МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ В. Н. КАРАЗІНА
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
КОМП'ЮТЕРНОЇ ФІЗИКИ ТА ЕНЕРГЕТИКИ

Кафедра теплофізики, молекулярної фізики та енергоефективності

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи
за ОКР бакалавр

«Опір теплопередачі конструкцій будівлі при опаленні за рахунок альтернативних джерел енергії»

Виконав: студент 4 курсу, групи НФ-42
Спеціальність:
«Прикладна фізика та наноматеріали»
Кубрак Дмитро Сергійович
Керівник: к.ф.-м.н., доц. Ольга ЛІСІНА

Рецензент:

Харків – 2021

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Харківський національний університет імені В.Н.Каразіна

ННІ Комп'ютерної фізики та енергетики
Кафедра теплофізики, молекулярної фізики та енергоефективності
Рівень вищої освіти (освітньо-кваліфікаційний рівень) бакалавр
Спеціальність 105 — прикладна фізика та наноматеріали

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ **Юрій МАЦЕВИТИЙ**

"____" _____20___року

З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ (ПРОЕКТ)

Кубрак Дмитра Сергійовича
(прізвище, ім'я, по батькові студента)

1. Тема роботи «Опір теплопередачі конструкцій будівлі при опаленні за рахунок альтернативних джерел енергії».

керівник роботи Лісіна Ольга Юліївна к.ф.-м.н., доц.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від "___"_____20__року №___

2. Строк подання студентом роботи_____

3. Перелік питань, які потрібно розробити

1) Обґрунтування вибору альтернативного джерела енергії.

2) Розрахунок термічного опору конструкцій будівлі.

3) Рекомендації, що до підвищення термічного опору.

4) Розрахунок втрат теплоти будинку.

5) Рекомендації щодо елементів системи опалення

4. План роботи

№ з/п	Назви етапів роботи
1.	Вибір теми, узгодження, закріплення за кафедрою.
2.	Робота над літературою та іншими джерелами.
3.	Затвердження теми на кафедрі.
4.	Написання вступу до роботи.
5.	Написання першого розділу.
6.	Написання другого розділу.
7.	Написання третього розділу.
8.	Написання висновків.
9.	Робота з науковим керівником, доопрацювання з урахуванням зауважень.
10.	Відгук, рецензія, підготовка до захисту.
11.	Попередній захист на кафедрі.
12.	Захист.

5. Дата видачі завдання_____

Студент _____ Дмитро КУБРАК

Керівник роботи _____ Ольга ЛІСІНА

Перелік скорочень та абревіатур

ГЕС – гідроелектростанції

МГЕС – малі гідроелектростанції

СЕС – сонячні електростанції

СК – сонячні колектори

РЕФЕРАТ

Робота на тему «Опір теплопередачі конструкцій будівлі при опаленні за рахунок альтернативних джерел енергії» виконана студентом четвертого курсу Кубрак Дмитром Сергійовичем.

Виконана робота за обсягом займає 41 сторінок, з них 29 сторінок основна частина, яка має 3 розділів, 7 таблиць, 11 ілюстрацій та 24 використаних джерел.

Робота присвячена розрахунку термічного опору конструкцій будівлі, обґрунтуванню вибору альтернативного джерела енергії для опалення приватного будинку та наданню рекомендацій, щодо елементів системи опалення.

Об’єктом досліджень роботи є житловий будинок у м. Харкові, для якого й будуть проводитися розрахунки термічного опору та тепловтрат.

Головна мета роботи розрахувати термічний опір будівлі та надати рекомендації, щодо елементів системи опалення.

Ключові слова: альтернативна енергетика, термічний опір, тепловтрати, енергія сонця, вакуумний колектор.

ABSTRACT

The work on the topic "Heat transfer resistance of building structures during heating due to alternative energy sources" was performed by a fourth-year student Kubrak Dmitry Sergeevich.

The work done in volume occupies 41 pages, of them 29 pages the main part, which has 3 sections, 7 tables, 11 illustrations, and 24 sources used.

The work is devoted to the calculation of thermal resistance of building structures, substantiation of the choice of an alternative energy source for heating a private house and providing recommendations on the elements of the heating system.

The object of research is a residential building in Kharkov, for which thermal resistance and heat loss will be calculated.

The main purpose of the work is to calculate the thermal resistance of the building and provide recommendations for the elements of the heating system.

Keywords: alternative energy, thermal resistance, heat loss, solar energy, vacuum collector.

ЗМІСТ

ВСТУП 7

РОЗДІЛ 1. АЛЬТЕРНАТИВНІ ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ДЖЕРЕЛА ДЛЯ ОПАЛЕННЯ БУДИНКУ

1.1 Альтернативні джерела енергії 8
1.2 Основні види альтернативних джерел енергії 8
1.3 Обґрунтування вибору сонячної енергетики, як джерела для опалення 14

РОЗДІЛ 2. ОПИС БУДИНКУ ТА РОЗРАХУНОК ТЕРМІЧНОГО ОПОРУ

2.1 Опис об’єкту досліджень 16
2.2 Розрахунок термічного опору та тепловтрат будівлі 19
2.3 Рекомендації, щодо зменшення втрат теплоти 28

РОЗДІЛ 3. РЕКОМЕНДАЦІЇ, ЩОДО ЕЛЕМЕНТІВ СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ

3.1 Основні види сонячних колекторів та рекомендації, щодо їх вибору 30
3.2 Рекомендації, щодо елементів системи опалення тепла підлога 33

ВИСНОВКИ 38
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ 39

ВСТУП

Актуальність теми. Сьогодні більше ніж гостро стоїть проблема розвитку нових джерел енергії, при цьому особливе місце займають альтернативні. Зниження енергетичної залежності України від традиційних паливних ресурсів, можливе тільки за допомогою розвитку і використання особистої альтернативної енергетики, яка у якості палива використовує місцеві ресурси (біоенергетика), або не потребує палива (сонячна, вітрова та мала гідроенергетика).

Зараз як, ніколи Україна потребує переходу на альтернативні джерела енергії. Розвиток і використання альтернативних джерел енергії в країні дозволить підвищити її енергетичну безпеку та отримати переваги в довгостроковій перспективі.

Геліоенергетика або сонячна енергетика є екологічним та широко використовуваним видом енергетики. Вже зараз використання сонячної енергії є економічно виправданим для забезпечення автономних споживачів теплової енергії. В майбутньому геліоенергетика, за більшістю прогнозованих оцінок, повинна стати основним способом отримання електроенергії та теплової енергії. [1]

Мета. Метою роботи є розрахунок термічного опору конструкцій будівлі.

Об’єкт дослідження. Об’єктом є приватний будинок розташований у м. Харків, Харківської області.

Предмет дослідження. Процес теплопереносу в огороджувальних конструкціях будівлі.

РОЗДІЛ 1.
ВИДИ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ДЖЕРЕЛА ДЛЯ ОПАЛЕННЯ БУДИНКУ

1.1 Альтернативні джерела енергії

На сьогоднішній день енергетика в основному ґрунтується на невідновлюваних джерелах енергії, які мають обмежені запаси та не можуть продовжувати стійкий розвиток світової енергетики на тривалу перспективу, а їх використання – головне, що призводить до глобального погіршення навколишнього середовища.

Альтернативна енергетика це вид енергетики, що забезпечує вироблення електричної, теплової та механічної енергії з відновлюваних джерел енергії.

Альтернативні джерела енергії - відновлювані джерела енергії, до яких належать енергія сонця, вітра, геотермальна, гідроенергія, енергія біомаси та інші.

Ефективні прилади для перетворення енергії – це сонячні панелі, колектори, вітряки, гідроелектростанції, сучасні установки для отримання енергії від різниці температур на поверхні ґрунту та в його надрах і багато інших.

Вони дозволяють перетворювати відновлювальну енергію джерела в більш зручну для нас електричну енергію та тепло, які ми можемо використовувати в повсякденному житті.

1.2 Основні види альтернативних джерел енергії

Вітроенергетика – вид альтернативної енергетики, який базується на перетворенні кінетичної енергії вітру в електричну енергію.

Джерелом для вітроенергетики є сонце, так як саме воно впливає на створення вітру. Внаслідок неоднорідності землі та через те що кут падіння світла в різних широтах в різні пори року неоднаковий атмосфера поглинає сонячну радіацію нерівномірно.

Щільність повітря змінюється та піднімається в атмосферу, утворюючи потоки. Там, де повітря нагрівається більше, вони піднімаються вище та залишаються у зонах низького тиску. Холодне повітря залишається нижче, створюючи зони високого тиску.

Різниця атмосферного тиску змушує повітря рухатися від зони високого до зони низького тиску. Цей рух і є тим, що ми, зазвичай, називаємо вітром.

Щоб використати вітрову енергію, треба враховувати добові та сезонні зміни вітру, його швидкості , кількість поривів за короткі відрізки часу, а також статистичні дані за певний проміжок часу, наприклад за останні 30 років.

Для кожної місцевості заміна швидкість вітру за висотою (епюра швидкостей вітру) має характерний вигляд (рис. 1.1).

Із Рис. 1.1 зрозуміло, що крім середньорічної швидкості місцевість має свій профіль швидкостей, який виражає величину швидкісного напору.

Із огляду на це для уловлювання вітру вираховують висоту розташування вітрогенератору над рівнем землі.

Як і для середньорічної швидкості, попередньо досліджують ефективну висоту розташування вітроагрегату за різних вітрових навантажень і потужностей самого вітрогенератору.

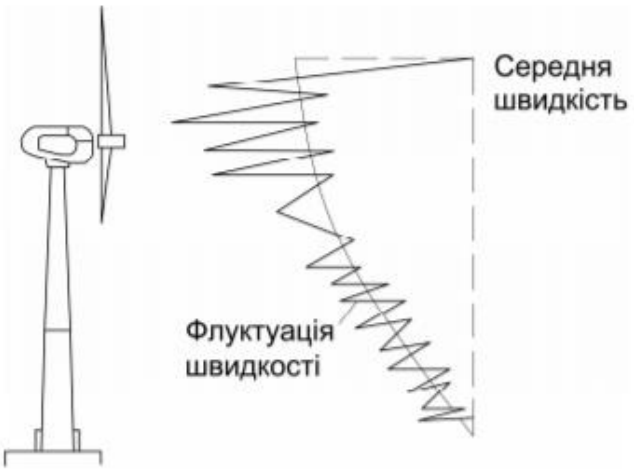


Рис. 1.1 – Епюра швидкостей вітру

Використовують дві різні конструкції вітроустановок – з горизонтальною і вертикальною віссю обертання. Поширення набули вітроустановки з горизонтальною віссю (рис. 1.2).

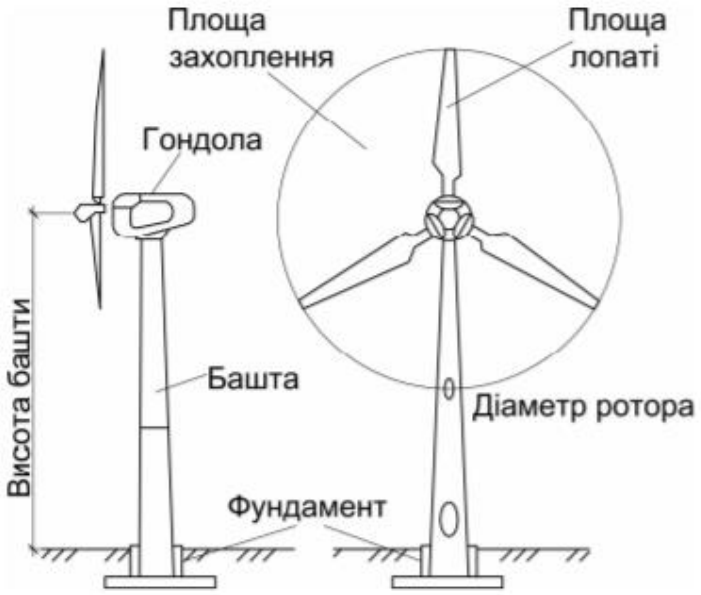


Рис. 1.2 – Схема вітроустановки

Біоенергетика – галузь енергетики, що базується на використанні біопалива, яке виробляють із біомаси.

Біомаса – біологічно відновлювальна речовина органічного походження, що зазнає біологічного розкладу (відходи сільського (рослинництва тваринництва), лісового господарства та технологічно пов'язаних із ним галузей промисловості, а також органічна частина промислових і побутових відходів.

Для України біоенергетика є одним із стратегічних напрямів розвитку сектору відновлюваних джерел енергії, оскільки залежність країни від імпортних енергоносіїв, зокрема, природного газу, і великий потенціал біомаси, доступної для виробництва енергії є значними.

Термін «біомаса» має два співвідносних із зазначеними у законодавчих документах значеннями:

1) «невикопна, біологічно відновлювана речовина органічного походження у вигляді відходів лісового та сільського господарства (рослинництва і тваринництва), рибного господарства та технологічно пов'язаних із ними галузей промисловості, що зазнає біологічного розкладу, а також складова промислових або побутових відходів здатна до біологічного розкладу» (Закон України «Про електроенергетику»);

2) «біологічно відновлювальна речовина органічного походження, що зазнає біологічного розкладу (відходи сільського господарства (рослинництва та тваринництва), лісового господарства та технологічно пов'язаних із ними галузей промисловості, а також органічна частина промислових та побутових відходів» (Закон України «Про альтеративні види палива»). [2–7]

Гідроенергетика – вид відновлюваної енергетики, що базується на використанні енергії течії води.

У світі активізувалося використання малих гідроелектростанцій.

Відповідно до класифікації до МГЕС належать гідроелектростанції, потужність яких становить 1–10 МВт, до міні-ГЕС – 200–1000 кВт, до мікро ГЕС – не більше 200 кВт.

Перевагами малої гідроенергетики є такі:

– електроенергію виробляють, не використовуючи викопного органічного та ядерного палива;

– значний термін використання та висока надійність експлуатації;

– передбачуваність та забезпеченість режимів роботи;

– висока маневреність і коефіцієнт готовності;

– можливість повної автоматизації процесу експлуатації;

– мінімальний вплив на навколишнє середовище в разі антипатичного вибору місця розташування та дотримання вимог екологічного законодавства;

– мінімальний вплив на ландшафт та незначне відчуження земельних ділянок;

Значний потенціал використання ресурсів малих річок (розташований, головним чином у її західних регіонах). Він становить майже 28 % загального гідро потенціалу всіх річок України.

Використовуючи гідро потенціал малих річок України, можна досягти значної економії паливно-енергетичних ресурсів, до того ж розвиток «малої» гідроенергетики сприятиме децентралізації загальної енергетичної системи, що дасть змогу вирішити низку проблем щодо енергопостачання віддалених і важкодоступних районів сільської місцевості. [8, 9, 10]

Геотермальна енергетика базується на виробництві електричної і теплової енергії шляхом використання теплової енергії, що міститься в надрах землі.

Геотермальна енергія - це теплова енергія Землі, яка утворюється в результаті розпаду радіоактивних речовин у земній корі та мантії. Температура земної кори підвищується на 2,5-3 ° С кожні 100 м (так званий геотермічний градієнт). Таким чином, на глибині 20 км вона буде близько 500 ° С, на 50 км - близько 700-800 ° С, а в ядрі Землі - понад 5000 ° С. У певних місцях, особливо по краях тектонічних плит континентів, а також в так званих «гарячих точках», градієнт температури майже в 10 разів вище, а на глибині 500-1000 м температура гірських порід досягає 300 °С. Однак, якщо температура земних порід не така висока, ресурсів геотермальної енергії вистачить.

Усе природне тепло, яке знаходиться в земній корі, можна розглядати як геотермальні ресурси двох видів:

1) пара, вода, газ;

2) розігріті гірські породи.

Головним джерелом є постійний потік тепла з розжарених надр, спрямований до поверхні землі. Цього тепла достатньо для постійного нагрівання порід. Підземні води теж дуже нагріваються цим теплом – іноді до

температури 371 °С. Потрібно зауважити, що геотермальні ресурси не можуть утворитися без достатньої кількості наявних у гірських породах дрібних тріщин та порожнин, так званого геотермального резервуару, у якому вони, власне, і формуються. Розміри резервуару становлять від кількох тисяч кубічних метрів до кількох кубічних кілометрів.

Гідротермальні джерела енергії можна поділити на термальні води, пароводяні суміші і природну пару.

Для отримання теплоти, виробленої в надрах землі, її спочатку треба підняти на поверхню.

Для цього бурять свердловини і, якщо вода достатньо гаряча, вона підіймиться на поверхню природним чином, за нижчої температури може знадобитися насос.

Геотермальні води – це екологічно чисте джерело енергії, що постійно відновлюється. Воно вагомо відрізняється від інших альтернативних джерел енергії тим, що воно не залежить від кліматичних умов і пори року.

Україна має певний потенціал для розвитку геотермальної енергетики. Це обумовлено термогеологічними особливостями рельєфу країни
та наявними геотермальними ресурсами.

Визначено декілька пріоритетних напрямів розвитку геотермальної енергетики:

– створення геотермальних станцій для теплопостачання міст, населених пунктів і промислових об’єктів;

– створення геотермальних електростанцій;

– створення систем теплопостачання з підземними акумуляторами тепла;

– створення сушильних установок;

– створення холодильних установок;

– створення схем геотермального теплопостачання теплиць.

1.3 Обґрунтування вибору сонячної енергетики як джерела для опалення

Сонячна енергетика – вид альтернативної енергетики, заснований на безпосередньому використанні сонячного випромінювання для отримання енергії в будь-якому вигляді. [11]

Енергія сонця безпечна для довкілля. Її можна виробляти до поки світитиме Сонце. Сонячне випромінювання доцільно використовувати для вироблення теплової та електричної енергії, що можна здійснювати на всій території України.

Станції, які працюють на сонячній енергії (геліостанції), взагалі безшумні. Їхніми істотним недоліком є те, що такі станції займають великі площі.

Кожен 1 МВт потужності СЕС потребує щонайменше 1,5 гектара землі. Негативним також є те, що енергія виробляється – непостійно. На сьогодні СЕС виробляють приблизно 4 % електроенергії, що припадає на всі відновлювальні джерела енергії у світі. Сонячна енергія перетворюється в електричну та теплову здебільшого шляхом використання фотоелектричних елементів. [11, 12]

Використовуючи енергію Сонця, можна частково забезпечити електроенергією та тепловою енергією мешканців приватного сектору. Для цього використовують фотоелектричні елементи, які розташовують на даху будинку.

Для вироблення тепла в приватних будинках в системі гарячого водопостачання можна застосовувати сонячні колектори (далі – СК). Сонячні колектори здатні нагрівати воду до 70 °С.

Удень СК перетворює енергію Сонця в теплову, яка нагріває воду, що накопичується в теплоізольованих ємностях (баках-акумуляторах).

Із баків-акумуляторів вода подається в систему опалення та в систему гарячого водопостачання. СК, зазвичай, встановлюються на даху будівлі, а бак-акумулятор і допоміжне обладнання монтують в технічному приміщенні. Види сонячних колекторів зображено на рисунку 1.4.

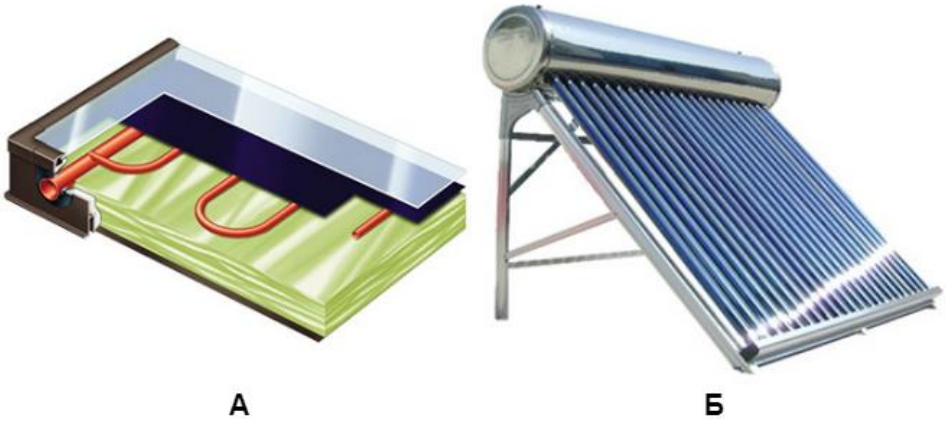


Рис. 1.4 – Види сонячних колекторів:
А – плоский; Б – вакуумний, із прямою передачею тепла воді

З основних видів альтернативної енергетики, я вибрав саме енергію сонця як джерело енергії для опалювальної системи.

А у якості системи опалення я би рекомендував використовувати вакуумні колектори. Основними перевагами вакуумних колекторів над іншими були:

- високий ККД колектора протягом цілого року та навіть взимку. В порівнянні з іншими типами колекторів, трубчастий вакуумний колектор протягом року виробляє на 30-40% кількості тепла більше;
- можливість працювати при екстремально низьких температурах. [13]

РОЗДІЛ 2.
ОПИС ТА РОЗРАХУНОК ТЕРМІЧНОГО ОПОРУ БУДИНКУ

2.1 Опис об’єкту досліджень

Для розрахунку термічного опору та теплового балансу, був обраний приватний будинок в Україні, м. Харків, Харківська область.

Харківська область розташована на північному сході України на межі лісостепової та степової фізико-географічних зон. За природно-кліматичними умовами територію Харківської області можна розділити на дві зони: лісостепову – це центральні, північні і західні райони і степову – південні і східні райони.

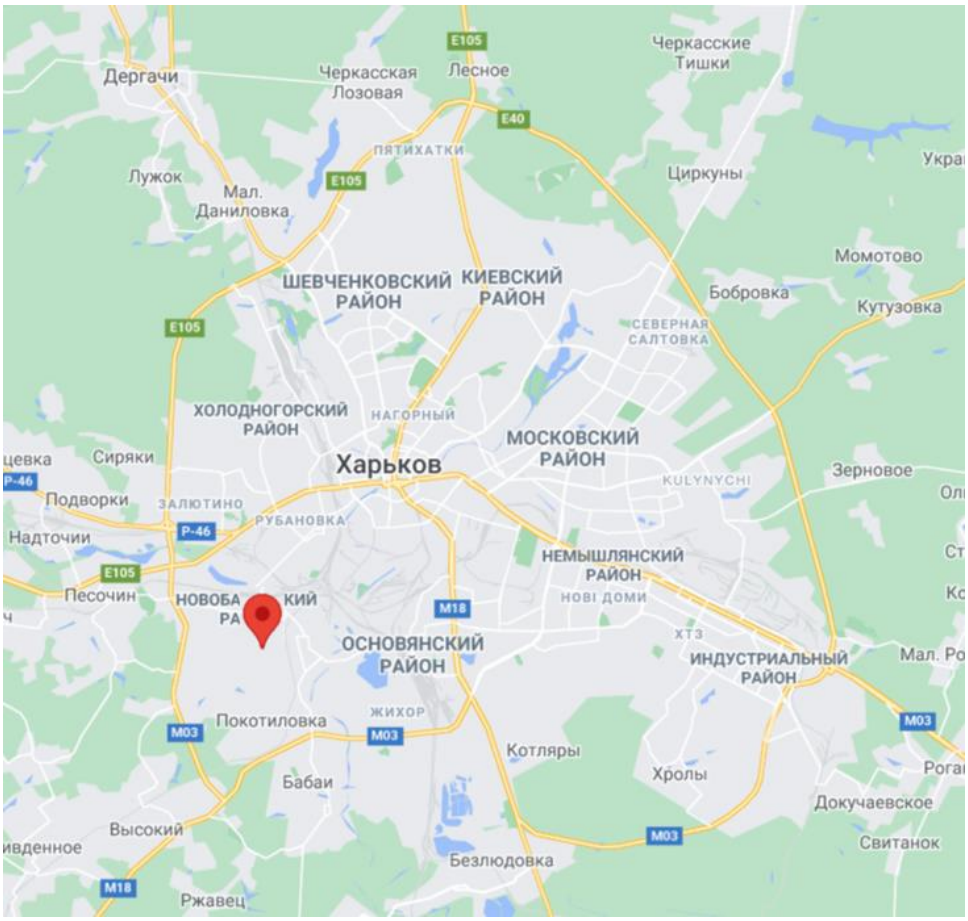


Рис. 2.1 – Розташування об’єкту



Рис. 2.2 – Фото об’єкту



Рис. 2.3 – Фото об’єкту

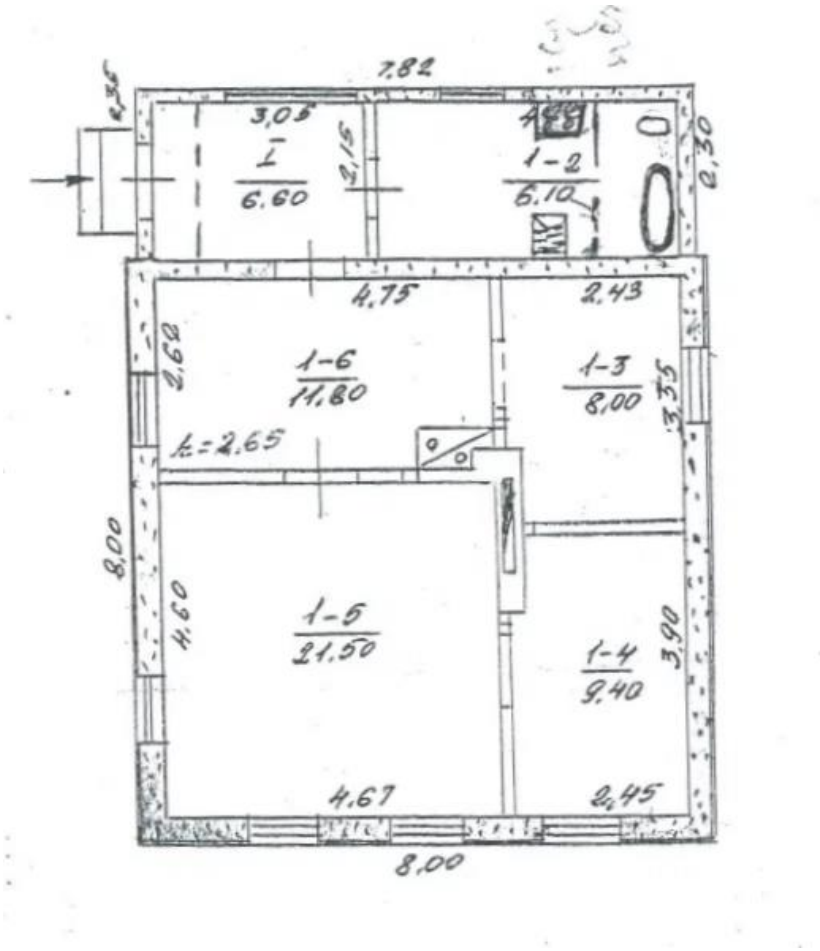


Рис. 2.4 – План приватного будинку

Середня температура в січні -7 градусів, а в липні +21 градусів Цельсія. Зима помірно м'яка, з переважанням хмарних, помірно морозних погод. Сніговий покрив утримується до 110 днів. Літо тепле, сонячне, сухе. Опадів від 400 до 650 мм на рік, головним чином в квітні — жовтні. На рік у середньому припадає 1750 годин сонячного сяйва. Влітку переважають західні вітри, в інші пори року — східні і північно-східні. [14]

2.2 Розрахунок термічного опору та тепловтрат будівлі

Опір теплопередачі - це властивість матеріалу, яка дає здатність перешкоджати поширенню теплового руху молекул. Питомий термічний опір дорівнює температурному напору, який потрібен для передачі теплового потоку 1 Вт/м² через шар матеріалу.

Чим вище значення термічного опору - тим краще матеріал стримує тепло.

Всі шари стін будівлі розраховуються на термоопір за формулою:

$$R = \frac{\delta}{\lambda}, (м^2 \cdot ^\circ C / Вт) \quad (2.1)$$

де δ - товщина матеріалу, м;

λ - коефіцієнт теплопровідності матеріалу, Вт / (м · ° С)

Також слід враховувати кліматичні умови зони, де знаходиться будівля: для різних регіонів різні вимоги, тому що показники температури і вологості різні.



Рис. 2.5 - Температурні зони України

Таблиця 2.1

Мінімально допустиме значення опору теплопередачі огороджувальних конструкції для відповідних температурних зон , R, $м^2 \cdot К/Вт$

Вид огороджувальної конструкції	**Значення R для температурної зони**			
	I	**II**	**III**	**IV**
Зовнішні стіни	2,8	2,5	2,2	2,0
Покриття й перекриття неопалюваних горищ	4,95	4,5	3,9	3,3
Перекриття над проїздами та холодними підвалами, що межують із холодним повітрям	3,5	3,3	3,0	2,5
Перекриття над неопалюваними підвалами, розташованими вище рівня землі	2,8	2,6	2,2	2,0
Перекриття над неопалюваними підвалами, розташованими нижче рівня землі	3,75	3,45	3,0	2,7
Вікна, балконні двері, вітрини, вітражі, світлопрозорі фасади	0,6	0,56	0,5	0,45
Вхідні двері до багатоквартирних житлових і громадських будівель	0,44	0,41	0,39	0,32
Вхідні двері до квартир, розташованих вище першого поверху	0,25	0,25	0,25	0,25

Коефіцієнт теплопровідності матеріалів стін λ - ця величина, яка показує питому теплопровідність матеріалу стіни, тобто скільки втрачається тепла при проходженні теплового потоку через умовний одиничний об'єм яких різниця між температурами на його протилежних поверхнях в 1 ° С.

Чим нижче коефіцієнт теплопровідності стін - тим будівля вийде тепліше, чим вище значення - тим більше доведеться потужності в системі опалення.

По суті, це величина зворотна термічному опору. Але це відноситься тільки до пітомих величин для ідеальних умов.

На реальний коефіцієнт теплопровідності для заданого матеріалу впливає ряд умов: перепад температур на стінках матеріалу, внутрішня неоднорідна структура, рівень вологості і багато інших чинників.

Таблиця 2.2

Градація вологісного режиму приміщень

Вологісний режим	**Вологість внутрішнього повітря $\varphi_в$, %, при**		
	$t_в$**в ≤ 12 ˚С**	**12 ˚С < $t_в$ ≤24 ˚С**	$t_в$ **>24 ˚С**
Сухий	$\varphi_в < 60$	$\varphi_в < 50$	$\varphi_в < 40$
Нормальний	$60 \leq \varphi_в \leq 75$	$50 \leq \varphi_в \leq 60$	$40 \leq \varphi_в \leq 50$
Вологий	$75 < \varphi_в$	$60 < \varphi_в \leq 75$	$50 < \varphi_в \leq 60$
Мокрий	-	$75 < \varphi_в$	$60 < \varphi_в$

Так, як я вибрав сонячні колектори у якості елементу системи опалення потрібно дізнатися кількість теплоти що витрачається об'єктом. З цього зрозуміло, що необхідно знати тепловтрати зовнішніх і внутрішніх конструкцій будинку.

Отже, для розрахунку тепловтрат будинку, необхідно дізнатися термічний опір стін, вікон, стелі та підлоги. Відповідно, для цього треба скласти таблиці технічних характеристик конструкцій будівлі [15].

Таблиця 2.3

Характеристики зовнішніх стін

Назва	**Символ**	**Значення**
Товщина штукатурки	$\delta_{шт}$	0,01 *м*
Коефіцієнт теплопровідності штукатурки	$\lambda_{шт}$	0,7 Вт/*м℃*
Товщина стіни (Червона щільна цегла)	$\delta_{ст}$	0,4*м*
Коефіцієнт теплопровідності стіни	$\lambda_{ст}$	0,67 Вт/*м℃*
Товщина ізоляції (Пінопласт ПХВ-1)	$\delta_{із}$	0,07 *м*
Коефіцієнт теплопровідності ізоляції	$\lambda_{із}$	0,04 Вт/*м℃*

Таблиця 2.4

Характеристики стелі

Назва	**Символ**	**Значення**
Товщина штукатурки	$\delta_{\text{шт}}$	$0{,}01\,м$
Коефіцієнт теплопровідності штукатурки	$\lambda_{\text{шт}}$	$0{,}7$ Вт/$м°С$
Товщина дерев'яної балки (Дубові балки)	$\delta_{\text{др.б}}$	$0{,}07\,м$
Коефіцієнт теплопровідності дерев'яної балки	$\lambda_{\text{др.б}}$	$0{,}41$ Вт/$м°С$
Товщина ізоляції (Мати мінераловатні прошивні ГОСТ 21880-76)	$\delta_{\text{із}}$	$0{,}08\,м$
Коефіцієнт теплопровідності ізоляції	$\lambda_{\text{із}}$	$0{,}06$ Вт/$м°С$

Таблиця 2.5

Характеристики підлоги

Назва	**Символ**	**Значення**
Товщина основного шару (Вапняно-піщаний розчин)	$\delta_{\text{осн}}$	$0{,}02\,м$
Коефіцієнт теплопровідності основного шару	$\lambda_{\text{осн}}$	$0{,}7$ Вт/$м°C$
Товщина основи (Залізобетон)	$\delta_{\text{збт}}$	$0{,}25\,м$
Коефіцієнт теплопровідності основи	$\lambda_{\text{збт}}$	$1{,}92$ Вт/$м°C$
Товщина підлогового покриття (Лінолеум на тканинній підоснові ГОСТ 7251-77)	$\delta_{\text{підл}}$	$0{,}002\,м$
Коефіцієнт теплопровідності (Лінолеум на тканинній підоснові ГОСТ 7251-77)	$\lambda_{\text{підл}}$	$0{,}35$ Вт/$м°C$

Таблиця 2.6

Характеристики вікон

Назва	**Символ**	**Значення**
Товщина вікна (Скло віконне ГОСТ 111-78)	$\delta_{\text{вік.}}$	0,004 *м*
Коефіцієнт теплопровідності вікна	$\lambda_{\text{вік.}}$	0,76 Вт/*м℃*
Кількість віконних склопакетів	шт	2

Значення коефіцієнтів тепловіддачі внутрішньої та зовнішньої поверхонь огороджувальних конструкцій згідно з нормативом [16] :

$\alpha_{\text{зовн}} = 23$ Вт/м^2℃;

$\alpha_{\text{вн}} = 8{,}7$ Вт/м^2℃.

Термічний опір конструкції зовнішньої стіни обчислюють за формулою [17]:

$$R = \frac{1}{\alpha_{\text{вн}}} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \cdots \frac{\delta_{\text{n}}}{\lambda_{\text{n}}} + \frac{1}{\alpha_{\text{зовн}}} \quad (2.2)$$

Термічний опір стіни:

$$R_{ст.} = \frac{1}{\alpha_{\text{вн}}} + \frac{\delta_{\text{шт}}}{\lambda_{\text{шт}}} + \frac{\delta_{\text{ст}}}{\lambda_{\text{ст}}} + \frac{\delta_{\text{із}}}{\lambda_{\text{із}}} + \frac{\delta_{\text{шт}}}{\lambda_{\text{шт}}} + \frac{1}{\alpha_{\text{зовн}}} = \frac{1}{8{,}7\frac{\text{Вт}}{м^2℃}} + \frac{0{,}01м}{0{,}7\frac{\text{Вт}}{м℃}} + \frac{0{,}4м}{0{,}67\frac{\text{Вт}}{м℃}} +$$

$$+ \frac{0{,}07м}{0{,}04\frac{\text{Вт}}{м℃}} + \frac{0{,}01м}{0{,}7\frac{\text{Вт}}{м℃}} + \frac{1}{23\frac{\text{Вт}}{м^2℃}} = 2{,}52\ \frac{\text{м}^2 \cdot ℃}{\text{Вт}} \quad (2.3)$$

Термічний опір стелі:

$$R_{стелі} = \frac{1}{\alpha_{вн}} + \frac{\delta_{шт}}{\lambda_{шт}} + \frac{\delta_{др.б}}{\lambda_{др.б}} + \frac{\delta_{із}}{\lambda_{із}} + \frac{\delta_{др.б}}{\lambda_{др.б}} + \frac{\delta_{шт}}{\lambda_{шт}} + \frac{1}{\alpha_{зовн}} = \frac{1}{8{,}7\frac{Вт}{м^2 ℃}} + \frac{0{,}01м}{0{,}7\frac{Вт}{м℃}} +$$

$$+ \frac{0{,}07м}{0{,}41\frac{Вт}{м℃}} + \frac{0{,}08м}{0{,}06\frac{Вт}{м℃}} + \frac{0{,}07м}{0{,}41\frac{Вт}{м℃}} + \frac{0{,}01м}{0{,}7\frac{Вт}{м℃}} + \frac{1}{23\frac{Вт}{м^2 ℃}} = 1{,}86\ \frac{м^2 \cdot ℃}{Вт} \quad (2.4)$$

Термічний опір підлоги:

$$R_{підл.} = \frac{1}{\alpha_{вн}} + \frac{\delta_{осн}}{\lambda_{осн}} + \frac{\delta_{бт}}{\lambda_{бт}} + \frac{\delta_{підл.}}{\lambda_{підл.}} + \frac{1}{\alpha_{зовн}} = \frac{1}{8{,}7\frac{Вт}{м^2 ℃}} + \frac{0{,}02м}{0{,}7\frac{Вт}{м℃}} + \frac{0{,}2м}{1{,}92\frac{Вт}{м℃}} +$$

$$+ \frac{0{,}002м}{0{,}35\frac{Вт}{м℃}} + \frac{1}{23\frac{Вт}{м^2 ℃}} = 0{,}323\ \frac{м^2 \cdot ℃}{Вт} \quad (2.5)$$

Термічний опір вікон:

$$R_{вік.} = \frac{1}{\alpha_{вн}} + \frac{\delta_{скл}}{\lambda_{скл}} + \frac{\delta_{скл}}{\lambda_{скл}} + \frac{1}{\alpha_{зовн}} = \frac{1}{8{,}7\frac{Вт}{м^2 ℃}} + \frac{0{,}004м}{0{,}76\frac{Вт}{м℃}} + \frac{0{,}004м}{0{,}76\frac{Вт}{м℃}} +$$

$$+ \frac{1}{23\frac{Вт}{м^2 ℃}} = 0{,}167\ \frac{м^2 \cdot ℃}{Вт} \quad (2.6)$$

З розрахунків помітно, що термічний опір не відповідає нормам, які зазначені у нормативі «ДБН В.2.6-31-2006 Теплова ізоляція будівель». [16]

Тому я надаю рекомендацію, щодо збільшення термічного опору. А саме утеплення підлоги шаром пінопласту.

Наприклад, якщо утеплити підлогу пінопластом товщиною 0,07 м, який має коефіцієнт теплопровідності 0,04 Вт/$м℃$ опір теплопередачі стане:

$$R_{підл.} = \frac{1}{\alpha_{вн}} + \frac{\delta_{осн}}{\lambda_{осн}} + \frac{\delta_{бт}}{\lambda_{бт}} + \frac{\delta_{підл.}}{\lambda_{підл.}} + \frac{1}{\alpha_{зовн}} = \frac{1}{8{,}7\frac{Вт}{м^2 ℃}} + \frac{0{,}02м}{0{,}7\frac{Вт}{м℃}} + \frac{0{,}2м}{1{,}92\frac{Вт}{м℃}} +$$

$$+ \frac{0{,}07м}{0{,}04\frac{Вт}{м℃}} + \frac{0{,}002м}{0{,}35\frac{Вт}{м℃}} + \frac{1}{23\frac{Вт}{м^2 ℃}} = 2{,}04\ \frac{м^2 \cdot ℃}{Вт} \quad (2.7)$$

Як бачимо термічний опір підлоги підвищився у 6 разів.

Знаючи термічний опір огороджувальних конструкцій можна дізнатися втрати теплоти будівлі $Q_{вт.}$, але для цього ще необхідно вирахувати Q_A - втрати тепла через всі види огороджувальних конструкцій приміщення (стіни, стелю, підлогу та вікна) та $Q_{в.пов}$ - витрати теплоти для нагрівання повітря, що надходить у приміщенні.

За формулами [18]:

$$Q_{вт.} = Q_A + Q_{в.пов} \tag{2.8}$$

$$Q_A = \frac{1}{R} \cdot A \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{зовн}}) \cdot (1 + \sum \beta) \cdot n \tag{2.9}$$

$$Q_{в.пов} = 0.337 \cdot A_{підл.} \cdot h \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{зовн}}) \tag{2.10}$$

З плану будинку (рис. 2.4) розрахували площі:

$$A_{стін} = 106{,}5м^2 \tag{2.11}$$

$$A_{стелі} = 63{,}4м^2 \tag{2.12}$$

$$A_{підл.} = 63{,}4м^2 \tag{2.13}$$

$$A_{вік.} = 9{,}8м^2 \tag{2.14}$$

Втрати тепла через стіни:

$$Q_{стін} = \frac{1}{R_{стіни}} \cdot A_{стін} \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{зовн}}) \cdot (1 + \sum \beta) \cdot n = \\ = \frac{1}{2{,}52 \frac{\text{м}^2 \cdot ℃}{\text{Вт}}} \cdot 106{,}5м^2 \cdot (20℃ - 8{,}1℃) \cdot (1 + 0{,}05) \cdot 1 = \\ = 705{,}56 \text{ Вт} \tag{2.15}$$

$t_{\text{зовн}}$ - середньорічна температура м. Харкова 8.1℃[19]

Втрати тепла через стелю:

$$Q_{\text{стелі}} = \frac{1}{R_{\text{стелі}}} \cdot A_{\text{стелі}} \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{зовн}}) \cdot (1 + \sum \beta) \cdot n = \\ = \frac{1}{1{,}86 \frac{\text{м}^2 \cdot ℃}{\text{Вт}}} \cdot 63{,}4\text{м}^2 \cdot (20℃ - 8{,}1℃) \cdot (1 + 0{,}05) \cdot 0{,}75 = \\ = 426{,}79 \text{ Вт} \tag{2.16}$$

Витрати тепла через підлогу:

$$Q_{\text{підл.}} = \frac{1}{R_{\text{підл.}}} \cdot A_{\text{підл.}} \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{зовн}}) \cdot (1 + \sum \beta) \cdot n =$$
$$= \frac{1}{0{,}323 \frac{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}{\text{Вт}}} \cdot 63{,}4\text{м}^2 \cdot (20^\circ\text{C} - 8{,}7^\circ\text{C}) \cdot (1 + 0{,}05) \cdot 0{,}6 = \quad (2.17)$$
$$= 1691{,}98\ \text{Вт}$$

Тут $t_{\text{зовн}}$ – середньорічна температура ґрунту м. Харкова 8,7°С [20]

Втрати тепла через вікна:

$$Q_{\text{вік.}} = \frac{1}{R_{\text{вік.}}} \cdot A_{\text{вік.}} \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{зовн}}) \cdot (1 + \sum \beta) \cdot n =$$
$$= \frac{1}{0{,}167 \frac{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}{\text{Вт}}} \cdot 9{,}8\text{м}^2 \cdot (20^\circ\text{C} - 8{,}1^\circ\text{C}) \cdot (1 + 0{,}05) \cdot 1 = \quad (2.18)$$
$$= 979{,}71\ \text{Вт}$$

Витрати теплоти для нагріву вентиляційного повітря:

$$Q_{в.пов} = 0{,}337 \cdot A_{підл.} \cdot h \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{зовн}}) =$$
$$= 0{,}377 \cdot 63{,}4\text{м}^2 \cdot 2.65\text{м}^2 \cdot (20^\circ\text{C} - 8{,}1^\circ\text{C}) = 900{,}24\ \text{Вт} \quad (2.19)$$

Втрати теплоти всіх огороджувальних конструкцій приміщення:

$$Q_A = Q_{стін} + Q_{\text{стелі}} + Q_{\text{підл.}} + Q_{\text{вік.}} = 705{,}65\ \text{Вт} + 426{,}79\ \text{Вт} +$$
$$+1691{,}98\ \text{Вт} + 979{,}71\ \text{Вт} = 3804{,}04\ \text{Вт} \quad (2.20)$$

Витрати теплоти всієї будівлі:

$$Q_{вт.} = Q_A + Q_{в.пов} = 3804{,}04\ \text{Вт} + 900{,}24\ \text{Вт} = 4704{,}28\ \text{Вт} \quad (2.21)$$

2.3 Рекомендації, щодо зменшення втрат теплоти

З проведених розрахунків зрозуміло, що найбільші втрати теплоти відбуваються через підлогу. На основі чого, у якості елементу системи опалення можна обрати, наприклад систему тепла підлога.

Також, помітно великі тепловтрати через вікна. Щоб зменшити ці втрати тепла можна поставити енергозберігаючі склопакети, наприклад 4К-10-4М1-10-4К опір теплопередач яких R = 0,73. [17]

Перерахуємо втрати тепла вікон:

$$Q_{\text{вік.}} = \frac{1}{R_{\text{вік.}}} \cdot A_{\text{вік.}} \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{зовн}}) \cdot (1 + \sum \beta) \cdot n = \\ = \frac{1}{0{,}73\ \frac{\text{м}^2 \cdot ℃}{\text{Вт}}} \cdot 9{,}8\text{м}^2 \cdot (23℃ - 8{,}1℃) \cdot (1 + 0{,}05) \cdot 1 = \\ = 210{,}02\ \text{Вт} \tag{2.22}$$

З цього зрозуміло, що втрати теплоти всього будинку зменшилися на 769,69 Вт.

Так, як було рекомендовано збільшити термічний опір підлоги до $2{,}04\ \frac{\text{м}^2 \cdot ℃}{\text{Вт}}$ перерахуємо для неї тепловтрати:

$$Q_{\text{підл.}} = \frac{1}{R_{\text{підл.}}} \cdot A_{\text{підл.}} \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{зовн}}) \cdot (1 + \sum \beta) \cdot n = \\ = \frac{1}{2{,}04\ \frac{\text{м}^2 \cdot ℃}{\text{Вт}}} \cdot 63{,}4\text{м}^2 \cdot (20℃ - 8{,}7℃) \cdot (1 + 0{,}05) \cdot 0{,}6 = \\ = 221{,}24\ \text{Вт} \tag{2.23}$$

Це ще дало зменшити тепловтрати будинку на 1470,74 Вт.

Відповідно, врахувавши всі рекомендації вдалося зменшити тепловтрати будинку на 2240,43 Вт.

Тепловтрати будинку стали:

$$\text{Q}_{\text{вт.рек.}} = 4704{,}28\ \text{Вт} - 2240{,}43\ \text{Вт} = 2463{,}85\ \text{Вт} \tag{2.24}$$

Отже, з урахуванням усіх рекомендації, щодо зменшення втрат теплоти, теплові втрати всієї будівлі зменшилися майже у 2 рази.

РОЗДІЛ 3.
РЕКОМЕНДАЦІЇ, ЩОДО ЕЛЕМЕНТІВ СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ

3.1 Основні види сонячних колекторів та рекомендації, щодо їх вибору

З подорожчанням енергоносіїв і постійними змінами в кліматі, люди в світі і в Україні також, все частіше замислюються про альтернативні джерела енергії. Безкоштовним і практично невичерпним об'єктом генерації теплової енергії є сонце.

Але для перетворення світла сонця потрібні допоміжні пристрої, які могли б при мінімальних витратах і практично без втручання людини забезпечувати стабільне надходження тепла. Такими пристроями виступають сонячні колектори з їх допомогою, теплова енергія та інфрачервоне випромінювання перетворюється на теплову енергію.

Сонячне світло і тепло атмосфери потрапляють на поверхню колектора, всередині нього циркулює теплоносій (вода, пропілен гліколь), який нагрівається від отриманого світла і тепла.

Нагрітий теплоносій під впливом циркуляційного насоса перекачується в бак акумулятор, де він віддає отримане тепло воді та далі розподіляється в систему опалення та гарячого водопостачання.

Для побутового використання найбільш поширені 2 типу сонячних колекторів - це плоский сонячний колектор і вакуумний трубчастий колектор. Кожен з них працює трохи по-своєму, але основний принцип зберігається: збір тепла і передача її теплоносія. На Рис. 3.1 зображена Схема роботи сонячних колекторів

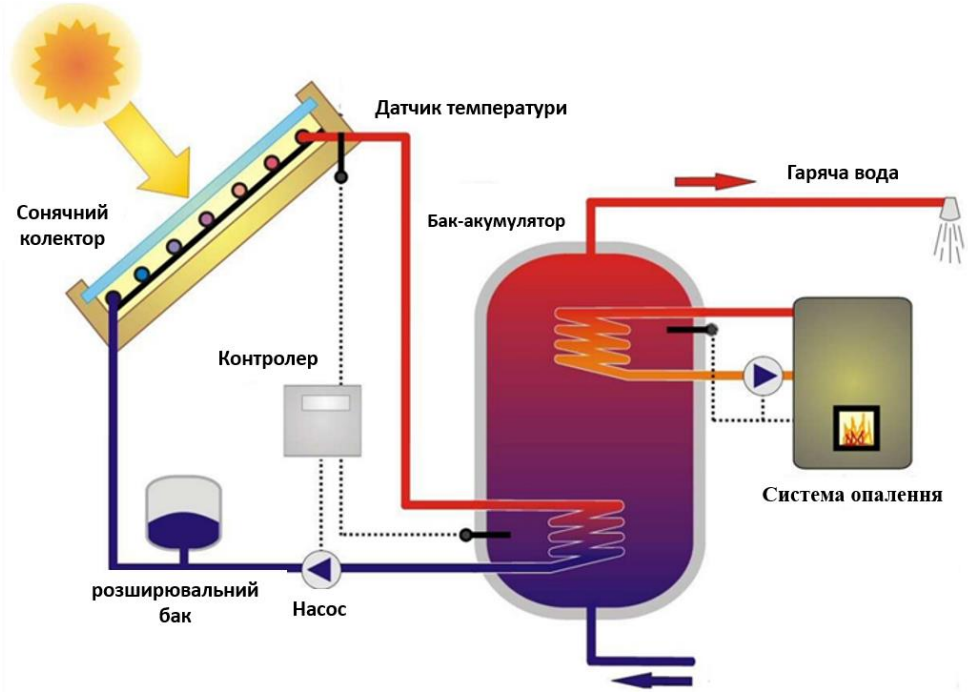


Рис. 3.1 - Схема роботи сонячних колекторів

Я рекомендую обрати вакуумний трубчастий колектор. Так, як за своєю суттю він є покращеною версією плоского колектора і вважається колектором другого покоління. Та головною особливістю стало навіть не це, а те що вакуумний колектор здатний працювати при екстремально низьких температурах.

Я обрав колектор моделі Enersun-30. Так, як модель Enersun-30 виготовлена з використанням сучасних матеріалів, що дозволяє перетворювати в тепло майже всю сонячну енергію, що потрапляє на панель. Зовнішні трубки колектора виготовлені з ударостійкого скла, що пропускає 98% падаючої сонячної енергії, а високоефективна система теплообміну з мідними трубками забезпечує мінімальні втрати тепла в процесі його перенесення і нагріву води. Обидва ці фактори забезпечують високу теплову потужність колектора. [21]



Рис. 3.2 - Вакуумний сонячний колектор Enersun-30

Таблиця 3.1

Основні характеристики Enersun-30

Основні характеристики колектора	
Тип колектора	вакуумний
Кількість трубок, шт.	30
Апертура (площа поглинання енергії), м2	3.86
Потужність, Вт	4500
Розміри, см	2310x2050
Діаметр конденсатора, мм	35
Трубка	Heat Pipe Ø58x1800

3.2 Рекомендації, щодо елементів системи опалення тепла підлога

З розрахунків тепловтрат будинку зрозуміло, шо найбільшу кількість теплоти ми втрачаємо через підлогу. Тому у якості системи опалювання я б порекомендовав систему тепла підлога.

Тепла водяна підлога – це система труб, встановлених під стяжкою, по яким циркулює вода заданої температури (30-45^{o}C). Обігрів відбувається рівномірно, на відміну від радіаторних розподільників тепла.

Теплі підлоги монтуються з поліетиленових або металопластикових труб. Ці матеріали досить гнучкі, добре проводять тепло. В такій системі за регулювання температури відповідають насос, колектор і змішувач термостатичного виду.

Переваги теплої підлоги:

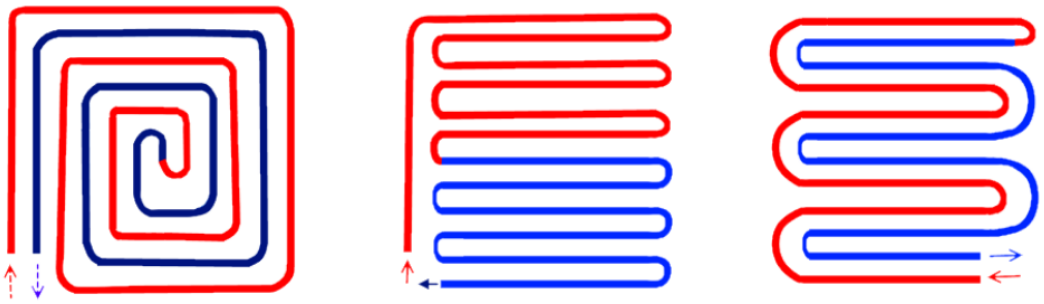
- підходить для видів підлогового покриття – від плитки до паркету;
- економія тепла – обігрів проводиться знизу, що дозволяє обігріти кімнату без використання інших джерел тепла;
- багатофункціональність – в холодну пору року система може опалювати приміщення, а влітку здатна охолоджувати.

Конструкція теплої підлоги складається з декількох шарів:

- настил (у нашому випадку лінолеум);
- стяжка;
- система труб;
- фольгована плівка;
- демпферна стрічка;
- теплоізолятор (пінополістирол).

Способи укладання труби для теплої підлоги:

- Змійка;
- Подвійна змійка (укладається в 2 труби);
- Равлик. Труба укладається в 2 рази виходячи з одного джерела поступово закруглюючись до середини;



а) б) в)

Рис. 3.5 – Способи укладання теплої підлоги а) – равлик, б) – змійка, в) – подвійна змійка

Я би радив вибрати спосіб укладання змійка так, як в будинку не ідеально рівна підлога та кімнати не дуже великі.

Систему тепла підлога будемо рекомендувати встановлювати тільки в житлових кімнатах. А саме: вітальня (21,5 квадратних метра), перша спальна кімната (8 квадратних метрів), друга спальна кімната (11,8 квадратних метрів) та житлова кімната (9,4 квадратних метрів).

Крок укладання був обраний середній 0,2 метра. Максимальна довжина одного контуру залежить від гідравлічного опору або втрат тиску в конкретному контурі, які, в свою чергу, безпосередньо залежать як від діаметра використовуваних труб, так і від обсягу теплоносія, який подається через перетин цих труб в одиницю часу [23].

Відповідно до цього, я обрав труби діаметром 18 мм із зшитого поліетилену максимальна довжина контура якого 120 метрів (рекомендована 80-100 метрів). Так, як при кроку укладання 0,2 м. площа підлоги не повинна перевищувати 16 квадратних метрів отже, доведеться розділити вітальню на два контура 10,8 та 10,7 метрів квадратних.

Тепер дізнаємося необхідну кількість теплоносія, тобто у нашому випадку води. Будемо її розраховувати з формули об'єму труби [24]:

$$V=\left(\frac{\pi \cdot d^2}{4}\right) \cdot L \quad (3.1)$$

де L – необхідна довжина труби;

d – діаметр труби.

Розрахуємо потрібну довжину труб для системи опалення, будемо розраховувати за формулою [23]:

$$L = \left(\frac{S}{n}\right) \cdot 1{,}1 + L_к \quad (3.2)$$

Тут S - площа приміщення або контуру, для якого розраховується довжина труби (м2);

n – крок укладення;

$L_к$ - довжина труби від колектора до теплої підлоги.

Для першого контору вітальні:

$$L_1 = \left(\frac{10{,}8}{0{,}2}\right) \cdot 1{,}1 + 8 = 67{,}4м \quad (3.3)$$

Для другого контуру вітальні:

$$L_2 = \left(\frac{10{,}7}{0{,}2}\right) \cdot 1{,}1 + 8 = 66{,}8м \quad (3.4)$$

Для першої спальної кімнати:

$$L_3 = \left(\frac{8}{0,2}\right) \cdot 1,1 + 4 = 48\text{м} \quad (3.5)$$

Для другої спальної кімнати:

$$L_4 = \left(\frac{11,8}{0,2}\right) \cdot 1,1 + 6 = 70,9\text{м} \quad (3.6)$$

Для останньої житлової кімнати:

$$L_5 = \left(\frac{9,4}{0,2}\right) \cdot 1,1 + 8 = 59,7\text{м} \quad (3.7)$$

Тоді:

$$L = L_1 + L_2 + L_3 + L_4 + L_5 = 312,8\text{м} \quad (3.8)$$

Тобто, для системи теплої підлоги знадобиться 312,8 метрів труби діаметром 0,018 метра.

Знаючи потрібну довжину труб, розрахуємо необхідну кількість води для опалення:

$$\text{V}=\left(\frac{3,14 \cdot 0,018^2}{4}\right) \cdot 312,8=0,079\ \text{м}^3 = 79\ л \quad (3.9)$$

Виходячи з цього, в день для елементу системи опалення тепла підлога буде використовуватися 79 літрів води.

Відповідно, для сонячного колектора знадобиться бак на 200 літрів так, як потрібен запас води у термін коли колектор буде недієздатний. Наприклад вночі або у похмуру погоду.

Тепер, визначимо необхідну кількість теплоти на нагрів води для опалення:

$$Q=m \cdot c \cdot (t_г - t_х) \quad (3.10)$$

де c - питома теплоємність, тобто енергія, необхідна для нагрівання речовини на 1 градус (для води $c = 4187 \frac{Дж}{кг°C}$);

m – маса води, 1 літр води при звичайних умовах має масу 1 кг.

$$Q = 200л \cdot 4187 \frac{Дж}{кг°C} \cdot (45°C - 10°C) = 14{,}6\ МДж = $$
$$= 8{,}14\ кВт \cdot год. \quad (3.11)$$

Виходячи з наведених розрахунків можна рекомендувати у якості елементів системи опалення теплу підлогу в сукупності з сонячним колектором.

ВИСНОВКИ

1. Розраховано опір теплопередачі конструкцій та встановлено теплові втрати будівлі.
2. Надано рекомендації, щодо збільшення термічного опору огороджувальних конструкцій будівлі та рекомендації щодо зменшення тепловтрат.
3. На основі отриманих результатів було рекомендовано теплу підлогу, як елемент системи опалення.
4. Для системи теплої підлоги розраховано необхідну довжину труб, об’єм води на нагрів теплої підлоги та кількість теплової енергії потрібної для нагріву.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бабієв Г.М. Перспективи впровадження нетрадиційних та відновлюваних джерел енергії в Україні. / Г.М. Бабієв, Д.В. Дероган, А.Р. Щокін // Електричний журнал. – Запоріжжя: ВАТ «Гамма». – 1998. – №1 – С.63–64.
2. Пришвидшення мінералізації соломи та пожнивних решток [Електронний ресурс]. – Режим доступу : http://zeolit.com.ua/attach/ceovit_259.pdf.
3. Про альтернативні види палива : Закон України № 1391 – XIV від 14.01.2000 р. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : http://zakon.rada.gov.ua/law/ 1391-14.
4. Перспективи використання відходів сільського господарства для виробництва енергії в Україні [Електронний ресурс]. – Режим доступу : http://www.uabio.org/img/files/docs/position-paper-uabio-7-ukr-draft.pdf.
5. Редькин А. К. Лесообрабатывающие цехи лесозаготовительных предприятий / [А. К. Редькин, В. Д. Никишов, А. А. Шадрин и др.]. – Москва : МГУЛ, 2002. – 101 с.
6. Сільське господарство України. Статистичний збірник / За редакцією Н. С. Власенко [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.zemo.org.ua/download/file/96-silske-.
7. Скрильник Є. Ефективність використання післяжнивних решток [Електронний ресурс] / Є. Скрильник // Пропозиція : Інформаційний щомісячник. Український журнал з питань агробізнесу. – Київ : ТОВ «Компанія Юнівест Маркетинг», 2013. – № 7. – С. 62-66 .
8. Дьяконов О. В. Використання деревних відходів для газифікованих двигунів / О. В. Дьяконов, В. І. Д'яконов // Молодежь и сельскохозяйственная техника в XXI веке : матеріали міжнар. форума молоді, (Харків, 4-7 квітня 2011 р.). – Харків : ХНТУСГ ім. П. Василенка, 2011. – С.571.

9. Дьяконов О. В. Проектування машин для завантаження котлів газифікованих двигунів / О. В. Дьяконов, В. І. Д'яконов // Молодь і технічний прогрес в АПК : матеріали міжнар наук.-практ. конф. студентів, аспірантів і молодих вчених, (Харків, 6-8 квітня 2011 р.). – Харків : ХНТУСГ ім. П. Василенка, 2011. – С.96
10. Дьяконов О. В. Що до стратегії регулювання на зміну клімату на Слобожанщині / О. В. Дьяконов В. І. Д'яконов // Вісник ТДАТУ : сб. наук. праць – Мелітополь : ТДАТУ, 2009. – Вип. 110. – 135-141 с.
11. Дьяконов О. В. Вплив технологій на ефективність комплексної переробки біомаси [Електронний ресурс] / О. В. Дьяконов // Стратегія розвитку міст: молодь і майбутнє (інноваційний ліфт) : матеріали V міжнар.наук.-практ. інтернет-конференції (Харків, 21 квітня 2015р.). – Режим доступу : http://ps.kname.edu.ua/images/Новости/стратегия/Энергообеспечение_энерг осохранение/9_Дьяконов_О.В.pdf.
12. Напрями розвитку альтернативних джерел енергії: акцент на твердому біопаливі та гнучких технологіях його виготовлення: монографія / О. С. Полянський, О. В. Дьяконов, О. С. Скрипник та ін. [за заг. ред. В. І. Д'яконова] ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2017. – 25 с.
13. Сонячні теплові колектори та та їх режими роботи| Вакуумний геліоколектор [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://wiki.energytorrent.org/doku.php/uk:heliocollector.html
14. Харківська область [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://uk.wikipedia.org/wiki
15. Маляренко В.А., Редько А.Ф., Чайка Ю.И., Поволочко В.Б. Техническая теплофизика ограждающих конструкций зданий и сооружений – Х.: Рубикон, 2001. – 212-222 с.
16. ДБН В.2.6-31-2006 Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель. Міністерство будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства України, 2006.-72с

17. Счастний Є.Є., Алексахін О.О., Панчук О.В. «МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ з дисциплін «Опалення, вентиляція та кондиціювання повітря на залізничному транспорті» та «Теплогазопостачання і вентиляція» до виконання курсової, контрольної (розрахунково-графічної) роботи для студентів спеціальностей ПЦБ та ТЕ» - Харків , 2016. – 5 с.
18. Алексахін О. О., Панчук О. В. Теплогазопостачання і вентиляція. Вибрані задачі: Навч. посібник. – Харків, 2017. – 13 - 15 с.
19. Клімат Харкова [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://ru.wikipedia.org/wiki/
20. Температура ґрунту на різних глибинах в деяких пунктах СРСР [Електронний ресурс] – Режим доступу: http://neftyaga.ru/v-pomosch-rabotniku-gazovoy-promishlennosti/temperatura-grunta-v-s-na-razlichnich-glubinach-v-nekotorich-punktach-sssr
21. Основні характеристики Enersun-30 [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://enersun.com.ua/vakuumnyy-solnechnyy-kollektor-enersun-30/
22. Тепла водяна підлога [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://ekonomteplo.com.ua/2020/09/10/tepla-vodjana-pidloga-rozrahunok/
23. Розрахунок теплої підлоги [Електронний ресурс] – Режим доступу: http://umnoeotoplenie.ru/raschet_pola
24. Розрахунок об’єму труби [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://kalkulyator-nds.com/volume-pipe