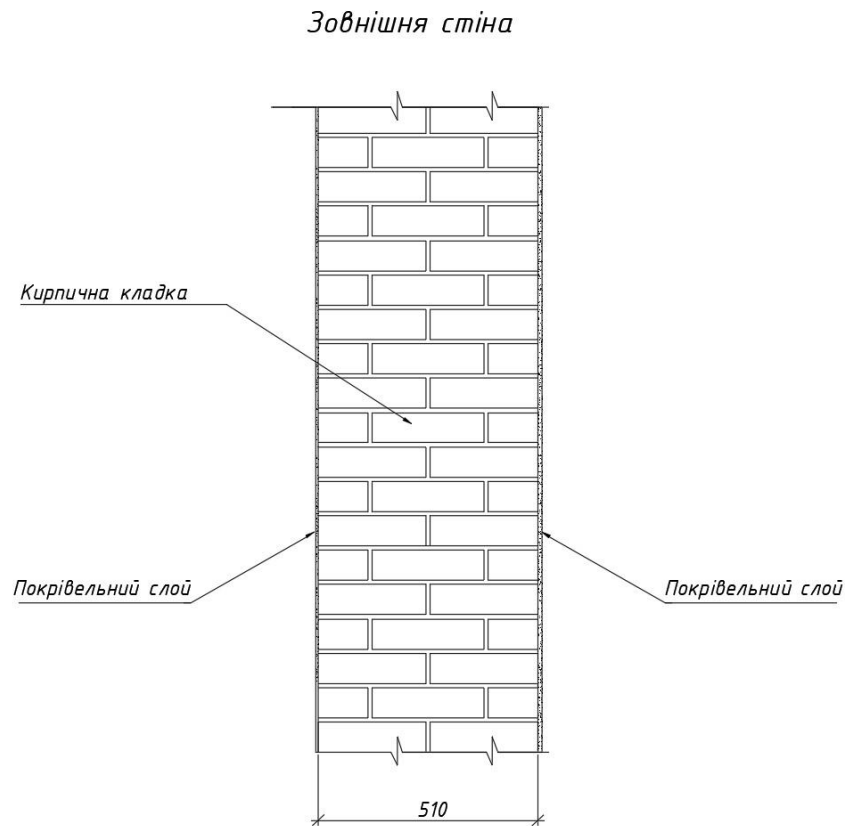


Рис. 2.4. Будова цегляної не утепленої стіни.

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_{ip}} + \frac{1}{\alpha_3}$$

$$R_{\text{ст.ут.}} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,51}{0,81} + \frac{1}{23} = 0,8$$

$$U_{\text{ст.ут.}} = \frac{1}{R_{\text{ст.ут.}}}$$

$$U_{\text{ст.ут.}} = \frac{1}{0,8} = 1,25$$

де  $\alpha_{\text{в}}$ ,  $\alpha_3$  – коефіцієнти тепловіддачі теплоти від внутрішньої поверхні та зовнішньої поверхні огороженої конструкції 8,7 та 23 відповідно,  $\left(\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}\right)$ ;

					601МНТ-№20338-ДП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

$R_{ст.ут.}$  – опір теплопередачі огородження ( $м^2 \cdot \frac{К}{Вт}$ );

$\delta_i$  – товщина слою огородження (стіна з цегли – 0,51 м);

$\lambda_{ip}$  – провідність тепла матеріалу слою огородження в умовах використання, що розраховані ( $\frac{Вт}{м \cdot К}$ );

$n$  – кількість слоїв огородження;

$U_{ст.ут.}$  – теплова провідність термічно суцільного огородження ( $\frac{Вт}{м^2 \cdot К}$ ).

Цегляна стіна з утепленням:

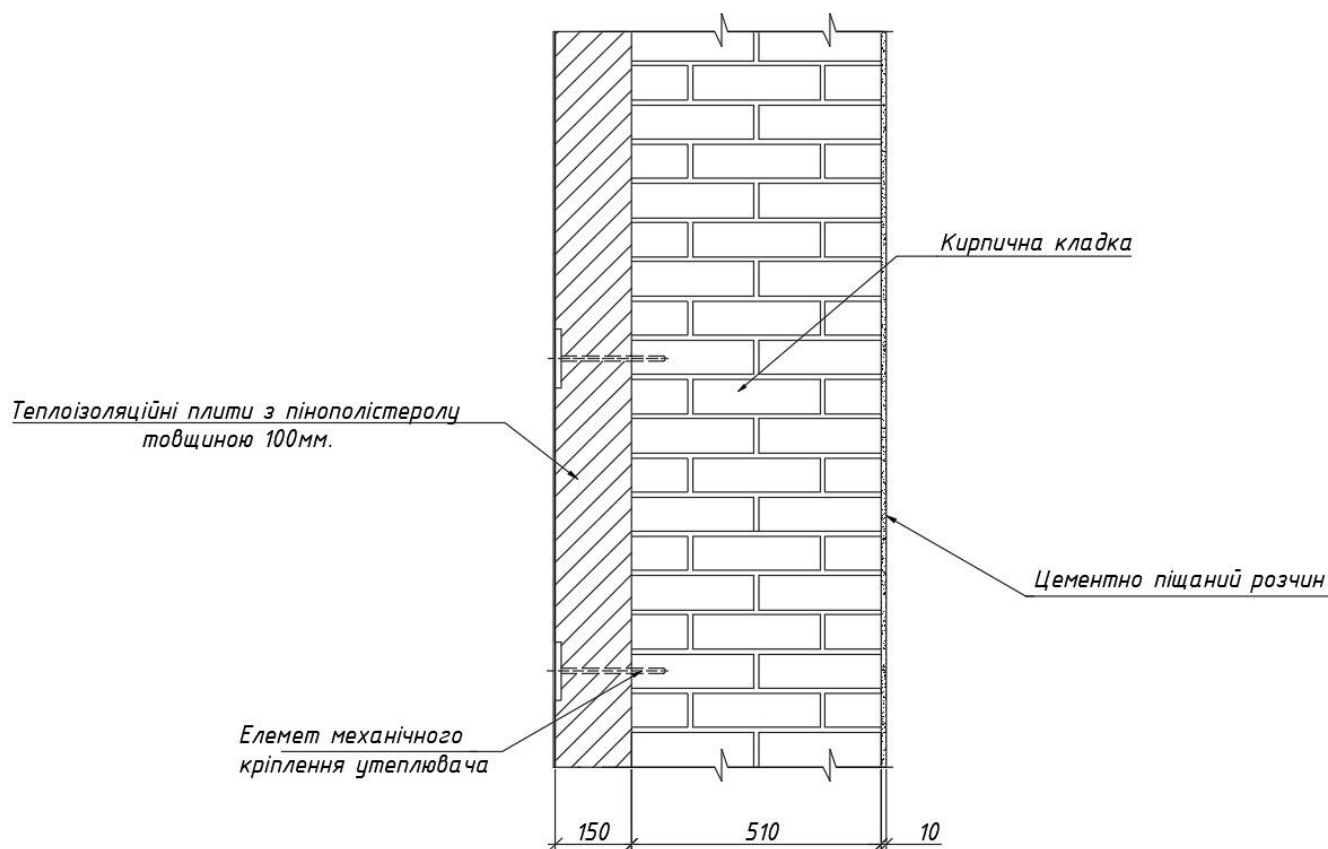


Рис 2.5. Конструкція утеплення зовнішніх стін

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{\alpha_B} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_{ip}} + \frac{1}{\alpha_3},$$

$$R_{ст.ут.} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,51}{0,81} + \frac{0,15}{0,05} + \frac{0,05}{0,2} + \frac{1}{23} = 3,79$$

$$U_{ст.ут.} = \frac{1}{R_{ст.ут.}}$$

									Арк.
									24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	601МНТ-№20338-ДП				



$$U_{\text{ст.ут.}} = \frac{1}{3,43} = 0,29,$$

де  $\alpha_{\text{в}}$ ,  $\alpha_{\text{з}}$  – коеф. віддачі тепла внутрішньої поверхні та зовнішньої огороження конструкцій 8,7 та 23 відповідно,  $\left(\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}\right)$ ;

$$R_{\text{ст.ут.}} - \text{опір тепла термічно суцільного огороження} \left(\text{м}^2 \cdot \frac{\text{К}}{\text{Вт}}\right);$$

$\delta_i$  – товщина слою огороження, м; (стіна з цегли – 0,51 м; спінений пінополістирол – 0,1 м);

$\lambda_{ip}$  – провідність тепла матеріалу слою огороження в умовах використання, що розраховані  $\left(\frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}\right)$ ;

$n$  – загальна кількість слоїв огороження,

$$U_{\text{ст.ут.}} - \text{теплопровідність огорожуючої конструкції} \left(\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}\right).$$

Крівля будинку:

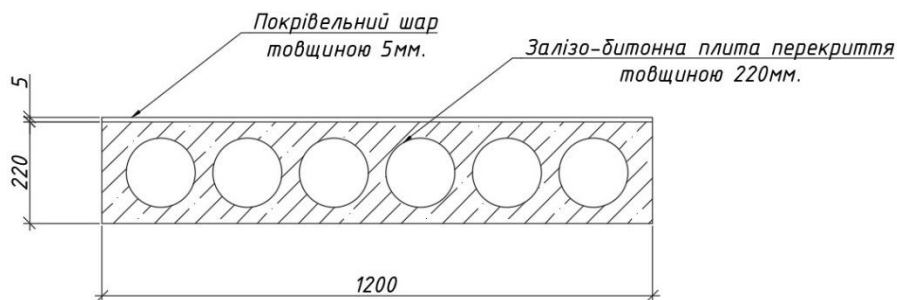


Рис 2.6. Конструкція перекриття до утеплення

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_{ip}} + \frac{1}{\alpha_{\text{з}}},$$

$$R_{\text{ст.ут.}} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,22}{2,04} + \frac{0,05}{0,2} + \frac{1}{12} = 0,56$$

$$U_{\text{кр}} = \frac{1}{R_{\text{ст.ут.}}},$$

$$U_{\text{кр}} = \frac{1}{0,56} = 1,8$$

					601МНТ-№20338-ДП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

де  $\alpha_{в}$ ,  $\alpha_{з}$  – коеф. віддачі тепла внутрішньої поверхні та зовнішньої для покриття горища 8,7 та 12 відповідно,  $\left(\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}\right)$ ;

$R_{\text{ст.ут.}}$  – опір тепла суцільного термічного огороження  $\left(\text{м}^2 \cdot \frac{\text{К}}{\text{Вт}}\right)$ ;

$\delta_i$  – товщина слою огороження, м (залізобетон – 0,22 м);

$\lambda_{ip}$  – провідність тепла матеріалу слою огороження в умовах використання, що розраховані  $\left(\frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}\right)$ ;

$n$  – загальна кількість слоїв огороження,

$U_{\text{ст.ут.}}$  – теплопровідність огорожуючої конструкції  $\left(\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}\right)$ .

Перекрыття над підвальним приміщенням:

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{\alpha_{в}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_{ip}} + \frac{1}{\alpha_{з}}$$

$$R_{\text{пер}} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,22}{2,04} + \frac{1}{6} = 0,44,$$

$$U_{\text{пер.}} = \frac{1}{R_{\text{ст.ут.}}},$$

$$U_{\text{пер.}} = \frac{1}{0,44} = 2,26,$$

де  $\alpha_{в}$ ,  $\alpha_{з}$  – коеф. віддачі тепла внутрішньої поверхні та зовнішньої перекрыття над неопалюваними підвальними приміщеннями відповідно 8,7 та 6,  $\left(\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}\right)$ ;

$R_{\text{ст.ут.}}$  – опір тепла термічно суцільного огороження  $\left(\text{м}^2 \cdot \frac{\text{К}}{\text{Вт}}\right)$ ;

$\delta_i$  – товщина слою огороження, м (залізобетон – 0,22 м, піщано-цементний розчин – 0,05 м);

$\lambda_{ip}$  – провідність тепла матеріалу слою огороження в умовах використання, що розраховані  $\left(\frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}\right)$ ;

$n$  – скільки слоїв огороження,

					601МНТ-№20338-ДП	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$U_{ст.ут.}$  – теплова провідність термічно суцільного огородтеплопровідність огорожуючої конструкції  $\left(\frac{Вт}{м^2 \cdot К}\right)$ .

## 2.5. Трансмісійна передача тепла

Загальний трансмісійний коеф. передачі тепла розраховую за формулою Вт/К:

$$H_x = b_{tr,x} \cdot \sum_i A_i \cdot U_i;$$

для зовнішніх стін з утепленням:

$$H_x = 1 \cdot 206,6 \cdot (0,29 + 0) = 60,2.$$

Розрахунки  $H_x$  через всі огороження будинку заносимо до таблиці 2.2:

Таблиця 2.2 Трансмісійна передача тепла

Ч.ч.	Вид огорожуючої конструкції	$A_i, м^2$	$R_{\Sigma}, м^2 \cdot К/Вт$	$U, Вт/(м^2 \cdot К)$	$\Delta U_{tb},$	$b_{tr,x,H}$	$b_{tr,x,C}$	$H_{x,H},$	$H_{x,C},$
					Вт/(м <sup>2</sup> ·К)			Вт/К	Вт/К
1	Зовнішні стіни з утепл.	206,60	3,43	0,29	0,0	1,0	1,0	60,2	60,2
3	Зовн. стіни без утепл.	1860,00	0,80	1,25	0,0	1,0	1,0	2325,1	2325,1
4	Перекрыття холодного горища	814,0	2,56	0,39	0,2	0,9	0,9	396,5	396,5
5	Перекрыття над підвалом	859,0	0,44	2,26	0,0	0,3	0,3	581,4	581,4
6	Світлопрозорі конструкції	577,60	0,74	1,35	0,0	1,0	1,0	782,1	782,1
7	Світлопрозорі конструкції з балк.	651,08	0,74	1,35	0,0	0,7	0,7	617,1	617,1
8	Вхідні двері	11,44	0,50	2,00	0,0	0,6	0,6	13,7	13,7
	Разом							4776,2	4776,2

Сумарний трансмісійний коеф. передачі тепла становить: 4776,2 Вт/К.

## 2.6. Надходження тепла від сонця через певні частини будови

Середній коефіцієнт проходження енергії сонця через прозорі складові елементи:

$$g_{gl} = F_w \cdot g_n$$

					601МНТ-№20338-ДП	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$g_{gl} = 0,9 \cdot 0,5 = 0,45,$$

де  $F_w$  – коеф. поправки для нерозсіювальних стекол.

$g_n$  – коеф. проходження енергії сонця при стандартному куті падіння, для потрійного склопакету з двома селективними с низькою емісією нанесеннями – 0,5.

Рівнозначна площа інсоляції заклоєної частини  $A_{sol,w}$ , м:

$$A_{sol,w} = F_{sh.gl} \cdot g_{gl} \cdot (1 - F_F) \cdot A_{w.p.};$$

для вікон, що орієнтовані на схід:

$$A_{sol,w} = 1 \cdot 0,45 \cdot (1 - 0,38) \cdot 18,3 = 5;$$

для вікон, що орієнтовані на захід:

$$A_{sol,w} = 1 \cdot 0,45 \cdot (1 - 0,38) \cdot 18,3 = 5;$$

для вікон, що орієнтовані на північ:

$$A_{sol,w} = 1 \cdot 0,45 \cdot (1 - 0,38) \cdot 274,2 = 76;$$

для вікон, що орієнтовані на південь:

$$A_{sol,w} = 1 \cdot 0,45 \cdot (1 - 0,38) \cdot 266,8 = 74;$$

де  $F_{sh.gl}$  – коеф. затінення для засобів, що рухаються. Оскільки вони відсутні, приймаю рівним 1-ці.

$F_F$  – скільки площа проєкції окантовки становить відносно всієї площі проєкції вікна:

$$F_F = \frac{\Sigma A_f}{\Sigma A_w};$$

$$F_F = \frac{0,5 + 1,43 + 1,89}{1,8 + 3,0 + 3,4} = 0,52;$$

$A_{w.p.}$  – вся площа проєкції вікон, м<sup>2</sup>.

Рівнозначна площа інсоляції непрозорого огороження будинку  $A_{sol}$ , м:

$$A_{sol} = \alpha_{s,c} \cdot R_{se} \cdot U_c \cdot A_c;$$

для непрозорої частини, котра направлена на схід:

$$A_{sol} = 0,3 \cdot 0,043 \cdot 0,36 \cdot 178,3 = 0,7;$$

для непрозорої частини, котра направлена на захід:

$$A_{sol} = 0,3 \cdot 0,043 \cdot 0,36 \cdot 178,3 = 0,7;$$

					601МНТ-№20338-ДП	Адк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

для непрозорої частини, котра направлена на північ:

$$A_{sol} = 0,3 \cdot 0,043 \cdot 0,36 \cdot 854,0 = 3,2;$$

для непрозорої частини, котра направлена на південь:

$$A_{sol} = 0,3 \cdot 0,043 \cdot 0,36 \cdot 858,1 = 3,2;$$

для даху  $A_{sol} = 0$ ,

де  $\alpha_{s,c}$  – без розміру коеф. вбирання радіації сонця непроникного для світла елемента. Для штукатурки із цементу світло-блакитного кольору  $\alpha_{s,c} = 0,3$ ;

$R_{se}$  – поверхневий опір тепла ззовні непроникного для світла елемента,  $\left(\text{м}^2 \cdot \frac{\text{К}}{\text{Вт}}\right)$ , прийнятий  $0,043 \left(\text{м}^2 \cdot \frac{\text{К}}{\text{Вт}}\right)$ ;

$U_c$  – теплова провідність термічно суцільного огородження  $\left(\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}\right)$ .

$A_c$  – проекційна площа непроникного для світла елемента,  $\text{м}^2$ .

Коеф. передачі тепла виділенням поверхні, що ззовні,  $\left(\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}\right)$ :

$$h_r = 4 \cdot \varepsilon \cdot \sigma \cdot (\theta_{ss} + 273)^3;$$

$$h_r = 4 \cdot 0,93 \cdot 5,67 \cdot 10^{-8} \cdot (7,8 + 273)^3 = 4,65;$$

де  $\varepsilon$  – коеф. випромінювання тепла зовнішнім покриттям огородження. Для штукатурки із цементу світло-блакитного кольору  $\varepsilon = 0,93$ ;

$\sigma$  – постійна Стефана-Больцмана,  $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \left(\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}^4}\right)$ ;

$\theta_{ss}$  – середнє значення температури навколишнього середовища,  $^{\circ}\text{C}$ .

Тепловий потік через зовнішні стіни у навколишнє середовище  $\Phi_r$ , Вт:

$$\Phi_r = R_{se} \cdot U_c \cdot A_c \cdot h_r \cdot \Delta\theta_{er},$$

$$\Phi_r = 0,043 \cdot 0,36 \cdot 2069,6 \cdot 4,65 \cdot 11 = 663$$

Де  $R_{se}$  – поверхневий опір тепла ззовні непроникного для світла елемента,  $\left(\text{м}^2 \cdot \frac{\text{К}}{\text{Вт}}\right)$ , прийнятий  $0,043 \left(\text{м}^2 \cdot \frac{\text{К}}{\text{Вт}}\right)$ ;

$U_c$  – теплова провідність термічно суцільного огородження  $\left(\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}\right)$ ;

$A_c$  – проекційна площа непроникного для світла елемента,  $\text{м}^2$ ;

$h_r$  – коеф. передачі тепла виділенням поверхні, що назовні,  $\left(\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}\right)$ ;

					601МНТ-№20338-ДП	Адк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

$\Delta\theta_{er}$  – усереднена різниця температур повітря ззовні та уявною температурою навколишнього середовища, °С, для середніх широт  $\Delta\theta_{er} = 11$  К.

Теплові надходження від сонця через всі елементи будови в сумі  $\Phi_{sol,k}$ , Вт:

$$\Phi_{sol} = F_{sh,ob} \cdot \Sigma(A_{sol} \cdot l_{sol}) - F_r \cdot \Phi_r,$$

для січня:

$$\Phi_{sol} = 1 \cdot (5 \cdot 21 + 5 \cdot 22 + 76 \cdot 12 + 74 \cdot 51 + 0,7 \cdot 12 + 0,7 \cdot 21 + 3,2 \cdot 51 + 3,2 \cdot 22) - 0,5 \cdot 663 = 4503,$$

де  $F_{sh,ob}$  – коеф., що понижує за рахунок перешкоджання проходження енергії сонця перепонами для площі інсоляції в еквіваленті, приймаю  $F_{sh,ob} = 1$ ;

$A_{sol}$  –рівнозначна площа інсоляції поверхні за певним напрямом орієнтації м<sup>2</sup>;

$l_{sol}$  – радіація сонця, значення енергетичного освітлення площі поверхні, що сприймає за певним напрямом і кутом нахилу за помірних погодних умов, Вт/м<sup>2</sup>, занесено до таблиці 2.3;

$F_r$  – коеф. форми між частиною будови і небом,  $F_r = 0,5$  – для вертикального огородження, що не в тіні;

$\Phi_r$  – потік тепла за рахунок тепловиділення в навколишнє середовище для всього огородження будови, Вт.

					<i>601МНТ-№20338-ДП</i>	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.3 Радіація сонця, значення енергетичного освітлення площі поверхні, що сприймає за певним напрямом і кутом нахилу за помірних погодних умов, Вт/м<sup>2</sup>

Місяць року	Параметр								
	$\theta_e, ^\circ\text{C}$	$t, \text{ год}$	$I_{\text{sol, Пн}}$ Вт/м <sup>2</sup>	$I_{\text{sol, Сх}}$ Вт/м <sup>2</sup>	$I_{\text{sol, Пд}}$ Вт/м <sup>2</sup>	$I_{\text{sol, Зх}}$ Вт/м <sup>2</sup>	$I_{\text{sol, гор}}$ Вт/м <sup>2</sup>	$Q_{\text{sol}}$ , кВт·год	$Q_{\text{int}}$ , кВт·год
Січень	-5,6	744	12	21	51	22	32	3350	22662
Лютий	-4,7	672	24	38	74	40	62	5005	22662
Березень	0,3	744	32	58	93	62	106	7294	22662
Квітень	9	720	40	80	96	77	155	7840	22662
Травень	15,4	744	55	108	102	102	217	9565	0
Червень	18,7	720	67	119	100	111	243	9916	0
Липень	20,5	744	60	115	102	110	231	9926	0
Серпень	19,7	744	44	101	113	96	199	9493	0
Вересень	14,3	720	28	75	115	73	143	8176	0
Жовтень	7,7	744	18	41	86	41	77	5896	22662
Листопад	1,3	720	10	19	45	19	34	2771	22662
Грудень	-3,4	744	9	14	36	15	22	2246	22662

Таблиця 2.4 Розрахунки надходження тепла від сонця помісячно

Місяць року	$A_{\text{sol, w}} \cdot F_{\text{sh}} \cdot I_{\text{sol}}$ Вт	$\Phi_r \cdot F_r$ Вт	$\Phi_{\text{sol}}$ Вт
Січень	5166	663	4503
Лютий	8111	663	7448
Березень	10467	663	9804
Квітень	11552	663	10889
Травень	13519	663	12856
Червень	14436	663	13773
Липень	14004	663	13341
Серпень	13422	663	12759
Вересень	12019	663	11356
Жовтень	8588	663	7925
Листопад	4512	663	3849
Грудень	3681	663	3018

## 2.7. Узагальнені коефіцієнти передачі тепла за рахунок вентиляції

Визначаю середню за часом витрату повітря,  $q_{ve,mn}$ , м<sup>3</sup>/год, опираючись на:

- Загальну площу:

$$q_{ve,mn,1} = \frac{F \cdot 0,35 \cdot 0,5 \cdot 3600}{1000},$$
$$q_{ve,mn,1} = \frac{3394 \cdot 0,35 \cdot 0,5 \cdot 3600}{1000} = 2138,2,$$

де  $F$  – житлова площа будинку, м<sup>2</sup>;

0,35 – норма повітрообміну на житлову площу, л/с, м<sup>2</sup> (категорія 3) [2];

0,5 – кратність повітрообміну.

- Кількість осіб, що проживають в даній будівлі:

$$q_{ve,mn,2} = \frac{n_p \cdot 4 \cdot 3600}{1000},$$
$$q_{ve,mn,2} = \frac{140 \cdot 4 \cdot 3600}{1000} = 2016,$$

де  $n_p$  – кількість осіб, що проживають в даній будівлі;

4 – норма повітрообміну на особу, л/с, особу (категорія 3);

- Приміщення, де розташовані витяжні елементи:

$$q_{ve,mn,3} = \frac{n_a \cdot (14 + 10) \cdot 3600}{1000},$$
$$q_{ve,mn,3} = \frac{140 \cdot (14 + 10) \cdot 3600}{1000} = 12096,$$

де  $n_a$  – кількість квартир;

14, та 10 – норма повітрообміну на кухню та санвузол відповідно, л/с (категорія 3).

З розрахунків вибираю найбільше значення повітрообміну: 12096 м<sup>3</sup>/год.

Значення загального коефіцієнта передачі тепла за рахунок вентиляції,

$H_{ve,adj}$ , Вт/К:

$$H_{ve,adj} = \rho_a c_a \cdot \left( \sum_k b_{ve,k} \cdot q_{ve,k,mn} \right),$$
$$H_{ve,adj} = 0,33 \cdot 2138,2 = 706,6$$

					601МНТ-№20338-ДП	Адк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32



де  $\rho_a c_a$  – теплоємність повітря одиниці об'єму, становить 0,33 Вт·год/(м<sup>3</sup>·К);

$q_{ve,k,mn}$  – середня за часом витрата повітря, м<sup>3</sup>/год;

$b_{ve,k}$  – температурний поправочний коеф.,  $b_{ve,k} = 1.$ , оскільки температура припливного повітря рівна температурі зовнішнього.

## 2.8. Енергопотреба в опалювальний період

Надходження тепла від внутрішніх джерел тепла будинку, котрий розглядається,  $Q_{H,int}$ , кВт·год:

$$Q_{H,int} = \frac{(\sum_k \Phi_{int.mn.k} \cdot A_f) \cdot t}{1000},$$

для січня:

$$Q_{H,int} = \frac{5,8 \cdot 3394 \cdot 480}{1000} = 9449$$

де  $\Phi_{int.mn.k}$  – середній за часом потік тепла від внутрішнього джерела, Вт/м<sup>2</sup>;

$A_f$  – площа будинку, що кондиціонується, м<sup>2</sup>;

$t$  – тривалість періоду використання, год/міс.

Надходження тепла від сонця до житлового будинку, котрий розглядається,  $Q_{H,sol}$ , кВт·год:

$$Q_{H,sol} = \frac{(\sum_k \Phi_{sol.mn.k}) \cdot t}{1000},$$

для січня:

$$Q_{H,sol} = \frac{4503 \cdot 744}{1000} = 3350,$$

де  $\Phi_{sol.mn.k}$  – середній за часом потік тепла від сонця, Вт;

$t$  – тривалість місяця, котрий розглядається, год.

Сумарні надходження тепла  $Q_{H,gn}$ , кВт·год для усієї зони будівлі:

$$Q_{H,gn} = Q_{H,int} + Q_{H,sol},$$

для січня:

$$Q_{H,gn} = 9449 + 3350 = 12798,$$

					601МНТ-№20338-ДП	Адк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де  $Q_{H,int}$  – надходження тепла від внутрішніх джерел тепла в зоні будинку, котрий розглядається, протягом даного періоду, кВт·год;

$Q_{H,gn}$  – надходження тепла від сонця до зони будинку, котрий розглядається, протягом даного періоду, кВт·год.

Сумарна передача тепла трансмісією через зони будинку, кВт·год:

$$Q_{H,tr} = \frac{H_{tr,adj} \cdot (\theta_{int.set.H} - \theta_c) \cdot t}{1000},$$

для січня:

$$Q_{H,tr} = \frac{4776 \cdot (20 - (-5,6)) \cdot 744}{1000} = 90989,$$

де  $H_{tr,adj}$  – загальний коеф. передачі тепла трансмісією всіх зон, Вт/К;

$\theta_{int.set.H}$  – задана температура будівлі для опалення, °С;

$\theta_c$  – середньомісячна температура зовнішнього середовища °С [1];

t – тривалість місяця, котрий розглядається, год.

Сумарна передача тепла вентиляцією  $Q_{H,ve}$ , кВт·год:

$$Q_{H,ve} = \frac{H_{ve,adj} \cdot (\theta_{int.set.H} - \theta_c) \cdot t}{1000},$$

для січня:

$$Q_{H,ve} = \frac{705,6 \cdot (20 - (-5,6)) \cdot 744}{1000} = 13439,$$

де  $H_{ve,adj}$  – загальний коеф. передачі тепла вентиляцією, Вт/К;

$\theta_{int.set.H}$  – задана температура будівлі для опалення, °С;

$\theta_c$  – середньомісячна температура зовнішнього середовища °С [1];

t – тривалість місяця, котрий розглядається, год.

Сумарна передача тепла  $Q_{H,ht}$ , кВт·год для усієї зони будівлі:

$$Q_{H,ht} = Q_{H,tr} + Q_{H,ve},$$

для січня:

$$Q_{H,ht} = 90989 + 13439 = 104428,$$

де  $Q_{H,tr}$  – сумарна передача тепла трансмісією через зони будинку, кВт·год;

					601МНТ-№20338-ДП	Адк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

$Q_{H,ve}$  – сумарна передача тепла вентиляцією, кВт·год.

Коефіцієнт використання надходжень для опалення.

Безрозмірне співвідношення теплонадходжень і тепловтрат для опалювального режиму:

$$\gamma_H = \frac{Q_{H,gn}}{Q_{H,ht}}$$

для січня:

$$\gamma_H = \frac{12798}{104428} = 0,12$$

Оскільки  $\gamma_H > 0$  і  $\gamma_H \neq 1$ , тоді безрозмірний коеф. використання надходжень для опалення розраховується за формулою:

$$\eta_{H,gn} = \frac{1 - \gamma_H^{a_H}}{1 - \gamma_H^{a_H+1}}$$

для січня:

$$\eta_{H,gn} = \frac{1 - 0,12^{3,3}}{1 - 0,12^{3,3+1}} = 1,$$

де (для кожного місяця):

$Q_{H,gn}$  – сумарні надходження тепла для усієї зони будівлі, кВт·год;

$Q_{H,ht}$  – сумарна передача тепла для усієї зони будівлі, кВт·год;

$a_H$  – безрозмірний числовий параметр, який залежить від часової константи будинку  $\tau_H$ :

$$a_H = a_{H.0} + \frac{\tau}{\tau_{H.0}},$$

$$a_H = 1 + \frac{49,5}{15} = 3,3$$

де  $a_{H.0}$  – безрозмірний числовий параметр з довідки,  $a_{H.0} = 1$ ;

$\tau$  – часова константа будинку, год;

$\tau_0$  – часова константа з довідки, яка приймається 15 год.

Часова константа будинку  $\tau$ , год, що пояснює внутрішню інерцію тепла зони, що кондиціонується:

					601МНТ-№20338-ДП	Адк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

$$\tau = \frac{C_m}{H_{tr.adj} + H_{ve.adj}},$$

$$\tau = \frac{3394 \cdot 80}{4776 + 705,6} = 49,5$$

де  $C_m = A_f \cdot c$  – внутрішня теплоємність будинку, що складається з теплоємності повітря ( $c$ ) по всій опалюваній площі будинку ( $A_f$ ), Вт·год/К;

$H_{tr.adj}$  – значення загального коеф. передачі тепла трансмісією, Вт/К;

$H_{ve.adj}$  – значення загального коеф. передачі тепла вентиляцією, Вт/К.

Енергопотреба на опалення  $Q_{H.nd}$ , кВт·год, за умови опалення на постійній основі:

$$Q_{H.nd} = Q_{H.ht} - \eta_{H.gn} \cdot Q_{H.gn},$$

для січня:

$$Q_{H.nd} = 104428 - 1 \cdot 12798 = 91631,$$

де  $Q_{H.ht}$  – сумарна передача тепла в опалювальному режимі, кВт·год;

$Q_{H.gn}$  – сумарні надходження тепла в опалювальному режимі, кВт·год;

$\eta_{H.gn}$  – безрозмірний коеф. використання надходжень.

Всі розрахунки енергопотреби в опалювальний період кожного місяця заносимо до таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 Енергопотреби в опалювальний період кожного місяця

Місяць року	Параметр								
	$Q_{H,tr}$ , кВт·год	$Q_{H,ve}$ , кВт·год	$Q_{H,ht}$ , кВт·год	$Q_{H,sol}$ , кВт·год	$Q_{H,int}$ , кВт·год	$Q_{H,gn}$ , кВт·год	$\eta$	$\eta_{H,gn}$	$Q_{H.nd}$ , кВт·год
Січень	90989	13439	104428	3349	9449	12798	0,12	1,00	91631
Лютий	79294	11712	91006	5005	9449	14453	0,16	1,00	76557
Березень	70019	10342	80361	7294	9449	16743	0,21	1,00	63634
Квітень	16973	2507	19481	7840	9449	17288	0,89	0,86	4675
Травень	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Червень	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Липень	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Серпень	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Вересень	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Жовтень	19097	2821	21918	5896	9449	15345	0,70	0,92	7743
Листопад	64321	9500	73821	2770	9449	12219	0,17	1,00	61606

Грудень	83170	12284	95454	2244	9449	11693	0,12	1,00	83762
Всього за рік	<b>423863</b>	<b>62605</b>	<b>486468</b>	<b>34397</b>	<b>66142</b>	<b>100539</b>	<b>2,37</b>	<b>6,78</b>	<b>389608</b>

## 2.9. Енергопотреба в період охолодження

Надходження тепла від внутрішніх джерел тепла житлового будинку, котрий розглядається,  $Q_{C,int}$ , кВт·год:

$$Q_{C,int} = \frac{(\sum_k \Phi_{int.mn.k} \cdot A_f) \cdot t}{1000},$$

для травня:

$$Q_{C,int} = \frac{5,8 \cdot 3394 \cdot 480}{1000} = 9449,$$

де  $\Phi_{int.mn.k}$  – середній за часом потік тепла від внутрішнього джерела, Вт/м<sup>2</sup>;

$A_f$  – площа будинку, що кондиціонується, м<sup>2</sup>;

$t$  – тривалість періоду використання, год/міс.

Надходження тепла від сонця до житлового будинку, котрий розглядається,  $Q_{C,sol}$ , кВт·год:

$$Q_{C,sol} = \frac{(\sum_k \Phi_{sol.mn.k}) \cdot t}{1000},$$

для травня:

$$Q_{C,sol} = \frac{12856 \cdot 744}{1000} = 9565,$$

де  $\Phi_{sol.mn.k}$  – середній за часом потік тепла від сонця, Вт;

$t$  – тривалість місяця, котрий розглядається, год.

Сумарні надходження тепла  $Q_{C,gn}$ , кВт·год для усієї зони житлової будівлі:

$$Q_{C,gn} = Q_{C,int} + Q_{C,sol},$$

для травня:

$$Q_{C,gn} 9449 + 9565 = 19014,$$

де  $Q_{C,int}$  – надходження тепла від внутрішніх джерел тепла в зоні будинку, котрий розглядається, протягом даного періоду, кВт·год;

					601МНТ-№20338-ДП	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$Q_{C,gn}$  – надходження тепла від сонця до зони будинку, котрий розглядається, протягом даного періоду, кВт·год.

Сумарна передача тепла трансмісією через зони житлового будинку, кВт·год:

$$Q_{C,tr} = \frac{H_{tr,adj} \cdot (\theta_{int.set.H} - \theta_c) \cdot t}{1000},$$

для травня:

$$Q_{C,tr} = \frac{4776 \cdot (26 - 15,4) \cdot 744}{1000} = 37665,$$

де  $H_{tr,adj}$  – загальний коеф. передачі тепла трансмісією всіх зон, Вт/К;

$\theta_{int.set.H}$  – задана температура будівлі для охолодження, °С;

$\theta_c$  – середньомісячна температура зовнішнього середовища °С [1];

t – тривалість місяця, котрий розглядається, год.

Сумарна передача тепла вентиляцією  $Q_{C,ve}$ , кВт·год:

$$Q_{C,ve} = \frac{H_{ve,adj} \cdot (\theta_{int.set.H} - \theta_c) \cdot t}{1000},$$

для травня:

$$Q_{C,ve} = \frac{705,6 \cdot (26 - 15,4) \cdot 744}{1000} = 5565,$$

де  $H_{ve,adj}$  – загальний коеф. передачі тепла вентиляцією, Вт/К;

$\theta_{int.set.H}$  – температура будівлі, °С;

$\theta_c$  – середньомісячна температура зовнішнього середовища °С [1];

t – тривалість опалення в місяці, котрий розглядається, год.

Сумарна передача тепла  $Q_{C,ht}$ , кВт·год для усієї зони житлової будівлі:

$$Q_{C,ht} = Q_{C,tr} + Q_{C,ve},$$

для травня:

$$Q_{C,ht} = 37665 + 5565 = 43240,$$

де  $Q_{C,tr}$  – сумарна передача тепла трансмісією через зони будинку, кВт·год;

$Q_{C,ve}$  – сумарна передача тепла вентиляцією, кВт·год.

Коефіцієнт використання надходжень для охолодження

					601МНТ-№20338-ДП	Адк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

Безрозмірне співвідношення теплонадходжень і тепловтрат для охолоджувального режиму:

$$\gamma_c = \frac{Q_{c,gn}}{Q_{c,ht}}$$

для травня:

$$\gamma_c = \frac{17625}{46187} = 0,44.$$

Оскільки  $\gamma_c > 0$ ,  $\gamma_c \neq 1$  і  $Q_{c,ht} > 0$ , тоді безрозмірний коеф. використання надходжень для охолодження розраховується за формулою:

$$\eta_{c,gn} = \frac{1 - \gamma_H^{-a_c}}{1 - \gamma_H^{-a_c+1}}$$

для травня:

$$\eta_{c,gn} = \frac{1 - 0,44^{-3,3}}{1 - 0,44^{-3,3+1}} = 0,44$$

де (для кожного місяця):

$Q_{c,gn}$  – сумарні надходження тепла для усієї зони житлової будівлі, кВт·год;

$Q_{c,ht}$  – сумарна передача тепла для усієї зони житлової будівлі, кВт·год;

$a_c$  – безрозмірний числовий параметр, який залежить від часової константи житлового будинку  $\tau_c$ :

$$a_c = a_{c,0} + \frac{\tau}{\tau_{c,0}}$$

$$a_c = 1 + \frac{49,5}{15} = 3,3,$$

де  $a_{c,0}$  – безрозмірний числовий параметр з довідки,  $a_{c,0} = 1$ ;

$\tau$  – часова константа житлового будинку, год;

$\tau_0$  – часова константа з довідки, яка приймається 15 год.

Часова константа будинку  $\tau$ , год, що пояснює внутрішню інерцію тепла зони, що кондиціонується:

$$\tau = \frac{C_m}{H_{tr.adj} + H_{ve.adj}}$$

					601МНТ-№20338-ДП	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\tau = \frac{3394 \cdot 80}{4776 + 705,6} = 49,5$$

де  $C_m = A_f \cdot c$  – внутрішня теплоємність будинку, що складається з теплоємності повітря ( $c$ ) по всій опалюваній площі будинку ( $A_f$ ), Вт·год/К;

$H_{tr.adj}$  – значення загального коеф. передачі тепла трансмісією, Вт/К;

$H_{ve.adj}$  – значення загального коеф. передачі тепла вентиляцією, Вт/К.

Енергопотреба для охолодження  $Q_{C.nd}$ , кВт·год, за умови охолодження на постійній основі:

$$Q_{C.nd} = Q_{C.gn} - \eta_{C.ls} \cdot Q_{C.ht},$$

для травня:

$$Q_{C.nd} = 19014 - 0,44 \cdot 43240 = 7,$$

де  $Q_{C.ht}$  – сумарна передача тепла в охолоджувальному режимі, кВт·год;

$Q_{C.gn}$  – сумарні надходження тепла в охолоджувальному режимі, кВт·год;

$\eta_{C.gn}$  – безрозмірний коеф. використання надходжень.

Всі розрахунки енергопотреби в неопалювальний період для кожного місяця заносимо до таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 Розрахунки енергопотреби в неопалювальний період для кожного місяця

Місяць року	Параметр										
	$Q_{C,tr}$ , кВт·год	$Q_{C,ve}$ , кВт·год	$Q_{C,ht}$ , кВт·год	$Q_{C,sol}$ , кВт·год	$Q_{C,int}$ , кВт·год	$Q_{C,gn}$ , кВт·год	$g_c$	$\eta_{C,ls}$	$Q_{C.nd}$ , кВт·год	$\theta_e$ , град.С	t, год
Січень	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-5,6	-
Лютий	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-4,7	-
Березень	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,3	-
Квітень	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	397
Травень	37675	5565	43240	9565	9449	19014	0,44	0,440	7	15,4	744
Червень	25109	3709	28818	9917	9449	19365	0,67	0,666	187	18,7	720
Липень	19548	2887	22436	9926	9449	19375	0,86	0,822	932	20,5	744
Серпень	22392	3307	25699	9493	9449	18941	0,74	0,724	345	19,7	744
Вересень	40243	5944	46187	8176	9449	17625	0,38	0,382	2	14,3	720
Жовтень	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7,7	419

					<b>601МНТ-№20338-ДП</b>	Адк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40



Листопад	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,3	-
Грудень	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-3,4	-
Всього за рік									1473	7,8	4488

## 2.10. Річна енергопотреба на ГВП

Річна енергопотреба на ГВП  $Q_{DHW.nd}$ , кВт·год:

для опалювального періоду [4]:

$$Q_{DHW.nd.1} = \frac{0,278 \cdot c_W \cdot V_W \cdot (\theta_{W.del} - \theta_{W.0})}{1000},$$

$$Q_{DHW.nd.1} = \frac{0,278 \cdot 4,187 \cdot 2113963 \cdot (55 - 5)}{1000} = 123031,$$

де  $c_W$  – теплоємність води, кДж/(кг·°C);

$\theta_{W.del}$  – температура гарячої води, після водогрійного газового котла °C;

$\theta_{W.0}$  – температура холодної води у мережі трубопроводу, °C;

$V_W$  – річна витрата води на ГВП в опалювальний (неопалювальний) період, кг/рік, розраховується по формулі:

$$V_W = \frac{q_W \cdot n \cdot n_D \cdot \rho_W}{1000},$$

$$V_W = \frac{85 \cdot 140 \cdot 178 \cdot 998}{1000} = 2113963,$$

де  $q_W$  – витрата води на одну особу за добу, для I-го кліматичного району становить 85 л/добу [4];

$n$  – кількість осіб, що проживають в житловому будинку;

$n_D$  – кількість днів на рік для опалювального (неопалювального) періоду, днів/рік;

$\rho_W$  – густина енергоносія (води), кг/м<sup>3</sup>.

Розрахунки енергопотреби за рік (опалювальний та неопалювальний періоди) заносимо до таблиці 2.7

Таблиця 2.7 Розрахунки енергопотреби за рік

					<i>601МНТ-№20338-ДП</i>	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$q_w$	$n_m$	$n_d$	$\rho_w$	$V_w$	$c_w$	$\Theta_{w,del}$	$\Theta_{w,0}$	$Q_{DHW,nd}$
л/добу	людей	діб/рік	кг/м <sup>3</sup>	кг/рік	кДж/(кг×°C)	°C	°C	кВт·год
85	140	178	998	2113963,6	4,187	55	5	123031
85	140	187	998	2220849,4	4,187	55	15	103402
Разом		365		4334813				<b>226433</b>

					<i>601МНТ-№20338-ДП</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

## РОЗДІЛ 3. ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ ЖИТЛОВОГО БУДИНКУ ДО ТЕРМОМОДЕРНІЗАЦІЇ

### 3.1. Тепловтрати трубопроводів

Тепловтрату трубопроводів, що знаходяться в опалювальному об'ємі  $Q_{W.dis.ls}$ , кВт·год [5] розраховуємо по формулі:

$$Q_{W.dis.ls} = \frac{\sum \Psi_{W.j} \cdot L_{W.j} \cdot (\theta_{W.dis.avg.j} - \theta_{amb.j}) \cdot t_W}{1000},$$
$$Q_{W.dis.ls} = \frac{3 \cdot 550 \cdot (55 - 20) \cdot 43}{1000} = 2483,$$

де  $Q_{W.dis.ls}$  – тепловтрати підсистеми розподілення гарячого водопостачання за рік, кВт·год;

$L_{W.j}$  – довжина трубопроводів після водогрійних котлів,  $L_{W.j} = 5 \cdot 110 = 550$ , м;

$\Psi_{W.j}$  – лінійний коеф передачі тепла для неізольованих трубопроводів з площею будівлі, що кондиціонується більше 500 м<sup>2</sup>;

$\theta_{W.dis.avg.j}$  – усереднена температура гарячої води, що протікає у трубопроводі, °С;

$\theta_{amb.j}$  – температура опалювального приміщення, в якому знаходиться трубопровід, °С;

$t_W$  – період в який використовується ГВП, год/рік;

$j$  – індекс, котрий позначає трубопроводи, що мають однакові граничні умови.

### 3.2 Енергоспоживання ГВП за рік

Обсяг споживання енергії на потреби гарячого водопостачання за рік, кВт·год визначаємо за формулою:

$$Q_{DHW.use} = \frac{Q_{DHW.nd} + Q_{W.dis.ls}}{\eta_{gen}}$$

					601МНТ-№20338-ДП	Адк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43



умовам при середній температурі середовища ззовні відповідного місяця, згідно з таблицею 3.1 [5];

$\theta_{i,j}$  – температура середовища, що оточує відповідний трубопровід, °С;

$L_j$  – довжина  $i$ -го трубопроводу, м;

$t_{op.an.i}$  – тривалість опалення в  $i$ -му місяці, год;

$j$  – індекс, який вказує трубопроводи, що мають однакові граничні умови.

Таблиця 3.1 Залежність температури у подавальному і зворотному трубопроводі від температури зовнішнього повітря

$\theta_{ext}$	$\theta_1$	$\theta_2$	%	$\theta_{m,i}$
8	45	39	29	42
7	47	40	31	43
6	48	41	33	45
5	50	42	36	46
4	51	43	38	47
3	53	44	40	48
2	54	45	43	50
1	56	46	45	51
0	57	47	48	52
-1	59	48	50	53
-2	60	49	52	55
-3	62	50	55	56
-4	63	51	57	57
-5	65	52	60	58
-6	66	53	62	60
-7	68	55	64	61
-8	69	56	67	62
-9	71	57	69	64
-10	72	58	71	65
-11	74	59	74	66
-12	75	60	76	67
-13	77	61	79	69
-14	78	62	81	70
-15	80	63	83	71
-16	81	64	86	72
-17	83	65	88	74
-18	84	66	90	75
-19	86	67	93	76

-20	87	68	95	77
-21	89	69	98	79
-22	90	70	100	80

Утилізовані втрати тепла, кВт·год, розраховуємо за формулою:

$$Q_{H.dis.ls.rvd.i} = Q_{H.dis.ls.rbl.i} \cdot 0,9 \cdot \eta_{gn.i},$$

для січня:

$$Q_{H.dis.ls.rvd.1} = 22981 \cdot 0,9 \cdot 1 = 20680,$$

де  $\eta_{gn.i}$  – безрозмірний коеф. використання надходжень для опалення.

Неутилізовані втрати тепла розподільної підсистеми протягом  $i$ -го місяця

$Q_{H.dis.ls.nrvd.i}$ , кВт·год:

$$Q_{H.dis.ls.nrvd.i} = Q_{H.dis.ls.nrbl.i} + (Q_{H.dis.ls.rbl.i} - Q_{H.dis.ls.rvd.i}),$$

для січня:

$$Q_{H.dis.ls.nrvd.1} = 0 + (22981 - 20680) = 2301,$$

де  $Q_{H.dis.ls.nrbl.i}$  – неутилізаційні втрати тепла, кВт·год;

$Q_{H.dis.ls.rbl.i}$  – утилізаційні втрати тепла, кВт·год;

$Q_{H.dis.ls.rvd.i}$  – утилізовані втрати тепла, кВт·год.

Розрахунки для кожного місяця опалювального періоду заносимо до таблиці

### 3.2.

Таблиця 3.2 Характеристика енергопотребі кожного місяця

Місяць року	Параметр						
	$Q_{H.dis.out}$ , кВт·год	$Q_{H.dis.ls}$ , кВт·год	$Q_{H.dis.ls.nrbl}$ , кВт·год	$Q_{H.dis.ls.rbl}$ , кВт·год	$Q_{H.dis.ls.rvd}$ , кВт·год	$Q_{H.dis.ls.nrvd}$ , кВт·год	$Q_{H.dis.in}$ , кВт·год
Січень	107122	22981	0	22981	20680	2301	109422
Лютий	89499	20225	0	20225	18196	2028	91527
Березень	74391	18856	0	18856	16955	1901	76292
Квітень	5465	5372	0	5372	4141	1231	6696
Травень	0	0	0	0	0	0	0
Червень	0	0	0	0	0	0	0
Липень	0	0	0	0	0	0	0
Серпень	0	0	0	0	0	0	0
Вересень	0	0	0	0	0	0	0

Жовтень	9051	5663	0	5663	4708	955	10006
Листопад	72021	17677	0	17677	15904	1774	73795
Грудень	97922	21213	0	21213	19090	2123	100045

Загальні втрати тепла підсистеми виділення за певний місяць  $Q_{H.m.ls.i}$ , кВт·год, розраховуємо по формулі:

$$Q_{H.em.ls.i} = \left( \frac{f_{hydr} \cdot f_{im} \cdot f_{rad}}{\eta_{em}} - 1 \right) \cdot Q_{H.em.out}$$

для січня:

$$Q_{H.em.ls.1} = \left( \frac{1,03 \cdot 1 \cdot 1}{0,88} - 1 \right) \cdot 91631 = 15490,$$

де  $f_{hydr}$  – коеф., котрий враховує гідравлічне налаштування системи; для не-налаштованої системи, де відсутні клапани балансування на стояках системи  $f_{hydr} = 1,03$ ;

$f_{im}$  – коеф., котрий враховує застосування теплового режиму приміщення періодично; постійний тепловий режим;

$f_{rad}$  – коеф., котрий враховує променеву частину потоку тепла

$\eta_{em}$  – рівень ефективності для складової системи, що віддає тепло, у приміщенні:

$$\eta_{em} = \frac{1}{4 - (\eta_{str} \cdot \eta_{ctr} \cdot \eta_{emb})}$$

$$\eta_{em} = \frac{1}{4 - (0,915 \cdot 0,95 \cdot 1)} = 0,88,$$

де  $\eta_{ctr}$  – частина загального рівня ефективності, котра враховує регулювання температури в приміщенні, при П-регулюванні (1 К);

$\eta_{emb}$  - частина загального рівня ефективності, котра враховує питомі втрати огорожень, що ззовні (звичайна стіна).

$\eta_{str}$  – частина загального рівня ефективності, котра враховує вертикальний профіль температури повітря в приміщенні:

$$\eta_{str} = \frac{\eta_{str1} + \eta_{str2}}{2},$$

					<i>601МНТ-№20338-ДП</i>	Адк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

$$\eta_{str} = \frac{0,88 + 0,95}{2} = 0,915,$$

де  $\eta_{str1}$  – при температурному напорі 60 К;

$\eta_{str2}$  – при тепловтратах через звичайну стіну.

Енергія входу, потрібна для підсистеми віддачі тепла впродовж певного місяця кВт·год:

$$Q_{H.em.in.i} = Q_{H.em.out} + Q_{H.em.ls.i},$$

для січня:

$$Q_{H.em.in.1} = 91631 + 15490 = 107122,$$

де  $Q_{H.em.out} = Q_{H.nd.i}$  – енергія входу підсистеми віддачі тепла, кВт·год;

$Q_{H.em.ls.i}$  – загальні втрати тепла підсистеми виділення за певний місяць, кВт·год.

Енергія входу в розподільну підсистему протягом  $i$ -го місяця  $Q_{H.dis.in.i}$ , кВт·год, розраховуємо по формулі:

$$Q_{H.dis.in.i} = Q_{H.dis.ls.nrvd.i} + Q_{H.dis.out.i},$$

для січня:

$$Q_{H.dis.in.1} = 2300 + 107122 = 109422,$$

де  $Q_{H.dis.ls.nrvd.i}$  – неутилізовані втрати тепла, кВт·год;

$Q_{H.dis.out.i} = Q_{H.em.in.i}$  – енергія виходу з підсистеми розподілу протягом певного місяця, кВт·год.

Загальні втрати тепла підсистем генерування та акумулювання теплоти протягом певного місяця, кВт·год:

$$Q_{H.gen.ls,i} = \frac{Q_{H.gen.out,i} \cdot (1 - \eta_{H.gen})}{\eta_{H.gen}},$$

для січня:

$$Q_{H.gen.ls,1} = \frac{109422 \cdot (1 - 0,76)}{0,76} = 34554,$$

де  $Q_{H.gen.out,i} = Q_{H.dis.in.i}$  – загальна енергія виходу з підсистеми генерування та акумулювання теплоти, кВт·год;

$\eta_{H.gen}$  – КПД водогрійного газового котла.

					601МНТ-№20338-ДП	Адк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48



Енергоспоживання при опаленні за рік протягом певного місяця, кВт·год, розраховуємо по формулі:

$$Q_{H.use} = Q_{H.gen.out,i} + Q_{H.gen.ls,i},$$

для січня:

$$Q_{H.use.1} = 109422 + 34554 = 143976,$$

де  $Q_{H.gen.out,i}$  – загальна енергія виходу з підсистеми генерування та акумулювання теплоти, кВт·год;

$Q_{H.gen.ls,i}$  – Загальні втрати тепла підсистем генерування та акумулювання теплоти протягом певного місяця, кВт·год.

Розрахунки для кожного місяця опалювального періоду заносимо до таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 Енергоспоживання при опаленні за рік

Місяць року	Параметр								
	$Q_{H.nd}$ , кВт·год	$Q_{H.em.ls}$ , кВт·год	$Q_{H.em.in} = Q_{H.dis.out}$ , кВт·год	$Q_{H.dis.in} = Q_{H.gen.out}$ , кВт·год	$Q_{H.gen.ls}$ , кВт·год	$Q_{H.use}$ , кВт·год	$\Theta_e$ град.С	$\theta_{m,i}$ град.С	год
Січень	91631	15490	107122	109422	34554	143976	-5,6	59	744
Лютий	76557	12942	89499	91527	28903	120431	-4,7	58	672
Березень	63634	10757	74391	76292	24092	100384	0,3	52	744
Квітень	4675	790	5465	6696	2115	8811	9	41	323
Травень	0	0	0	0	0	0	15,4		0
Червень	0	0	0	0	0	0	18,7		0
Липень	0	0	0	0	0	0	20,5		0
Серпень	0	0	0	0	0	0	19,7		0
Вересень	0	0	0	0	0	0	14,3		0
Жовтень	7743	1309	9051	10006	3160	13166	7,7	42	325
Листопад	61606	10415	72021	73795	23304	97098	1,3	51	720
Грудень	83762	14160	97922	100045	31593	131639	-3,4	56	744
Всього за рік	389608	<b>65863</b>	<b>455471</b>	<b>467784</b>	<b>147721</b>	<b>615505</b>			

Питоме споживання енергії в опалювальний період, кВт·год/м<sup>2</sup>, для житлового будинку визначаємо по формулі:

$$EP_{H.use} = \frac{Q_{H.use}}{A_f},$$

$$EP_{H.use} = \frac{615505}{3394} = 181,$$

де  $Q_{H.use}$  – споживання енергії в режимі опалення за рік, кВт·год;

$A_f$  – житлова площа будинку, що опалюється, м<sup>2</sup>.

### 3.4 Питоме енергоспоживання при охолодженні

Втрати тепла підсистемою розподілу охолодження для  $i$ -го місяця, кВт·год:

$$Q_{C.dis.ls.i} = Q_{C.nd.i} \cdot ((1 - \eta_{c.ce}) + (1 - \eta_{c.ce.sens}) + (1 - \eta_{c.d})),$$

для травня

$$Q_{C.dis.ls.5} = 7 \cdot ((1 - 0,87) + (1 - 1) + (1 - 0,9)) = 2$$

де  $Q_{C.nd.i}$  – енергопотреби на охолодження протягом певного місяця, кВт·год;

$\eta_{c.ce}$  – ступінь утилізації теплообміну при охолодженні в охолоджувальній системі, згідно з середніми показниками коеф. систем охолодження за рік;

$\eta_{c.ce.sens}$  – ступінь явної утилізації теплообміну при охолодженні в охолоджувальній системі, що враховує енергію на конденсацію;

$\eta_{c.d}$  – ступінь утилізації підсистеми розподілення.

Енергія входу, котра необхідна для підсистеми розподілу для певного місяця, кВт·год:

$$Q_{C.dis.in.i} = \Sigma Q_{C.dis.out.i} + Q_{C.dis.ls.i},$$

для травня:

$$Q_{C.dis.in.5} = 2 + 2 = 4,$$

де  $Q_{C.dis.out.i} = Q_{C.nd.i}$  – енергія виходу для підсистеми розподілу протягом певного місяця кВт·год;

$Q_{C.dis.ls.i}$  – втрати тепла підсистемою розподілу охолодження для  $i$ -го місяця, кВт·год.

					601МНТ-№20338-ДП	Адк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

Енергія виходу з підсистем генерування та акумулювання при охолодженні для певного місяця, кВт·год:

$$Q_{C.gen.out.i} = \frac{Q_{C.dis.in.i}}{\eta_{C.ac}},$$

для травня:

$$Q_{C.gen.out.5} = \frac{3,2}{0,88} = 4,0$$

де  $Q_{C.dis.in.i}$  – енергія входу, котра необхідна для підсистеми розподілу для певного місяця, кВт·год:

$\eta_{C.ac}$  – ефективність автоматичного регулювання.

Втрати тепла підсистеми генерування та акумулювання для певного місяця, кВт·год, розраховуємо по формулі:

$$Q_{C.gen.ls.i} = \frac{Q_{C.gen.out.i} \cdot (1 - \eta_{C.gen})}{\eta_{C.gen}},$$

для травня:

$$Q_{C.gen.ls.5} = \frac{2 \cdot (1 - 2,25)}{2,25} = -2,$$

де  $\eta_{C.gen}$  – показник ефективності підсистеми генерування та акумулювання [10].

Споживання енергії при охолодженні протягом певного місяця, кВт·год:

$$Q_{C.use.i} = Q_{C.gen.ls.i} + Q_{C.gen.out.i},$$

для травня:

$$Q_{C.use.5} = -2 + 4 = 2,$$

Розрахунки для кожного місяця охолоджувального періоду заносимо до таблиці 3.4.

					601МНТ-№20338-ДП	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.4 Споживання енергії при охолодженні протягом певного місяця, кВт·год

Місяць року	Параметр						
	$Q_{C,nd}$ , кВт·год	$Q_{C,em,ls}$ , кВт·год	$Q_{C,em,in} = Q_{C,dis,out}$ , кВт·год	$Q_{C,gen,out}$ , кВт·год	$Q_{C,gen,ls}$ , кВт·год	$Q_{C,use}$ , кВт·год	$Q_{C,dis,in}$ , кВт·год
Січень	0	0	0	0	0	0	0
Лютий	0	0	0	0	0	0	0
Березень	0	0	0	0	0	0	0
Квітень	0	0	0	0	0	0	0
Травень	7	0	2	4	-2	2	3
Червень	187	0	43	98	-54	43	86
Липень	932	0	214	487	-271	217	429
Серпень	345	0	79	180	-100	80	158
Вересень	2	0	0	1	-1	0	1
Жовтень	0	0	0	0	0	0	0
Листопад	0	0	0	0	0	0	0
Грудень	0	0	0	0	0	0	0
Всього за рік	1473					<b>342</b>	

Питоме споживання енергії при охолоджувальному режимі кВт·год/м<sup>2</sup>, для житлового будинку розраховуємо по формулі:

$$EP_{C.use} = \frac{Q_{C.use}}{A_f},$$

$$EP_{C.use} = \frac{342}{3394} = 0,1$$

де  $Q_{C.use}$  – споживання енергії в режимі охолодження за рік, кВт·год;

$A_f$  – житлова площа будинку, що опалюється, м<sup>2</sup>.

### 3.5. Питоме споживання енергії при освітленні

Енергія, необхідна для забезпечення заряду акумуляторів, світильників, аварійного освітлення, та енергія для регулювання освітлення в житловому будинку, кВт·год:

$$W_P = (P_{em} + P_{pc}) \cdot A_f,$$

$$W_P = (1 + 5) \cdot 3394 = 20364,$$

де  $P_{pc}$  – загальна встановлена питома потужність усіх систем управління приладами освітлення зони коли лампи не використовують, кВт·год/м<sup>2</sup>;

$P_{em}$  – загальна встановлена питома потужність заряду акумуляторів світильників аварійного освітлення, кВт·год/м<sup>2</sup>;

$A_f$  – кондиціонована площа будівлі, м<sup>2</sup>.

Обсяг енергії, що необхідна для виконання функції штучного освітлення в житловому будинку, кВт·год:

$$W_L = \frac{(P_N \cdot F_C) \cdot (t_D \cdot F_0 \cdot F_D + t_N \cdot F_0) \cdot A_f}{1000},$$

$$W_L = \frac{(2 \cdot 1) \cdot (2250 \cdot 1 \cdot 1 + 250 \cdot 1) \cdot 3394}{1000} = 25455,$$

де  $P_N$  – питома потужність штучного освітлення, яке встановлено в житловому будинку, Вт/м<sup>2</sup>, встановлюється при виявленні фактичного стану житлового будинку, щоб забезпечити освітленість відповідно нормативним значенням;

$F_C$  – постійний коеф. яскравості, котрий відноситься до використання встановлення освітлення якщо функціонує контроль сталої освітленості зони;  $F_C = 1$  при відсутньому сте;

$F_0$  – коеф. застосування освітлення, що є відношенням застосування загальної потужності штучного освітлення до періоду застосування зони; для ручного режиму  $F_0 = 1$ ;

$F_D$  – коеф. природного освітлення, що є відношенням використання загальної потужності штучного освітлення до існуючого природного освітлення зони; для ручного режиму  $F_D = 1$ ;

$t_N$  – час використання природного освітлення за рік (год);

$t_D$  – час використання природного освітлення за рік (год).

Розрахунок обсягу споживання енергії при освітленні за рік, кВт·год:

$$W_{use} = W_L + W_P,$$

$$W_{use} = 25455 + 20364 = 45819.$$

					601МНТ-№20338-ДП	Адк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахунок питомого споживання енергії при освітленні за рік, кВт·год/м<sup>2</sup>:

$$EP_{W.use} = \frac{W_{use}}{A_f},$$

$$EP_{W.use} = \frac{45819}{3394} = 13.$$

### 3.6. Визначення класу енергоефективності житлового будинку

Клас енергетичної ефективності будівель залежить показника  $\Delta_{ep}$  який в свою чергу залежить від загального питомого показника споживання енергії при опаленні, охолодженні, кВт·год/м<sup>2</sup>.

Показника  $\Delta_{ep}$  розраховується за формулою :

$$\Delta_{ep} = \left[ \frac{EP_{use} - EP_p}{EP_p} \right] 100$$

$$\Delta_{ep} = \left[ \frac{181,1 - 85}{85} \right] 100 = 113$$

$EP_p$  – граничне значення питомого енергоспоживання будівель при опаленні та охолодженні, кВт×год/м<sup>2</sup>, для п'ятиповерхових житлових будинків  $EP_p = 85$

$EP_{use}$  – сумарний показник питомого енергоспоживання при опаленні та охолодженні житлового будинку, що встановлюється згідно з мінімальними вимогами до енергетичної ефективності будівель з урахуванням [10].

Розрахунок показника питомого споживання енергії при опаленні, охолодженні та відповідно складає, кВт·год/м<sup>2</sup>:

$$EP_{use} = EP_{H.use} + EP_{C.use}$$

$$EP_{use} = 181 + 0,1 = 181,1$$

Встановлюємо класифікацію будинку за енергоефективністю згідно з класифікацією будівель [11], що залежить від функціонального призначення будинку будівлі таблиця 3.5:

					601МНТ-№20338-ДП	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.5 Клас енергетичної ефективності будівлі

Клас енергетичної ефективності будівлі	Відсоткові показники, $\Delta_{EP}$
A	$\Delta_{EP} < -50$
B	$-50 \leq \Delta_{EP} < -20$
C	$-20 \leq \Delta_{EP} \leq 0$
D	$0 < \Delta_{EP} \leq 20$
E	$20 < \Delta_{EP} \leq 35$
F	$35 < \Delta_{EP} \leq 50$
G	$50 < \Delta_{EP}$

$\Delta_{ep} = 113$  клас енергетичної ефективності G, що не задовольняє вимоги до енергетичної ефективності житлового будинку.





Вікно розміром 1500x2020 мм.

Тип склоблоку 4i-12-4-12-4i

Товщина металопластикової рами 70 мм.

$$U_W = \frac{\Sigma A_g \cdot U_g + \Sigma A_f \cdot U_f + \Sigma l_g \cdot \psi_g}{\Sigma A_g + \Sigma A_f}$$

$$U_{W7} = \frac{2,2 \cdot 0,8 + 0,83 \cdot 1,25 + 10 \cdot 0,08}{2,2 + 0,83} = 1,19 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

$$R_{пр7} = \frac{1}{U_W} = \frac{1}{1,19} = 0,83 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$$

$U_W$  – приведений коефіцієнт теплопередачі;

$A_f$  – площа загальна непрохорих профільних елементів (імпостів, стулок, рам віконних блоків) – 0,83 м<sup>2</sup>;

$A_g$  – площа склопакетів – 2,2 м<sup>2</sup>;

$l_g$  – включення лінійні теплопровідні в зоні стику склопакету зі сталевією рамою – 10 м;

$\psi_g$  – коефіцієнт теплопередачі лінійного теплопровідного включення, 0,08 Вт/(м·К) згідно табл. Е1 ДСТУ Б EN ISO 10077-1:2016

$U_f$  – коефіцієнт теплопередачі полівінілхлоридних профільних елементів (імпостів, стулок, рам віконних блоків) – 1,25Вт/(м<sup>2</sup>·К)

$U_g$  – коеф. теплопередачі склопакетів – 0,8Вт/(м<sup>2</sup>·К)

Перевіряю умову (1):  $R_{\Sigma пр} \geq R_{q \text{ min}}$ ,  $0,84 > 0,75$  - умова виконується.

Вікно розміром 1460x810 мм та двері 2230x650 мм.

Тип склоблоку 4i-12-4-12-4i

Товщина металопластикової рами 70 мм.

$$U_W = \frac{\Sigma A_g \cdot U_g + \Sigma A_f \cdot U_f + \Sigma l_g \cdot \psi_g}{\Sigma A_g + \Sigma A_f}$$

$$U_{W8} = \frac{2,8 \cdot 0,8 + 0,7 \cdot 1,25 + 8,5 \cdot 0,08}{1,6 + 0,7} = 1,09 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

$$R_{пр8} = \frac{1}{U_W} = \frac{1}{1,09} = 0,92 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$$

$U_W$  – приведений коефіцієнт теплопередачі;

					601МНТ-№20338-ДП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

$A_f$  – площа загальна полівінілхлоридних профільних елементів (імпостів, стулок, рам віконних блоків) – 0,7 м<sup>2</sup>;

$A_g$  – площа загальна склопакетів – 2,8 м<sup>2</sup>;

$l_g$  – включення лінійні теплопровідні в зоні стику склопакету зі сталевую рамою – 8,5 м;

$\Psi_g$  – коефіцієнт теплопередачі лінійного теплопровідного включення, 0,08 Вт/(м·К) згідно табл. Е1 ДСТУ Б EN ISO 10077-1:2016

$U_f$  – коефіцієнт теплопередачі полівінілхлоридних профільних елементів (імпостів, стулок, рам віконних блоків) – 1,25Вт/(м<sup>2</sup>·К)

$U_g$  – коеф. теплопередачі склопакетів – 0,8Вт/(м<sup>2</sup>·К)

Перевіряю умову (1):  $R\Sigma np \geq R q \min$ ,  $0,92 > 0,75$  – умова виконується.

Загальні дані та розрахунки коефіцієнта теплопередачі вікон зводимо до таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 Теплопередачі та коефіцієнтів теплопередачі вікон

Вікна	ОК-6	ОК-7	ОК-8	$\Sigma$
a	1,22	2,02	1,22	
h	1,5	1,50	1,5	
P, м	5,44	7,04	7,38	
F, м <sup>2</sup>	1,83	3,0	3,4	
N, шт	176	48	32	256
Pзаг, м	54,4	168,96	108,08	1531,5
Fзаг, м <sup>2</sup>	322,08	144,0	106,2	573,8
U, Вт/(м <sup>2</sup> *К)	1,20	1,19	1,09	
H, Вт/К	3874	172,7	83,8	643,9
$b_{tr,x,H}$	1	1	0,7	

де  $b_{tr,x,H}$  – коеф. поправочний (для вікон, що виходять на балкон – 0,7);

$H$  – загальний коеф. передачі тепла через вікна, Вт/К.

Знаходимо приведенний коефіцієнт теплопередачі вікон, Вт/(м<sup>2</sup>·К):

$$U_{\text{привед}} = \frac{\Sigma H}{\Sigma F_{\text{заг}}};$$

$$U_{\text{привед}} = \frac{643,9}{573,8} = 1,12.$$

					601МНТ-№20338-ДП	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Приведений опір теплопередачі вікон,  $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ :

$$R_{\text{привед}} = \frac{1}{U_{\text{привед}}};$$

$$R_{\text{привед}} = \frac{1}{1,12} = 0,89.$$

#### 4.2. Розрахунок теплопередачі непрозорого термічно суцільного огородження після додаткового утеплення

Проаналізуємо термічний опір огороджуючих конструкцій про термомодернізації 100% площі огороджуючих конструкцій :

Цегляна стіна з утепленням:

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_{ip}} + \frac{1}{\alpha_{\text{з}}},$$

$$R_{\text{ст.ут.}} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,51}{0,81} + \frac{0,15}{0,05} + \frac{1}{23} = 3,79$$

$$U_{\text{ст.ут.}} = \frac{1}{R_{\text{ст.ут.}}},$$

$$U_{\text{ст.ут.}} = \frac{1}{3,79} = 0,26,$$

де  $\alpha_{\text{в}}$ ,  $\alpha_{\text{з}}$  – коеф. віддачі тепла внутрішньої поверхні та зовнішньої огородження 8,7 та 23 відповідно,  $\left(\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}\right)$ ;

$R_{\text{ст.ут.}}$  – опір тепла термічно суцільного огородження  $\left(\text{м}^2 \cdot \frac{\text{К}}{\text{Вт}}\right)$ ;

$\delta_i$  – товщина слою огородження, м; (стіна з цегли – 0,51 м; спінений пінополістирол – 0,1 м );

$\lambda_{ip}$  – провідність тепла матеріалу слою огородження в умовах використання, що розраховані  $\left(\frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}\right)$ ;

$n$  – скільки слоїв огородження,

$U_{\text{ст.ут.}}$  – теплова провідність термічно суцільного огородження  $\left(\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}\right)$ .

Крівля будинку:

					601МНТ-№20338-ДП	Адк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_{ip}} + \frac{1}{\alpha_3},$$

$$R_{\text{ст.ут.}} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,22}{2,04} + \frac{0,3}{0,05} + \frac{0,05}{0,2} + \frac{1}{12} = 6,56$$

$$U_{\text{ст.ут.}} = \frac{1}{R_{\text{ст.ут.}}},$$

$$U_{\text{ст.ут.}} = \frac{1}{6,56} = 0,15$$

де  $\alpha_{\text{в}}$ ,  $\alpha_3$  – коеф. віддачі тепла внутрішньої поверхні та зовнішньої для покриття горища 8,7 та 12 відповідно,  $\left(\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}\right)$ ;

$R_{\text{ст.ут.}}$  – опір тепла термічно суцільного огородження  $\left(\text{м}^2 \cdot \frac{\text{К}}{\text{Вт}}\right)$ ;

$\delta_i$  – товщина слою огородження, м (залізобетон – 0,22 м, спінений пінополістирол – 0,15 м; бетон з пінополістиролом – 0,05 );

$\lambda_{ip}$  – провідність тепла матеріалу слою огородження в умовах використання, що розраховані  $\left(\frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}\right)$ ;

$n$  – скільки слоїв огородження,

$U_{\text{ст.ут.}}$  – теплова провідність термічно суцільного огородження  $\left(\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}\right)$ .

Перекрыття над підвальним приміщенням:

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_{ip}} + \frac{1}{\alpha_3},$$

$$R_{\text{ст.ут.}} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,22}{2,04} + \frac{0,05}{0,93} + \frac{0,15}{0,05} + \frac{1}{6} = 3,44,$$

$$U_{\text{ст.ут.}} = \frac{1}{R_{\text{ст.ут.}}},$$

$$U_{\text{ст.ут.}} = \frac{1}{3,44} = 0,29,$$

де  $\alpha_{\text{в}}$ ,  $\alpha_3$  – коеф. віддачі тепла внутрішньої поверхні та зовнішньої перекрыття над неопалюваними підвальними приміщеннями відповідно 8,7 та 6,  $\left(\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}\right)$ ;

					601МНТ-№20338-ДП	Адк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$R_{ст.ут.}$  – опір тепла термічно суцільного огороження  $\left( м^2 \cdot \frac{К}{Вт} \right)$ ;

$\delta_i$  – товщина слою огороження, м (залізобетон – 0,22 м, піщано-цементний розчин – 0,05 м);

$\lambda_{ip}$  – провідність тепла матеріалу слою огороження в умовах використання, що розраховані  $\left( \frac{Вт}{м \cdot К} \right)$ ;

$n$  – скільки слоїв огороження,

$U_{ст.ут.}$  – теплова провідність термічно суцільного огороження  $\left( \frac{Вт}{м^2 \cdot К} \right)$ .

### 4.3. Трансмійна передача тепла

Загальний трансмісійний коеф. передачі тепла розраховую за формулою Вт/К:

$$H_x = b_{tr,x} \cdot \Sigma_i A_i \cdot U_i;$$

для зовнішніх стін:

$$H_x = 1 \cdot 2068,6 \cdot (0,26 + 0) = 546,2.$$

Розрахунки  $H_x$  через всі огороження будинку заносимо до таблиці 4.2:

Таблиця 4.2. Трансмійна передача тепла

Ч.ч.	Вид огорожувальної конструкції	$A_i, м^2$	$R_{\Sigma}, м^2 \cdot К/Вт$	$U, Вт/(м^2 \cdot К)$	$\Delta U_{ib}, Вт/(м^2 \cdot К)$	$b_{tr,x,H}$	$b_{tr,x,C}$	$H_{x,H}, Вт/К$	$H_{x,C}, Вт/К$
1	Зовнішні стіни з утепл.	2068,63	3,79	0,26	0,0	1,0	1,0	546,2	546,2
3	Зовн. стіни без утепл.	0,00	0,80	1,25	0,0	1,0	1,0	0,0	0,0
4	Перекрыття холодного горища	814,0	6,56	0,15	0,2	0,9	0,9	221,6	221,6
5	Перекрыття над підвалом	859,0	3,44	0,29	0,0	0,3	0,3	74,8	74,8
6	Світлопрозорі конструкції	577,60	0,90	1,11	0,0	1,0	1,0	643,9	643,9
7	Світлопрозорі конструкції з балк.	651,08	0,90	1,11	0,0	0,7	0,7	508,1	508,1
8	Вхідні двері	11,44	0,50	2,00	0,0	0,6	0,6	13,7	13,7
	Разом							2008,4	2008,4

#### 4.4 Надходження тепла від сонця через певні частини будови

Середній коефіцієнт проходження енергії сонця через прозорі складові елемента:

$$g_{gl} = F_w \cdot g_n$$

$$g_{gl} = 0,9 \cdot 0,5 = 0,45,$$

де  $F_w$  – коеф. поправки для нерозсіювальних стекол.

$g_n$  – коеф. проходження енергії сонця при стандартному куті падіння, для потрійного склопакету з двома селективними с низькою емісією нанесеннями – 0,5.

Рівнозначна площа інсоляції заклоєної частини  $A_{sol,w}$ , м:

$$A_{sol,w} = F_{sh.gl} \cdot g_{gl} \cdot (1 - F_F) \cdot A_{w.p.};$$

для вікон, що орієнтовані на схід:

$$A_{sol,w} = 1 \cdot 0,45 \cdot (1 - 0,38) \cdot 18,3 = 5;$$

для вікон, що орієнтовані на захід:

$$A_{sol,w} = 1 \cdot 0,45 \cdot (1 - 0,38) \cdot 18,3 = 5;$$

для вікон, що орієнтовані на північ:

$$A_{sol,w} = 1 \cdot 0,45 \cdot (1 - 0,38) \cdot 274,2 = 76;$$

для вікон, що орієнтовані на південь:

$$A_{sol,w} = 1 \cdot 0,45 \cdot (1 - 0,38) \cdot 266,8 = 74;$$

де  $F_{sh.gl}$  – коеф. затінення для засобів, що рухаються. Оскільки вони відсутні, приймаю рівним 1-ці.

$F_F$  – скільки площа проєкції окантовки становить відносно всієї площі проєкції вікна:

$$F_F = \frac{\Sigma A_f}{\Sigma A_w};$$

$$F_F = \frac{0,5 + 1,43 + 1,89}{1,8 + 3,0 + 3,4} = 0,52;$$

$A_{w.p.}$  – вся площа проєкції вікон, м<sup>2</sup>.

Рівнозначна площа інсоляції непрозорого огороження будинку  $A_{sol}$ , м:

					601МНТ-№20338-ДП	Адк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62



Де  $R_{se}$  – поверхневий опір тепла ззовні непроникного для світла елемента,  $(\text{м}^2 \cdot \frac{\text{К}}{\text{Вт}})$ , прийнятий  $0,043 (\text{м}^2 \cdot \frac{\text{К}}{\text{Вт}})$ ;

$U_c$  – теплова провідність термічно суцільного огороження  $(\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}})$ ;

$A_c$  – проєкційна площа непроникного для світла елемента,  $\text{м}^2$ ;

$h_r$  – коеф. передачі тепла виділенням поверхні, що назовні,  $(\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}})$ ;

$\Delta\theta_{er}$  – усереднена різниця температур повітря ззовні та уявною температурою навколишнього середовища,  $^{\circ}\text{C}$ , для середніх широт  $\Delta\theta_{er} = 11 \text{ К}$ .

Теплові надходження від сонця через всі елементи будови в сумі  $\Phi_{sol,k}$ , Вт:

$$\Phi_{sol} = F_{sh,ob} \cdot \Sigma(A_{sol} \cdot l_{sol}) - F_r \cdot \Phi_r,$$

для січня:

$$\Phi_{sol} = 1 \cdot (5 \cdot 21 + 5 \cdot 22 + 76 \cdot 12 + 74 \cdot 51 + 0,7 \cdot 12 + 0,7 \cdot 21 + 3,2 \cdot 51 + 3,2 \cdot 22) - 0,5 \cdot 601 = 4544,$$

де  $F_{sh,ob}$  – коеф., що понижує за рахунок перешкоджання проходження енергії сонця перепонами для площі інсоляції в еквіваленті, приймаю  $F_{sh,ob} = 1$ ;

$A_{sol}$  – рівнозначна площа інсоляції поверхні за певним напрямом орієнтації  $\text{м}^2$ ;

$l_{sol}$  – радіація сонця, значення енергетичного освітлення площі поверхні, що сприймає за певним напрямом і кутом нахилу за помірних погодних умов,  $\text{Вт}/\text{м}^2$ , занесено до таблиці 1.3;

$F_r$  – коеф. форми між частиною будови і небом,  $F_r = 0,5$  – для вертикального огороження, що не в тіні;

$\Phi_r$  – потік тепла за рахунок тепловиділення в навколишнє середовище для всього огороження будови, Вт.

					<b>601МНТ-№20338-ДП</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64



Таблиця 4.3 Теплові надходження від сонця через всі елементи будови

Місяць року	Параметр								
	$\theta_e, ^\circ\text{C}$	$t, \text{год}$	$I_{\text{sol,Пн}}$ Вт/м <sup>2</sup>	$I_{\text{sol,Сх}}$ Вт/м <sup>2</sup>	$I_{\text{sol,Пд}}$ Вт/м <sup>2</sup>	$I_{\text{sol,Зх}}$ Вт/м <sup>2</sup>	$I_{\text{sol,гор}}$ Вт/м <sup>2</sup>	$Q_{\text{sol}}$ , кВт·год	$Q_{\text{int}}$ , кВт·год
Січень	-5,6	744	12	21	51	22	32	3381	9449
Лютий	-4,7	672	24	38	74	40	62	5024	9449
Березень	0,3	744	32	58	93	62	106	7307	9449
Квітень	9	720	40	80	96	77	155	7848	9449
Травень	15,4	744	55	108	102	102	217	9566	0
Червень	18,7	720	67	119	100	111	243	9915	0
Липень	20,5	744	60	115	102	110	231	9925	0
Серпень	19,7	744	44	101	113	96	199	9494	0
Вересень	14,3	720	28	75	115	73	143	8183	0
Жовтень	7,7	744	18	41	86	41	77	5915	9449
Листопад	1,3	720	10	19	45	19	34	2802	9449
Грудень	-3,4	744	9	14	36	15	22	2280	9449

Розрахунки надходження тепла від сонця помісячно заносимо до таблиці 4.4

Таблиця 4.4 Надходження тепла від сонця помісячно

Місяць року	$A_{\text{sol,w}} \cdot F_{\text{sh}} \cdot I_{\text{sol}}$ Вт	$\Phi_r \cdot F_r$ , Вт	$\Phi_{\text{sol}}$ , Вт
Січень	5144	601	4544
Лютий	8077	601	7476
Березень	10422	601	9821
Квітень	11500	601	10900
Травень	13458	601	12858
Червень	14371	601	13770
Липень	13941	601	13341
Серпень	13362	601	12761
Вересень	11966	601	11366
Жовтень	8552	601	7951
Листопад	4493	601	3892
Грудень	3666	601	3065

					<b>601МНТ-№20338-ДП</b>	Арк.
						65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

#### 4.5. Енергопотреба в опалювальний період

Надходження тепла від внутрішніх джерел тепла будинку, котрий розглядається,  $Q_{H,int}$ , кВт·год:

$$Q_{H,int} = \frac{(\sum_k \Phi_{int.mn.k} \cdot A_f) \cdot t}{1000},$$

для січня:

$$Q_{H,int} = \frac{5,8 \cdot 3394 \cdot 480}{1000} = 9449,$$

де  $\Phi_{int.mn.k}$  – середній за часом потік тепла від внутрішнього джерела, Вт/м<sup>2</sup>;

$A_f$  – площа будинку, що кондиціонується, м<sup>2</sup>;

$t$  – тривалість періоду використання, год/міс.

Надходження тепла від сонця до житлового будинку, котрий розглядається,  $Q_{H,sol}$ , кВт·год:

$$Q_{H,sol} = \frac{(\sum_k \Phi_{sol.mn.k}) \cdot t}{1000},$$

для січня:

$$Q_{H,sol} = \frac{4544 \cdot 744}{1000} = 3381,$$

де  $\Phi_{sol.mn.k}$  – середній за часом потік тепла від сонця, Вт;

$t$  – тривалість місяця, котрий розглядається, год.

Сумарні надходження тепла  $Q_{H,gn}$ , кВт·год для усієї зони будівлі:

$$Q_{H,gn} = Q_{H,int} + Q_{H,sol},$$

для січня:

$$Q_{H,gn} = 9449 + 3381 = 12829,$$

де  $Q_{H,int}$  – надходження тепла від внутрішніх джерел тепла в зоні будинку, котрий розглядається, протягом даного періоду, кВт·год;

$Q_{H,gn}$  – надходження тепла від сонця до зони будинку, котрий розглядається, протягом даного періоду, кВт·год.

Сумарна передача тепла трансмісією через зони будинку кВт·год:

					601МНТ-№20338-ДП	Адк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

$$Q_{H,tr} = \frac{H_{tr,adj} \cdot (\theta_{int.set.H} - \theta_c) \cdot t}{1000},$$

для січня:

$$Q_{H,tr} = \frac{2008,4 \cdot (20 - (-5,6)) \cdot 744}{1000} = 38252$$

де  $H_{tr,adj}$  – загальний коеф. передачі тепла трансмісією всіх зон, Вт/К;

$\theta_{int.set.H}$  – задана температура будівлі для опалення, °С;

$\theta_c$  – середньомісячна температура зовнішнього середовища °С [9];

t – тривалість місяця, котрий розглядається, год.

Сумарна передача тепла вентиляцією  $Q_{H,ve}$ , кВт·год:

$$Q_{H,ve} = \frac{H_{ve,adj} \cdot (\theta_{int.set.H} - \theta_c) \cdot t}{1000},$$

для січня:

$$Q_{H,ve} = \frac{706,2 \cdot (20 - (-5,6)) \cdot 744}{1000} = 13439,$$

де  $H_{ve,adj}$  – загальний коеф. передачі тепла вентиляцією, Вт/К;

$\theta_{int.set.H}$  – задана температура будівлі для опалення, °С;

$\theta_c$  – середньомісячна температура зовнішнього середовища °С [9];

t – тривалість місяця, котрий розглядається, год.

Сумарна передача тепла  $Q_{H,ht}$ , кВт·год для усієї зони будівлі:

$$Q_{H,ht} = Q_{H,tr} + Q_{H,ve},$$

для січня:

$$Q_{H,ht} = 38252 + 13439 = 51692,$$

де  $Q_{H,tr}$  – сумарна передача тепла трансмісією через зони будинку, кВт·год;

$Q_{H,ve}$  – сумарна передача тепла вентиляцією, кВт·год.

Коефіцієнт використання надходжень для опалення.

Безрозмірне співвідношення теплонадходжень і тепловтрат для опалювального режиму:

$$\gamma_H = \frac{Q_{H,gn}}{Q_{H,ht}},$$

					601МНТ-№20338-ДП	Адк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		67

для січня:

$$\gamma_H = \frac{112829}{511692} = 0,25.$$

Оскільки  $\gamma_H > 0$  і  $\gamma_H \neq 1$ , тоді безрозмірний коеф. використання надходжень для опалення розраховується за формулою:

$$\eta_{H.gn} = \frac{1 - \gamma_H^{a_H}}{1 - \gamma_H^{a_H+1}},$$

для січня:

$$\eta_{H.gn} = \frac{1 - 0,25^{7,6}}{1 - 0,25^{7,6+1}} = 1,$$

де (для кожного місяця):

$Q_{H.gn}$  – сумарні надходження тепла для усієї зони будівлі, кВт·год;

$Q_{H.ht}$  – сумарна передача тепла для усієї зони будівлі, кВт·год;

$a_H$  – безрозмірний числовий параметр, який залежить від часової константи будинку  $\tau_H$ :

$$a_H = a_{H.0} + \frac{\tau}{\tau_{H.0}},$$

$$a_H = 1 + \frac{100}{15} = 7,6,$$

де  $a_{H.0}$  – безрозмірний числовий параметр з довідки,  $a_{H.0} = 1$ ;

$\tau$  – часова константа будинку, год;

$\tau_0$  – часова константа з довідки, яка приймається 15 год.

Часова константа будинку  $\tau$ , год, що пояснює внутрішню інерцію тепла зони, що кондиціонується:

$$\tau = \frac{C_m}{H_{tr.adj} + H_{ve.adj}},$$

$$\tau = \frac{3394 \cdot 80}{2008,2 + 706,2} = 100$$

де  $C_m = A_f \cdot c$  – внутрішня теплоємність будинку, що складається з теплоємності повітря ( $c$ ) по всій опалюваній площі будинку ( $A_f$ ), Вт·год/К;

$H_{tr.adj}$  – значення загального коеф. передачі тепла трансмісією, Вт/К;

					601МНТ-№20338-ДП	Адк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		68

$H_{ve.adj}$  – значення загального коеф. передачі тепла вентиляцією, Вт/К.

Енергопотреба на опалення  $Q_{H.nd}$ , кВт·год, за умови опалення на постійній основі:

$$Q_{H.nd} = Q_{H.ht} - \eta_{H.gn} \cdot Q_{H.gn},$$

для січня:

$$Q_{H.nd} = 51692 - 1 \cdot 12829 = 38862,$$

де  $Q_{H.ht}$  – сумарна передача тепла в опалювальному режимі, кВт·год;

$Q_{H.gn}$  – сумарні надходження тепла в опалювальному режимі, кВт·год;

$\eta_{H.gn}$  – безрозмірний коеф. використання надходжень.

Всі розрахунки енергопотреби в опалювальний період кожного місяця заносимо до таблиці 4.5.

Таблиця 4.5 Передача тепла в опалювальному режимі

Місяць року	Параметр								
	$Q_{H.tr}$ , кВт·год	$Q_{H.ve}$ , кВт·год	$Q_{H.ht}$ , кВт·год	$Q_{H.sol}$ , кВт·год	$Q_{H.int}$ , кВт·год	$Q_{H.gn}$ , кВт·год	$\eta_H$	$\eta_{H.gn}$	$Q_{H.nd}$ , кВт·год
Січень	38252	13439	51692	3381	9449	12829	0,25	1,00	38862
Лютий	33336	11712	45048	5024	9449	14473	0,32	1,00	30577
Березень	29436	10342	39778	7307	9449	16756	0,42	1,00	23035
Квітень	7136	2507	9643	7848	9449	17297	1,79	0,55	49
Травень	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Червень	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Липень	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Серпень	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Вересень	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Жовтень	8028	2821	10849	5915	9449	15364	1,42	0,69	232
Листопад	27041	9500	36541	2802	9449	12251	0,34	1,00	24292
Грудень	34965	12284	47249	2280	9449	11729	0,25	1,00	35520
Всього за рік	<b>178194</b>	<b>62605</b>	<b>240800</b>	<b>34558</b>	<b>66142</b>	<b>100700</b>	<b>4,78</b>	<b>6,24</b>	<b>152567</b>

#### 4.6. Енергопотреба в період охолодження

Надходження тепла від внутрішніх джерел тепла житлового будинку, котрий розглядається,  $Q_{C,int}$ , кВт·год:

$$Q_{C,int} = \frac{(\sum_k \Phi_{int.mn.k} \cdot A_f) \cdot t}{1000},$$

для травня:

$$Q_{C,int} = \frac{5,8 \cdot 3394 \cdot 480}{1000} = 9449,$$

де  $\Phi_{int.mn.k}$  – середній за часом потік тепла від внутрішнього джерела, Вт/м<sup>2</sup>;

$A_f$  – площа будинку, що кондиціонується, м<sup>2</sup>;

$t$  – тривалість періоду використання, год/міс.

Надходження тепла від сонця до житлового будинку, котрий розглядається,  $Q_{C,sol}$ , кВт·год:

$$Q_{C,sol} = \frac{(\sum_k \Phi_{sol.mn.k}) \cdot t}{1000},$$

для травня:

$$Q_{C,sol} = \frac{12856 \cdot 744}{1000} = 9566,$$

де  $\Phi_{sol.mn.k}$  – середній за часом потік тепла від сонця, Вт;

$t$  – тривалість місяця, котрий розглядається, год.

Сумарні надходження тепла  $Q_{C,gn}$ , кВт·год для усієї зони житлової будівлі:

$$Q_{C,gn} = Q_{C,int} + Q_{C,sol},$$

для травня:

$$Q_{C,gn} = 9449 + 9565 = 19015,$$

де  $Q_{C,int}$  – надходження тепла від внутрішніх джерел тепла в зоні будинку, котрий розглядається, протягом даного періоду, кВт·год;

$Q_{C,gn}$  – надходження тепла від сонця до зони будинку, котрий розглядається, протягом даного періоду, кВт·год.

					601МНТ-№20338-ДП	Арк.
						70
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Сумарна передача тепла трансмісією через зони житлового будинку  $Q_{C,tr}$ , кВт·год, розраховуємо по формулі:

$$Q_{C,tr} = \frac{H_{tr,adj} \cdot (\theta_{int.set.H} - \theta_c) \cdot t}{1000},$$

для травня:

$$Q_{C,tr} = \frac{2007,2 \cdot (26 - 15,4) \cdot 744}{1000} = 15839,$$

де  $H_{tr,adj}$  – загальний коеф. передачі тепла трансмісією всіх зон, Вт/К;

$\theta_{int.set.H}$  – задана температура будівлі для охолодження, °С;

$\theta_c$  – середньомісячна температура зовнішнього середовища °С [1];

t – тривалість місяця, котрий розглядається, год.

Сумарна передача тепла вентиляцією  $Q_{C,ve}$ , кВт·год:

$$Q_{C,ve} = \frac{H_{ve,adj} \cdot (\theta_{int.set.H} - \theta_c) \cdot t}{1000},$$

для травня:

$$Q_{C,ve} = \frac{706,2 \cdot (20 - 15,4) \cdot 744}{1000} = 5565,$$

де  $H_{ve,adj}$  – загальний коеф. передачі тепла вентиляцією, Вт/К;

$\theta_{int.set.H}$  – температура будівлі, °С;

$\theta_c$  – середньомісячна температура зовнішнього середовища °С [1];

t – тривалість опалення в місяці, котрий розглядається, год.

Сумарна передача тепла  $Q_{C,ht}$ , кВт·год для усієї зони житлової будівлі:

$$Q_{C,ht} = Q_{C,tr} + Q_{C,ve},$$

для травня:

$$Q_{C,ht} = 15839 + 5565 = 21404,$$

де  $Q_{C,tr}$  – сумарна передача тепла трансмісією через зони будинку, кВт·год;

$Q_{C,ve}$  – сумарна передача тепла вентиляцією, кВт·год.

Коефіцієнт використання надходжень для охолодження

Безрозмірне співвідношення теплонадходжень і тепловтрат для охолоджувального режиму:

					601МНТ-№20338-ДП	Адк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		71

$$\gamma_c = \frac{Q_{c,gn}}{Q_{c,ht}},$$

для травня:

$$\gamma_c = \frac{19014}{53157} = 0,89.$$

Оскільки  $\gamma_c > 0$ ,  $\gamma_c \neq 1$  і  $Q_{c,ht} > 0$ , тоді безрозмірний коеф. використання надходжень для охолодження розраховується за формулою:

$$\eta_{c,gn} = \frac{1 - \gamma_H^{-a_c}}{1 - \gamma_H^{-a_c+1}},$$

для травня:

$$\eta_{c,gn} = \frac{1 - 0,89^{-7,6}}{1 - 0,89^{-7,6+1}} = 0,873,$$

де (для кожного місяця):

$Q_{c,gn}$  – сумарні надходження тепла для усієї зони житлової будівлі, кВт·год;

$Q_{c,ht}$  – сумарна передача тепла для усієї зони житлової будівлі, кВт·год;

$a_c$  – безрозмірний числовий параметр, який залежить від часової константи житлового будинку  $\tau_c$ :

$$a_c = a_{c,0} + \frac{\tau}{\tau_{c,0}},$$

$$a_c = 1 + \frac{100}{15} = 7,6,$$

де  $a_{c,0}$  – безрозмірний числовий параметр з довідки,  $a_{c,0} = 1$ ;

$\tau$  – часова константа житлового будинку, год;

$\tau_0$  – часова константа з довідки, яка приймається 15 год.

Часова константа будинку  $\tau$ , год, що пояснює внутрішню інерцію тепла зони, що кондиціонується:

$$\tau = \frac{C_m}{H_{tr.adj} + H_{ve.adj}},$$

$$\tau = \frac{3394 \cdot 80}{2008,2 + 706,2} = 100$$

					601МНТ-№20338-ДП	Арк.
						72
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



де  $C_m = A_f \cdot c$  – внутрішня теплоємність будинку, що складається з теплоємності повітря ( $c$ ) по всій опалюваній площі будинку ( $A_f$ ), Вт·год/К;

$H_{tr.adj}$  – значення загального коеф. передачі тепла трансмісією, Вт/К;

$H_{ve.adj}$  – значення загального коеф. передачі тепла вентиляцією, Вт/К.

Енергопотреба для охолодження  $Q_{C.nd}$ , кВт·год, за умови охолодження на постійній основі:

$$Q_{C.nd} = Q_{C.gn} - \eta_{C.ls} \cdot Q_{C.ht},$$

для травня:

$$Q_{C.nd} = 19015 - 0,873 \cdot 21404 = 322,$$

де  $Q_{C.ht}$  – сумарна передача тепла в охолоджувальному режимі, кВт·год;

$Q_{C.gn}$  – сумарні надходження тепла в охолоджувальному режимі, кВт·год;

$\eta_{C.gn}$  – безрозмірний коеф. використання надходжень.

Всі розрахунки енергопотреби в неопалювальний період для кожного місяця заносимо до таблиці 4.6.

Таблиця 4.6 Передача тепла в охолоджувальному режимі

Місяць року	Параметр										
	$Q_{C.tr}$ , кВт·год	$Q_{C.ve}$ , кВт·год	$Q_{C.ht}$ , кВт·год	$Q_{C.sol}$ , кВт·год	$Q_{C.int}$ , кВт·год	$Q_{C.gn}$ , кВт·год	$\gamma_c$	$\eta_{C.ls}$	$Q_{C.nd}$ , кВт·год	$\theta_e$ , град.С	$t$ , год
Січень	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-4,7	-
Лютий	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,3	-
Березень	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	397
Квітень	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15,4	744
Травень	15839	5565	21404	9566	9449	19015	0,89	0,873	322	18,7	720
Червень	10556	3709	14265	9915	9449	19363	1,36	0,999	5120	20,5	744
Липень	8218	2887	11106	9925	9449	19374	1,74	1,000	8269	19,7	744
Серпень	9414	3307	12721	9494	9449	18943	1,49	1,000	6227	14,3	720
Вересень	16919	5944	22863	8183	9449	17632	0,77	0,769	49	7,7	419
Жовтень	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,3	-
Листопад	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-3,4	-
Грудень	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7,8	4488
Всього									<b>19987</b>		



де  $\eta_{gn.i}$  – безрозмірний коеф. використання надходжень для опалення.

Неутилізовані втрати тепла розподільної підсистеми протягом  $i$ -го місяця

$Q_{H.dis.ls.nryd.i}$ , кВт·год:

$$Q_{H.dis.ls.nrvd.i} = Q_{H.dis.ls.nrbl.i} + (Q_{H.dis.ls.rbl.i} - Q_{H.dis.ls.rvd.i}),$$

для січня:

$$Q_{H.dis.ls.nrvd.1} = 0 + (22981 - 20682) = 2298,$$

де  $Q_{H.dis.ls.nrbl.i}$  – неутилізаційні втрати тепла, кВт·год;

$Q_{H.dis.ls.rbl.i}$  – утилізаційні втрати тепла, кВт·год;

$Q_{H.dis.ls.rvd.i}$  – утилізовані втрати тепла, кВт·год.

Розрахунки для кожного місяця опалювального періоду заносимо до таблиці

5.1.

Таблиця 5.1 Питоме енергоспоживання енергії

Місяць року	Параметр						
	$Q_{H,dis,out}$ , кВт·год	$Q_{H,dis,ls}$ , кВт·год	$Q_{H,dis,ls,nrbl}$ , кВт·год	$Q_{H,dis,ls,rbl}$ , кВт·год	$Q_{H,dis,ls,rvd}$ , кВт·год	$Q_{H,dis,ls,nrvd}$ , кВт·год	$Q_{H,dis,in}$ , кВт·год
Січень	45432	22981	0	22981	20682	2298	47730
Лютий	35746	20225	0	20225	18200	2024	37770
Березень	26929	18856	0	18856	16957	1899	28828
Квітень	57	5372	0	5372	2682	2690	2747
Травень	0	0	0	0	0	0	0
Червень	0	0	0	0	0	0	0
Липень	0	0	0	0	0	0	0
Серпень	0	0	0	0	0	0	0
Вересень	0	0	0	0	0	0	0
Жовтень	272	5663	0	5663	3522	2141	2413
Листопад	28398	17677	0	17677	15907	1770	30168
Грудень	41525	21213	0	21213	19091	2122	43647

Загальні втрати тепла підсистеми виділення за певний місяць  $Q_{H.em.ls.i}$ , кВт·год, розраховуємо по формулі:

$$Q_{H.em.ls.i} = \left( \frac{f_{hydr} \cdot f_{im} \cdot f_{rad}}{\eta_{em}} - 1 \right) \cdot Q_{H.em.out},$$

для січня:

$$Q_{H.em.ls.1} = \left( \frac{1,03 \cdot 1 \cdot 1}{0,88} - 1 \right) \cdot 38862 = 6570,$$

Енергія входу, потрібна для підсистеми віддачі тепла впродовж певного місяця кВт·год:

$$Q_{H.em.in.i} = Q_{H.em.out} + Q_{H.em.ls.i},$$

для січня:

$$Q_{H.em.in.1} = 38862 + 6570 = 45432,$$

де  $Q_{H.em.out} = Q_{H.nd.i}$  – енергія входу підсистеми віддачі тепла, кВт·год;

$Q_{H.em.ls.i}$  – загальні втрати тепла підсистеми виділення за певний місяць, кВт·год.

Енергія входу в розподільну підсистему протягом  $i$ -го місяця  $Q_{H.dis.in.i}$ , кВт·год, розраховуємо по формулі:

$$Q_{H.dis.in.i} = Q_{H.dis.ls.nrvd.i} + Q_{H.dis.out.i},$$

для січня:

$$Q_{H.dis.in.1} = 2298 + 45432 = 47730,$$

де  $Q_{H.dis.ls.nrvd.i}$  – неутилізовані втрати тепла, кВт·год;

$Q_{H.dis.out.i} = Q_{H.em.in.i}$  – енергія виходу з підсистеми розподілу протягом певного місяця, кВт·год.

Загальні втрати тепла підсистем генерування та акумулювання теплоти протягом певного місяця, кВт·год:

$$Q_{H.gen.ls,i} = \frac{Q_{H.gen.out,i} \cdot (1 - \eta_{H.gen})}{\eta_{H.gen}},$$

для січня:

$$Q_{H.gen.ls,1} = \frac{47730 \cdot (1 - 0,76)}{0,76} = 15073,$$

де  $Q_{H.gen.out,i} = Q_{H.dis.in.i}$  – загальна енергія виходу з підсистеми генерування та акумулювання теплоти, кВт·год;

$\eta_{H.gen}$  – ККД газового котла [5].

Енергоспоживання при опаленні протягом певного місяця, кВт·год, розраховуємо по формулі:

					601МНТ-№20338-ДП	Арк.
						76
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Q_{H.use} = Q_{H.gen.out,i} + Q_{H.gen.ls,i},$$

для січня:

$$Q_{H.use.1} = 47730 + 15073 = 62803,$$

де  $Q_{H.gen.out,i}$  – загальна енергія виходу з підсистеми генерування та акумулювання теплоти, кВт·год;

$Q_{H.gen.ls,i}$  – Загальні втрати тепла підсистем генерування та акумулювання теплоти протягом певного місяця, кВт·год.

Розрахунки для кожного місяця опалювального періоду заносимо до таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 Енергоспоживання при опаленні протягом певних місяців

Місяць року	Параметр					
	$Q_{H.nd}$ , кВт·год	$Q_{H.em,ls}$ , кВт·год	$Q_{H.em,in} = Q_{H.dis,out}$ , кВт·год	$Q_{H.dis,in} = Q_{H.gen,out}$ , кВт·год	$Q_{H.gen,ls}$ , кВт·год	$Q_{H.use}$ , кВт·год
Січень	38862	6570	45432	47730	15073	62803
Лютий	30577	5169	35746	37770	11927	49697
Березень	23035	3894	26929	28828	9104	37931
Квітень	49	8	57	2747	868	3615
Травень	0	0	0	0	0	0
Червень	0	0	0	0	0	0
Липень	0	0	0	0	0	0
Серпень	0	0	0	0	0	0
Вересень	0	0	0	0	0	0
Жовтень	232	39	272	2413	762	3175
Листопад	24292	4106	28398	30168	9527	39695
Грудень	35520	6005	41525	43647	13783	57430
Всього за рік	152567	<b>25791</b>	<b>178358</b>	<b>193303</b>	<b>61043</b>	<b>254346</b>

Питоме споживання енергії в опалювальний період, кВт·год/м<sup>2</sup>, для житлового будинку визначаємо по формулі:

$$EP_{H.use} = \frac{Q_{H.use}}{A_f},$$

$$EP_{H.use} = \frac{254346}{3994} = 75$$

де  $Q_{H.use}$  – споживання енергії в режимі опалення за рік, кВт·год;

$A_f$  – житлова площа будинку, що опалюється, м<sup>2</sup>.

## 5.2. Питоме енергоспоживання при охолодженні

Втрати тепла підсистемою розподілу охолодження для  $i$ -го місяця, кВт·год:

$$Q_{C.dis.ls.i} = Q_{C.nd.i} \cdot ((1 - \eta_{c.ce}) + (1 - \eta_{c.ce.sens}) + (1 - \eta_{c.d})),$$

для травня:

$$Q_{C.dis.ls.5} = 322 \cdot ((1 - 0,87) + (1 - 1) + (1 - 0,9)) = 74$$

де  $Q_{C.nd.i}$  – енергопотреби на охолодження протягом певного місяця, кВт·год;

$\eta_{c.ce}$  – ступінь утилізації теплообміну при охолодженні в охолоджувальній системі, згідно з середніми показниками коеф. систем охолодження за рік;

$\eta_{c.ce.sens}$  – ступінь явної утилізації теплообміну при охолодженні в охолоджувальній системі, що враховує енергію на конденсацію;

$\eta_{c.d}$  – ступінь утилізації підсистеми розподілення.

Енергія входу, котра необхідна для підсистеми розподілу для певного місяця, кВт·год:

$$Q_{C.dis.in.i} = \Sigma Q_{C.dis.out.i} + Q_{C.dis.ls.i},$$

для травня:

$$Q_{C.dis.in.5} = 322 + 74 = 396$$

де  $Q_{C.dis.out.i} = Q_{C.hd.i}$  – енергія виходу для підсистеми розподілу протягом певного місяця кВт·год;

$Q_{C.dis.ls.i}$  – втрати тепла підсистемою розподілу охолодження для  $i$ -го місяця, кВт·год.

Енергія виходу з підсистем генерування та акумулювання при охолодженні для певного місяця, кВт·год:

$$Q_{C.gen.out.i} = \frac{Q_{C.dis.in.i}}{\eta_{c.ac}},$$

					601МНТ-№20338-ДП	Адк.
						78
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

для травня:

$$Q_{C.gen.out.5} = \frac{497}{0,83} = 451$$

де  $Q_{C.dis.in.i}$  – енергія входу, котра необхідна для підсистеми розподілу для певного місяця, кВт·год:

$\eta_{C.ac}$  – ефективність автоматичного регулювання.

Втрати тепла підсистеми генерування та акумулювання для певного місяця, кВт·год, розраховуємо по формулі:

$$Q_{C.gen.ls.i} = \frac{Q_{C.gen.out.i} \cdot (1 - \eta_{C.gen})}{\eta_{C.gen}}$$

для травня:

$$Q_{C.gen.ls.5} = \frac{451 \cdot (1 - 2,25)}{2,25} = -250$$

де  $\eta_{C.gen}$  – показник ефективності підсистеми генерування та акумулювання [5].

Споживання енергії при охолодженні протягом певного місяця, кВт·год:

$$Q_{C.use.i} = Q_{C.gen.ls.i} + Q_{C.gen.out.i}$$

для травня:

$$Q_{C.use.5} = -250 + 451 = 201,$$

Розрахунки для кожного місяця охолоджувального періоду заносимо до таблиці 5.3.

Таблиця 5.3 Питоме енергоспоживання при охолодженні

Місяць року	Параметр						
	$Q_{C.nd}$ , кВт·год	$Q_{C.em,ls}$ , кВт·год	$Q_{C.em,in} = Q_{C.dis,out}$ , кВт·год	$Q_{C.gen,out}$ , кВт·год	$Q_{C.gen,ls}$ , кВт·год	$Q_{C.use}$ , кВт·год	$Q_{C.dis,in}$ , кВт·год
Січень	0	0	0	0	0	0	0
Лютий	0	0	0	0	0	0	0
Березень	0	0	0	0	0	0	0
Квітень	0	0	0	0	0	0	0
Травень	322	0	322	451	-250	200	397
Червень	5120	0	5120	7156	-3976	3180	6297
Липень	8269	0	8269	11558	-6421	5137	10171

Серпень	6227	0	6227	8704	-4835	3868	7659
Вересень	49	0	49	69	-38	31	61
Жовтень	0	0	0	0	0	0	0
Листопад	0	0	0	0	0	0	0
Грудень	0	0	0	0	0	0	0
Всього за рік	19987					12416	

Питоме споживання енергії при охолоджувальному режимі кВт·год/м<sup>2</sup>, для житлового будинку розраховуємо по формулі:

$$EP_{C.use} = \frac{Q_{C.use}}{A_f},$$

$$EP_{C.use} = \frac{12416}{3394} = 4,$$

де  $Q_{C.use}$  – споживання енергії в режимі охолодження за рік, кВт·год;  
 $A_f$  – житлова площа будинку, що опалюється, м<sup>2</sup>.

### 5.3. Визначення класу енергоефективності житлового будинку

Клас енергетичної ефективності будівель залежить показника  $\Delta_{ep}$  який в свою чергу залежить від загального питомого показника споживання енергії при опаленні, охолодженні, кВт·год/м<sup>2</sup>.

Показника  $\Delta_{ep}$  розраховується за формулою :

$$\Delta_{ep} = \left[ \frac{EP_{use} - EP_p}{EP_p} \right] 100$$

$$\Delta_{ep} = \left[ \frac{79 - 85}{85} \right] 100 = -0,7$$

$EP_p$  – граничне значення питомого енергоспоживання будівель при опаленні та охолодженні, кВт×год/м<sup>2</sup>, для п'ятиповерхових житлових будинків  $EP_p = 85$

$EP_{use}$  – сумарний показник питомого енергоспоживання при опаленні та охолодженні житлового будинку, що встановлюється згідно з мінімальними вимогами до енергетичної ефективності будівель з урахуванням [7]

					601МНТ-№20338-ДП	Адк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		80



Розрахунок показника питомого споживання енергії при опаленні, охолодженні та відповідно складає , кВт·год/м<sup>2</sup>:

$$EP_{use} = EP_{H.use} + EP_{C.use}$$

$$EP_{use} = 75 + 4 = 79$$

Встановлюємо класифікацію будинку за енергоефективністю згідно з класифікацією будівель [6], що залежить від функціонального призначення будинкубудівлі:

Таблиця 5.4 Клас енергетичної ефективності будівлі

Клас енергетичної ефективності будівлі	Відсоткові показники, $\Delta EP$
A	$\Delta EP < -50$
B	$-50 \leq \Delta EP < -20$
C	$-20 \leq \Delta EP \leq 0$
D	$0 < \Delta EP \leq 20$
E	$20 < \Delta EP \leq 35$
F	$35 < \Delta EP \leq 50$
G	$50 < \Delta EP$

$\Delta_{ep} = -0,7$  клас енергетичної ефективності C, що цілком задовольняє вимоги до енергетичної ефективності житлового будинку.

## ВИСНОВОК

Розглянуто типовий п'ятиповерховий будинок серії 1-447 та визначено клас енергоефективності, розроблені рішення щодо підвищення класу енергоефективності будівлі в цілому.

На рисунку 1 наведено порівняння трансмісійного коефіцієнту передачі тепла Вт/К для огорожуючих конструкцій житлового будинку до та після термомодернізації.

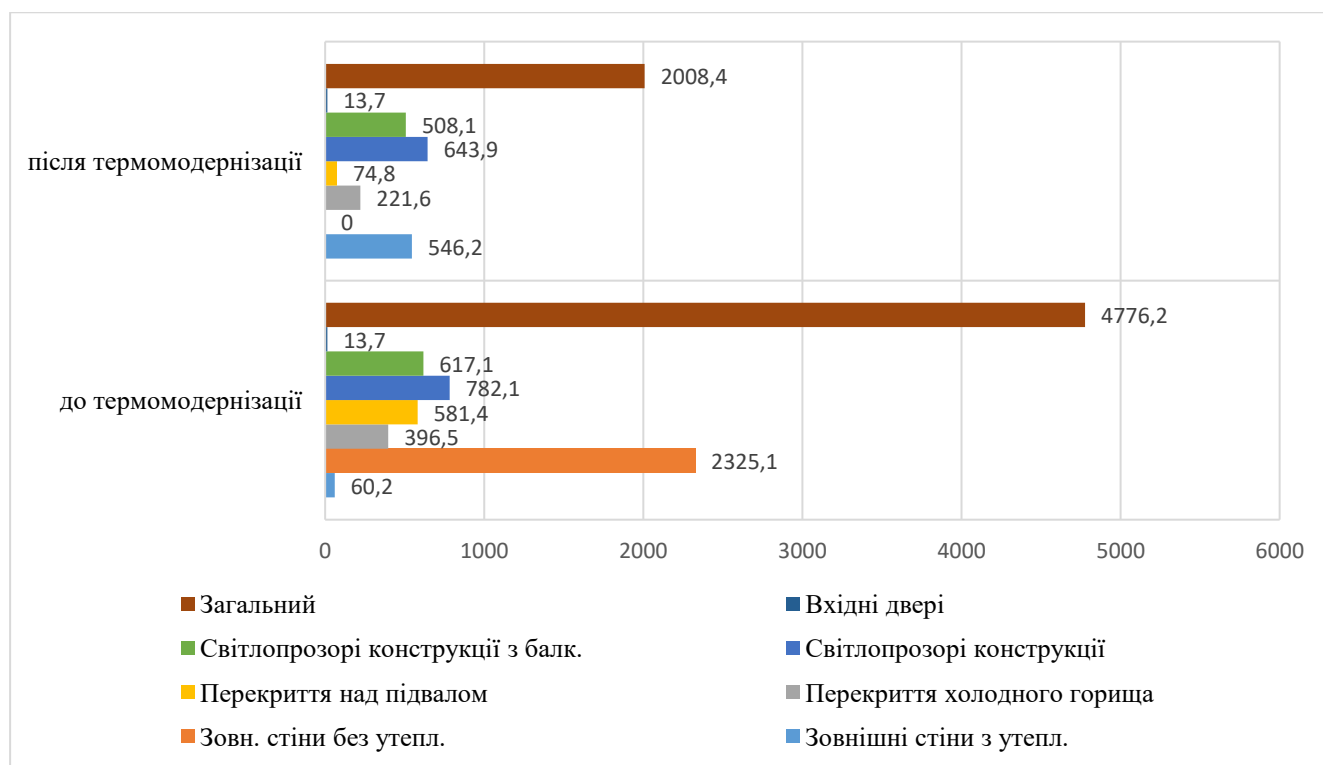


Рис. 1. Трансмісійний коефіцієнт передачі тепла Вт/К

Для підвищення класу енергоефективності пропонується передбачити такі заходи:

- Виконати теплоізоляцію зовнішніх стін, перекрыття холодного горища, та перекрыття над підвалом використовуючи спінений пінополістирол товщиною 0,15 м; завдяки чому опір зовнішніх стін збільшився до  $R = 3,80 \text{ (м}^2 \cdot \text{К)}/\text{Вт}$  з  $2,8$  та  $08 \text{ (м}^2 \cdot \text{К)}/\text{Вт}$  для зовнішніх стін з утепленням та без відповідно.

- Заміна вікон на більш енергозберігаючі, у яких між склом камери заповнені аргоном [7], в яких коефіцієнт теплопередачі склопакеті 0,8 відносно 1,1 Вт/(м<sup>2</sup>·К) попередніх.

Виконані розрахунки енергопотребити житлового будинку до та після впровадження заходів перелічених вище, свідчать:

До термомодернізації питомий показник споживання енергії при опаленні, охолодженні складає, 181 кВт·год/м<sup>2</sup>, що відповідає класу енергоефективності G;

Після термомодернізації питомий показник споживання енергії при опаленні, охолодженні складає, 79 кВт·год/м<sup>2</sup> що відповідає класу енергоефективності C;

На рисунку 1 зображено енергопотребу при опаленні на протязі року до та після термомодернізації

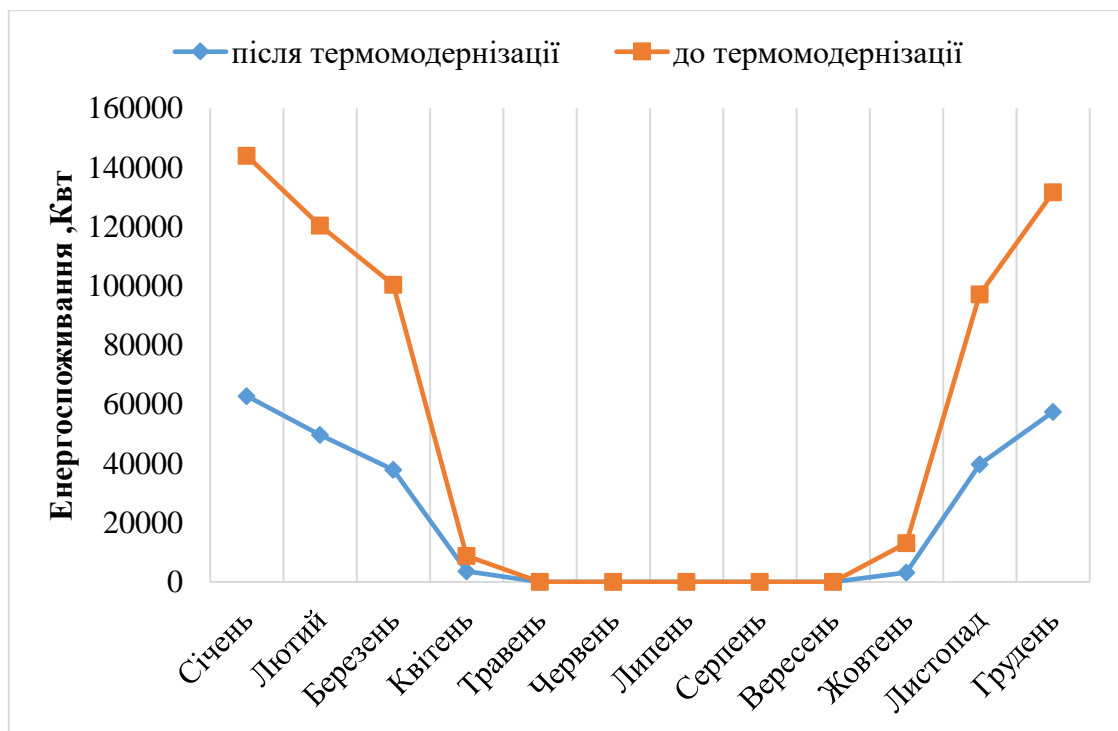


Рис 2. Енергоспоживання при опаленні на протязі року

Завдяки зменшенню тепловтрат через огорожувальні конструкції житлового будинку та підвищенні ККД використання енергії, вдалось досягти значного зниження енергоспоживання в опалювальний період на n=58%:

$$n = \frac{Q_{H.use.b} - Q_{H.use.a}}{Q_{H.use.b}} \cdot 100\%$$

$$n = \frac{615505 - 254346}{643813} \cdot 100\% = 58\%$$

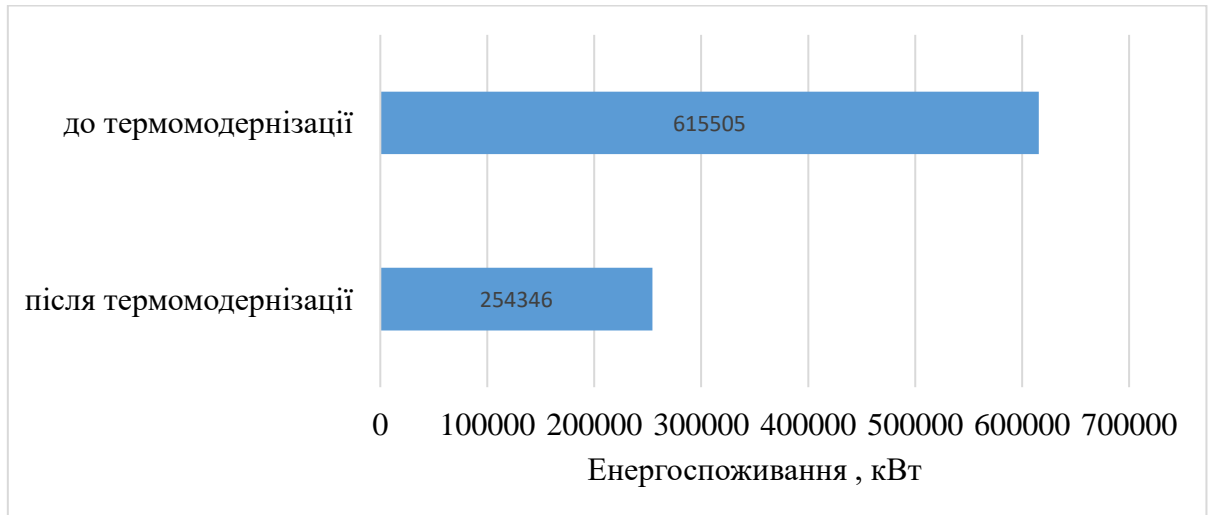


Рис 3. Річне енергоспоживання при опаленні

Отже після впровадження вищезазначених заходів вдалось знизити питоме споживання енергії при опаленні та охолодженні, до  $EP = 79 < 87$  кВт·год/м<sup>2</sup>, а отже підвищили енергоефективність житлового будинку до класу С.

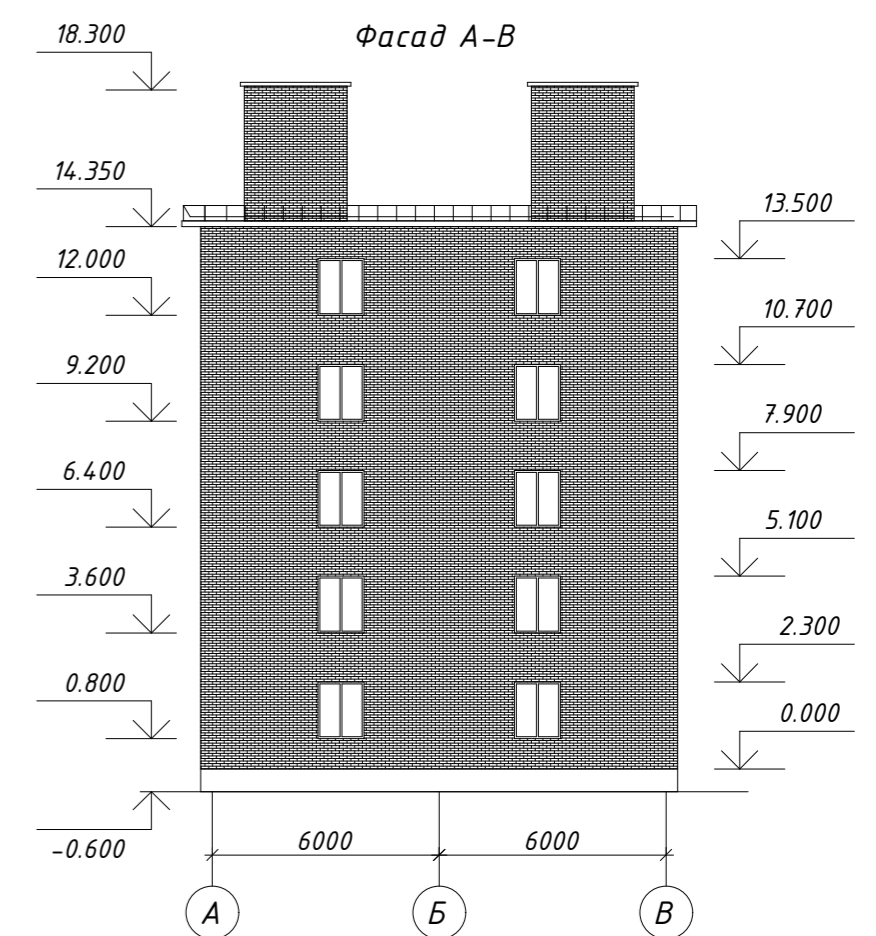
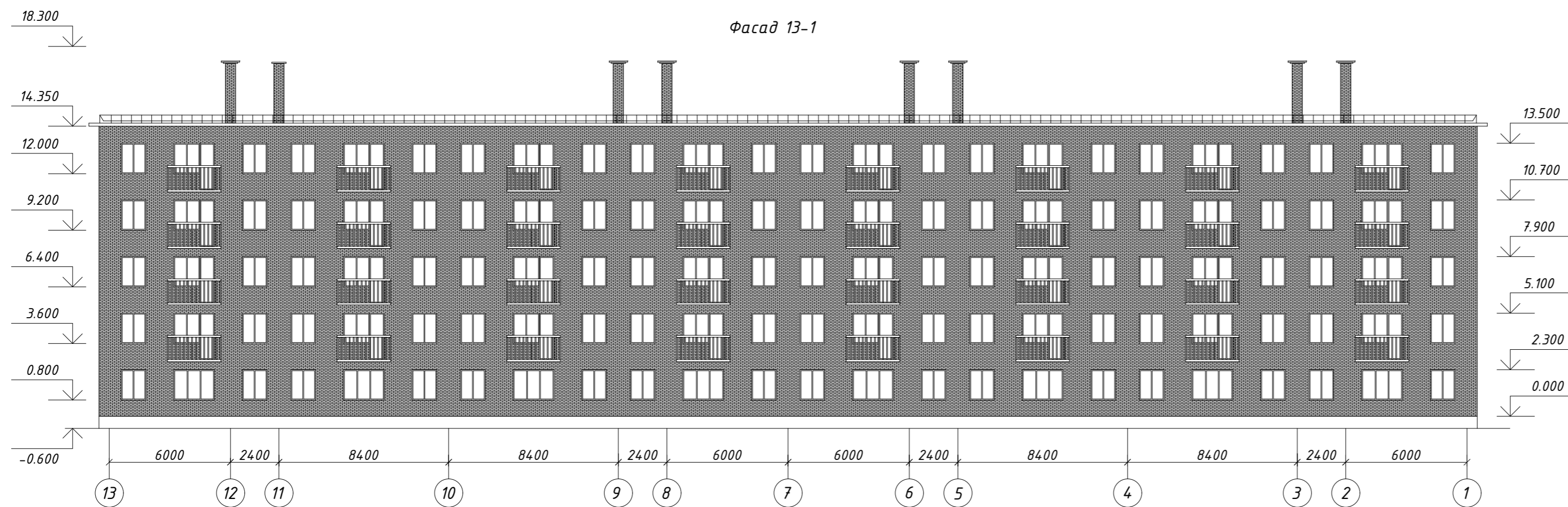
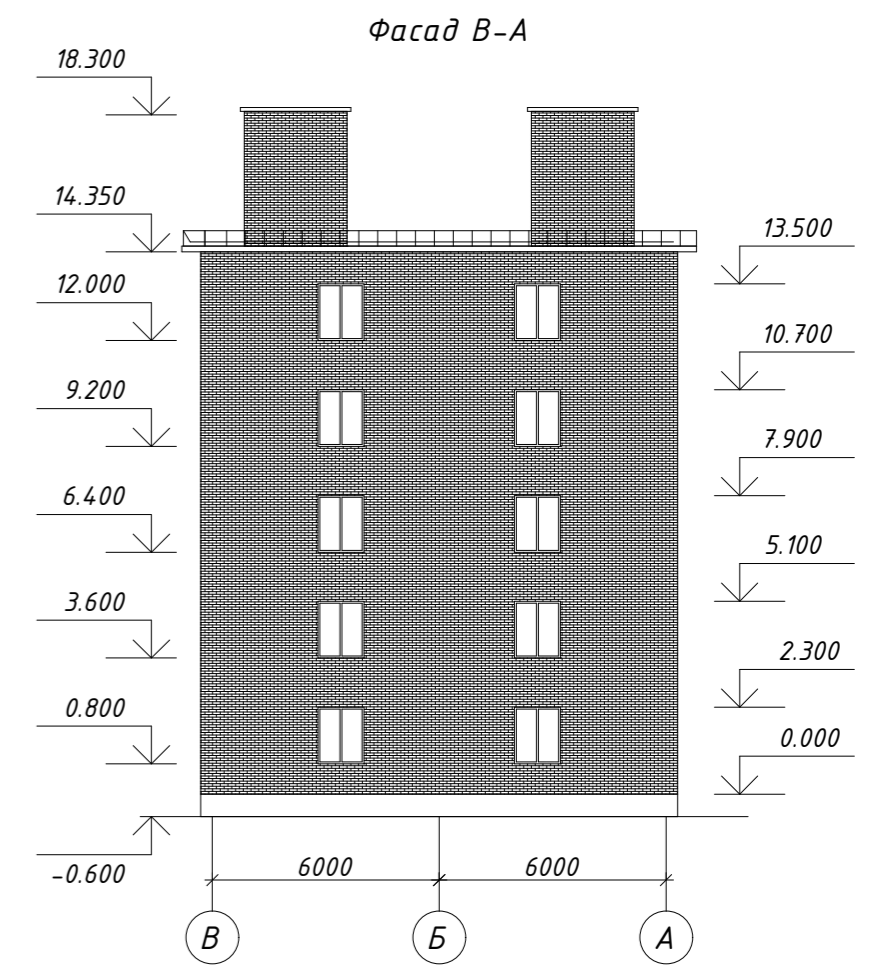
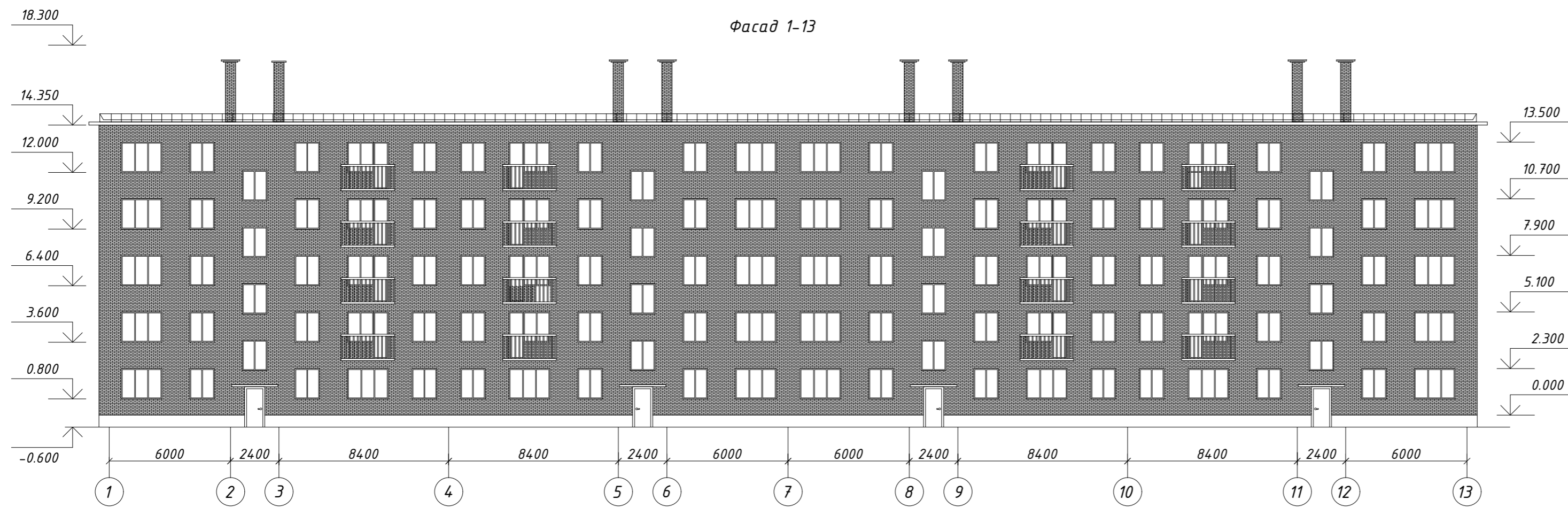
## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Беляев В.С. Повышение теплозащиты наружных ограждающих конструкций // Жилищ, стр-во.- 1998.- № 3,- С. 22-26.
2. <https://eenergy.com.ua/energoefektyvnist/energoefektyvnist-budivel-v-ukrayini/>
3. [http://ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2020/zf/zf\\_reg/arh\\_zf\\_reg\\_u.htm](http://ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2020/zf/zf_reg/arh_zf_reg_u.htm)
4. Серебрянников Ю.С. Теплоизоляционные материалы // Стройпрофиль: Журн. для профессионалов.- 2000.- № 2 (2).- С. 34-38: ил.
5. Петров Д.С., Василевская Э.С. Тепловидение помогает сократить затраты на отопление зданий любого типа // Промышленный вестник.- 2000,- №ю,- С. 11: ил.
6. Киреева Э.И., Криванин А.В. Комбинированная схема утепления кирпичных наружных стен многоэтажных жилых домов // Жилищ, стр-во.- 2000,-№ 8,- С. 21-23.
7. ДБН В. 2.6-31.2006 «Теплова ізоляція будівель»
8. <http://www.dy.nayka.com.ua/?op=1&z=433>
9. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 «Будівельна кліматологія».
10. ДСТУ Б EN 15251:2011 «Розрахункові параметри мікроклімату приміщень для проектування та оцінки енергетичних характеристик будівель по відношенню до якості повітря, теплового комфорту, освітлення та акустики (EN 15251:2007, IDT)».
11. Енергетична ефективність будинків: Навчальний посібник / О. І. Філоненко, О. І. Юрін.
12. ДБН В.2.5-64:2012 «Внутрішній водопровід та каналізація».
13. ДСТУ Б А.2.2-12:2015 «Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання при опаленні, охолодженні, вентиляції, освітленні та гарячому водопостачанні».
14. Наказ 11.07.2018 № 169 «Про затвердження Методики визначення енергетичної ефективності будівель».

					601МНТ-№20338-ДП	Адк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		85

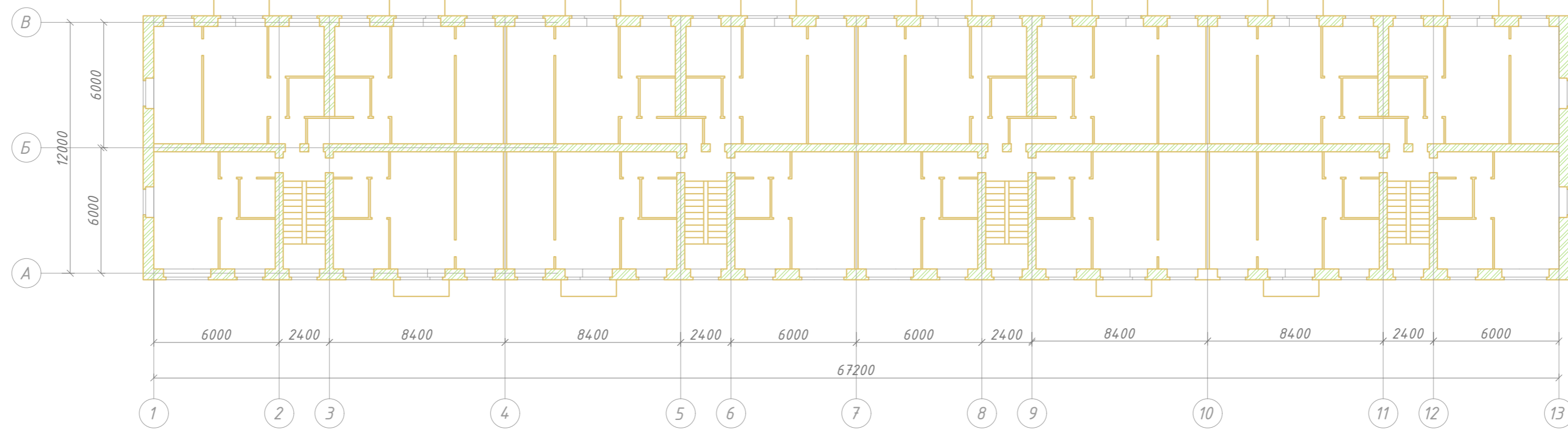
15. ЗУ № 199-ІХ від 17.10.2019, ВВР, 2019, № 51, ст.377 Про енергетичну ефективність будівель
16. ДСТУ Б EN ISO 10077-1:2016 Теплотехнічні властивості вікон, дверей і жалюзі. Розрахунок коефіцієнта теплопередачі. Частина 1. Загальні умови (EN ISO 10077-1:2006+EN ISO 10077-1:2006/AC:2009, IDT).
17. ДСТУ Б А.2.2-8:2010 «Розділ «Енергоефективність».
18. ДБН В.2.6-31:2016 «Теплова ізоляція будівель»
19. ДСТУ Б В.2.6-189:2013 «Методи вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будинків»
20. ДБН В.2.6-33:2008 «Конструкції будинків і споруд. Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією. Вимоги до проектування, улаштування та експлуатації»

					601МНТ-№20338-ДП	Арк.
						86
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

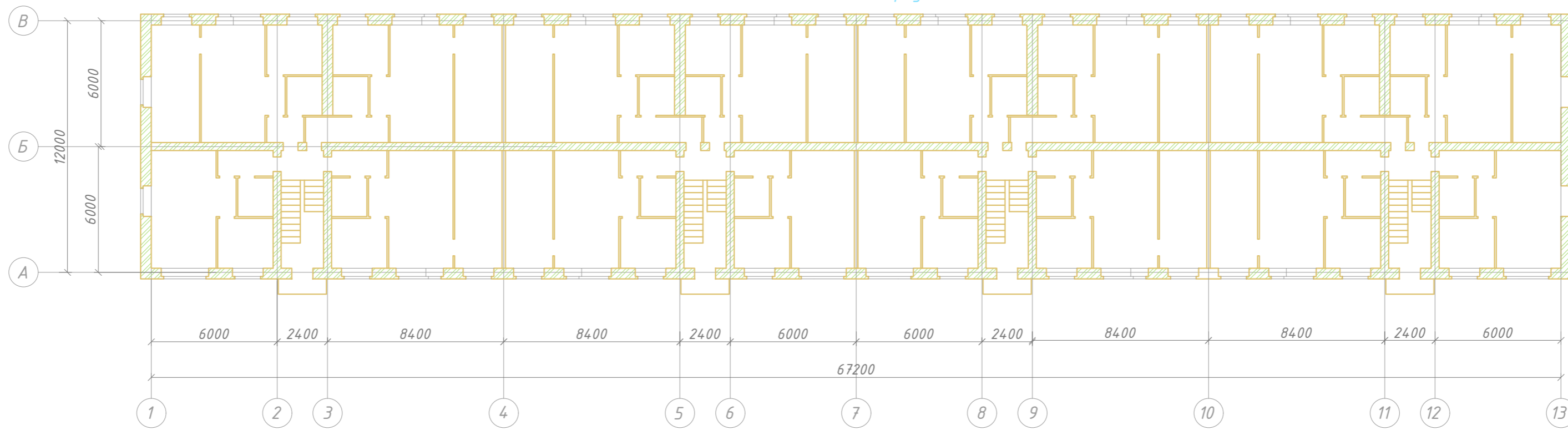


				<b>601МНТ-№20338-ДП</b>			
Эм. Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Порівняння енергетичних характеристик житлової будівлі в м. Полтава	Літера	Маса	Масштаб
Виконав	Подолька А.В.				Н		1 : 500
Перевір.	Червонікова О.В.				Аркуш 1	Аркушів 5	
Т. контр.				План типового поверху , план 1-го поверху	НУПП ім Ю.Кондратюка		
Н. контр.	Гузик Д.В.						
Затверд.	Голік Ю.С.						

План типового поверху



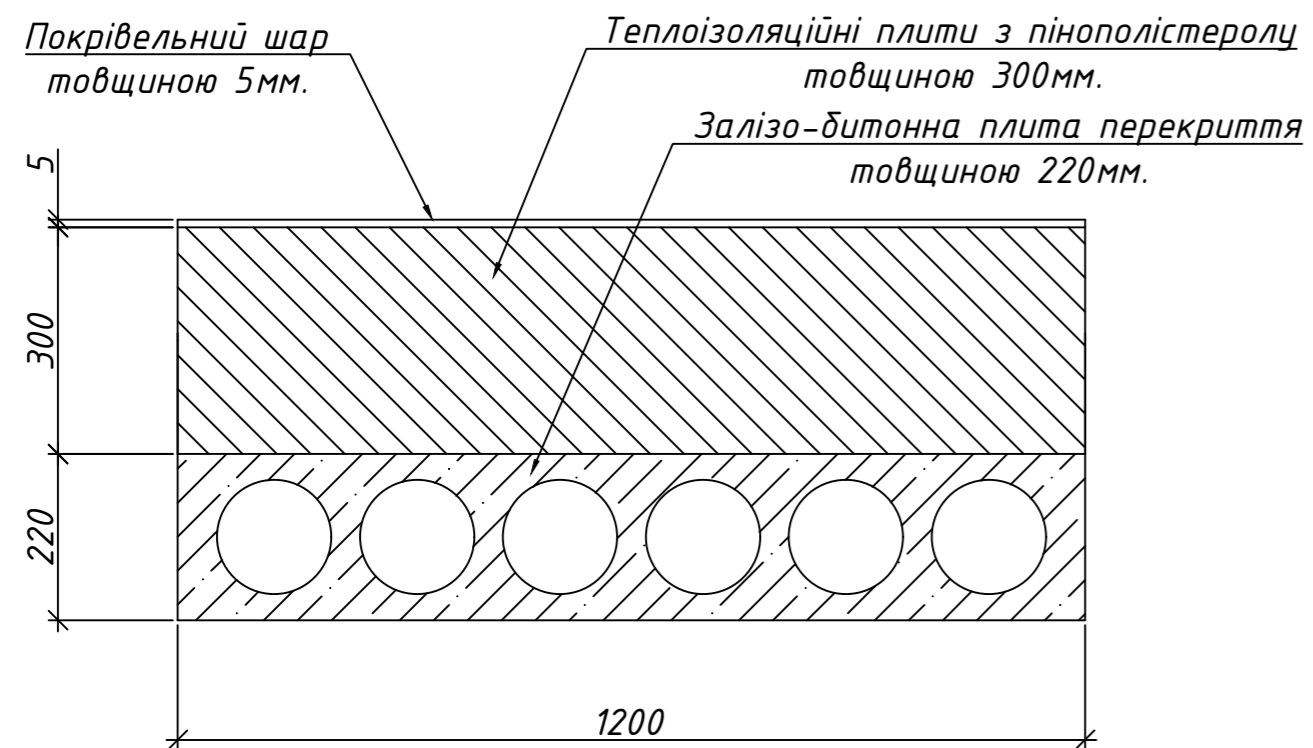
План 1-го поверху



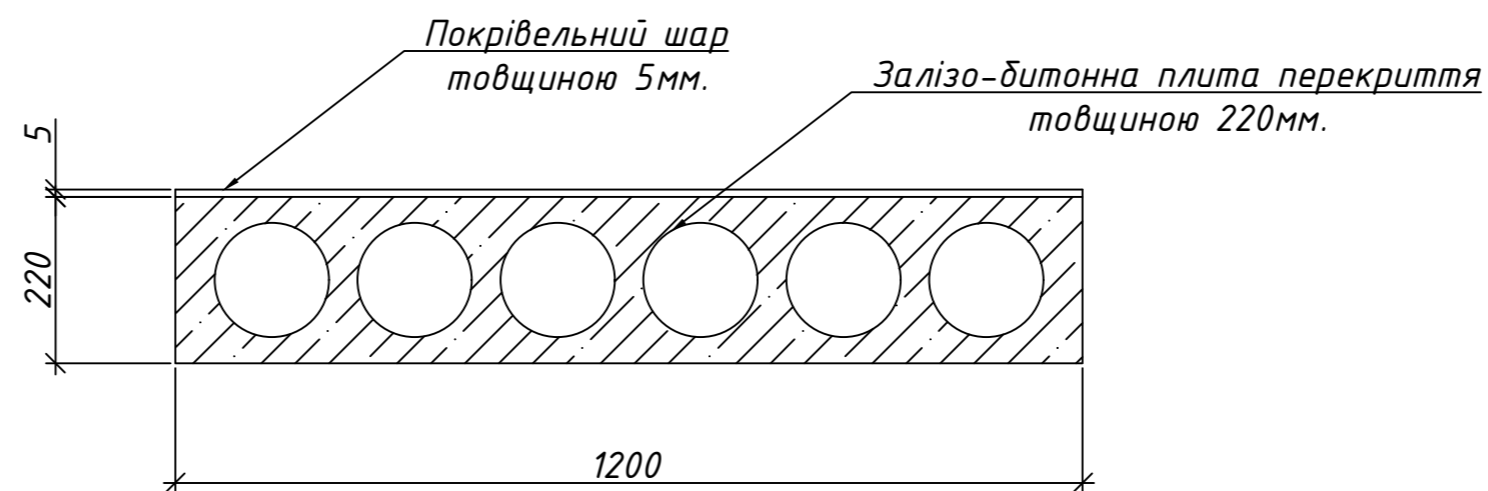
				<b>601МНТ-№20338-ДП</b>					
Зм. Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Порівняння енергетичних характеристик житлової будівлі в м. Полтава		Літера	Маса	Масштаб	
Виконав	Подольяка А.В.					Н		1 : 500	
Перевір.	Червонікова О.В.					Аркуш 2		Аркушів 5	
Т. контр.				План типового поверху , план 1-го поверху		НУПП ім Ю.Кондратюка			
Н. контр.	Гузик Д.В.								
Затверд.	Голік Ю.С.								



Конструкція перекриття після утеплення



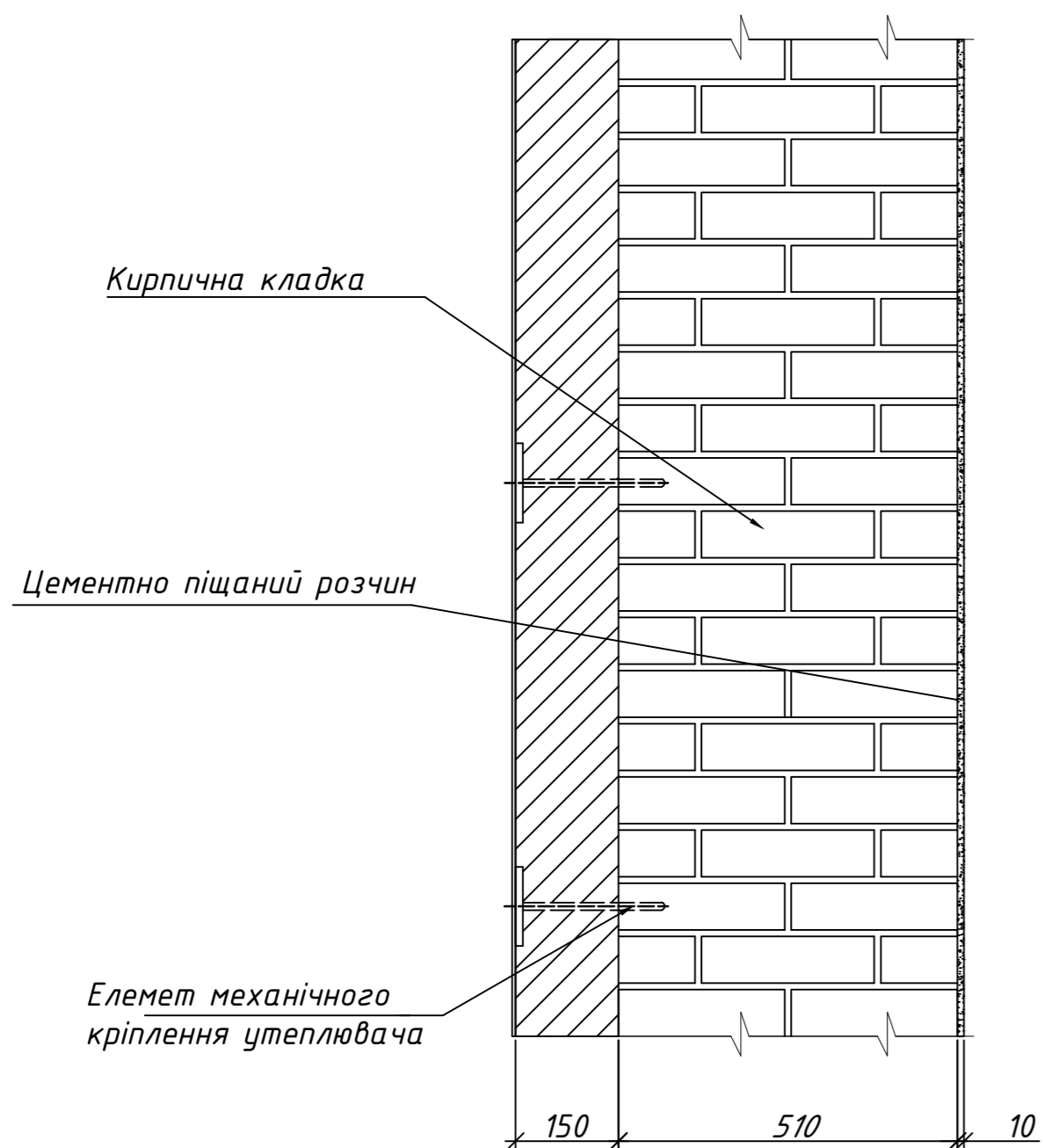
Конструкція перекриття до утеплення



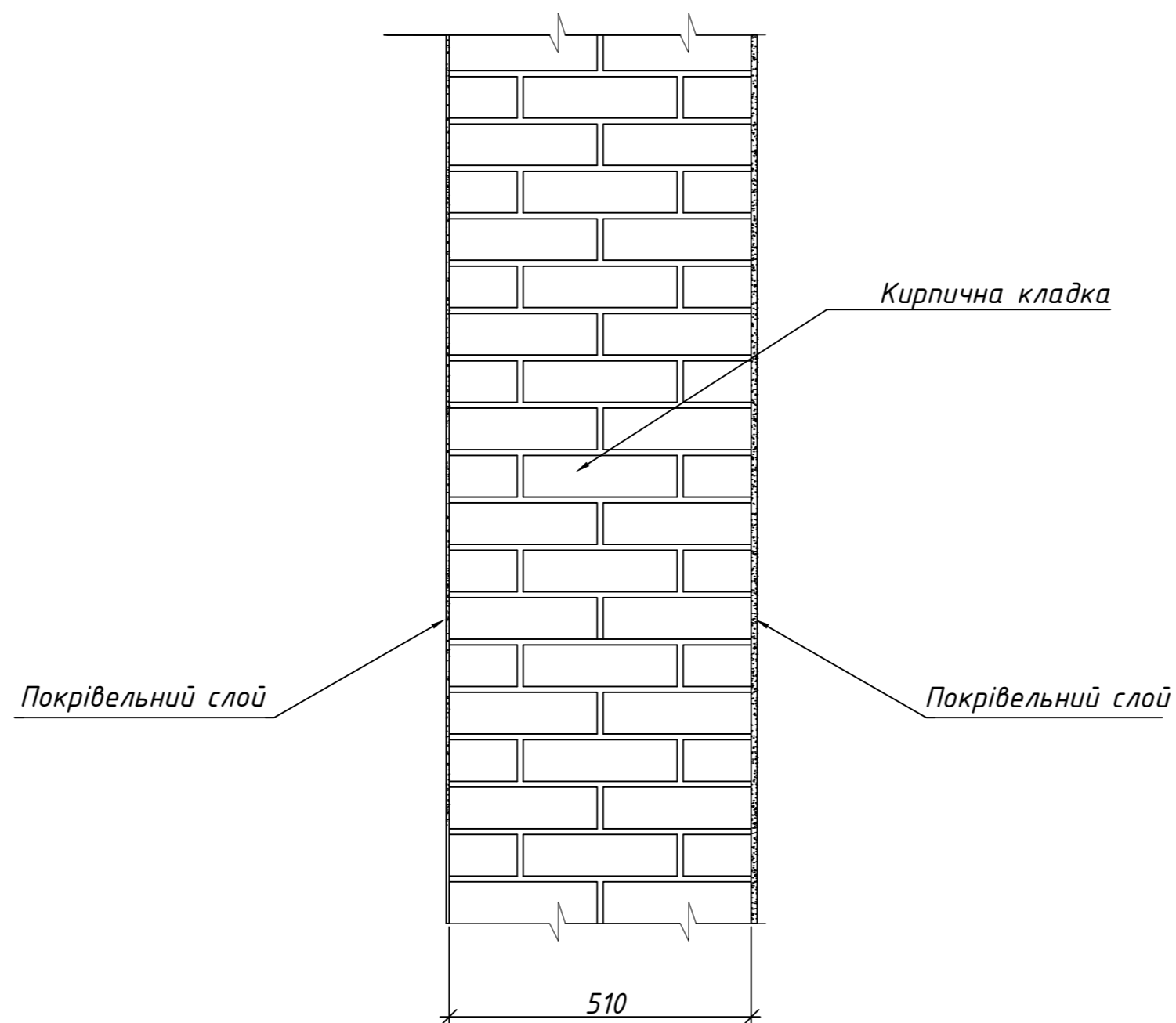
Фасад В-А



Конструкція утеплення зовнішніх стін

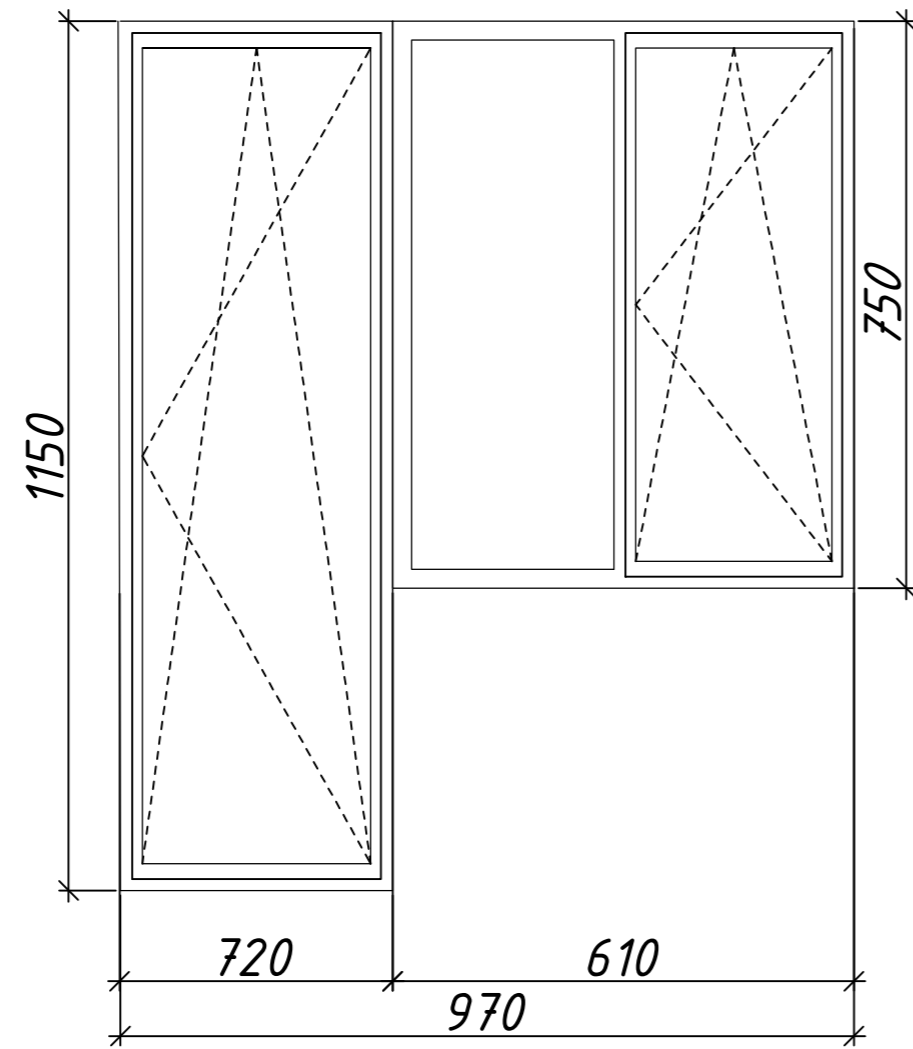


Зовнішня стіна

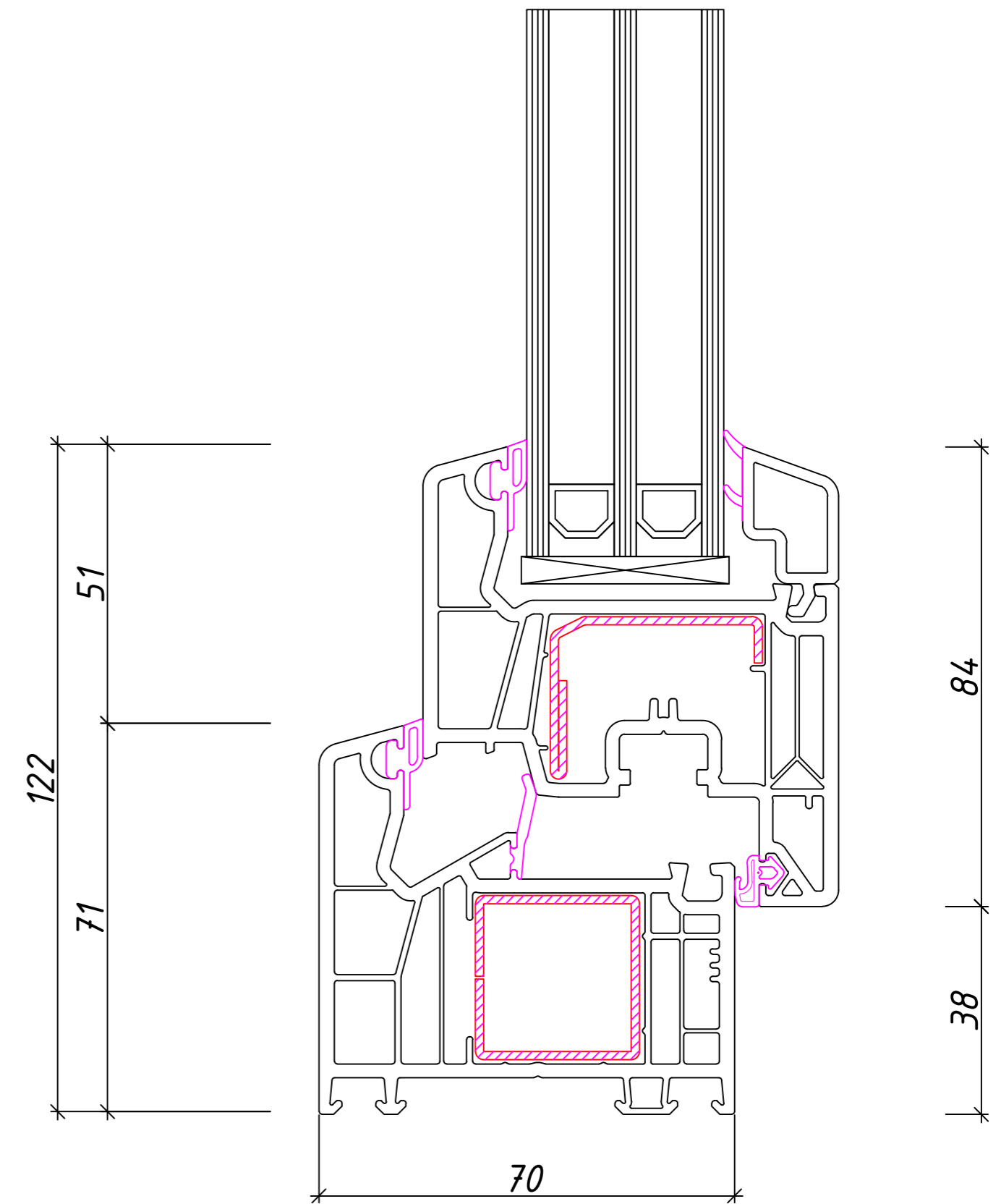


				601МНТ-№20338-ДП				
Зм. Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Порівняння енергетичних характеристик житлової будівлі в м. Полтава		Літера	Маса	Масштаб
Виконав	Подолька А.В.					Н		1 : 10
Перевір.	Червоникова О.В.			Конструкція стін до та після утеплення, Фасад В-А		Аркуш 4	Аркушів 5	
Т. контр.						НУПП ім Ю.Кондратюка		
Н. контр.	Гузик Д.В.							
Затверд.	Голік Ю.С.							

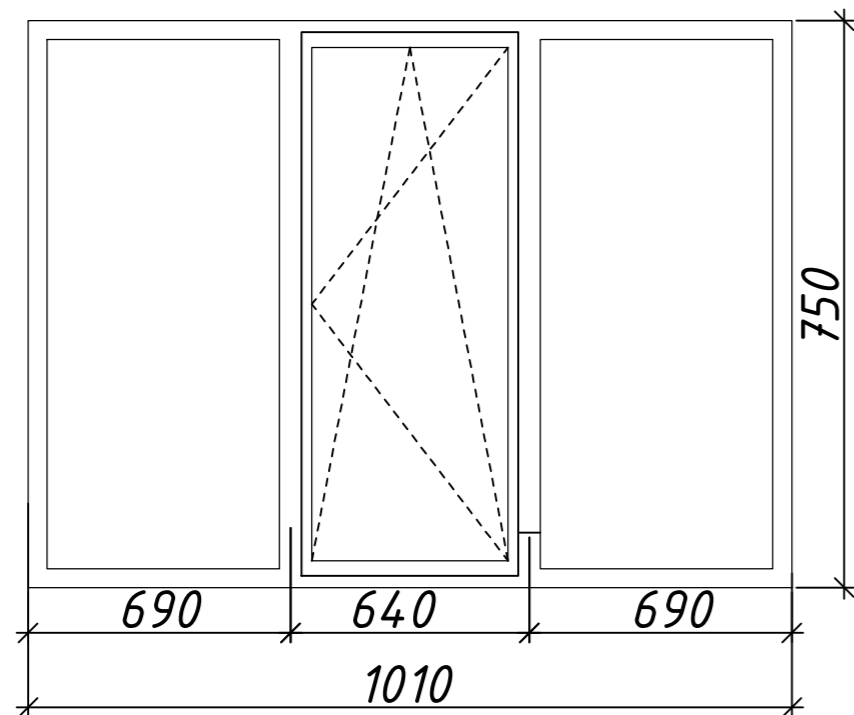
Конструкція вікна ОК-8



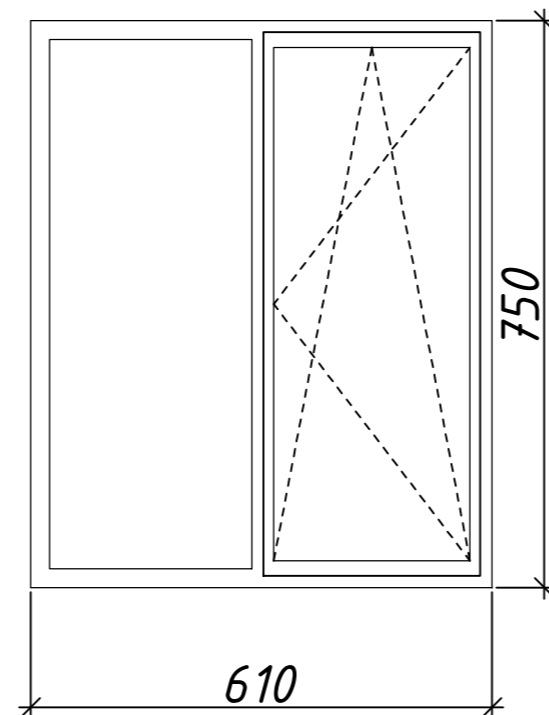
Конструкція профіля рами вікна



Конструкція вікна ОК-7

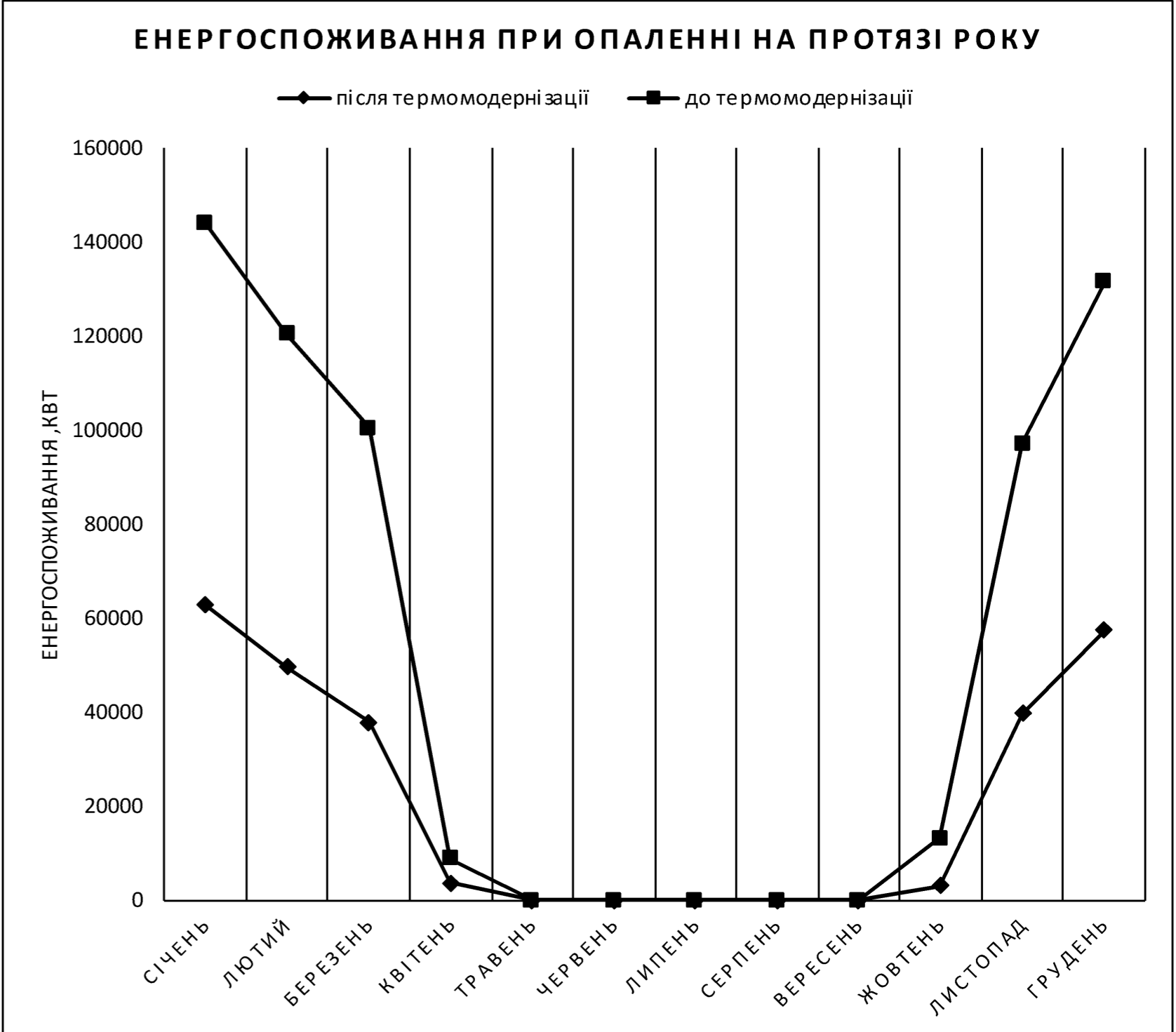
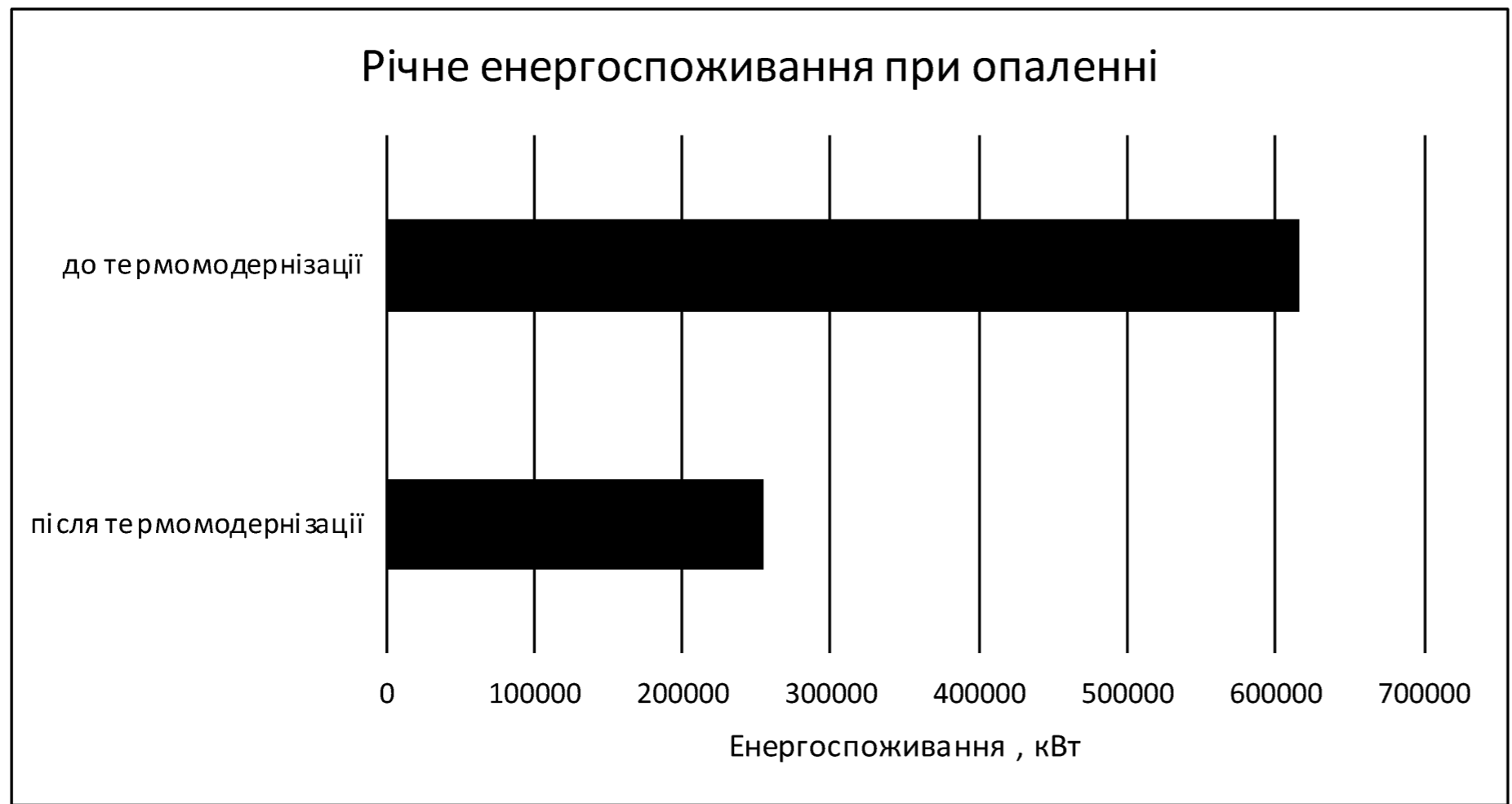
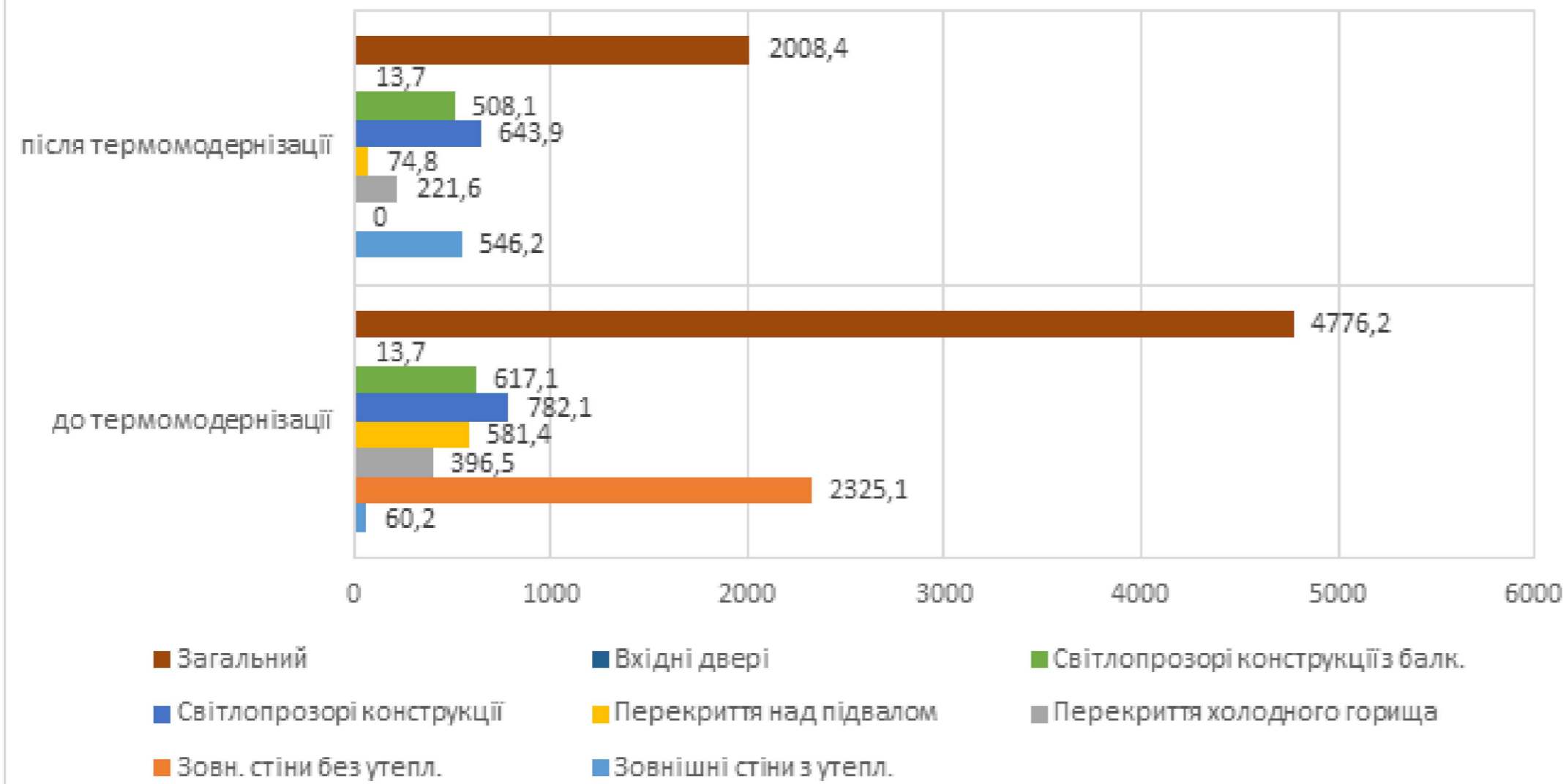


Конструкція вікна ОК-6



					601МНТ-№20338-ДП		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Порівняння енергетичних характеристик житлової будівлі в м. Полтава		
Виконав		Подолька А.В.			Літера	Маса	Масштаб
Перевір.		Червникова О.В.			Н		1 : 10
Т. констр.					Аркуш 3	Аркушів 5	
Н. констр.		Гузик Д.В.			НУПП ім Ю.Кондратюка		
Затверд.		Голік Ю.С.			Конструкція вікна ОК-6, ОК-7, ОК-8, Конструкція профіля рами вікна		

### Трансмісійний коефіцієнт передачі тепла Вт/К



					<b>601МНТ-№20338-ДП</b>				
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Порівняння енергетичних характеристик житлової будівлі в м. Полтава		Літера	Маса	Масштаб
Виконав	Подоляка А.В.						Н		
Перевір.	Червоникова О.В.				Трансмісійний коефіцієнт передачі тепла, річне енергоспоживання		Аркуш 5	Аркушів 5	
Т. контр.							НУПП ім Ю.Кондратюка		
Н. контр.	Гузик Д.В.								
Затверд.	Голік Ю.С.								