

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

Пояснювальна записка
до магістерської роботи

на тему: **РОЗРОБКА АЛЬТЕРНАТИВНОГО ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ
ЖИТЛОВОГО БУДИНКУ В М. ОДЕСА**

Виконав: студент групи бдНТ
спеціальності
144 Теплоенергетика
Шнейдер С.В.

Керівник д.т.н. проф. Кутний Б.А.
(прізвище та ініціали)

Рецензент Єрісов І.С.
(прізвище та ініціали)

Зав. кафедрою к.т.н. проф., Голік Ю.С.
(прізвище та ініціали)

Полтава - 2024

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.

"07" 09 2023 року

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

Шнейдер Сергій Вікторович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) РОЗРОБКА АЛЬТЕРНАТИВНОГО ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ ЖИТЛОВОГО БУДИНКУ В М. ОДЕСА

керівник проекту (роботи) Кутний Б.А. д.т.н. проф.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом вищого навчального закладу №986-фа від "4" 09.2023 року

2. Строк подання студентом проекту (роботи) _____

3. Вихідні дані до проекту (роботи) фундаментальний житловий будинок портального типу в м. Одеса

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

Визначити, розрахувати теплообмінні потужності, аналіз енергетичних показників житлового будинку для потреб центрального опалення, бойлерної, виділяючи методи розрахунку з урахуванням опалення житлового будинку та типу теплового носія, виділяючи методи опалення та типу теплового носія.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

План 1-го поверху, План 2-го поверху, гасиди в разі розриву та схеми ввікон і дверей, розташування об'єкту опалення житлового будинку

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1.	Результ. Прикладі Адаі розрахунок теплообтрат будинку, розрахунок проектної вартості опалення об'єкт теплоу вул. Прир. Вект.	09. 2023р	
2.	Результати тепло технічного розрахунку опалення вальних констр. будинку. Особні результати розрахунку теплообтрат будівлі.	10. 2023р	
3.	Потенціал використання сон. енергії для опалення будинку. Розрахунок потенці- алу використання сон. енергії для опалення будинку.	11. 2023р	
4.	Потенціал використання теплого маювача для опалення будинку. Підбір теплового маювача, вибір режиму експлуатації. Розрахунок термичу опалення.	12. 2023р	

Студент

Шнейдер
(підпис)

Керівник проекту (роботи)

Кутний
(підпис)

Шнейдер С.В.

(прізвище та ініціали)

Кутний Б.А.

(прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

ВСТУП	9
Вихідні дані	10
1.1 Параметри зовнішнього повітря.....	10
1.2 Проектна внутрішня температура.....	10
1.3 Визначення розмірів елементів будинку.....	12
2. Розрахунок тепловтрат будинку	12
2.1. Повні проектні втрати тепла та проектне теплове навантаження опалювального простору.....	13
2.2 Проектне теплове навантаження всієї будівлі.....	13
2.3 Проектні втрати тепла за рахунок теплопередачі.....	13
2.4 Втрати тепла безпосередньо назовні.....	14
2.5 Спрощена методика визначення втрат тепла за рахунок теплопередачі.....	15
2.6 Втрати через неопалювальний простір.....	17
2.7 Втрати тепла до суміжного опалювального простору з нижчою внутрішньою температурою.....	17
2.8 Розрахунок проектних втрат тепла до ґрунту простір.....	18
2.8.1 Коефіцієнт втрат тепла за рахунок теплопередачі до ґрунту.....	18
2.8.2 Визначення характеристичного розміру підлоги.....	19
2.8.3. Рівноважний коефіцієнт теплопередачі.....	19
3. Розрахунок проектних вентиляційних втрат тепла у випадку природної вентиляції	20
3.1 Проектні вентиляційні втрати тепла теплопередачі.....	20
3.2 Коефіцієнт проектних вентиляційних втрат тепла.....	20

					601НТ.10578412.МР			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Шнейдер С.В.			Розробка альтернативного енергопостачання житлового будинку в м. Одеса	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Кутний Б.А.					4	86
Н. Контр.		Кутний Б.А.				Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»		
Зав. Каф.		Голік Ю.С.						

4. А. Результати теплотехнічного розрахунку огорожувальних конструкцій будинку	21
4. Б. Основні результати розрахунку тепловтрат будинку	27
5. Потенціал використання сонячної енергії для опалення будинку	29
5.1 Геліотермічна установка	30
5.2 Компоненти геліотермічної установки	31
5.3 Плоский сонячний колектор	32
5.4 Вакуумний сонячний колектор.....	33
5.4.1 Вакуумний колектор типу теплової трубки (HEAT-PIPE).....	34
5.4.2 Вакуумний колектор з U-подібною трубкою.....	34
5.5 Порівняльна характеристика плоских і вакуумних сонячних колекторів ...	34
5.6 Проблема перегріву теплоносія у літні місяці.....	35
5.7 Фотоелектрична установка	37
5.8 Компоненти фотоелектричної установки	38
5.9 Розрахунок потенціалу використання сонячної енергії для опалення будинку	39
5.9.1 Ступінь заміщення палива	48
5.9.2 Розрахунок теплоакумуючої ємності	48
5.9.3 Розрахунок потужності циркуляційного насосу та підбір контролеру.....	52
5.9.4 Розрахунок терміну окупності сонячних колекторів	53
5.9.5 Розрахунок терміну окупності фотомодулів.....	55
6. Потенціал використання теплового насосу для опалення будинку	60
6.1 Принцип роботи теплового насосу.....	60
6.2 Класифікація теплових насосів за джерелом енергії (тепла)	62
6.2.1 Джерело тепла – повітря	62
6.2.2 Джерело тепла – вода	63
6.2.3 Джерело тепла – ґрунт з ґрунтовим колектором.....	64
6.2.4 Джерело тепла – ґрунт з геотермічним зондом	65

					601НТ.10578412.МР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

6.3	Можливі режими експлуатації теплових насосів	69
6.4	Розрахунок потенціалу використання теплового насосу для потреб опалення будинку.....	72
6.4.1	Підбір теплового насосу.....	72
6.4.1	Вибір режиму експлуатації теплового насосу	73
6.4.2	Параметри низькотемпературної системи опалення	73
6.4.3	Розрахунок терміну окупності теплового насосу	74
Додатки		80
Додаток А		80
Література		82

					<i>601НТ.10578412.МР</i>	Арк.
						6
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

РЕФЕРАТ

Дипломна робота другого (магістерського) рівня вищої освіти на тему «Розробка альтернативного енергопостачання житлового будинку в м. Одеса» містить 84 сторінок, 25 таблиць, 37 рисунків, 28 формул, 1 додаток. Перелік посилань нараховує 25 посилань.

Об'єкт дослідження – індивідуальний двоповерховий житловий будинок розташований у м. Одеса.

Предмет дослідження - оцінка ефективності та економічної доцільності використання фотоелектричних панелей, геліоколекторів та повітряного теплового насосу в приватному будівництві для потреб опалення.

Мета роботи – економічне порівняння використання відновлювальних джерел енергії в будівництві.

Методи досліджень – системний аналіз, теоретичний розрахунок та техніко-економічне порівняння.

Проведено аналітичні дослідження літературних джерел щодо використання геліоустановок та теплових насосів у приватному будівництві для потреб опалення.

Виконано розрахунок теплової енергії для потреб опалення будинку в умовах м. Одеса, підбрано необхідне технологічне обладнання геліосистем та повітряного теплового насосу для покриття розрахункового навантаження та обчислено економію коштів на оплаті енергоносіїв за опалювальний сезон.

Визначено вартість геліосистем на базі вакуумних колекторів та фотоелектричних модулів, вартість системи на базі повітряного теплового насосу та проведено аналіз їх термінів окупності.

					<i>601HT.10578412.MP</i>	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Ключові слова: сонячна енергія, геліосистема, фотоелектричні панелі, сонячний колектор, опалення будинку, сонячне теплопостачання, термін окупності геліосистеми, теплоенергетика, вакуумні сонячні колектори, фотоелектричні модулі, повітряний тепловий насос, термін окупності теплового насосу

					<i>601НТ.10578412.МР</i>	Арк.
						8
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

ВСТУП

В багатьох промислово розвинених країнах де резерви власного органічного палива сильно вичерпані або взагалі відсутні та енергетика яких базується на імпорتنих енергоносіях, питання використання нетрадиційних і поновлюваних джерел енергії стають все більш актуальними. Активно ведуться роботи по їх застосуванню в приватному будівництві та енергетиці України, навіть під час війни. Використання систем сонячного теплопостачання та теплових насосів є одним із найперспективніших способів генерації енергії для теплопостачання будинків.

Основними причинами, що стримують впровадження даних установок в Україні, є високий рівень початкових капітальних витрат, добова та сезонна нерівномірність виробництва сонячної енергії, а також залежність від кліматичних умов. Відповідно виникає питання щодо доцільності та економічної ефективності встановлення тієї чи іншої системи.

Дана робота присвячена порівняльному аналізу фотоелектричних сонячних панелей вакуумних колекторів та теплових насосів для потреб теплопостачання індивідуального житлового будинку в Україні. Виконано розрахунок теплової енергії для потреб опалення будинку в кліматичних умовах м. Одеса, підбрано необхідне технологічне обладнання для покриття розрахункового навантаження та обчислено економію коштів на оплаті енергоносіїв за опалювальний сезон при використанні сонячних систем теплопостачання та теплового насосу. Визначено вартість установок і та проведено аналіз їх термінів окупності.

					601НТ.10578412.МР	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. Вихідні дані до розрахунку

Вихідними даними до розрахунку є архітектурно-будівельні креслення будинку та інформація стосовно матеріалів зовнішніх огорожень, які наведені на кресленнях даної магістерської роботи. В якості основного джерела тепло в будинку використовується електричний котел.

1.1 Параметри зовнішнього повітря

Згідно з п. 5.13 ДБН В.2.5-67:2013 [1], як проектну температуру приймають температуру найбільш холодної 5-ти денки забезпеченістю 0,92, яку визначають за кол. 18 табл. 2 ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 «Будівельна кліматологія» [2].

Згідно зі стандартом EN 12831:2003 (E) [3] для розрахунку втрат тепла через підлоги по ґрунту та зовнішні стіни, що примикають до ґрунту, а також для обчислення втрат тепла за рахунок теплопередачі в суміжні опалювальні приміщення використовують середню річну зовнішню температуру, яку визначають за кол. 14 табл. 2 ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 [2].

1.2 Проектна внутрішня температура

Рекомендовані значення проектної внутрішньої температури для різних категорій приміщень наведені в табл. D.2 EN 12831:2003 (E) [3]. Проте більш інформативною та наочною є таблиця, що міститься у польському варіанті цього стандарту – PN-EN 12831:2006 (E) [4] (рис. 1).

					601HT.10578412.MP	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Призначення або спосіб використання приміщень	Приклади приміщень	$\theta_{int,i}$ °C
1	2	3
<ul style="list-style-type: none"> - такі, що не призначені для перебування людей, - промислові – під час роботи чергового опалення (в разі, якщо це допустиме за технологічними вимогами) 	склади без постійного обслуговуючого персоналу, індивідуальні гаражі, стоянки (без ремонтних майстерень), акумуляторні, машинні відділення та шахти ліфтів	5
<ul style="list-style-type: none"> - такі, в яких відсутні виділення тепла, а тривалість одноразового перебування людей у стані руху та у верхньому вуличному одязі не перевищує 1 год, - такі, в яких мають місце виділення тепла від технологічного обладнання, освітлення тощо понад 25 Вт на 1 м³ об'єму приміщення 	сходові клітки в житлових будинках компресорні, насосні, кузні, відділення теплової обробки	8
<ul style="list-style-type: none"> - такі, в яких відсутні виділення тепла, і які призначені для постійного перебування людей у верхньому вуличному одязі або таких, що займаються фізичною працею з енерговитратами понад 300 Вт, - такі, в яких мають місце виділення тепла від технологічного обладнання, освітлення тощо в межах від 10 до 25 Вт на 1 м³ об'єму приміщення 	склади з постійним перебуванням обслуговуючого персоналу, вхідні вестибюлі, очікувальні при глядацьких залах без гардеробів, церкви зали для фізичних занять з енерговитратами понад 300 Вт, формувальні цехи, машинні відділення холодильників, зарядні акумуляторів, торгові зали, рибні та м'ясні магазини	12
<ul style="list-style-type: none"> - такі, в яких відсутні виділення тепла, і які призначені для постійного перебування людей: <ul style="list-style-type: none"> - у верхньому вуличному одязі, сидячи або стоячи, - без верхнього вуличного одягу в стані руху або таких, що займаються фізичною працею з енерговитратами до 300 Вт, - такі, в яких мають місце виділення тепла від технологічного обладнання, освітлення тощо в межах до 10 Вт на 1 м³ об'єму приміщення 	глядацькі зали без гардеробів, громадські вбиральні, гардероби верхнього вуличного одягу, виробничі приміщення, гімнастичні зали кухні індивідуальні, що обладнані вугільними плитами	16

1	2	3
<ul style="list-style-type: none"> - такі, що призначені для постійного перебування людей без верхнього вуличного одягу, які не займаються постійною фізичною працею 	житлові приміщення, передпокої, кухні індивідуальні, що обладнані газовими або електричними плитами, офісні приміщення, зали засідань, музеї та художні галереї з гардеробами, аудиторії, котельні та теплові вузли	20
<ul style="list-style-type: none"> - такі, що призначені для роздягання, - такі, що призначені для перебування людей без одягу 	лазні, роздягальні, умивальні, душові, зали плавальних басейнів лікарські кабінети з роздяганням пацієнтів, палати для немовлят та дитячі кімнати в яслах, операційні	24

Рис. 1. Рекомендовані значення проектної внутрішньої температури для різних категорій приміщень

1.3 Визначення розмірів елементів будинку

Згідно зі стандартом EN 12831, у розрахунку втрат тепла за рахунок теплопередачі через зовнішні огороження необхідно використовувати зовнішні розміри огорожень, тобто такі, що вимірюються по зовнішній стороні будинку. Висоту стін необхідно вимірювати між верхніми рівнями підлог поверхів.

Стосовно внутрішніх огорожень, то найбільш доцільним є визначення розмірів в осях тих огорожень, що їх обмежують.

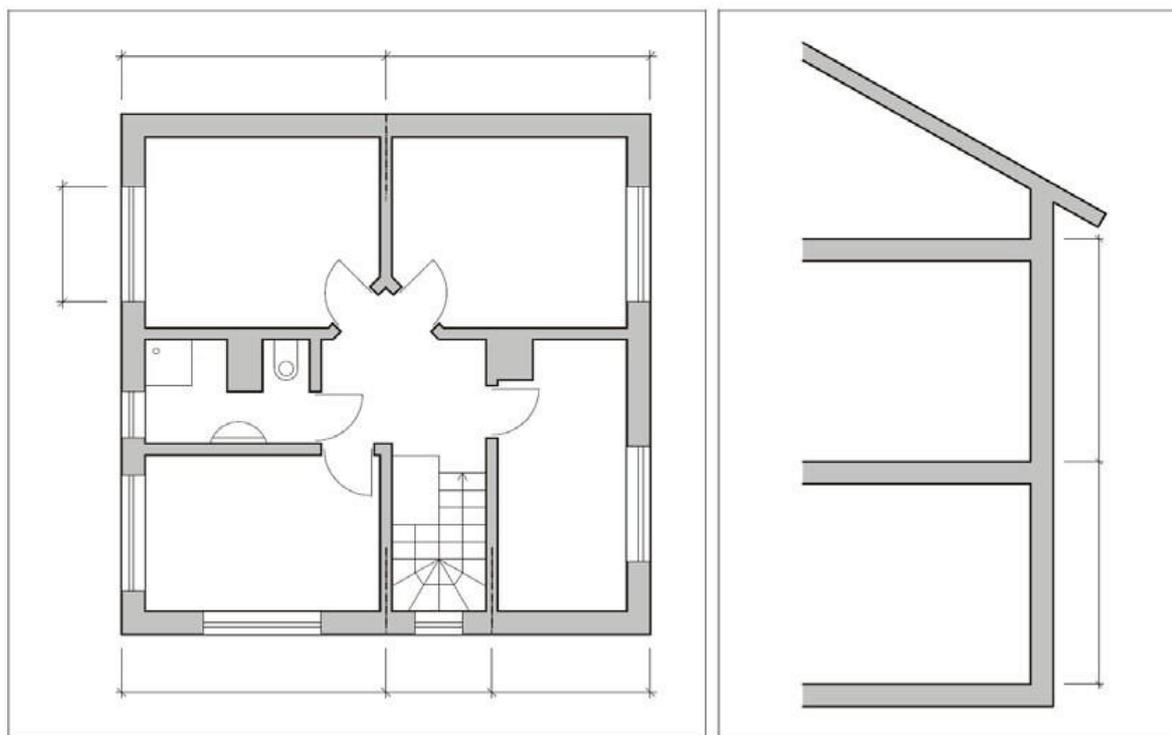


Рис 2. Приклад визначення горизонтальних та вертикальних розмірів зовнішніх огорожень будинку

2. Розрахунок тепловтрат будинку

Тепловтрати будинку, використаного в магістерській роботі було пораховано в програмному забезпеченні Oventrop OZC. Тому далі, будуть наведені залежності, які використовуються в цій програмі, без прикладу розрахунків.

									Арк.
									12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	601HT.10578412.MP				

2.1. Повні проектні втрати тепла та проектне теплове навантаження опалювального простору

Згідно зі стандартом EN 12831 повні проектні втрати тепла опалювального простору визначають за формулою (1) :

$$\Phi_i = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} , \text{ Вт}$$

де: $\Phi_{T,i}$ – проектні втрати тепла опалювально простору (i) за рахунок теплопередачі через огороження , Вт; $\Phi_{V,i}$ – проектні вентиляційні втрати тепла опалювального простору (i), Вт.

2.2. Проектне теплове навантаження всієї будівлі

Проектне теплове навантаження всієї будівлі обчислюють за формулою (2) :

$$\Phi_{HL} = \sum \Phi_{T,i} + \sum \Phi_{V,i} , \text{ Вт}$$

де $\sum \Phi_{T,i}$ – сума проектних втрат тепла за рахунок теплопередачі через усі огороження будувлі, за винятком того тепла, що передається всередині будівлі, Вт; $\sum \Phi_{V,i}$ – сума вентиляційних втрат тепла всіх опалювальних просторів будівлі, Вт.

2.3. Проектні втрати тепла за рахунок теплопередачі

Згідно зі стандартом EN 12831 проектні втрати тепла опалювального простору за рахунок теплопередачі обчислюють за формулою (3):

$$\Phi_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ig} + H_{T,ij}) \cdot (T_{int,i} - T_e) , \text{ Вт}$$

де: $H_{T,ie}$ – коефіцієнт втрат тепла за рахунок теплопередачі з опалювального простору (i) до навколишнього середовища (e) через оболонку будівлі, Вт/К; $H_{T,iue}$ - коефіцієнт втрат тепла за рахунок тепло-передачі з опалювального простору (i) до навколишнього середовища (e) через неопалювальні простори (u), Вт/К; $H_{T,ig}$ – кофіцієнт втрат тепла за рахунок

					601HT.10578412.MP	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

теплопередачі з опалювального простору (i) до ґрунту (g) у сталих умовах, Вт/К; $H_{T,ij}$ - коефіцієнт втрат тепла за рахунок теплопередачі з опалювального простору (i) до суміжного опалювального простору (j) за різниці температур більше 3°C, Вт/К; $T_{int,i}$ - проектна внутрішня температура опалювального простору (i), °C; T_e - проектна зовнішня температура, °C.

2.4. Втрати тепла безпосередньо назовні

Значення коефіцієнта втрат тепла $H_{T,ie}$ за рахунок теплопередачі з опалювального простору (i) до навколишнього середовища (e) залежить від розмірів та характеристик елементів будинку, що відокремлюють опалювальний простір від зовнішнього середовища (стіни, підлога, перекриття, вікна, двері тощо). Згідно зі стандартом EN 12831, також ураховують вплив лінійних теплових мостів. Значення коефіцієнта $H_{T,ie}$ обчислюють за формулою (4):

$$H_{T,ie} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot e_k + \sum_l \psi_l \cdot l_l \cdot e_l, \text{ Вт/К}$$

де: A_k - площа елемента будинку (k), м²; U_k - коефіцієнт теплопередачі огородження (k), Вт/(м² · К); l_l - довжина лінійного теплового мосту (l) між внутрішнім і зовнішнім просторами, м; e_k та e_l - поправкові коефіцієнти на орієнтацію огородження з урахуванням впливу таких факторів, як тип ізоляції, абсорбція вологи елементами будівлі, швидкість вітру та температура (у випадку якщо ці впливи не були враховані раніше при визначенні коефіцієнта U_k). За відсутності національних вимог коефіцієнт e_k та e_l приймають за додатком D.4.1 нормативного документа EN 12831:2003 (E) рівним 1,0; ψ_l - значення теплопередачі лінійного теплового мосту.

У даному дипломному проекті теплові мости розраховано наближеним способом з використанням табличних значень, що наведені в EN ISO 14683 [5].

					601HT.10578412.MP	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.5. Спрощена методика визначення втрат тепла за рахунок теплопередачі

При розрахунку тепловтрат за рахунок теплопередачі теплові мости можна враховувати спрощеним методом, який полягає в коригуванні значення коефіцієнта теплопередачі за такою формулою (5):

$$U_{kc} = U_k + \Delta U_{tb}, \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

де: U_{kc} – скоригований коефіцієнт теплопередачі елемента будівлі (k) з урахуванням лінійних теплових мостів, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$; U_k – коефіцієнт теплопередачі елемента будівлі (k), $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$; ΔU_{tb} – коригувальний коефіцієнт, що залежить від типу елемента будівлі, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$.

Орієнтовні значення коефіцієнта ΔU_{tb} наведені в додатку D.4.1 EN 12831:2003 (E) [3] (див. табл. 1-3).

Таблиця 1. Коригувальний коефіцієнт ΔU_{tb} для вертикальних елементів будинку

Кількість перекриттів, що перетинають теплоізоляцію	Кількість стін, що перетинаються	ΔU_{tb} , $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$, при об'ємі простору	
		$\leq 100 \text{ м}^3$	$> 100 \text{ м}^3$
0	0	0,05	0
	1	0,10	0
	2	0,15	0,05
1	0	0,20	0,10
	1	0,25	0,15
	2	0,30	0,20
2	0	0,25	0,15
	1	0,30	0,20
	2	0,35	0,25

Таблиця 2. Коригувальний коефіцієнт ΔU_{tb} для горизонтальних елементів будинку

Елемент будинку			ΔU_{tb} , Вт/(м ² ·К)
Легка підлога (дерево, метал тощо)			0
Важка підлога (бетон тощо)	Кількість сторін, що контактують із зовнішнім середовищем	1	0,05
		2	0,10
		3	0,15
		4	0,20

Таблиця 3. Коригувальний коефіцієнт ΔU_{tb} для прорізів

Площа елемента будинку, м ²	ΔU_{tb} , Вт/(м ² ·К)
0 – 2	0,50
>2 – 4	0,40
>4 – 9	0,30
>9 – 20	0,20
>20	0,10

Поняття елементів будинку, які «перетинають» та «не перетинають» теплову ізоляцію, ілюструють приклади, що наведені на рис. 3.

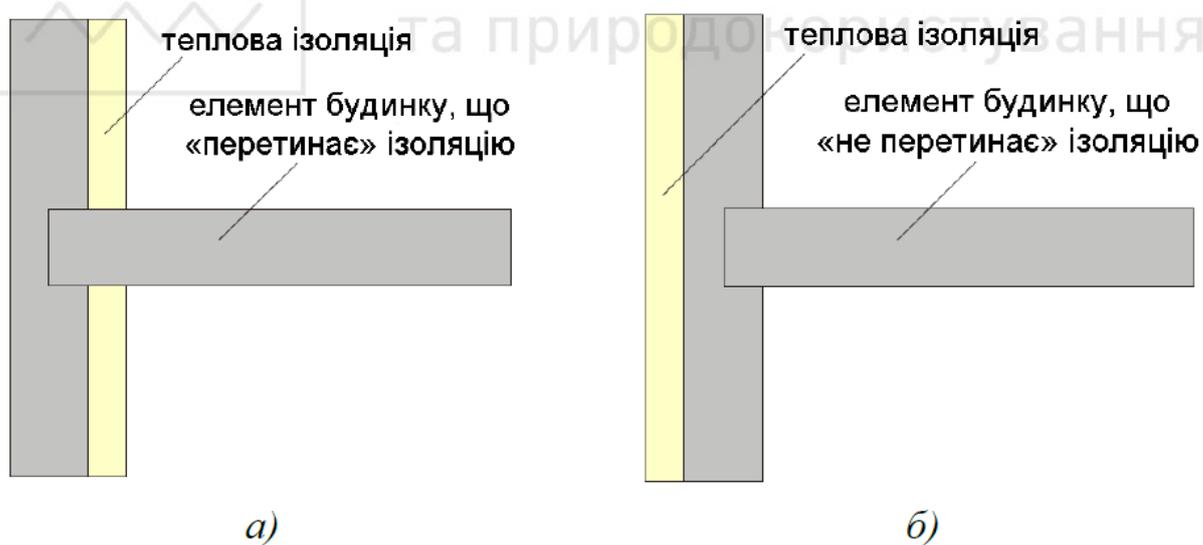


Рис. 3. Приклади елементів будинку, що «перетинають» (а) та «не перетинають» (б) теплову ізоляцію

2.6. Втрати через неопалювальний простір

Згідно зі стандартом EN 12831, передбачена методика визначення втрат тепла через неопалювальний простір, але так як в даному будинку, який розглянуто даній дипломній роботі таких приміщень не має, то методику розрахунку розглядати не будемо.

2.7. Втрати тепла до суміжного опалювального простору з нижчою внутрішньою температурою

Згідно зі стандартом EN 12831 коефіцієнт втрат тепла за рахунок теплопередачі з опалювального простору (i) до суміжного опалювального простору (j) за різниці температур більше 3°C обчислюють за формулою (6):

$$H_{T,ij} = \sum_k f_{ij} \cdot A_k \cdot U_k, \text{ Вт/К}$$

де: f_{ij} – коефіцієнт пониження температури, що враховує різницю між температурою суміжного опалювального простору та проектною зовнішньою температурою; A_k – площа елемента будинку (k), м^2 ; U_k – коефіцієнт теплопередачі огороження (k), $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$.

У випадку розрахунку втрат тепла в суміжний опалювальний простір з нижчою температурою не враховують вплив теплових мостів.

Коефіцієнт пониження температури обчислюють за таким виразом (7):

$$f_{ij} = \frac{T_{int,i} - T_j}{T_{int,i} - T_e},$$

де $T_{int,i}$ – проектна внутрішня температура опалювального простору (i), $^{\circ}\text{C}$; T_j – температура прилеглого опалювального простору, $^{\circ}\text{C}$. T_e – проектна зовнішня температура, $^{\circ}\text{C}$.

Орієнтовні значення температури опалювального простору прийняті за додатком D.4.4 EN 12831:2003 (E) [3], суміжного приміщення в тій самій групі

					601НТ.10578412.МР	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

приміщень (наприклад, у тій самій квартирі) – визначається від призначення приміщення.

2.8. Розрахунок проектних втрат тепла до ґрунту

2.8.1 Коефіцієнт втрат тепла за рахунок теплопередачі до ґрунту

Згідно зі стандартом EN 12831, коефіцієнт втрат тепла за рахунок теплопередачі з опалювального простору (i) до ґрунту (g) у сталих умовах розраховують за формулою (8):

$$H_{T,ig} = f_{g_1} \cdot f_{g_2} \cdot (\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k}) \cdot G_w, \text{ Вт/К},$$

де: f_{g_1} - поправковий коефіцієнт, що враховує вплив річних коливань зовнішньої температури; f_{g_2} - коефіцієнт зниження теамператури, що враховує різницю між середньою річною зовнішньою температурою та проектною зовнішньою температурою; A_k - площа елемента будинку (k), м²; $U_{equiv,k}$ - рівноважний коефіцієнт теплопередачі елемента огороження (k), Вт/(м·К); G_w – коефіцієнт, що враховує вплив ґрунтових вод.

За відсутності національних вимог поправковий коефіцієнт $f_{g_1} = 1,45$.

Коефіцієнт зниження теамператури f_{g_2} обчислюють за формулою (9):

$$f_{g_2} = \frac{T_{int,i} - T_{m,e}}{T_{int,i} - T_e}$$

де: $T_{int,i}$ - проектна внутрішня тепература опалювального простору (i), °С; $T_{m,e}$ - середня річна зовнішня температура, °С; T_e - проектна зовнішня температура, °С.

Зазавичай, ґрунтові води не чинять суттєвого впливу на теплопередачу у ґрунт, за винятком тих випадків, коли рівень ґрунтових вод високий, а потік тепла порівняно значний. У даному дипломному проекті, коефіцієнт G_w прийнято наближено за додатком Н стандарту EN ISO 13370 [6] рівним одиниці, тобто $G_w = 1$.

					601НТ.10578412.MP	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.8.2 Визначення характеристичного розміру підлоги

Щоб визначити величину втрат тепла через підлогу по ґрунту обчислюють характеристичний розмір підлоги B' , який обчислюється за формулою (10):

$$B' = \frac{A}{0.5 \cdot P}, \text{ м}$$

де A – площа підлоги, м^2 ; P – периметр підлоги по обводу зовнішніх стін, м.

Характеристичний розмір підлоги, згідно стандарту EN 12831, по відношенню до окремих приміщень, у даній дипломній роботі визначений двома способами:

- для приміщень без зовнішніх стін застосовано значення B' , що обчислене для всього будинку;
- для всіх приміщень з добре ізолюваною підлогою ($U_{\text{підлоги}} < 0,5 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$) також було застосоване значення B' , що обчислене для всього будинку.

2.8.3. Рівноважний коефіцієнт теплопередачі

Значення рівноважного коефіцієнта теплопередачі підлоги по ґрунту, визначено згідно графіку і таблиці, яка наведена в EN 12831:2003 (E) [3] (див. рис. 4).

					601HT.10578412.MP	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

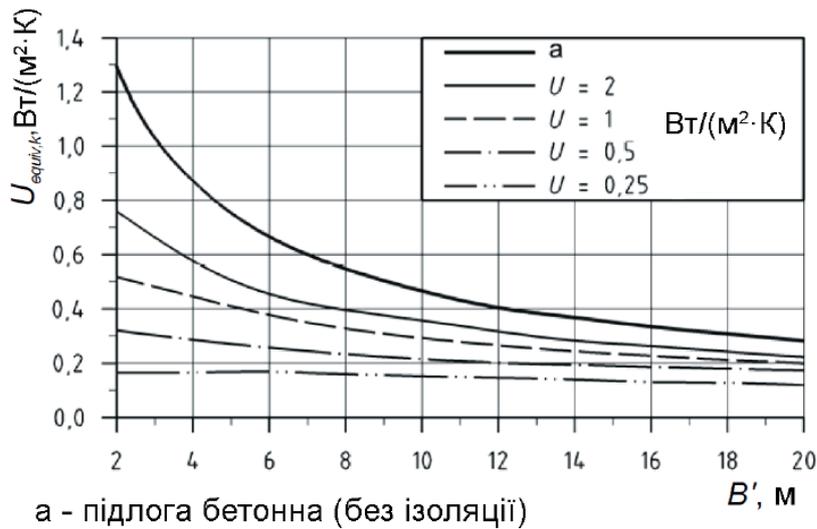


Рис. 4. Рівноважний коефіцієнт теплопередачі підлоги на рівні ґрунту

3. Розрахунок проектних вентиляційних втрат тепла у випадку природної вентиляції

3.1. Проектні вентиляційні втрати тепла

Згідно з EN 12831 розрахунок проектних вентиляційних втрат тепла опалювального простору обчислюють за формулою (11):

$$\Phi_{V,i} = H_{V,i} \cdot (T_{int,i} - T_e), \text{ Вт}$$

де: $H_{V,i}$ – коефіцієнт проектних вентиляційних втрат тепла, Вт/К; $T_{int,i}$ – проектна внутрішня температура опалювального простору (i), °С; T_e – проектна зовнішня температура, °С.

3.2. Коефіцієнт проектних вентиляційних втрат тепла

Коефіцієнт $H_{V,i}$ обчислюють за формулою (12):

$$H_{V,i} = V_i \cdot \rho \cdot c_p, \text{ Вт/К}$$

де: V_i – об'ємна витрата вентиляційного повітря опалювального простору (i), м³/год; ρ – густина повітря при температурі $T_{int,i}$, кг/м³; c_p – питома теплоємність повітря при температурі $T_{int,i}$, Дж/(кг·К);

									Арк.
									20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	601НТ.10578412.МР				

Якщо знехтувати для спрощення залежністю густини і питомої теплоємності повітря від його температури та переводячи витрату повітря в м³/год, отримаємо наступне рівняння (13):

$$H_{V,i} = 0,34 \cdot V_i, \text{ Вт/К}$$

Мінімальна кратність згідно з гігієнічними вимогами, год⁻¹, в даному дипломному проекті була прийнятою 0,5 год⁻¹.

4.А. Результати теплотехнічного розрахунку огорожувальних конструкцій будинку

Опір теплопередачі огорожувальної конструкції обчислюється за формулою (14):

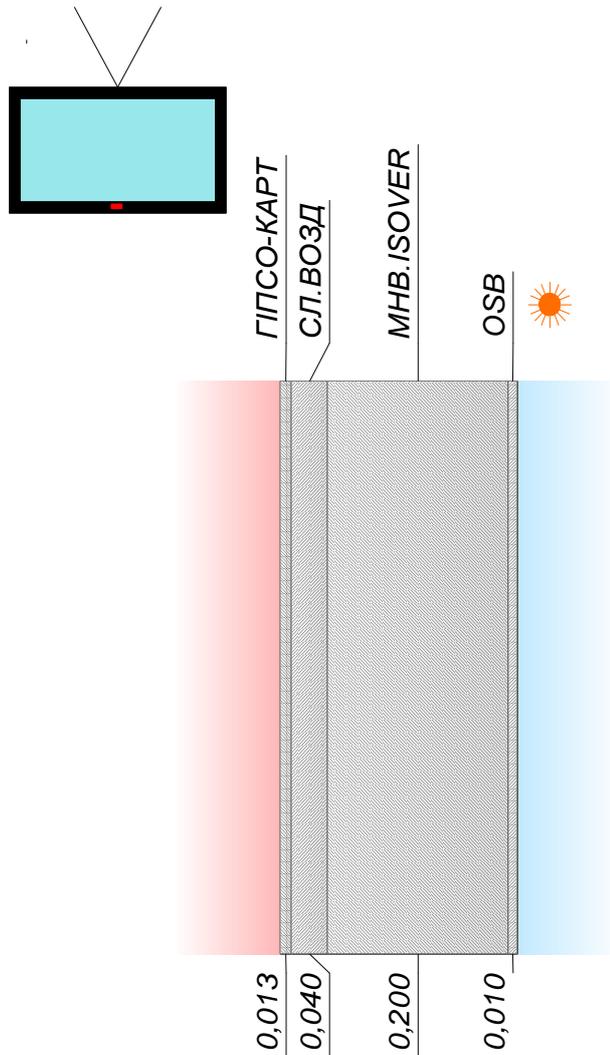
$$R_o = \frac{1}{\alpha_B} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{\delta_{ут}}{\lambda_{ym}} + \frac{1}{\alpha_3}, \text{ м}^2 \cdot \text{°С/Вт}$$

де α_B, α_3 – коефіцієнти теплообміну біля внутрішньої і зовнішньої поверхні огорожувальних конструкцій, м² · °С/Вт (значення приймаємо згідно ДСТУ Б В.2.6-189:2013 [7]); $\sum \frac{\delta_i}{\lambda_i}$ - сума термічних опорів шарів огорожувальної конструкції, м² · °С/Вт; δ_i і λ_i – товщина (м) і теплопровідність (Вт/(м·К)) шару огорожувальної конструкції.

Значення теплопровідності λ приймаємо згідно з ДСТУ Б В.2.6-189:2013 [7].

Основні результати теплотехнічного розрахунку огорожувальних конструкцій будинку, які пораховано в програмному забезпеченні Oventrop OZC наведені на рисунках нижче.

					601НТ.10578412.МР	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

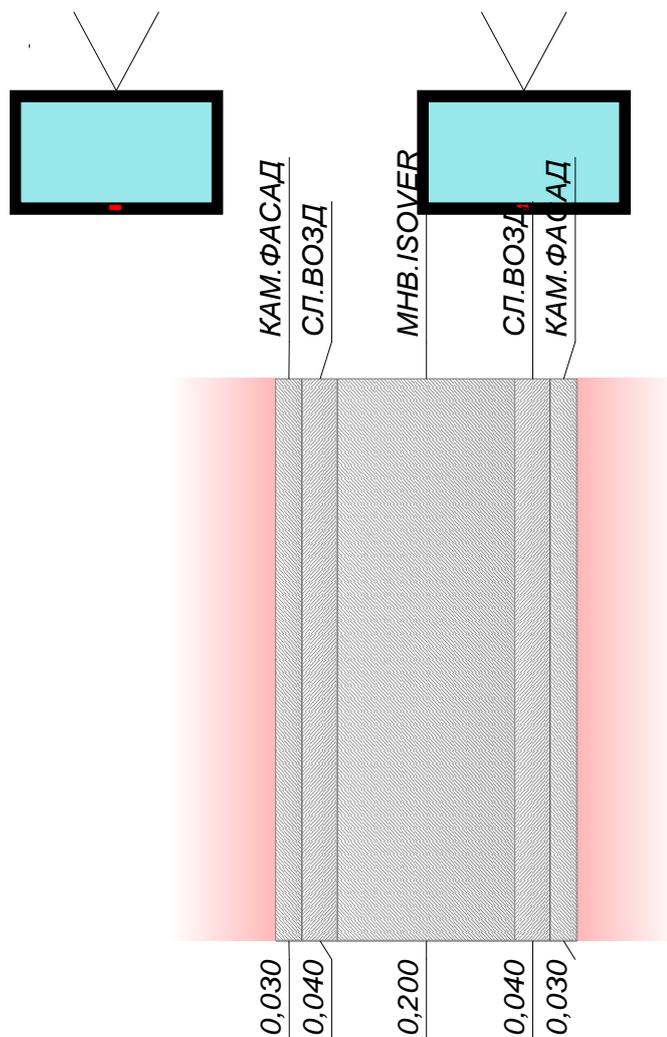


Символ: ЗВ СТІНА. Описание: Стена наружная 26,3 см. Вид: Стена наружная. Влажностный режим: Нормальный.

Символ	d	Описание материала	λ	ρ	c_p	R
	м		Вт/(м·К)	кг/м ³	кДж/(кг·К)	м ² ·К/Вт
ГПСО-КАРТ	0,0125	Гипсокартон, джерело: Інтернет	0,150			0,08
СЛ.ВОЗД	0,0400	Прослойка воздуха неветилируемого.				0,18
МНВ.ISOVER	0,2000	Мінеральна вата: Isover	0,037			5,40
OSB	0,0100	OSB - джерело: Інтернет	0,140			0,07

Сопrotивление теплопередаче внутри R_i: 0,130 м²·К/Вт. Толщина G: 0,263 м. Сумма сопротивлений: 5,910 м²·К/Вт. Козфциц. теплоперед.U: 0,169 Вт/м²·К.

Рис. 5. Теплотехнічний розрахунок зовнішньої стіни будинку



Символ: **ВНУТР СТ** Описание: Заранее определенное На заказ Изъято из производства

Производитель: **Стена внутренняя 34,0 см** Вид: Неоднородная конструкция Влажностный режим: **Нормальный** Каталогный номер: _____

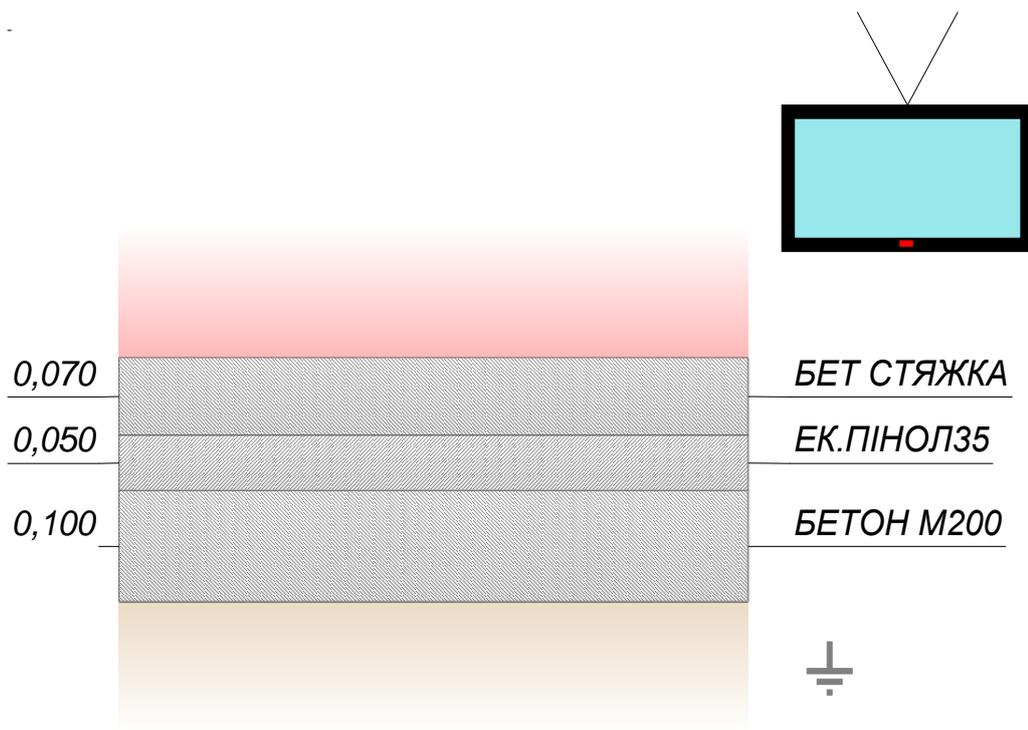
Символ	d	Описание материала	λ	ρ	c_p	R
	м		Вт/(м·К)	кг/м ³	кДж/(кг·К)	м ² ·К/Вт
КАМ. ФАСАД	0,0300	Плиты та вироби з природного каменю: гра	3,490	2800	0,880	0,00
СЛ. ВОЗД	0,0400	Прослойка воздуха неветилируемого.				0,18
МНВ. ISOVER	0,2000	Мінеральна вата: Isover	0,037			5,40
СЛ. ВОЗД	0,0400	Прослойка воздуха неветилируемого.				0,18
КАМ. ФАСАД	0,0300	Плиты та вироби з природного каменю: гра	3,490	2800	0,880	0,00

Сопrotивление теплопередаче внутри R_i: **0,130** м²·К/Вт Толщина G: **0,340** м Ограждение с указанными размерами

Сопrotивление теплопередаче: **0,130** м²·К/Вт Сумма сопротивлений: **6,043** м²·К/Вт

Козффициент теплоперед. U: **0,165** Вт/м²·К

Рис. 6. Теплотехнічний розрахунок внутрішньої стіни будинку



Символ: **ПІДЛОГА** Описание: Заранее определенное На заказ Изъято из производства

Производитель: Вид: Неоднородная конструкция Влажностный режим: **Нормальный** Каталогный номер:

Стена, примыкающая к полу: **ЗВ СТИНА** Z_{gw} : **3,25** м

Горизонтальная теплоизоляция: d_{nh} м D_h м

Вертикальная теплоизоляция: d_{nv} м D_v м

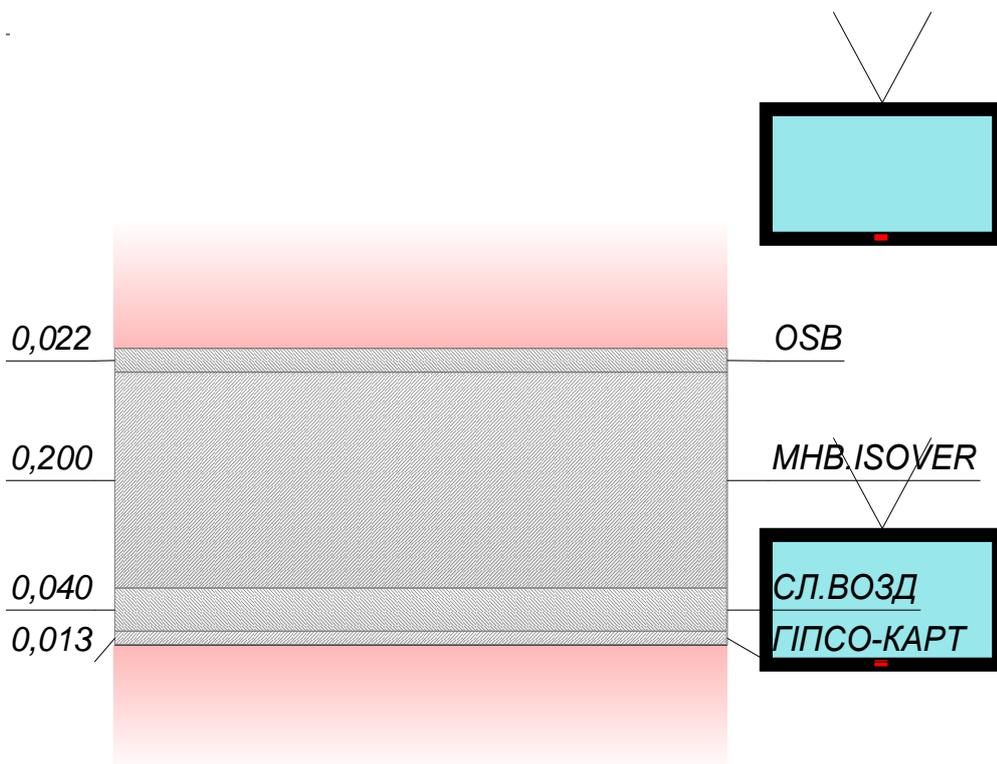
Символ	d	Описание материала	λ	ρ	c_p	R
	м		Вт/(м·К)	кг/м ³	кДж/(кг·К)	м ² ·К/Вт
БЕТ СТЯЖКА	0,0700	Бетонна стяжка	1,400	2200	0,840	0,05
ЕК.ПІНОЛ35	0,0500	Екструдований пінополістирол - ДСТУ	0,036	35	1,450	1,38
БЕТОН М200	0,1000	Чорнова стяжка (бетон М200, арматура 8мм)	2,040			0,04

Равноценное сопротивление грунта вместе с сопротивлениями теплопередаче: **1,232** м²·К/Вт Толщина G: **0,220** м Ограждение с указанными размерами

Сумма сопротивлений: **2,720** м²·К/Вт

Кoeffиц. теплоперед. U: **0,368** Вт/м²·К

Рис. 7. Теплотехнічний розрахунок підлоги на ґрунті



Символ: ПЕРЕКРЫТТЯ | Описание: Заранее определенное На заказ Изъято из производства

Производитель: | Вид: Неоднородная конструкция | Влажностный режим: Отдача тепла от перекрытия в | Нормальный | Каталогный номер:

Символ	d	Описание материала	λ	ρ	c_p	R
	м		Вт / (м · К)	кг/м ³	кДж / (кг · К)	м ² · К/Вт
OSB	0,0220	OSB - джерело: Інтернет	0,140			0,15
МНВ.ISOVER	0,2000	Мінеральна вата: Isover	0,037			5,40
СЛ.ВОЗД	0,0400	Прослойка воздуха неветилируемого.				0,16
ГИПСО-КАРТ	0,0125	Гіпсокартон, джерело: Інтернет	0,150			0,08

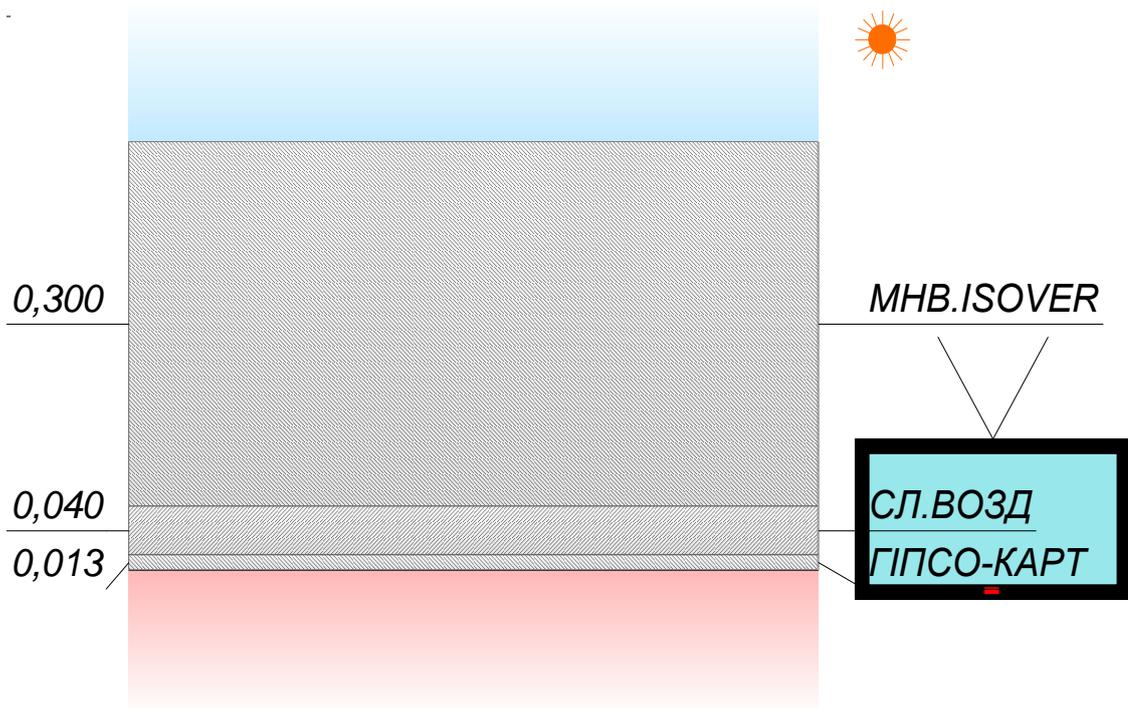
Сопrotивление теплопередаче внутри R_i: 0,100 м²·К/Вт | Толщина G: 0,275 м | Ограждение с указанными размерами

Сопrotивление теплопередаче: 0,100 м²·К/Вт | Сумма сопротивлений: 6,006 м²·К/Вт

Кoeffиц. теплоперед.U: 0,167 Вт/м²·К

Рис. 8. Теплотехнічний розрахунок перекрытия первого поверху

					601HT.10578412.MP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25



Символ: ПЕРЕКР.ГОР Описание: Заранее определенное На заказ Изъято из производства

Производитель: Вид: Неоднородная конструкция Влажностный режим: Нормальный Конструкция: Тяжела Каталожный номер:

Символ	d	Описание материала	λ	ρ	c_p	R
	м		Вт/(м·К)	кг/м ³	кДж/(кг·К)	м ² ·К/Вт
МНВ.ISOVER	0,3000	Мінеральна вата: Isover	0,037			8,10
СЛ.ВОЗД	0,0400	Прослойка воздуха неветилируемого.				0,16
ГИПСО-КАРТ	0,0125	Гіпсокартон, джерело: Інтернет	0,150			0,08

Сопrotивление теплопередаче внутри R_i: 0,100 м²·К/Вт Толщина G: 0,352 м Ограждение с указанными размерами

Сопrotивление теплопередаче с: 0,100 м²·К/Вт Сумма сопротивлений: 8,551 м²·К/Вт

Коеффициент теплоперед.U: 0,117 Вт/м²·К

Рис. 9. Теплотехнічний розрахунок перекрытия второго поверху

Приведенный опір теплопередачі вікон становить $0,52 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$,
 відповідно коефіцієнт теплопередачі становить: $U = 1/0,52 = 1,923 \text{ Вт}/\text{м}^2 \cdot \text{°C}$.

					601HT.10578412.MP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

Приведений опір вхідних дверей становить $0,6 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$, відповідно коефіцієнт теплопередачі становить: $U = 1/0,6 = 1,667 \text{ Вт}/\text{м}^2 \cdot \text{°C}$.

4.Б. Основні результати розрахунку тепловтрат будинку

Основні результати розрахунку тепловтрат будинку, який було проведено в програмному забезпеченні Oventrop OZC, наведено в таблицях нижче:

Таблиця 4. Основні результати розрахунку тепловтрат будівлі

Загальні дані:		
Назва проєкту:	Розрахунок тепловтрат будинку	
Місто:	Україна, м. Одеса	
Адреса:		
Проєктувальник:	Шнейдер Сергій	
Норми:		
Норма для виконання розрахунку коеф. теплопередачі:	PN-EN ISO 6946	
Норма для виконання розрахунку проєкт. теплового навантаження:	PN-EN 12831:2006	
Кліматичні дані:		
Кліматична зона:	Перша	
Проєктна зовнішня температура θ_e :	-18	°C
Середня річна зовнішня температура $\theta_{m,e}$:	10,3	°C
Основні результати розрахунку будівлі:		
Опалювальна площа будівлі A_H :	117,7	м^2
Опалювальний об'єм будівлі V_H :	346,8	м^3
Проєктні втрати тепла за рахунок теплопередачі ФТ:	7589	Вт
Проєктні втрати тепла на вентиляцію ФV:	2151	Вт
Повні проєктні втрати тепла Ф:	9740	Вт
Проєктне теплове навантаження будівлі ФHL:	9740	Вт
Розрахунок проєктних вентиляційних втрат тепла:		
Інфільтрація крізь оболонку будівлі V_{infr} :	50,7	$\text{м}^3/\text{Год}$
Середня к-сть повітрообмінів n:	0,5	

					601HT.10578412.MP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

Витрата припливного повітря згідно з гігієнічними вимогами V_v :	169,0	$m^3/год$
Дані за замовчуванням стосовно вентиляції:		
Температура припливного повітря:	-18	$^{\circ}C$
Дані за замовчуванням для розрахунків:		
Тип будівлі:	Одноквартирна	
Тип конструкції будівлі:	Легка	
Вид регулювання	Індивідуальне рег.	
Статистика будівлі:		
К-сть поверхів	2	
К-сть приміщень	12	

Таблиця 5. Тепловтрати приміщень

Інформація про проектну температуру в приміщеннях та про необхідну проектну теплову потужність опалювальних приладів у приміщеннях:			
Символ	$\theta_{int,N}$ $^{\circ}C$	$\Phi_{HL,c}$ Вт	Опис
Перший поверх			
1	20	2929	Кухня-вітальня
2	20	0	Тамбур
3	20	2036	Сходова
4	20	0	Технічне приміщення
5	25	516	Санвузол
Другий поверх			
1	20	1327	Спальня-1
2	20	1494	Спальня-2
3	20	626	Спальня-3
4	20	0	Гардероб-1
5	20	464	Гардероб-2
6	25	446	Санвузол
7	20	0	Коридор

За рівнем інтенсивності сонячного випромінювання можна виділити чотири регіони - Центральний, Західний, Південно-Східний і Південний (рис. 11).



Рис. 11. Розподіл території України за зонами

Залежно від регіону, рівень сонячної радіації, що припадає на 1 м^2 , становить до $1000\text{-}1350 \text{ кВт} / (\text{рік} \cdot \text{м}^2)$ [9].

5.1 Геліотермічна установка

Геліотермічні установки використовуються для нагріву води санітарного призначення, для підтримки системи опалення, а також для підігріву води в басейні. За допомогою типової геліотермічної установки, можна забезпечити до 80% річної потреби гарячої води. В залежності від стану утеплення будинку, можна забезпечити до 40% потреби теплової енергії для опалення.

										Арк.
										30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	601НТ.10578412.MP					

Сучасна система опалення приватного будинку, являє собою комбінацію з різних джерел теплової енергії, як правило комбінують газовий або електричний котел, тепловий насос, палетний камін з геліотермічною установкою, так як повністю забезпечити будинок тепловою енергією від Сонця наразі не можливо, тому в даних установках дублер необхідний [10].

5.2 Компоненти геліотермічної установки

Технологічний розвиток сонячних колекторів практично досягнув свого найбільшого розвитку і в найближчому майбутньому не передбачається великих змін, особливо в його конструкції.

Виробники намагаються знайти потенціал для оптимізації саме у зменшенні вартості матеріалів, які використовуються для виготовлення колектору. Тому, на даний момент, науковий світ тягнеться до розширення сфери застосування геліотермічних установок.

На вітчизняному ринку представлено два основних типи сонячних колекторів - плоскі та вакуумні. Ці два типи колекторів відрізняються будовою та різними показниками продуктивності. Продуктивність сонячного колектору залежить від декількох основних факторів, по перше це - технічні характеристики самого колектора: коефіцієнт корисної дії та коефіцієнти тепловтрат; по друге це - потужність сонячного випромінювання, зовнішня температура і робоча температура колектора.

Серцем будь-якого колектору - є абсорбер. За його допомогою сонячне світло перетворюється в теплову енергію. Абсорбер - це спеціальне покриття, темно-синього кольору, яке наноситься (напилюється) на внутрішню поверхню сонячного колектору. Високоселективне покриття забезпечує максимальне перетворення сонячного світла в тепло, будова колектора повинна забезпечити мінімальні втрати теплової енергії з поверхні абсорберу. Селективний

					<i>601HT.10578412.MP</i>	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

шар поглинає до 95 % сонячної інсоляції. Абсорбуючий шар може бути виконаний на основі чорного хрому або оксиду титану і кремнію. До кожного сонячного колектору підводяться трубопроводи по яких подається теплоносій, що забезпечує передачу теплової енергії від колектора до системи опалення [10].

5.3 Плоский сонячний колектор

Плоский сонячний колектор складається з корпусу, в основі, якого знаходиться теплоізолюючий матеріал, який зменшує втрати тепла через нижню частину колектора (рис. 12). Система трубопроводів розташована над теплоізоляцією, далі знаходиться абсорбер у вигляді металевої пластини на яку нанесений високоселективний матеріал.



Рис. 12. Плоский сонячний колектор

На поверхні розташоване спеціальне скло з низьким вмістом заліза, що дає змогу зменшити рефлекторну здатність скляної поверхні.

										Арк.
										32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	601НТ.10578412.МР					

Розміри стандартного плоского колектору становлять 2 - 2,5 м². Більшість виробників, пропонують різні види кріплень для будь-яких типів даху та виду покрівлі [10].

5.4 Вакуумний сонячний колектор

Принцип перетворення сонячного світла в теплову енергію у плоского колектора і у вакуумного - абсолютно ідентичний. Основна відмінність полягає в якості теплоізоляції, оскільки вакуумний колектор (рис. 13) складається з багатьох вакуумних колб, які виконані за принципом термосу.



Рис. 13. Трубчастий вакуумний колектор

Абсорбуюче покриття нанесене на внутрішню трубку колби. Вакуум характеризується відмінними теплоізолюючими якостями, що дозволяє використовувати колектор даного типу для вироблення високотемпературного теплоносія [10].

5.4.1 Вакуумний колектор типу теплової трубки (HEAT-PIPE)

Особливість даного типу колекторів полягає у використанні теплової трубки, тобто це герметична мідна трубка, в середині якої вакуум. Ця трубка заповнена невеликою кількістю рідини, яка починає випаровуватися при потраплянні сонячних променів на площину абсорбера. Пар піднімається у верхню частину мідної трубки, передає тепло вторинному теплоносієві, конденсує і повертається в рідкій формі в початкове положення [10].

5.4.2 Вакуумний колектор з U-подібною трубкою

Вакуумний колектор з U-подібною трубкою являє собою систему трубопроводів, яка виконана таким чином, що вторинний теплоносій відразу нагрівається сонячними променями. Як правило колектори встановлюються під певним кутом нахилу та з певною орієнтацією стосовно сторін світу, без можливості зміни цих параметрів в процесі експлуатації установки. Сонячні промені потрапляють на площину колектора під різним кутом протягом дня впродовж всього року, особливі відмінності спостерігаються між літнім та зимовим періодами [10].

5.5 Порівняльна характеристика плоских і вакуумних сонячних колекторів

У даному дипломному проекті використано саме вакуумні сонячні колектори, які за рахунок вакуумного середовища мають вищий коефіцієнт корисної дії ніж плоскі.

Дослідження показують, що при рівній площі, яку займають плоский чи вакуумний колектор, апертурна (корисна, активна) площа останнього майже на 20% більше.

Переваги та недоліки цих двох типів наведені в табл. 6.

					601НТ.10578412.МР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

Таблиця 6. Порівняльна характеристика плоских і вакуумних сонячних колекторів

Вакуумні сонячні панелі	Плоскі сонячні панелі
Переваги:	
Низькі тепловтрати	Здатність очищатися від снігу та інію
Працюють в холодну пору року до -30°C	Висока продуктивність влітку
Здатність генерувати високі температури	Можливість установки під будь-яким кутом
Тривалий період часу роботи протягом доби	Відмінне співвідношення ціна/продуктивність для південних широт та теплого клімату
Зручність монтажу	Менша початкова вартість
Низька парусність	
Відмінне співвідношення ціна/продуктивність для помірних широт та холодного клімату	
Недоліки:	
Неспроможність до самоочищення від снігу	Високі тепловтрати
Відносно висока початкова вартість проекту	Низька працездатність в холодну пору року
Робочий кут нахилу не менше 20°	Складність монтажу, пов'язана з необхідністю доставки на дах зібраного колектора
	Висока парусність

5.6 Проблема перегріву теплоносія у літні місяці

Суттєвим неділок сонячних колекторів, особливо, цілорічної дії є проблема перегріву теплоносія у літні місяці. Якщо вчасно не забрати тепло з колектора за допомогою теплоносія, його температура може значно піднятися. Температура колектора може сягнути 500°C і вище.

Такий рівень нагрівання відбувається в основному тоді, коли продуктивність сонячної системи значно перевищує споживання гарячої води. Більше того, звичайна сонячна система, в такому випадку, переходить в стан стагнації, теплоносії закипає, утворюючи «парову пробку», яка не дозволяє теплоносію циркулювати доти, доки вона не самоусунеться.

Часта стагнація сонячної системи завдає чимало незручностей користувачам. Таким чином, якщо вода в акумулюючій ємності вже на початку дня нагрілася до граничної температури і більше не може приймати тепло,

					601HT.10578412.MP	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

вироблене сонячними колекторами, контролер зупиняє циркуляцію теплоносія. Колектор перегрівається і стагнує.

Перегрівання сонячних колекторів також впливає на стан теплоносія. Через перегрівання навіть найбільш якісний теплоносій втрачає свої робочі характеристики, і тому ефективність сонячної системи відчутно знижується. Також можливим є утворення грудок, які в подальшому дуже важко усунути.

Є кілька способів запобігання перегріву сонячних колекторів. Найпоширенішими з них є такі:

- скидання тепла в басейн;
- скидання гарячої води в каналізацію;
- зашторювання сонячних колекторів за допомогою ролетів з електроприводом;
- зниження температури за допомогою розсіювача тепла;
- застосування системи DrainBack.

Найпопулярнішим та на мою думку найрозумнішим способом є останній.

Особливістю даної системи (рис. 14) є те, що теплоносій наповнює сонячний колектор тільки в той момент, коли можна та потрібно відібрати тепло з колектора. В решту часу сонячний колектор спустошується, а теплоносій автоматично зливається у спеціальну ємність – Drainback. Це дозволяє уникнути закипання теплоносія.

					601HT.10578412.MP	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

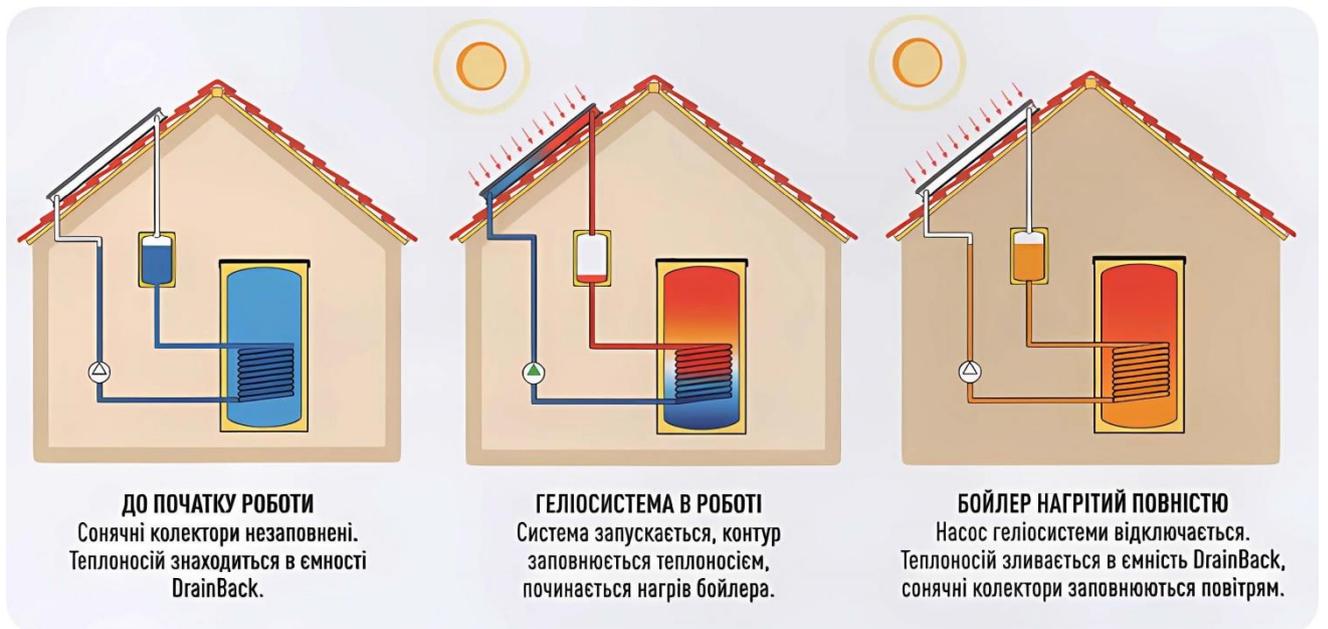


Рис. 14. Принцип роботи системи уникнення перегріву теплоносія сонячних колекторів DrainBack.

Принцип роботи системи можна описати трьома етапами:

- 1) До початку роботи сонячні колектори не заповнені. Теплоносій знаходиться в ємності DrainBack.
- 2) Коли геліосистема в роботі, контур заповнюється теплоносієм та починається нагрів бойлера.
- 3) Коли бойлер нагрітий до заданої температури, насос геліосистеми відключається. Теплоносій зливається в ємність DrainBack, сонячні колектори заповнюються повітрям.

5.7 Фотоелектрична установка

Фотоелектричні установки використовуються для отримання електричної енергії з сонячного світла. В основі цих перетворень лежить явище фотоелефекту.

Фотоелектричні установки у більшості випадків застосовуються як елемент сонячної електростанції (СЕС) (рис. 15) для продажу державі електричної енергії згідно «зеленого» тарифу.

										Арк.
										37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	601НТ.10578412.МР					



Рис. 15. Схема сонячної електростанції

5.8 Компоненти фотоелектричної установки

До елементів фотоелектричної установки (сонячної електростанції) належать:

1. Фотоелектричні панелі (сонячні модулі), які перетворюють сонячну енергію в електричну;
2. Контролер управління сонячною фотоелектричною системою, який не допускає перевантаження системи або зворотнього струму вночі;
3. Акумулятор, який необхідний для накопичення електроенергії, виробленої сонячними модулями;

4. Інвертор, який перетворює прямий електричний струм від сонячних батарей в змінний струм, необхідний для живлення електричних приладів;

5. Електричний лічильник, що реєструє кількість поставленої електроенергії в загальну мережу або споживається при необхідності.

5.9 Розрахунок потенціалу використання сонячної енергії для опалення будинку

Важливим показником при визначенні ефективності роботи геліосистеми є розрахунок частки навантаження на опалення, яке забезпечується за рахунок сонячної енергії (коефіцієнта заміщення палива) [8]. Ефективне використання означає, що геліоустановка може забезпечити потреби споживачів в опаленні до 25% [9].

Геліопаливна система теплопостачання включає в себе наступне основне обладнання: сонячний колектор, акумулятор теплоти, теплообмінники, насоси або вентилятори, додаткове (резервне) джерело теплоти (паливне або електричне) і пристрої для управління роботою системи.

Внаслідок нестабільності надходження сонячної енергії системи сонячного опалення повинні працювати з дублером – резервним джерелом теплоти (котельня, тепломережа і т.п.). Як правило, потужність резервного (додаткового) джерела теплоти вибирається такою, щоб можна було покрити все розрахункове теплове навантаження, оскільки в зимові місяці геліоустановка має низьку продуктивність. Тому на підставі розрахунку тепловтрат будинку, потужність електричного котла повинна бути не менше 9,6 кВт. Обрано котел Bosh Tronic Heat 3500 12 вартістю 34 864 грн. [11] (див. рис. 16).

					601HT.10578412.MP	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рис. 16. Електричний котел Bosh Tronic Heat 3500 12

Заявлена потужність котла згідно технічних характеристик 12 кВт.

Сонячні установки сезонної дії можуть бути запроектовані без дублера, якщо не висуваються жорсткі вимоги щодо безперебійного постачання гарячої води, наприклад в літніх душових.

Кількість теплоти, що може бути сприйнята сонячними колекторами чи панелями в містах України визначено згідно табл. 7 [8] та методикою розрахунку проекту USAID «Муніципальна енергетична реформа в Україні» [12].

					601НТ.10578412.МР	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Табл. 7. Середньомісячна денна сумарна сонячна енергія, що надходить на горизонтальну поверхню

Населений пункт	Широта	Довгота	Середньомісячна денна сумарна сонячна енергія (МДж / (м ² · день). Середній показник за останні 22 роки (за даними NASA)												Середнє місячне значення
			I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Вінниця	49,23	28,49	3,85	6,80	10,58	14,11	18,68	19,08	18,58	16,85	11,56	7,09	3,96	3,24	11,20
Дніпропетровськ	48,43	35,13	4,36	7,16	10,73	14,58	19,98	20,05	20,52	18,29	13,18	8,17	4,32	3,46	12,06
Донецьк	47,95	37,82	4,50	7,34	10,55	14,80	20,05	20,59	20,99	18,65	13,75	8,46	4,54	3,56	12,31
Житомир	50,26	28,67	3,64	6,55	10,33	13,97	18,58	18,68	18,14	16,78	11,02	6,73	3,74	2,99	10,94
Запоріжжя	47,85	35,16	4,36	7,56	10,48	15,12	20,23	20,59	21,17	18,65	13,93	8,78	4,50	3,42	12,38
Івано-Франківськ	48,91	24,71	4,28	6,95	10,22	13,25	16,34	17,10	17,14	15,84	11,02	7,20	4,32	3,38	10,58
Київ	50,43	30,54	3,85	6,73	10,62	14,26	18,90	18,79	18,90	16,81	11,23	6,98	3,67	3,10	11,16
Кіровоград	48,51	32,25	4,32	7,02	10,66	14,65	19,69	19,76	20,05	17,71	12,85	8,06	4,10	3,46	11,88
Луганськ	48,57	39,35	4,43	7,42	10,98	14,58	19,66	20,05	20,34	17,96	13,03	8,03	4,54	3,35	12,02
Луцьк	50,76	25,35	3,67	6,37	10,19	14,08	18,18	18,29	17,78	16,38	10,84	6,59	3,78	2,84	10,76
Львів	49,84	24,01	3,92	6,70	10,26	13,86	17,42	18,00	17,75	16,24	11,09	6,88	3,92	3,06	10,76
Миколаїв	46,95	32,02	4,68	7,67	11,09	15,70	20,45	20,74	21,60	19,04	14,40	9,25	4,90	3,74	12,78
Одеса	46,47	30,73	4,50	7,56	11,05	15,77	20,34	21,06	21,71	19,22	14,15	9,07	4,90	3,74	12,74
Полтава	49,59	34,54	4,25	7,06	10,98	14,40	19,44	19,58	19,84	17,53	12,31	7,60	4,14	3,28	11,70

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Рівне	50,61	26,25	3,64	6,52	10,19	13,93	18,29	18,61	17,93	16,49	10,87	6,73	3,74	2,92	10,84
Севастополь	44,61	33,54	4,36	7,34	11,56	17,42	22,64	25,38	26,14	22,54	16,52	10,4	5,51	3,64	14,47
Сімферополь	44,95	34,11	4,57	7,42	10,98	15,48	19,58	21,02	22,32	19,22	14,65	9,61	5,58	3,85	12,85
Суми	50,48	34,97	4,07	6,95	10,98	14,33	18,97	19,15	19,37	16,81	11,48	7,13	3,96	3,10	11,38
Тернопіль	49,56	25,60	3,92	6,70	10,26	13,86	17,42	18,00	17,75	16,24	11,09	6,88	3,92	3,06	10,76
Ужгород	48,62	22,29	3,92	6,70	10,26	13,86	17,42	18,00	17,75	16,24	11,09	6,88	3,92	3,06	10,76
Харків	49,99	36,25	4,28	7,27	10,98	14,11	19,37	19,66	20,02	17,57	12,56	7,56	4,28	3,24	11,74
Херсон	46,69	32,66	4,68	7,67	11,09	15,70	20,45	20,74	21,60	19,04	14,40	9,25	4,90	3,74	12,78
Хмельницький	49,39	26,80	5,72	8,60	12,02	15,73	19,84	21,92	22,18	19,87	15,19	9,79	5,94	4,50	13,43
Черкаси	49,57	23,91	3,89	6,59	10,15	13,61	16,81	17,39	17,39	16,02	10,80	6,66	3,82	2,99	10,51
Чернігів	51,49	31,30	3,56	6,48	10,51	14,26	18,61	18,68	18,43	16,34	10,80	6,70	3,53	2,70	10,87
Чернівці	48,29	25,94	4,28	6,95	10,22	13,25	16,34	17,10	17,14	15,84	11,02	7,20	4,32	3,38	10,58
Ялта	44,26	34,19	4,57	7,42	10,98	15,48	19,58	21,02	22,32	19,22	14,65	9,61	5,58	3,85	12,85

Так як у табл. 7 наведено середньомісячні суми сонячної радіації, що надходить на горизонтальну та вертикальну поверхні різної орієнтації потрібно виконати перерахунок з горизонтальної на похилу поверхню згідно формули (15):

$$R = \left(1 - \frac{E_p}{E}\right) \cdot R_n + \frac{E_p}{E} \cdot \frac{1 + \cos\beta}{2} + \rho \cdot \frac{1 - \cos\beta}{2},$$

де: E_p - середня за місяць кількість розсіяної сонячної енергії, яка надходить на горизонтальну поверхню, МДж/м²; E – сума середньої за місяць кількості розсіяної і прямої сонячної енергії, МДж/м²; R_n - середньомісячний коефіцієнт перерахунку прямого сонячного випромінювання з горизонтальної на похилу поверхню; β - кут нахилу сонячного колектора, град.; ρ - коефіцієнт віддзеркалення поверхні Землі та оточуючих тіл. Величина коефіцієнтів R_n , ρ взята зі статей проекту USAID «Муніципальна енергетична реформа в Україні» [12].

Оптимальний кут нахилу геліоустановок (β) приймають:

- для геліосистем опалення $\beta = (15 + \varphi)$;
- для сезонних систем сонячного гарячого водопостачання $\beta = (\varphi - 15)$;
- цілорічної дії $\beta = \varphi$.

де: φ – широта місцевості.

В даній дипломній роботі доцільно прийняти оптимальний кут нахилу геліоустановки прийнятий рівним куту широти місцевості, для м. Одеса - це 46 град.

Щоб знайти середню за місяць кількість сонячної енергії, яка надходить на похилу поверхню використовується формула (16):

$$E_{\Pi} = E \cdot R, \text{ МДж/м}^2,$$

Різні колектори мають різний коефіцієнт корисної дії. Для того щоб знати скільки сонячної енергії може сприйняти обраний нами колектор застосовують формулу (17):

$$E_{\kappa} = E_{\Pi} \cdot \eta_{\kappa}, \text{ МДж/м}^2,$$

де: η_{κ} - ККД колектора.

					601НТ.10578412.МР	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Витрату теплової енергії по кожному місяцю опалювального періоду пораховано згідно формули (18):

$$Q_{\text{міс}} = \Phi_i \cdot 24 \cdot n_{\text{діб}},$$

де: $Q_{\text{міс}}$ – витрата теплової енергії будинком за місяць, кВт·год; Φ_i – проектне теплове навантаження будинку, кВт; $n_{\text{діб}}$ – число днів у місяці, діб.

Результати розрахунку витрати теплової енергії будинком по кожному місяцю опалювального періоду наведено в табл. 8.

Табл. 8. Результати розрахунку витрати теплової енергії будинком по кожному місяцю опалювального періоду

Назва місяця	$n_{\text{діб}}$	$t_{\text{сер.міс}},$ °C	$\Phi_i,$ кВт	$Q_{\text{міс}},$ кВт·год
Січень	31	-1,3	5,644	4199
Лютий	28	-0,6	5,473	3678
Березень	31	2,9	4,615	3434
Листопад	30	5,8	3,899	2807
Грудень	31	1,1	5,056	3762
Всього:				17880

де: $t_{\text{сер.міс}}$ – середня місячна температура, °C.

Для порівняння ефективності, у розрахунку використано сонячний вакуумний колектор СВК-20 [13] (див. рис. 17).

					601НТ.10578412.МР	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рис. 17. Сонячний вакуумний колектор СВК-20

Згідно технічних даних колектора, площа теплосприймаючої поверхні дорівнює $1,6 \text{ м}^2$, коефіцієнт корисної дії дорівнює 92%.

Для порівняння ефективності на протипагу даному сонячному колектору обрано сонячну фотоелектричну батарею LongiSolar LR5-54НІН-410М [14] (див. рис. 18).

					<i>601НТ.10578412.МР</i>	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рис. 18. Сонячна фотоелектрична батарея LongiSolar LR5-54НІН-410М

Згідно технічних даних фотоелектричної батареї, площа теплосприймаючої поверхні дорівнює $1,95 \text{ м}^2$, коефіцієнт корисної дії дорівнює 21%.

Розрахунок середньомісячної сумарної кількості сонячної енергії, яка надходить (E_n) і сприймається (E_k) похилою поверхнею сонячного колектора та фотоелектричної батареї наведено на рис. 19, 20.

Для переведення МДж у кВт·год було використано наступну залежність, яку наведено у формулі (19):

$$\frac{\text{МДж}/\text{м}^2 \cdot 1000}{3600} = \text{кВт} \cdot \text{год}/\text{м}^2$$

					<i>601НТ.10578412.МР</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

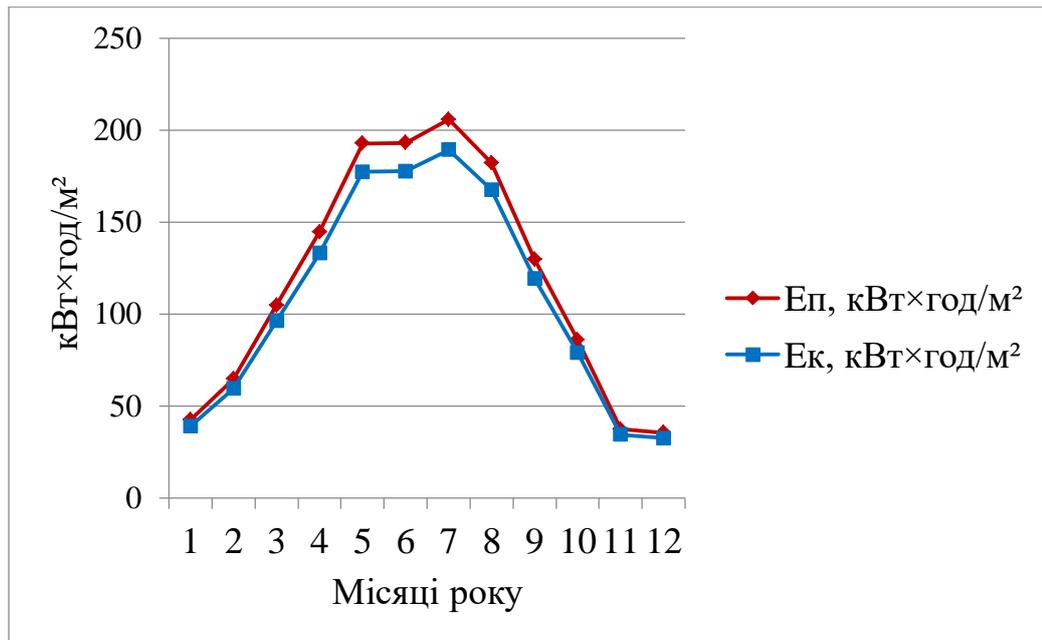


Рис. 19. Ілюстрація виконаних розрахунків для 1 м² сонячного вакуумного колектора

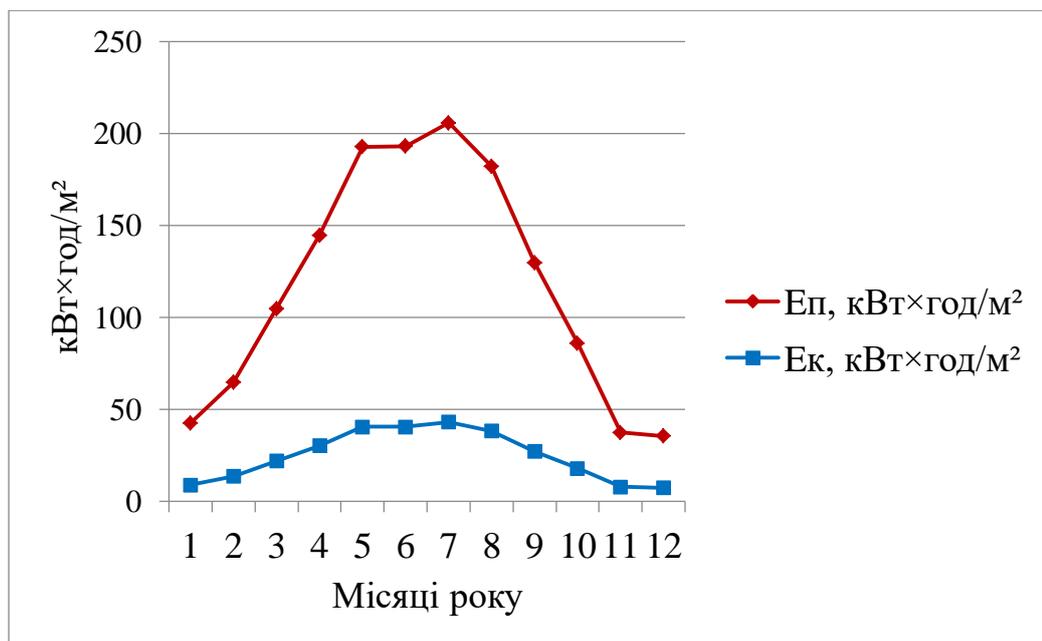


Рис. 20. Ілюстрація виконаних розрахунків для 1 м² сонячної фотоелектричної батареї

Згідно результатів розрахунків, які наведено у табл. 9, 10 кількість середньомісячної сумарної сонячної енергії, яка надходить ($E_{\text{п}}$) і сприймається ($E_{\text{к}}$) похилою поверхнею сонячного колектора та фотомодуля за опалювальний сезон ($E_{\text{к.сез}}$) становить: для сонячного колектора – 262 кВт·год/м², а для сонячної батареї – 60 кВт·год/м². Відповідно з 1-го сонячного колектора ми отримуємо: $262 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^2 \cdot 1,6 \text{ м}^2 = 419,2 \text{ кВт}\cdot\text{год}$, а з 1-ї сонячної батареї: $60 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^2 \cdot 1,95 \text{ м}^2 = 117 \text{ кВт}\cdot\text{год}$ за опалювальний сезон.

Табл. 9. Кількість середньомісячної сумарної сонячної енергії, яка надходить ($E_{\text{п}}$) і сприймається ($E_{\text{к}}$) похилою поверхнею сонячного колектора за опалювальний сезон ($E_{\text{к.сез}}$)

Назва місяця	$E_{\text{п}}$, кВт·год/м ²	$E_{\text{к}}$, кВт·год/м ²
Січень	43	39
Лютий	65	60
Березень	105	96
Листопад	37	34
Грудень	35	33
Всього $E_{\text{к.сез}}$:		262

Табл. 10. Кількість середньомісячної сумарної сонячної енергії, яка надходить ($E_{\text{п}}$) і сприймається ($E_{\text{к}}$) похилою поверхнею сонячної батареї за опалювальний сезон ($E_{\text{к.сез}}$)

Назва місяця	$E_{\text{п}}$, кВт·год/м ²	$E_{\text{к}}$, кВт·год/м ²
Січень	43	9
Лютий	65	14
Березень	105	22
Листопад	37	8
Грудень	35	7
Всього $E_{\text{к.сез}}$:		60

5.9.1 Ступінь заміщення палива

Згідно результатів розрахунку для ефективного використання сонячних вакуумних колекторів для потреб опалення будинку потрібно 11 шт., а фотоелектричних панелей – 38 шт.

Згідно попередніх розрахунків визначаємо ступінь заміщення палива за сезон $f^{\text{сез}}$ згідно формули (20):

$$f^{\text{сез}} = \frac{Q_{\text{С}}^{\text{СЕЗ}}}{Q_{\text{Н}}^{\text{СЕЗ}}},$$

де: $Q_{\text{С}}^{\text{СЕЗ}}$ – сезонна к-сть теплоти, яка забезпечується геліосистемою, кВт·год; $Q_{\text{Н}}^{\text{СЕЗ}}$ = сезонна величина теплового навантаження, кВт·год.

Підставивши значення у формулу 18 розрахуємо ступінь заміщення палива для системи з 11-ти сонячних вакуумних колекторів:

$$f^{\text{сез}} = \frac{4611,2}{17880} = 0,26$$

Підставивши значення у формулу 18 розрахуємо ступінь заміщення палива для системи з 38-и сонячних батарей:

$$f^{\text{сез}} = \frac{4446}{17880} = 0,25$$

Отже, умова ефективного використання геліоустановки виконана.

5.9.2 Розрахунок теплоакumuлюючої ємності

Загальна ефективність геліотермічної установки залежить не лише від сонячного колектора, а також від характеристик теплоакumuлюючої ємності. Вона повинна бути підібрана таким чином, щоб забезпечити збереження теплової сонячної енергії протягом декількох днів. Для реалізації цього завдання ємність повинна мати низькі показники тепловтрат. Добре ізольована ємність дає можливість краще використовувати сонячну енергію.

					601НТ.10578412.МР	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для нагріву води санітарного призначення (гаряче водопостачання) використовується бойлер не прямого нагріву. В класичній схемі виконання геліотермічної установки використовується бойлер з двома змієвиками (бівалентний бойлер). Бойлери такого типу зустрічаються в більшості випадків в будинках приватного типу, де кількість використання гарячої води відносно не велика. Нижній теплообмінник використовується для приготування гарячого водопостачання за рахунок геліотермічної установки.

Як правило, для реалізації проекту з облаштування геліотермічної установки на підтримку системи опалення і приготування гарячого водопостачання, використовується комбінована теплоакумулююча ємність. В середині ємності знаходиться теплоносій системи опалення, тобто та сама вода, що і в котлі чи радіаторах. Проте в даному випадку, вона може нагріватися не тільки за допомогою котла, а також за допомогою сонячних колекторів. Повноцінне опалення за рахунок сонячної енергії можливе лише в період міжсезоння, тобто восени або на весні. В зимовий період, продуктивність сонячного колектору буде суттєво меншою, в першу чергу – це обумовлено тривалістю світлового дня, а також низькою зовнішньою температурою.

Конструкція комбінованої теплоакумулюючої ємності виконана таким чином, що котел нагріває теплоносій тільки у верхній частині, звідки відбувається розбір теплоносія на систему опалення, та приготування гарячої води, а геліотермічна установка нагріває весь об'єм ємності [8].

У розрахунку сонячних колекторів використано схему системи сонячного теплопостачання з акумуляцією отриманої енергії в баку-акумуляторі (рис. 21).

					601НТ.10578412.МР	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

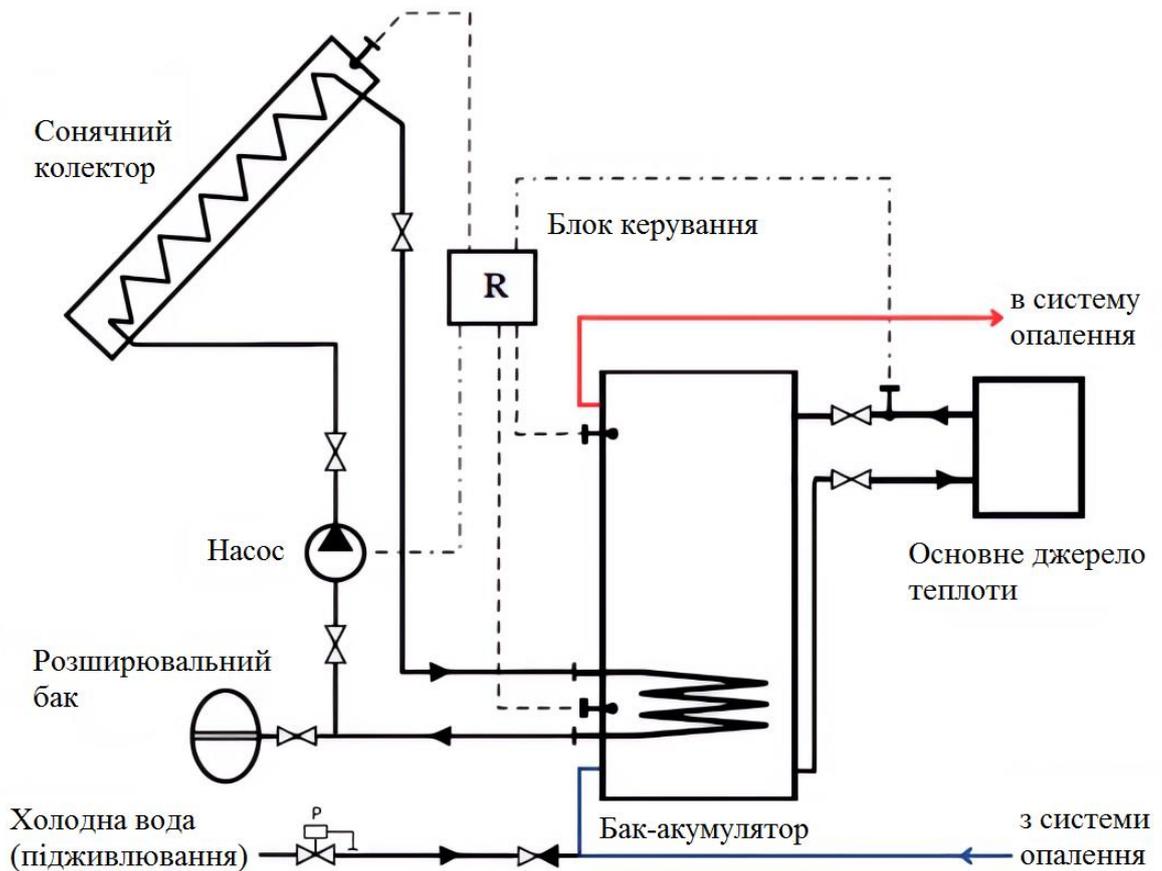


Рис. 21. Схема системи тепlopостачання з використанням сонячних колекторів і бака-акумулятора

Згідно ДСТУ-Н Б В.2.5-43:2010 [2] ємність бака-акумулятора ($V_{\text{БА}}$) для систем з примусовою циркуляцією визначають відповідно до площі сонячних колекторів (СК) із розрахунку $0,06\text{--}0,08 \text{ м}^3$ на 1 м^2 СК (менші значення рекомендовані для I зони). Так як згідно ДБН В.2.6-31:2021 [15] м. Одеса знаходиться в II температурній зоні, то взято значення $0,08 \text{ м}^3/\text{м}^2$ та виконано розрахунок згідно формули (21), м^3 :

$$V_{\text{БА}} = S_{\text{п}} \cdot 0,06,$$

де: $S_{\text{п}}$ – площа поглинаючої поверхні СК, м^2 .

Площа поглинаючої поверхні СК розрахована за формулою (22), м^2 :

$$S_{\text{п}} = S_{\text{к}} \cdot n_{\text{шт}}$$

					601НТ.10578412.МР	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де: S_k – площа абсорбера одного колектора Atmosfera СВК-А 20, $S_k = 1,6 \text{ м}^2$ [13]; $n_{шт}$ – кількість сонячних колекторів згідно результатів розрахунку, $n_{шт} = 11$ шт.

$$S_{п} = 1,6 \cdot 11 = 17,6 \text{ (м}^2\text{)}$$

Після підстановки вихідних даних у формулу (23), отримаємо:

$$V_{БА} = 17,6 \cdot 0,08 = 1,41 \text{ (м}^3\text{)}$$

В перерахунку на літри: $1,41 \text{ м}^3 \cdot 998 \text{ кг/м}^3 = 1407 \text{ кг}$ або 1407 л, де 988 кг/м^3 – густина води

Обрано теплоаккумулятор ЕкоЕнергія АБ – 1600 1В об'ємом – 1600 л з нижнім теплообмінником потужністю 25 кВт [16] (рис. 22).



Рис. 22. Теплоаккумулятор геліосистеми

					601НТ.10578412.МР	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5.9.3 Розрахунок потужності циркуляційного насоса та підбір контролеру

Величину необхідної потужності насоса: 185 Вт визначено згідно рекомендацій [17], що наведені в табл. 11 залежно від площі сонячного колектора. Обрано циркуляційний насос Wilo TOP-S 25/7 EM потужністю 195 Вт [18] (рис. 23) та контролер для систем сонячного нагріву води Altek Atmosfera: SR618C6 [19] (рис. 24), призначений для регулювання та контролю роботи циркуляційного насоса, що керується даними отриманими від температурних датчиків, які встановлені на трубі, що виходить з сонячного колектора та на вході і виході в накопичувальний бак.



Рис. 23. Циркуляційний насос для геліосистеми

					601HT.10578412.MP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52



Рис. 24. Контролер для сонячних колекторів

Табл. 12. Типові значення відношення потужності насоса до площі колекторів

Площа СК, м ²	Потужність насоса, Вт	Діапазон відношення потужності насоса до площі СК, Вт / м ²
2÷6	20÷45	3÷20
6÷12	85	7÷15
12÷35	185	5÷15
35÷60	205	3,5÷6

5.9.4 Розрахунок терміну окупності сонячних колекторів

При порівнянні ефективності застосування сонячних установок їх термін окупності повинен бути менше терміну служби сонячного колектора чи сонячної батареї (25 років). У разі зміни (підвищення) тарифів на електроенергію протягом терміну служби геліосистеми строк окупності відповідно зменшиться [8].

Для того, щоб порахувати термін окупності сонячних колекторів, доцільно врахувати період, коли вони мають найбільшу ефективність – це перехідний період року, тобто квітень та жовтень. У табл. 13 наведено витрату теплоти будинком на опалення ($Q_{\text{міс.оп}}$) та вироблену к-сть тепла від геліоустановки ($Q_{\text{міс.гс}}$) з 11-ти сонячних колекторів.

Табл. 13. Витрата теплоти будинком на опалення ($Q_{\text{міс.оп}}$) та вироблена к-сть тепла від геліоустановки $Q_{\text{міс.гс}}$ з 11 сонячних колекторів

Назва місяця	$n_{\text{діб}}$	$t_{\text{сер.міс}}, \text{ } ^\circ\text{C}$	$\Phi_i, \text{ кВт}$	$Q_{\text{міс.оп}}, \text{ кВт}\cdot\text{год}$	$Q_{\text{міс.гс}}, \text{ кВт}\cdot\text{год}$
Січень	31	-1,3	5,644	4199	690
Лютий	28	-0,6	5,473	3678	1047
Березень	31	2,9	4,615	3434	1695
Квітень	30	9,2	2,980	2146	2341
Жовтень	31	11,2	2,412	1795	1391
Листопад	30	5,8	3,899	2807	607
Грудень	31	1,1	5,056	3762	574

Згідно таблиці, необхідна витрата теплоти за опалювальний сезон для будинку складає: 21 821 кВт·год, з них 8 150 кВт·год виробить геліосистема. Відповідно зекономлена сума оплати за електроенергію при впровадженні сонячної геліоустановки становить: 8 150 кВт·год · 2,64 грн/кВт·год = 21 516 грн, де: 2,64 грн/кВт·год – діючий тариф на електроненергію.

Приблизний простий термін окупності геліосистеми порахований згідно формули (24), рік:

$$\tau_{\text{ок}} = \frac{\Gamma_{\text{гс}}}{\Gamma}$$

Вартість основних комплектуючих геліосистеми на базі сонячних вакуумних колекторів наведено в табл. 14.

					601НТ.10578412.МР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

Табл. 14. Вартість основних комплектуючих геліосистеми на базі сонячних колекторів

Найменування	Позначення	Ціна, грн	Кількість, шт	Сума, грн
Колектор	Г _{СК}	17 358	11	190 938
Бак – акумулятор	Г _{БА}	28 840	1	28 840
Додаткове обладнання для геліосистеми*	Г _{ДО}	13 939	1	22 257
		8 318	1	
Роботи з монтажу і встановлення **	Г _{РОБ}	54 758	-	54 945
Вартість геліосистеми	Г _{ГС}	-	-	296 980

*Додатковеобладнання геліосистеми складається з вартості насосу та контролера

**Вартість роботи з монтажу і встановлення прийнято як 25% від вартості основного обладнання

У нашому випадку:

$$\tau_{OK} = \frac{296\,980}{21\,516} = 13,8 \text{ (рік)}$$

Отже, при використанні геліосистеми з 11-ти сонячних вакуумних колекторів для потреб часткового опалення будинку термін окупності сонячної установки складає 13,8 років. При використанні геліоустановки за нічим тарифом та для потреб гарячого водопостачання, термін окупності установки може зменшитись щонайменше в двічі.

5.9.5 Розрахунок терміну окупності фотомодулів

Потужність геліосистеми з 53-ох сонячних фотоелектричних модулів порахована за формулою (25), кВт:

$$P_{ГС} = P_{СБ} \cdot n_{СБ},$$

					601НТ.10578412.МР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

де: P_{CB} – потужність однієї сонячної батареї LongiSolar LR5-54НН-410М, $P_{CB} = 0,41$ кВт, згідно технічних характеристик [14]; n_{CB} – кількість сонячних фотоелектричних модулів згідно результатів розрахунку.

$$P_{ГС} = 0,41 \cdot 38 = 15,6 \text{ (кВт)}$$

Вартість основних комплектуючих геліосистеми на базі сонячних фотомодулів наведено в таблиці 15.

Табл. 15. Вартість основних комплектуючих геліосистеми на базі сонячних фотомодулів

Найменування	Позначення	Ціна, грн.	Кількість, шт.	Сума, грн.
Фотомодуль	$\Gamma_{СК}$	4 206	38	159 828
Бак – акумулятор	$\Gamma_{БА}$	28 840	1	28 840
Додаткове обладнання для геліосистеми*	$\Gamma_{ДО}$	66 696	1	83 370
		16 674	1	
Роботи з монтажу і встановлення **	$\Gamma_{РОБ}$	56 013	-	56 013
Вартість геліосистеми	$\Gamma_{ГС}$	-	-	328 051

*Додаткове обладнання геліосистеми складається з вартості сонячного мережевого інвертора SOLIS-17К з номінальною вихідною потужністю – 17 кВт [20] (рис. 25) та двостороннього електричного лічильника для «зеленого тарифу» GAMA 300 G3B.144.230.F27 5 (100) А трифазного з номінальним (максимальним) струмом, А: 10(60) [21] (рис. 26)

**Вартість роботи з монтажу і встановлення: 1464 дол. або 56 013 грн., прийнято згідно табл. 16 методом інтерполяції значень з місцем розташування сонячних фотомодулів на землі

Табл. 16. Ціни на монтаж сонячних електростанцій

Потужність СЕС	Ціна на даху	Ціна на землі	Термін монтажу
Монтаж сонячної електростанції на 5 кВт	440\$	650\$	1-3 дні
Монтаж сонячної електростанції на 10 кВт	650\$	1080\$	3-4 дні
Монтаж сонячної електростанції на 15 кВт	770\$	1410\$	5-6 днів
Монтаж сонячної електростанції на 20 кВт	900\$.	1680\$	6-7 днів
Монтаж сонячної електростанції на 30 кВт	1300\$	2400\$	7-10 днів

Згідно таблиці, необхідна витрата теплоти за опалювальний сезон: 21 821 кВт·год, з них 7 915 кВт·год виробить геліосистема.

Відповідно зекономлена сума оплати за електроенергію при впровадженні сонячної геліоустановки становить: 7 915 кВт·год · 2,64 грн/кВт·год = 20 896 грн., де: 2,64 грн/кВт·год – діючий тариф на електроненергію.

Для визначення річного прибутку від продажу електроенергії згідно «зеленого тарифу» використано формулу (26), грн.:

$$Г_{зт} = C_{\text{ЕЛ.ЗТ}} \cdot E_{\text{сум}},$$

де: $C_{\text{ЕЛ.ЗТ}}$ - тариф на електричну енергію вироблену з енергії сонячного випромінювання генеруючими установками приватних господарств, встановлена потужність яких не перевищують 30 кВт, $C_{\text{ЕЛ.ЗТ}} = 6,28$ грн/кВт·год; $E_{\text{сум}}$ – сума надлишку енергії вироблена геліосистемою на базі фотоелектричних модулів з квітня по жовтень, $E_{\text{сум}} = 14 156$ кВт·год, згідно результатів розрахунку, які наведені в табл. 17.

					601НТ.10578412.МР	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Табл. 18. Середньомісячна потреба в тепловій енергії на опалення ($Q_{\text{міс}}$) в залежності від середньомісячної суми сонячної радіації виробленої системою з 38-ми сонячних модулів ($E_{\text{міс}}$) із загальною площею 74,1 м².

Назва місяця	$Q_{\text{міс}}$,кВт·год	$E_{\text{міс}}$,кВт·год
Січень	4199	663
Лютий	3678	1006
Березень	3434	1629
Квітень	2146	2249
Травень	-	2998
Червень	-	3004
Липень	-	3200
Серпень	-	2833
Вересень	-	2018
Жовтень	1795	1337
Листопад	2807	583
Грудень	3762	551

Згідно формули 26, річний прибуток від продажу електроенергії згідно «зеленого тарифу» становить:

$$\Gamma_{\text{ЗТ}} = 6,28 \cdot 14\,156 = 88\,900 \text{ (грн.)}$$

Приблизний простий термін окупності геліосистеми пораховано згідно формули (27), рік:

$$\tau_{\text{ОК}} = \frac{\Gamma_{\text{ГС}}}{\Gamma + \Gamma_{\text{ЗТ}}},$$

У нашому випадку:

$$\tau_{\text{ОК}} = \frac{328\,051}{20\,896 + 88\,900} = 3 \text{ (рік)}$$

Отже, при використанні геліосистеми з 38-ох сонячних фотоелектричних модулів для потреб часткового опалення будинку, термін окупності сонячної установки складає 3 роки.

					601НТ.10578412.МР	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Висновок до п'ятого розділу

Таким чином, результати розрахунку показують, що незважаючи на менші початкові інвестиції у впровадження вакуумних сонячних колекторів, їх термін окупності на 10,8 років більший порівняно з геліоустановкою на базі фотоелектричних модулів. Також важливо, що після закінчення терміну окупності системи, річний прибуток від продажу надлишку електричної енергії з квітня по жовтень для м. Одеса згідно «зеленого тарифу» складатиме 88 900 грн.

5. Потенціал використання теплового насосу для опалення будинку

Сьогодні, для опалення будівель використовується теплогенератори різних типів. Широкого застосування набули газові та електричні котли, обладнання для спалювання вугілля чи біомаси. І звичайно, з кожним роком все більше зростає частка обладнання, що використовує відновлювальні джерела енергії. Одним з найперспективніших напрямків розвитку теплогенеруючого обладнання є застосування теплових насосів.

Тепловий насос – це пристрій, призначений для передачі теплової енергії від джерела низької потужності тепла (наприклад, зовнішнього повітря чи ґрунту) до теплоспоживача з високою температурою. Його функціонування ґрунтується на використанні зовнішньої енергії, такої як механічна, електрична, хімічна тощо [10].

6.1 Принцип роботи теплового насосу

Тепловий насос це пристрій для перенесення теплової енергії від низькопотенційного джерела тепла (наприклад, зовнішнє повітря або ґрунт) до споживача тепла з високою температурою. Для роботи теплового насосу необхідно використання зовнішньої енергії: механічної, електричної, хімічної і т.п.

					601НТ.10578412.МР	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6.2 Класифікація теплових насосів за джерелом енергії (тепла)

6.2.1 Джерело тепла – повітря

Нагріте сонцем повітря є всюди. Теплові насоси навіть при -20 град. зовнішнього повітря дають необхідну кількість тепла. Проте повітря, як джерело тепла, має суттєвий недолік: при зниженні зовнішньої температури знижується його потужність та коефіцієнт перетворення (COP). Тим не менше, при -20 град. коефіцієнт перетворення теплового насосу більше одиниці. З цієї причини, зазвичай в повітряні теплові насоси встановлюють електричний нагрівальний елемент, який забезпечує додатковий нагрів під час холодної пори року.

Проте незважаючи на даний недолік, перевагою теплового насосу типу повітря-вода (рис. 28) є простота монтажу, адже для інших типів теплових насосів необхідні ґрунтові роботи або роботи пов'язані з бурінням свердловин.



Рис. 28. Повітряний тепловий насос

					601НТ.10578412.МР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

6.2.2 Джерело тепла – вода

Грунтова вода – це гарний накопичувач для сонячного тепла. Навіть у найхолодніші зимові дні вона тримає постійну температуру : від 7 до 12 град. Завдяки сталій температурі джерела теплоти, потужність та коефіцієнт перетворення теплового насосу постійний протягом року. Проте грунтова вода не скрізь доступна і не завжди має необхідну якість.

Значення концентрації домішок у воді не повинні бути вищими ніж:

- Величина рН – від 6,5 до 9;
- Хлорид – менше 300 мг/л;
- Вільні хлориди – менше 0,5 мг/л;
- Нітрат – менше 100 мг/л;
- Сульфат - менше 100 мг/л;
- Вільна вугільна кислота – менше 20 мг/л;
- Залізо та марганець – менше 1 мг/л;
- Електропровідність – від 50 до 1000 мС/см.

Значення вмісту домішок у воді заліза та марганцю повинно підтримуватись, щоб запобігти забруднення випарника і його підводки, а також забруднення подаючого колодязю вохрою.

Для використання теплових вода-вода насосів потрібно мати дозвіл від компетентних органів влади.

Для використання тепла води необхідно дві свердловини: подаюча і скидна (рис. 29). Необхідний об'ємний потік води повинен обиратися за технічними характеристиками теплового насосу. Чи є в розпорядженні необхідна кількість води, яка потрібна для роботи теплового насосу з'ясовують в ході багатоденного випробування насосу.

					601НТ.10578412.МР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

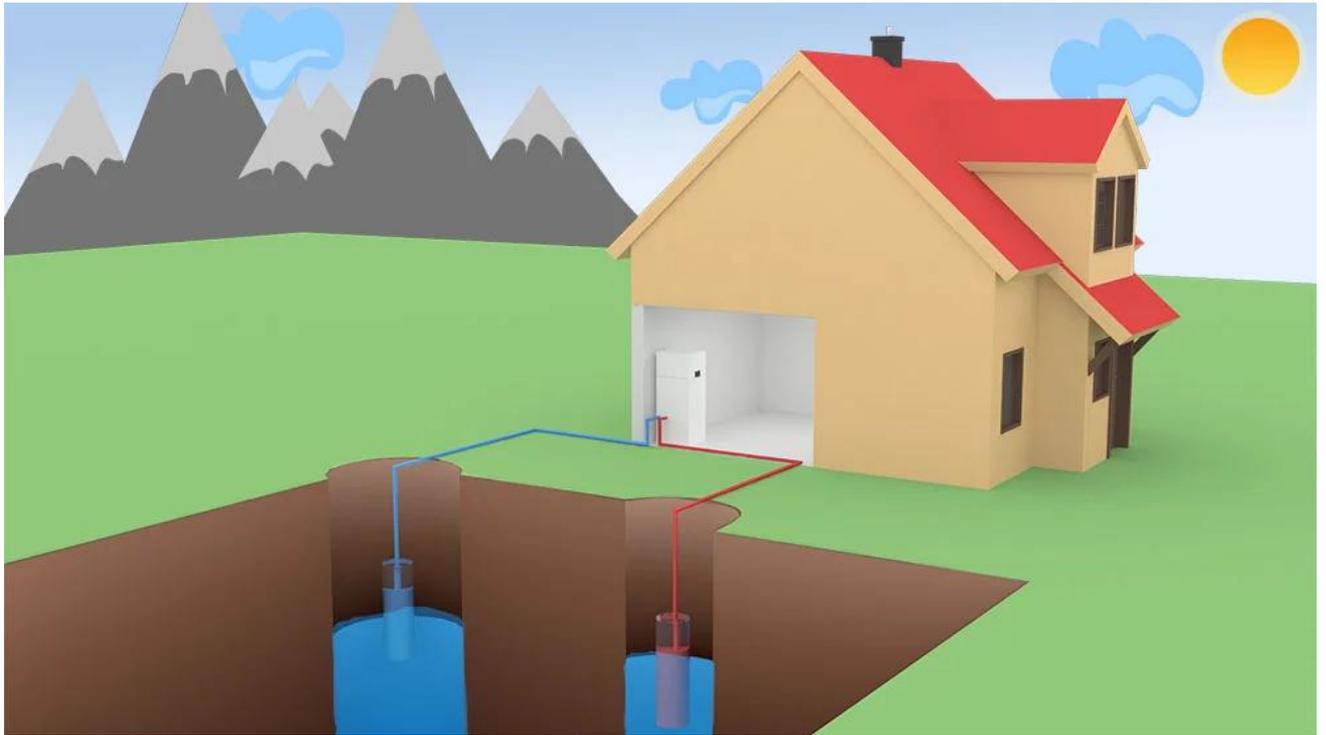


Рис. 29. Тепловий насос вода-вода

Стосовно облаштування колодязів, то відстань між обома колодязями повинна становити не менше 15 м. Видобутий об'єм води знову надходить в ґрунтові води через скидний колодязь. Глибина колодязних свердловин залежить від рівня ґрунтових вод. Отримані з практики значення показують, що більшості колодязів для теплових насосів потрібна глибина від 5 до 15 метрів. Трубопроводи завжди прокладаються з ухилом у бік колодязя.

Озера, моря та річки можуть також можуть підійти для отримання тепла, так як вони можуть бути використанні подібно до ґрунтових вод.

6.2.2 Джерело тепла – ґрунт з ґрунтовим колектором

На глибині від 1,2 до 1,5 м земля навіть в холодні дні залишається достатньо теплою (рис. 30), тому теплові насоси працюють економічно. Тепло у верхніх шарах ґрунту завдячує сонячній енергії, яка за допомогою сонячного випромінювання, переносу тепла з повітря, а також з атмосферними осадками переходить в ґрунт, а тепло яке підіймається до вершу з глибинних шарів ґрунту

					601НТ.10578412.МР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

складає всього від 0,05 до 0,12 Вт/м² не розглядається в якості нагріву для верхніх шарів ґрунту через низькі показники теплознімання.

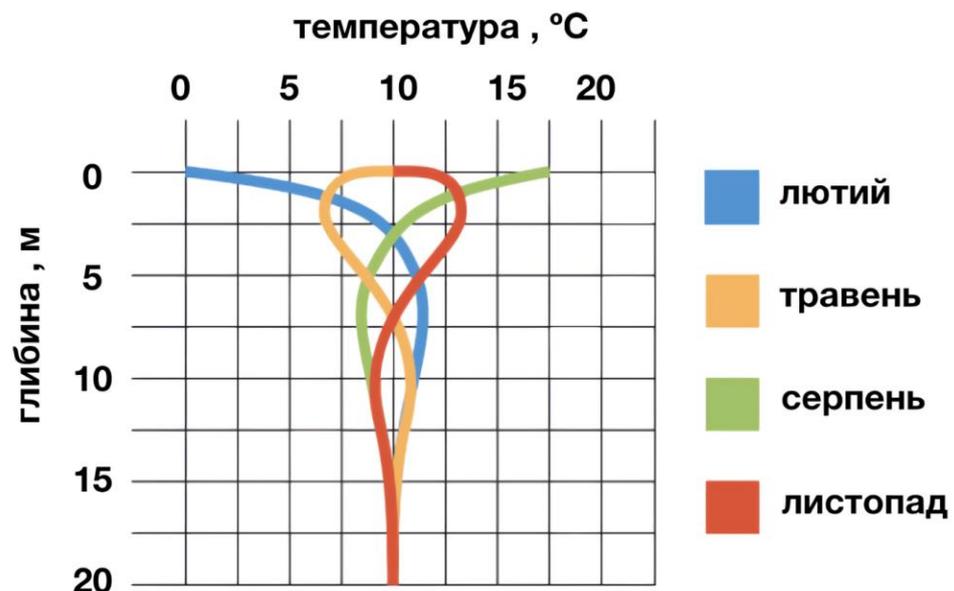


Рис. 30. Залежність температури ґрунту від глибини

Таким чином, якщо є велика ділянка землі, проклавши ґрунтовий колектор (рис. 31) він буде відбирати тепло ґрунту. Конструктивно це пластикові трубопроводи-змійовики по яким циркулює теплоносій. Він переносить тепло отримане з ґрунту на тепловий насос. Теплоносій повинен мати достатню стійкість проти замерзання. Крім того, при можливій розгерметизації не повинно виникати ризиків для ґрунтових (підземних) вод.

Табл. 19. Продуктивність теплознімання в залежності від типу ґрунту

При сухих, незв'язаних ґрунтах	10-15 Вт/м ²
При вологих, зв'язаних ґрунтах	15-20 Вт/м ²
При дуже вологих, зв'язаних ґрунтах	20-25 Вт/м ²
При насичених вологою ґрунтах	25-30 Вт/м ²
При ґрунтах, які насичені ґрунтовими водами	30-40 Вт/м ²

Емпіричний розрахунок показує, що площа ґрунтового колектору повинна бути в 2 або 3 рази більша опалювальної площі будинку.

Тип труби для ґрунтового колектору – поліетиленова жорстка 25x2,3 (DN 20, PN 10).

6.2.3 Джерело тепла – ґрунт з геотермічним зондом

Куди менше місця на ділянці потрібно вертикальним геотермічним зондам (рис. 32), які вводяться буровим інструментом на глибину до 100 м. При глибині до 60 м використовується труба діаметром 25x2,5 (DN 20), а від 50 до 100 м 32x3 (DN 25). Відстань між свердловинами 5 м.

					601НТ.10578412.МР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		67

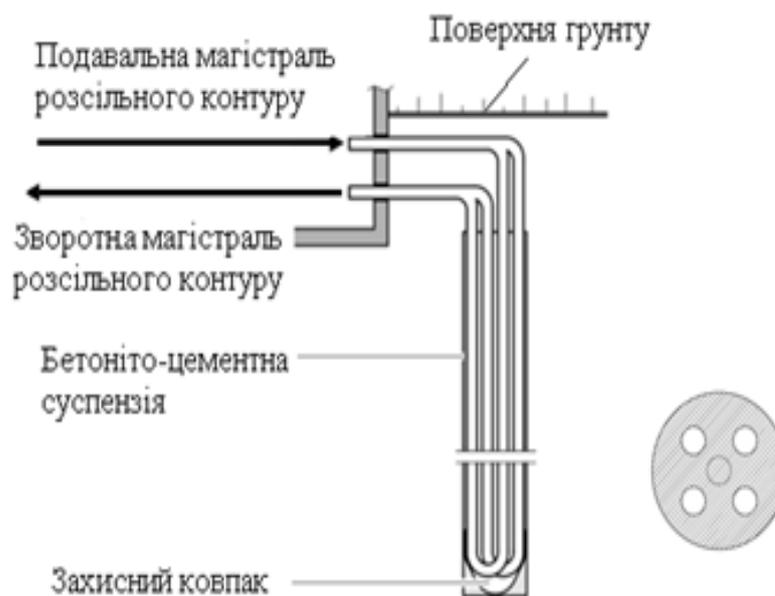
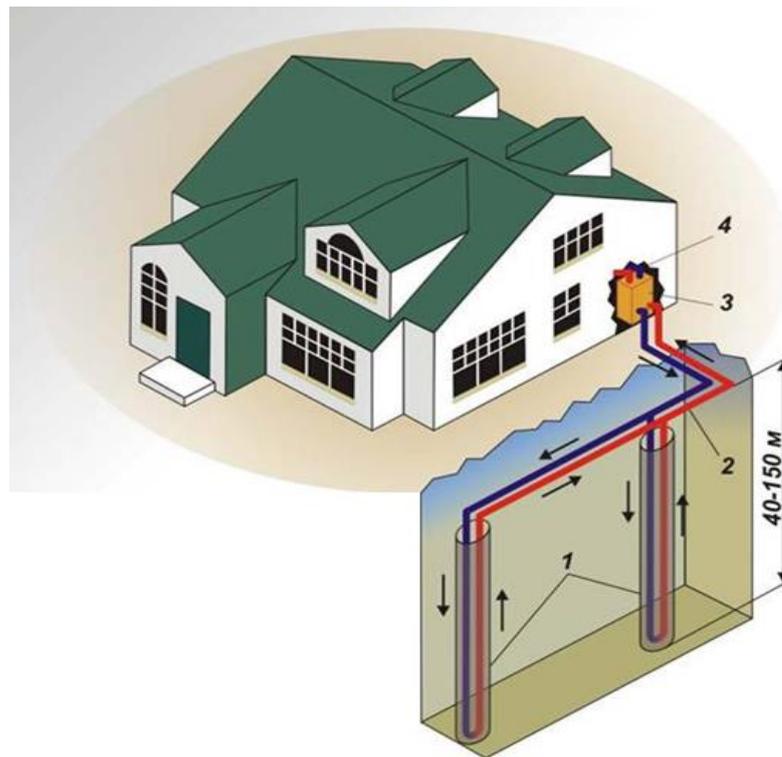


Рис. 32. Конструкція свердловин з зондом – U-подібною трубою:
 1– теплообмінники у свердловинах (система теплозбирання); 2– контур незамерзаючого теплоносія (тосол); 3– ТН; 4– контур опалювальної води

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

601НТ.10578412.МР

Арк.

68

Геотермічні зонди складаються з замкнутих пластикових U-подібних труб зі звареною основою. Зонд розміщують у підготовленій свердловині. Після чого під тиском заливають суспензією, наприклад, бетоном. Це забезпечує герметичне і довготривале, фізично стабільне сполучення геотермічного зонда з оточуючою породою, тим самим гарантується чудовий перехід тепла.

Геотермічний зонд довжиною 50 м складається з 200 м поліетиленових труб (2 x 50 м – підпюча лінія, 2 x 50 – зворотня лінія).

К-сть тепла, яке відбирає зонд на погоний метр труби в середньому складає від 30 до 100 Вт/м. Більш детальні значення наведено в табл. 20.

Табл. 20. Продуктивність теплотімання в залежності від типу ґрунту

Підстилаюча порода з високим потоком ґрунтових вод	100 Вт/м
Тверда кам'яна порода з високою теплопровідністю	80 Вт/м
Тверда кам'яна порода з нормальною підстилаючою породою	55 Вт/м
Погана підстилаюча порода	30 Вт/м

6.3 Можливі режими експлуатації теплових насосів

Для теплових насосів в кругу спеціалістів утвердились наступні визначення, які висвітлено нижче та на рис. 33.

- 1) Моновалентний. Тепловий насос є єдиним джерелом тепла в будинку. Даний режим роботи можливий для всіх систем опалення з температурою лінії подачі менше 60 град.

					601НТ.10578412.МР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		69

- 2) Моноенергетичний. Опалювальна система більше не потребує ніякого іншого джерела теплоти. Тепловий насос типу повітря-вода працює до температури зовнішнього повітря, наприклад, -18 град., а додатковий електричний нагрівач вмикається при більш низьких температурах зовнішнього повітря.
- 3) Двохвалентно-альтернативний. Тепловий насос забезпечує будинок теплом до деякої температури зовнішнього повітря (наприклад, 0 град.). Якщо температура опускається нижче цього значення, тепловий насос вимикається і починає працювати інше джерело тепла. Цей режим роботи можливий для будь-яких систем опалення з температурою на подачі максимум 90 град.
- 4) Двохвалентно-паралельний. До певної температури зовнішнього повітря тільки тепловий насос виробляє необхідне тепло. Якщо температура опускається нижче, починає працювати інше джерело теплоти. В порівнянні з двохвалентно-альтернативним принципом роботи, річна участь теплового насосу в даному випадку виходить більшою. Цей принцип роботи використовується для опалення теплою підлогою і радіаторами при температурі на подачі максимум 60 град.
- 5) Частково-паралельний двохвалентний. До певної температури зовнішнього повітря тільки тепловий насос виробляє необхідне тепло. Якщо температура опускається нижче цього значення, вмикається інше джерело тепла. Якщо температура падаючої лінії теплового насосу недостатня, тепловий насос вимикається. Інше джерело тепла приймає на себе все навантаження. Цей режим роботи підходить для всіх опалювальних систем з температурою падаючої лінії більше 60 град.

					<i>601HT.10578412.MP</i>	Арк.
						70
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6.4 Розрахунок потенціалу використання теплового насосу для потреб опалення будинку.

6.4.1 Підбір теплового насосу

Зважаючи на величину тепловтрат будинку: 9,74 кВт, у даному дипломному проєкті обрано тепловий насос повітря-вода: Panasonic WH-UD12HE8/WH-SDC12H9E8 [22] серія High Performance, Bi-Block, однофазний потужністю 12 кВт (рис. 34). Вартість теплового насосу 255 700 грн [22].



Рис. 34. Внутрішній та зовнішній блок теплового насосу Panasonic WH-UD12HE8/WH-SDC12H9E8

Обрано саме повітряний тепловий насос через простоту і дешевизну монтажу та додаткового обладнання. Відповідно це дасть можливість зменшити його термін окупності в порівнянні з іншими конфігураціями. До того ж,

					601HT.10578412.MP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		72

повітряні теплові насоси є найпопулярнішим рішенням серед приватного сектору.

6.4.1 Вибір режиму експлуатації теплового насосу

У даному дипломному проекті обрано двохвалентно-паралельний режим експлуатації теплового насосу для забезпечення рівних умов з системою геліоустановок. До певної температури зовнішнього повітря тільки тепловий насос виробляє необхідне тепло. Якщо температура опускається нижче, починає працювати додаткове джерело теплоти, у нашому випадку це електричний котел Bosh Tronic Heat 3500 12 [11].

Цей принцип роботи використовується для опалення теплою підлогою і радіаторами при температурі на подачі максимум 60 град.

6.4.2 Параметри низькотемпературної системи опалення

Зважаючи на те, що потужність теплового насосу та його ефективність, мається на увазі COP, залежить від температури води на виході з конденсатору та обраним режимом експлуатації теплового насосу, то доцільно обрати низькотемпературну систему опалення. У європейському стандарті з опалення EN 442 [23] йдеться про звичайний температурний режим 75-65 град., але в той же час вводиться поняття «м'якого тепла», що відповідає параметрам 55-45. Такий температурний режим відповідно до документа має стати основним у майбутньому. Тому при визначенні потужності теплового насосу та коефіцієнту перетворення в залежності від зовнішньої температури в даному дипломному проекті ми будемо орієнтуватися на температуру води на виході з конденсатора 55 град.

					<i>601HT.10578412.MP</i>	Арк.
						73
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6.4.3 Розрахунок терміну окупності теплового насосу

При порівнянні ефективності застосування теплових насосів їх термін окупності повинен бути менше терміну служби (25 років – термін служби компресора). У разі зміни (підвищення) тарифів на електроенергію протягом терміну служби теплового насосу строк окупності відповідно зменшиться.

Для чистоти експерименту при розрахунку терміну окупності теплового насосу також врахований перехідний період року: квітень та жовтень.

У табл. 21 наведено витрату теплоти будинком на опалення ($Q_{\text{міс.оп}}$).

Табл. 21. Витрату теплоти будинком на опалення ($Q_{\text{міс.оп}}$)

Назва місяця	$n_{\text{діб}}$	$t_{\text{сер.міс}}, \text{ } ^\circ\text{C}$	$\Phi_i, \text{ кВт}$	$Q_{\text{міс.оп}}, \text{ кВт}\cdot\text{год}$
Січень	31	-1,3	5,644	4199
Лютий	28	-0,6	5,473	3678
Березень	31	2,9	4,615	3434
Квітень	30	9,2	2,980	2146
Жовтень	31	11,2	2,412	1795
Листопад	30	5,8	3,899	2807
Грудень	31	1,1	5,056	3762

Для того, щоб визначити кількість теплоти, яку зможе виробити тепловий насос при середніх місячних температурах та його ефективність потрібно інтерполювати значення, які знаходяться в технічному паспорті виробу (рис. 35).

WH-UD12HE8																		
Tamb	HC	IP	COP															
LWC	30	30	30	35	35	35	40	40	40	45	45	45	50	50	50	55	55	55
-20				7,10	3,22	2,20				6,45	3,72	1,73				5,55	3,96	1,40
-15	9,30	3,46	2,69	8,90	3,62	2,46	8,50	3,79	2,24	8,10	3,95	2,05	7,50	4,05	1,85	7,00	4,16	1,68
-7	10,40	3,37	3,09	10,00	3,66	2,73	9,60	3,95	2,43	9,20	4,24	2,17	8,70	4,26	2,04	8,20	4,27	1,92
2	11,80	3,10	3,81	11,40	3,31	3,44	11,00	3,53	3,12	10,60	3,74	2,83	9,80	3,94	2,49	9,10	4,14	2,20
7	12,00	2,10	5,71	12,00	2,53	4,74	12,00	2,96	4,05	12,00	3,39	3,54	12,00	3,78	3,17	12,00	4,16	2,88

Рис. 35. Показники теплопродуктивності теплового насосу Panasonic WH-UD12HE8

Згідно таблиці, ступінь заміщення палива дорівнює одиниці. Так як в даній дипломній роботі використання надлишку теплової енергії для потреб гарячого водопостачання не розглядається, то приймаємо що $Q_{\text{міс.оп}} = Q_{\text{міс.тн}}$.

Для того, щоб знайти місячні економії при опаленні тепловим насосом використано формулу (28), грн:

$$\Gamma_{\text{з.м}} = (Q_{\text{міс.оп}} \cdot C_{\text{ел}}) - (Q_{\text{міс.оп}} \div \text{COP} \cdot C_{\text{ел}}),$$

де: $Q_{\text{міс.оп}}$ – місячна витрата теплоти будинком для потреб опалення, кВт·год; COP – місячна величина коефіцієнту перетворення; $C_{\text{ел}}$ – діючий тариф на електроенергію: 2,64 грн/кВт·год.

Результати розрахунку формули 28 наведено в табл. 24.

Табл. 24. Місячні економії при опаленні тепловим насосом (Гз.м.)

Назва місяця	$n_{\text{діб}}$	$Q_{\text{міс.оп}}$, кВт·год	$\text{COP}_{\text{міс}}$	Гз.м.
Січень	31	4199	2,08	5756
Лютий	28	3678	2,09	5064
Березень	31	3434	2,27	5072
Квітень	30	2146	2,93	3731
Жовтень	31	1795	3,06	3190
Листопад	30	2807	2,63	4592
Грудень	31	3762	2,14	5290
Всього:				32697

Згідно таблиці зекономлена вартість за енергоносії при використанні теплового насосу для потреб опалення складає: $\Gamma = 32\ 697$ грн.

Приблизний простий термін окупності теплового насосу порахований згідно формули (28), рік:

$$\tau_{\text{ок}} = \frac{\Gamma_{\text{с}}}{\Gamma}$$

					601НТ.10578412.МР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		76

Вартість основних комплектуючих системи наведено в табл. 25.

Табл. 25. Вартість основних комплектуючих геліосистеми на базі сонячних колекторів

Найменування	Позначення	Ціна, грн	Кількість, шт	Сума, грн
Тепловий насос	Г _{ТН}	231 299	1	231 299
Буферна ємність	Г _{БЄ}	13 199	1	13 199
Витратні матеріали для монтажу*	Г _{ВМ}	37 958	-	37 958
Послуги монтажу*	Г _{РОБ}	25 305	-	25 305
Послуги з пуско-наладки*	Г _{ПН}	3 796	-	3 796
Вартість геліосистеми	Г _{ГС}	-		311 557

*Вартість взято згідно інтернет джерела як для 10-ти кВт-ної системи [24].

Стосовно підбору баку-акумулятора для теплового насосу, то інженери радять на кожен кВт потужності теплового насосу брати 10 л води. У нашому випадку $V_{БЄ} = 9 \cdot 10 = 90$ л. Обрано буферну ємність RBHP-100 (рис. 36) об'ємом 100 л [25].

					601НТ.10578412.МР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		77

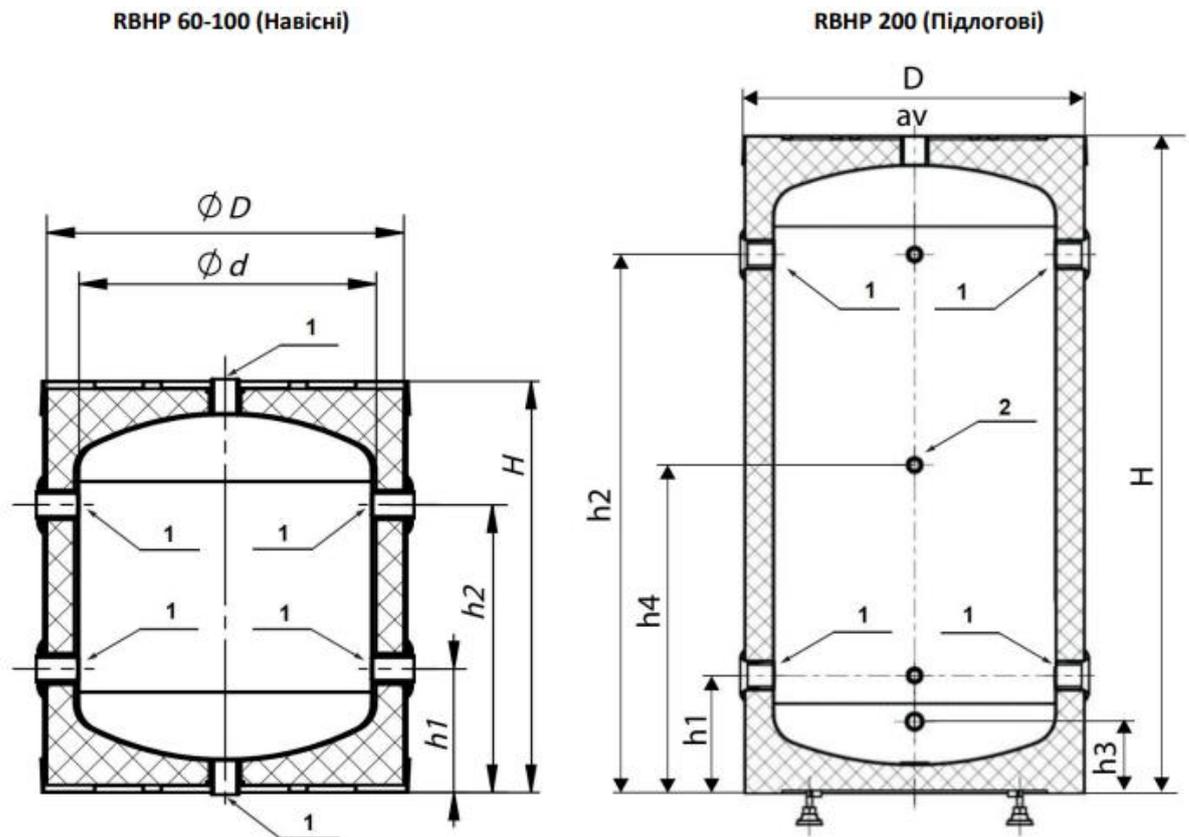


Рис. 36. Буферна ємність RBHP-100

Термін окупності системи у нашому випадку:

$$\tau_{\text{OK}} = \frac{311\,557}{32\,697} = 9,5 \text{ (рік)}$$

Оптимальна температура, економічно вигідна для переходу на резервне джерело тепла, називається «точкою бівалентності». Знаходиться вона графічно як перетин ліній тепловтрат будинку та потужності теплового насосу в залежності від зовнішньої температури. При даних умовах вона складає: -4,1 град. (рис. 37).

										Арк.
										78
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	601HT.10578412.MP					

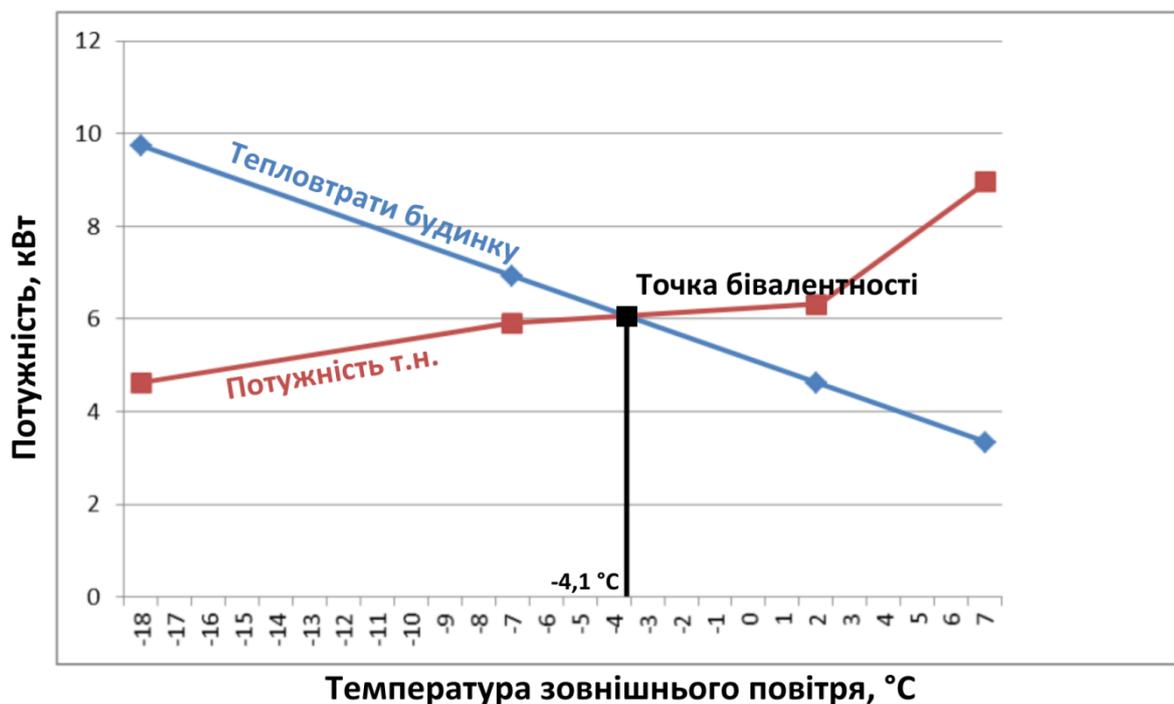


Рис. 37. Визначення точки бівалентності теплового насоса

Висновок до розділу

Отже, при використанні теплового насоса повітря-вода, термін окупності склав 9,5 років. При цьому коефіцієнт заміщення палива за опалювальний сезон дорівнює одиниці. До температури зовнішнього повітря: -4,1 град., тепловий насос самотужки буде виробляти необхідну к-сть тепла. Також хотілося б зазначити, що при використанні нічного тарифу, при використанні для потреб гарячого водопостачання та охолодження можливе суттєве зниження терміну окупності теплового насоса щонайменше у двічі.

Додаток А

Перспективні зображення будинку



					601НТ.10578412.МР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		80



					601HT.10578412.MP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		81

Література

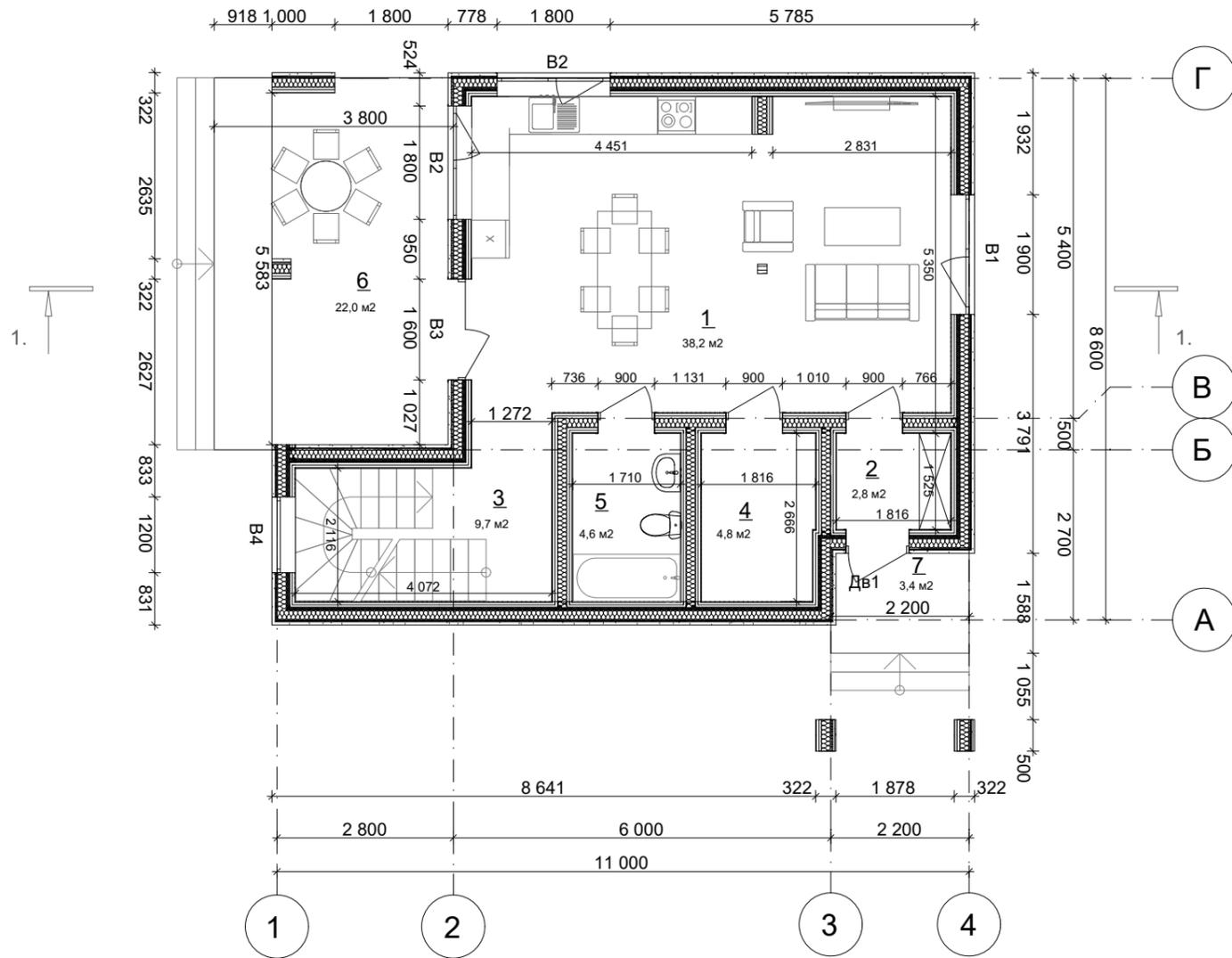
1. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. – Укрархбудінформ,- 2013. – 141 с.
2. ДСТУ-Н Б В.1.1.-2010. Будівельна кліматологія. – К.: Мінрегіонбуд України, 2011. – 128 с.
3. EN 12831:2003 (E) Heating systems in buildings – Method for calculation of the design heat load. – CEN, 2003. – 76 с.
4. PN-EN 12831:2006 Instalacje ogrzewcze w budynkach -- Metoda obliczania projektowego obciążenia cieplnego.
5. EN ISO 14683 thermal bridges in building construction - Linear thermal transmittance - Simplified methods and default values.
6. EN ISO 13370 Thermal performance of buildings - Heat transfer via the ground - Calculation methods.
7. ДСТУ Б.В.2.6.-189:2013. Методи вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель. – К.: Мінрегіон України, 2014.
8. Розрахунок системи сонячного гарячого водопостачання: метод. рек. до викон. Домашньої контрольної роботи для студ. спеціальності 101 «Екологія» спеціалізації «Інженерна екологія та ресурсозбереження» / Уклад: В.В.Дубровська, В.І. Шкляр – К.: НТУУ «КПІ», 2016. – 28 с.
9. Розрахунок та вибір обладнання для системи гарячого водопостачання з сонячним колектором: метод. рек. до викон. розрахункової роботи для студ. спеціальностей «Енергетичний менеджмент» та «Екологія та охорона навколишнього середовища» /Уклад: В.В. Дубровська, В.І. Шкляр, Ю.В. Лохманець – К.: НТУУ «КПІ», 2011. – 52 с.
10. Малєєв В.О. Перспективи розвитку сонячної енергетики в Україні / В.О. Малєєв, В.М. Безпальченко, Д.С. Макаруч // Актуальні проблеми сучасної енергетики: матеріали II-ої Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції студентів, аспірантів і молодих вчених. – Херсон : ХНТУ, 2017. – с.74–70.

					<i>601НТ.10578412.МР</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		82

19. Контролер для сонячних колекторів. URL: <https://solarbud.com.ua/ua/p412812099-sr618s6-sk618s6-kontroler.html> (дата звернення: 29.12.2023).
20. SOLIS-20K Сонячний мережевий інвертор. URL: <https://eco-tech.com.ua/ua/p1592609520-solis-gr3p17k-17kvt.html> (дата звернення: 29.12.2023).
21. Двосторонній елетросчечик для "зеленого" тарифа GAMA 300 G3B.144.230.F27 5 (100) А трифазний. URL: <https://eco-tech.com.ua/ua/p501786832-dvustoronnij-eletroschetchik-dlya.html> (дата звернення: 29.12.2023).
22. Тепловий насос Panasonic WH-UD12HE8/WH-SDC12H9E8 серія High Performance. URL: <https://panasonic.net.ua/wh-sdc12h9e8> (дата звернення: 29.12.2023).
23. EN 442-1:2014 Radiators and convectors - Part 1: Technical specifications and requirements.
24. Розрахунок теплового насоса. URL: <https://teplonasos.kiev.ua/ua/raschyot-teplovogo-nasosa/> (дата звернення: 29.12.2023).
25. Буферна ємність RBHP-100. URL: <https://roda.com.ua/ua/rbhp-100/> (дата звернення: 29.12.2023).

					601HT.10578412.MP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		84

План 1-го поверху



Експлікація приміщень

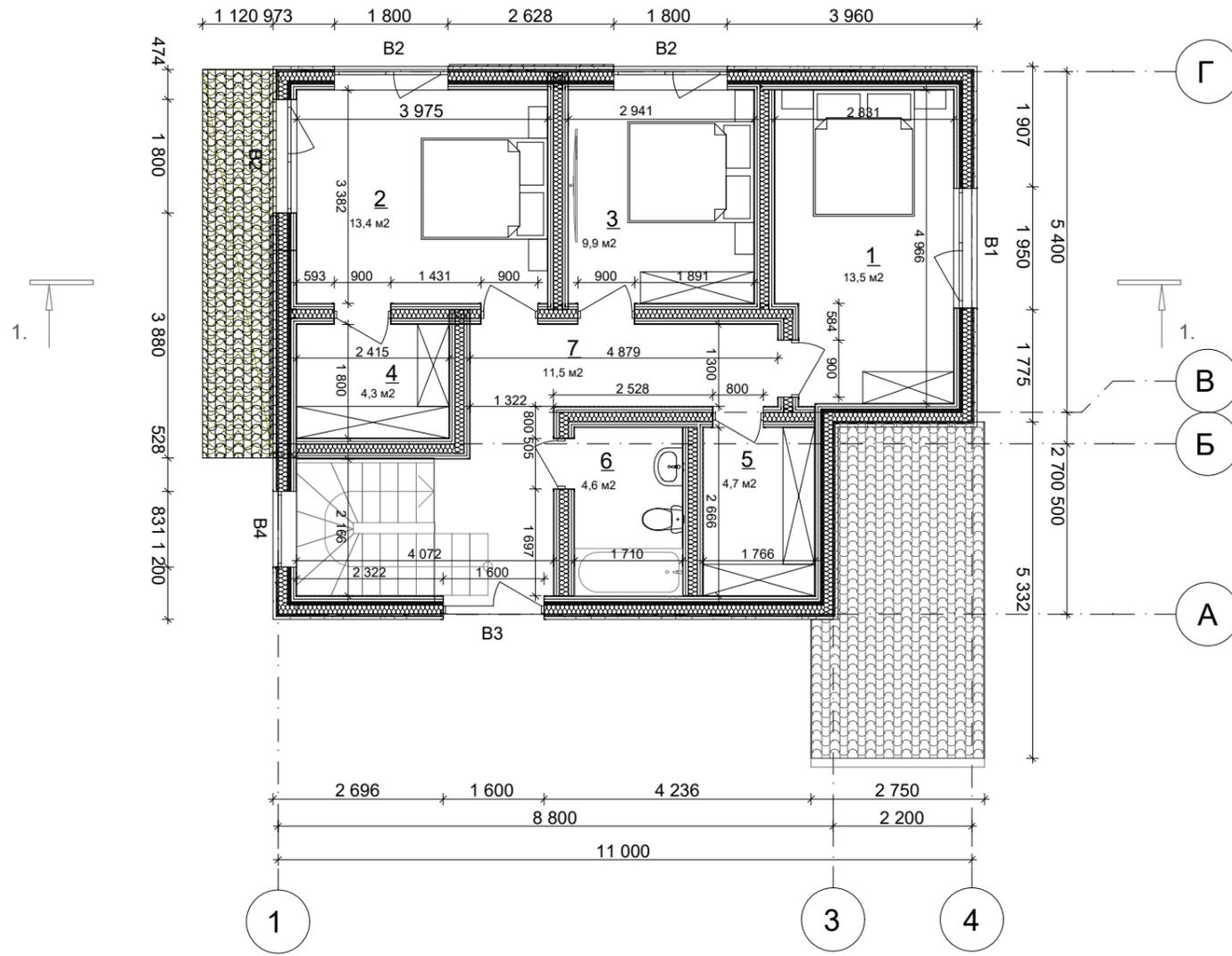
№ п/п	Найменування	Площа м ²
1	Кухня-вітальня	38,2
2	Тамбур	2,8
3	Сходова	9,7
4	Технічне приміщення	4,8
5	Санвузол	4,6
Загальна площа		60,1
6	Тераса	6,6
7	Ганок	1,0

* площі вказані з коригувальним коефіцієнтом 0,3

Погоджено:	
Інв. № ор.	Зам. інв. №
Підпис і дата	

						2024	601НТ-10578412-МР		
							Розробка альтернативного енергопостачання житлового будинку в м. Одеса		
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата				
Розробив	Шнейдер С.В.					Стадія	Аркуш	Аркушів	
Перевірів	Кутний Б.А.					Р	1	5	
Н.контроль	Кутний Б.А.					План 1-го поверху М1:100			
Зав.кафед.	Голік Ю.С.					 Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка кафедра ТГВмТ			

План 2-го поверху



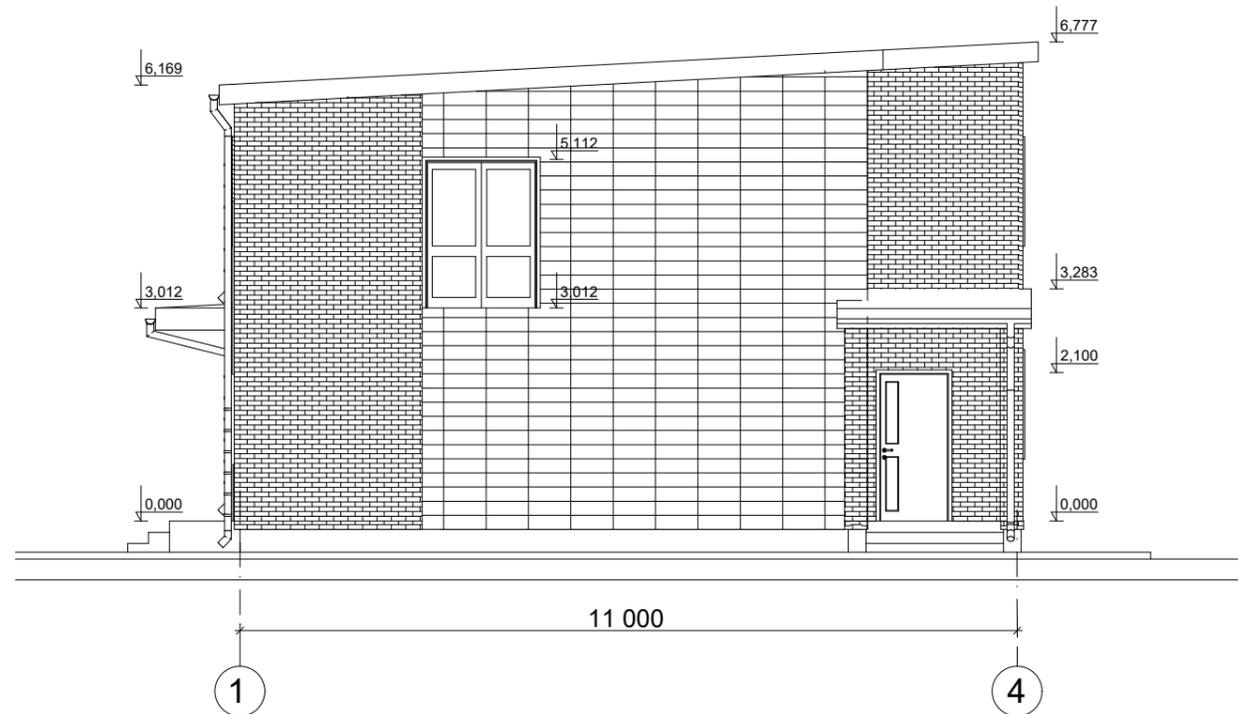
Експлікація приміщень

№ п/п	Найменування	Площа м ²
1	Спальня1	13,5
2	Спальня2	13,4
3	Спальня3	9,9
4	Гардероб 1	4,3
5	Гардероб 2	4,7
6	Санвузол	4,6
7	Коридор	11,5
Загальна площа		61,8

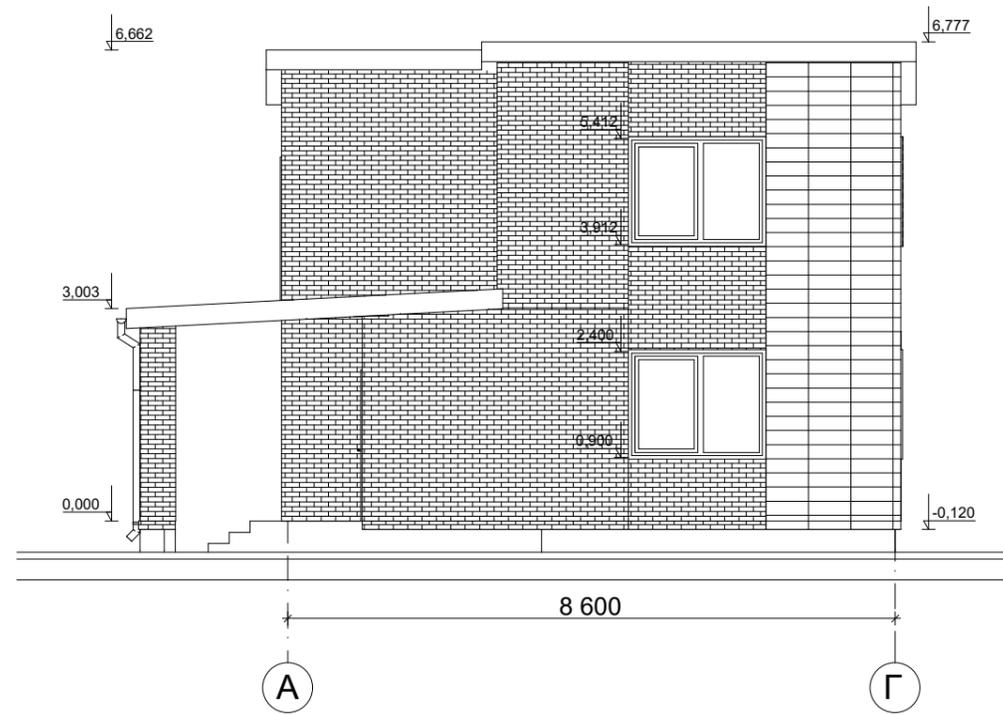
Погоджено:	
Інв. № ор.	Зам. інв. №
Підпис і дата	

						2024	601НТ-10578412-МР		
							Розробка альтернативного енергопостачання житлового будинку в м. Одеса		
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата				
Розробив	Шнейдер С.В.						Стадія	Аркуш	Аркушів
Перевірів	Кутний Б.А.						Р	2	5
Н.контроль	Кутний Б.А.								
Зав.кафед.	Голік Ю.С.						План 2-го поверху М1:100		
							 Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка кафедра ТГВмТ		

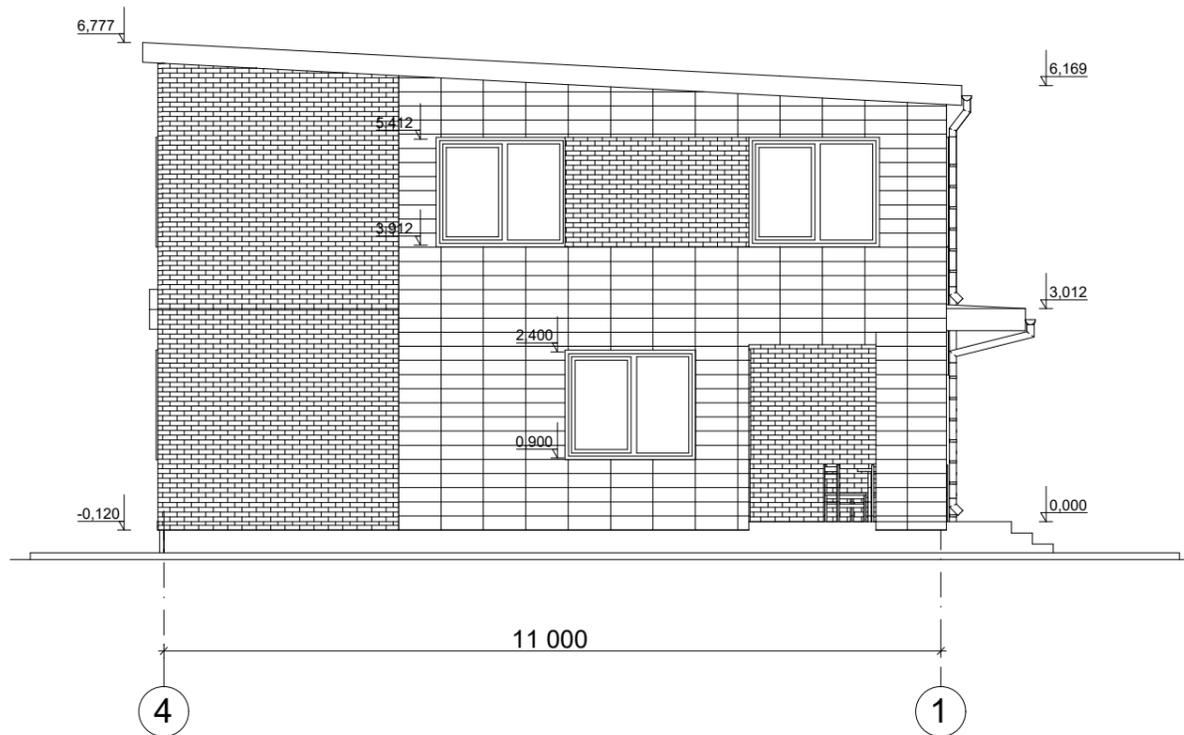
Фасад в осях 1-4



Фасад в осях А-Г



Фасад в осях 4-1



Фасад в осях Г-А

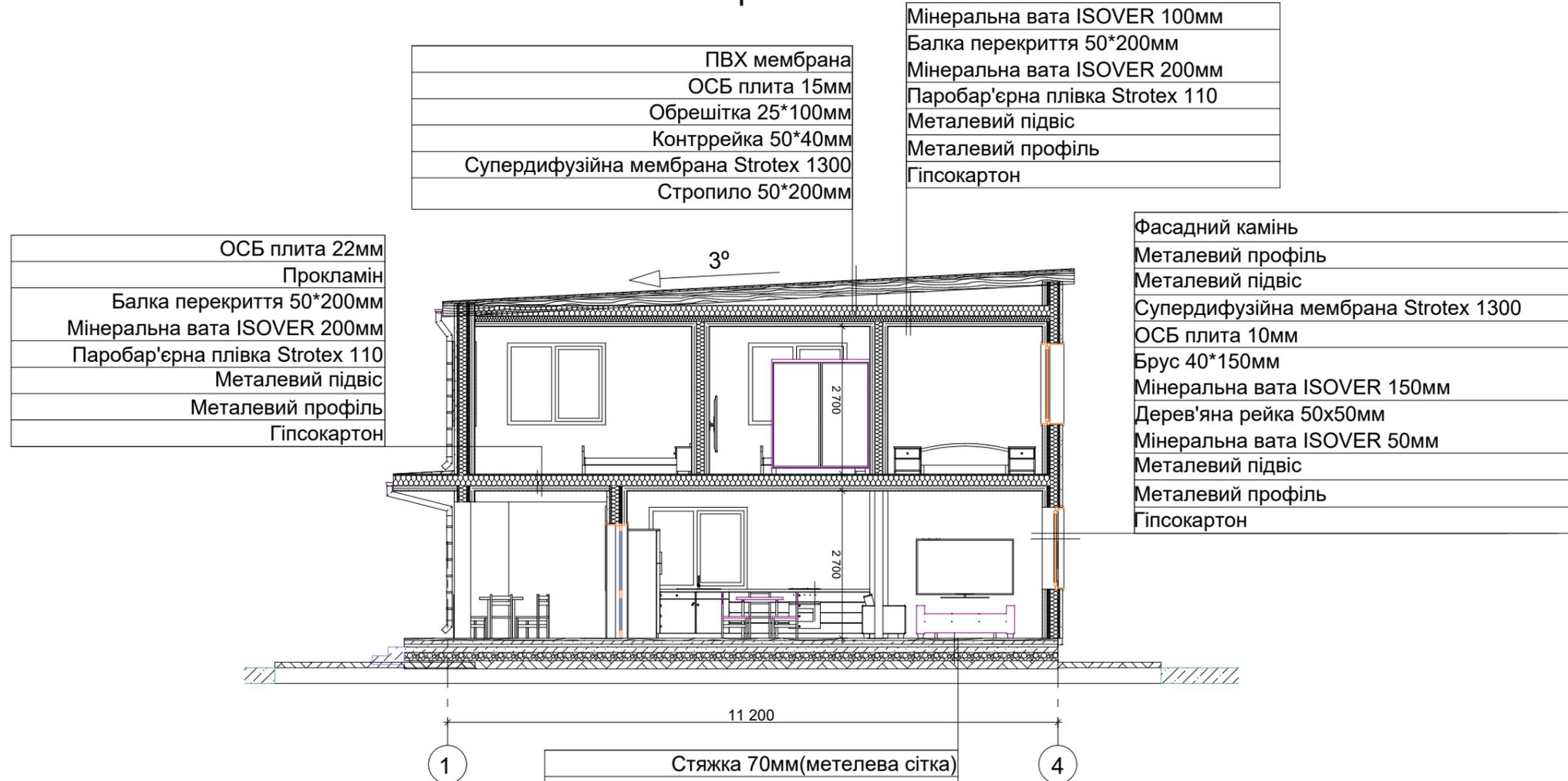


Погоджено:

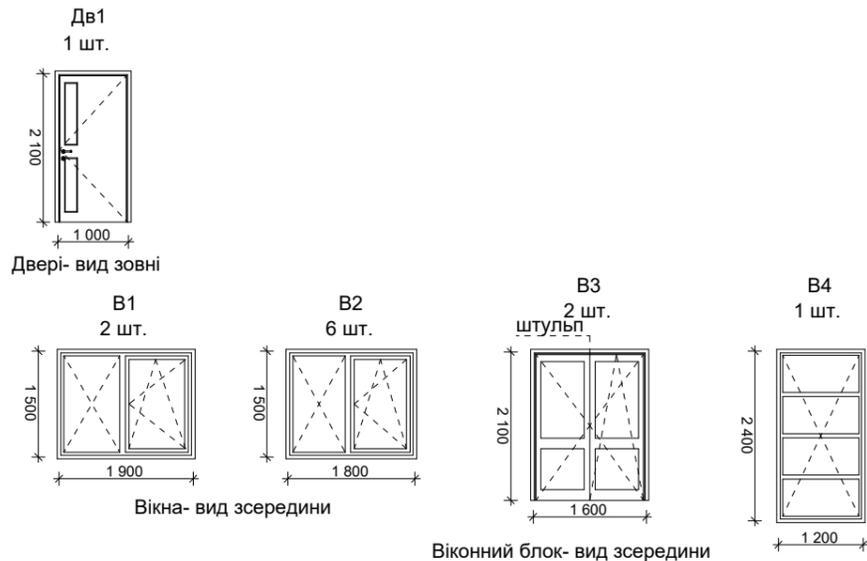
Зам. інв. №
Інв. № ор.

					2024	601НТ-10578412-МР		
						Розробка альтернативного енергопостачання житлового будинку в м. Одеса		
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата	Стадія	Аркуш	Аркушів
Розробив				Шнейдер С.В.		Р	3	5
Перевірів				Кутний Б.А.				
Н.контроль				Кутний Б.А.				
Зав.кафед.				Голік Ю.С.		Фасади в осях М1:100		
						 Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка кафедра ТГвмат		

Розріз 1-1



Віконно-дверна специфікація



Примітка: розміри дверей, вікон, віконних блоків показані, як розміри готових металопластикових виробів.

						2024	601НТ-10578412-МР		
						Розробка альтернативного енергопостачання житлового будинку в м. Одеса			
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата				
Розробив	Шнейдер С.В.					Стадія	Аркуш	Аркушів	
Перевірів	Кутний Б.А.					Р	4	5	
Н.контроль	Кутний Б.А.					Розріз 1-1 та схеми вікон і дверей М1:100			
Зав.кафед.	Голік Ю.С.					 Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка кафедра ТГВмТ			

Погоджено:

Зам. інв. №

інв. № ор.

Формат А3

