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 дипломної роботи
за освітньо-кваліфікаційним рівнем бакалавр

**«АНАЛІЗ ТЕПЛОТЕХНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЗОВНІШНІХ ОГОРОДЖУЮЧИХ КОНСТРУКЦІЙ БУДИНКУ»**

Виконав: студент 4 курсу, групи НФ-42
Лупол Ольга Васильївна

Спеціальність:
«Прикладна фізика та наноматеріали»
Керівник: к.т.н., доцент Казарова І.О.

Рецензент:

Харків - 2020

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**

_____**Ю.М. Мацевитий**
підпис ініціали, прізвище

"____"_____20___року

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

Лупол Ольги Васильївни
(прізвище, ім'я, по батькові студента)

1. Тема роботи «Аналіз теплотехнічних характеристик зовнішніх огороджуючих конструкцій будинку»

керівник роботи____Казарова Інна Олександрівна, к.т.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)
Енергоефективні технології в будівництві як шлях енергозбереження. Визначення етапів теплотехнічного розрахунку з метою раціонального використання енергії. Розрахунок тепловтрат.

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 та першого розділу |
| 5. | Написання другого розділу |
| 6. | Написання третього розділу |
| 7. | Завершення написання дипломної роботи ( висновки та література) |
| 8. | Подача науковому керівнику, доробка з урахуванням зауважень |
| 9. | Відгук, рецензія, підготовка до захисту |
| 10. | Попередній захист на кафедрі |
| 11. | Захист |

5. Дата видачі завдання_____

**Студент** _____ ____О.В. Лупол ___
підпис ініціали, прізвище

**Керівник роботи** _____ _____І.О. Казарова____
підпис ініціали, прізвище

# Реферат

Лупол Ольга Василівна «Аналіз теплотехнічних характеристик зовнішніх огороджуючих конструкцій будинку» (випускна робота «бакалавра»). – Харків: ХНУ імені В.Н. Каразіна, 2020. –51 с.

Робота складається з вступу, трьох розділів, висновків; містить 10 рисунків, список використаних джерел з 31 найменування.

При написані роботи були проаналізовані теплофізичні та теплотехнічні характеристики та врахування зовнішніх огороджуючих конструкцій будинку. Розглянули питання термомодернізації будівлі, зроблені розрахунки щодо тепловтрати огороджувальної конструкції без ізоляції та з ізоляцією.

***Ключові слова:*** теплофізичні та теплотехнічні характеристики, ізоляція, кліматичні показники, енегроефективність, енергозбереження.

## Abstract

Olga Lupol "Analysis of thermal characteristics of external enclosing structures of the house"" (bachelor graduation work). – Karazin Kharkiv National University 2020 - 51c.

The work consists of an introduction, three chapters, conclusions; 10 contains drawings, , list of sources of 31 items.

Thesis includes pages of text, tables, figures and calculations. During the written works the thermophysical and thermotechnical characteristics and the account of external enclosing designs of the house were analyzed. The issues of thermal modernization of the building were considered, calculations were made regarding the heat loss of the enclosing structure without insulation and with insulation.



***Key words:*** thermophysical and thermotechnical characteristics, insulation, climatic indicators, energy efficiency, energy saving.

ЗМІСТ

ВСТУП……...7
РОЗДІЛ 1 ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ В БУДІВНИЦТВІ ЯК ШЛЯХ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ…….……..9
РОЗДІЛ 2 ВИЗНАЧЕННЯ ЕТАПІВ ТЕПЛОТЕХНІЧНОГО РОЗРАХУНКУ З МЕТОЮ РАЦІОНАЛЬНОГО ВИКОРИТАННЯ ЕНЕРГІЇ……..…11
2.1 Визначення головних етапів теплотехнічного розрахунку……
2.2. Енергоефективні будівельні матеріали, технології, системи, вікна……...13
2.2.1. Енергоефективні будівельні технології……..15
2.2.2. Енергоефективні будівельні системи…….……16
2.2.3. Енергозберігаючі вікна……..……..20
2.2.4. Енергоефективні будівельні матеріали……..21
2.2.5. Теплоізоляційні будівельні матеріали……22
РОЗДІЛ 3 РОЗРАХУНОК ТЕПЛОВТРАТ ……..……33
ВИСНОВКИ……....45
ВИКОРИСТАНІ ДЖЕРЕЛА…….…….46
ДОДАТКИ……...…….50

# ВСТУП

У період дорожчання енергоресурсі гостро стоїть питання економії енергоресурсів. Досягти кращого ефекту з енергозбереження можливо завдяки обізнаності у цій сфері.

В даний час розроблено та застосовується багато архітектурних, конструктивних, інженерних рішень, які дозволяють знижувати рівень енергоспоживання будівлями. Очевидно, що тільки у випадку комплексного використання енергозберігаючих рішень можливо отримати значну економію енергетичних ресурсів. Таким чином, застосування системного підходу буде методологічно правильним.

Існує багато варіантів утеплення огороджувальних конструкцій оселі енергоефективними будівельними матеріалами,  вибір правильного варіант залежить від кліматичних умов.

Методика теплотехнічного розрахунку полягає у визначенні доцільного опору теплопередачі зовнішньої огороджувальної конструкції. При цьому опір теплопередачі огороджувальної конструкції має бути не менше необхідного опору теплопередачі.

Особливо велике значення має знання і застосування теплофізичних показників будівельних матеріалів та теплотехнічних показників будинків. Методика теплотехнічного розрахунку полягає, зокрема, у визначенні економічно доцільного опору теплопередачі зовнішньої огороджувальної конструкції.

Методи дослідження – аналіз та обробка літературних джерел, спеціалізованих матеріалів і даного досліджуваного об'єкта.

Мета: Розглянути характеристики зовнішніх огороджуючих конструкцій будинку.

Об’єкт: огороджуючі конструкції будинку.

Предмет: теплофізичні характеристики зовнішніх огороджуючих конструкцій, що доцільно розглядати при теплотехнічному розрахунку.

Практична значимість: Розглянуті аспекти дозволять покращити теплотехнічні показники будинку, тим самим покращити умови життя та знизити витрати на опалення.

# РОЗДІЛ 1
# ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ В БУДІВНИЦТВІ ЯК ШЛЯХ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

Комплексний підхід до застосування енергоефективних технологій при реконструкції і будівництві будівель і споруд став розвиватися в 80-і роках, перш за все, в Європейських країнах і регіонах Північної Америки і Канади. Цей процес супроводжувався науковими дослідженнями, підготовкою і випробуванням досвідчених енергоефективних об'єктів і зразків з подальшим їх впровадженням в архітектурі і будівництві.

Основним наслідком підвищення вимог до теплозахисту огороджувальних конструкцій будівель став перехід до багатошарових конструктивних рішень. Вони дозволяють досягти високих показників опору теплопередачі без збільшення товщини огороджувальних конструкцій, а за рахунок дії ефективних утеплювачів.

Відповідно до сучасними будівельними нормами необхідний опір теплопередачі, наприклад, стін збільшилася в 3-3,5 рази в порівнянні зі старими нормами.

Структура втрат теплової енергії через окремі огороджувальні конструкції різниться і для одного і того ж типу будівель в залежності від поверховості, матеріалу огороджувальних конструкцій, року будівництва, терміну експлуатації, якості будівельних робіт.

Наприклад, для будинків в залежності від поверховості вона така:

- на стіни доводиться 30-35% тепловтрат в одно- і двоповерхових будинках, до

42% - в п'ятиповерхових, до 49% - в дев'ятиповерхових;

- тепловтрати через вікна складають 25, 32 і 35% відповідно;

- через цокольні і горищні перекриття втрачається в середньому від 10 до 18%

тепла.

Внаслідок цього в будівництві сьогодні застосовуються різні теплоізоляційні матеріали і конструкції, енергоефективні фасадні системи, технології зведення монолітних будинків з незнімної опалубкою, енергоефективні світлопрозорі конструкції [1-31].

# РОЗДІЛ 2
# ВИЗНАЧЕННЯ ЕТАПІВ ТЕПЛОТЕХНІЧНОГО РОЗРАХУНКУ З МЕТОЮ РАЦІОНАЛЬНОГО ВИКОРИТАННЯ ЕНЕРГІЇ

## 2.1. Визначення головних етапів теплотехнічного розрахунку

Теплотехнічний розрахунок зовнішніх огороджуючих конструкцій будинку відкриває значні перспективи енергозбереження та включає такі основні етапи:

- виявлення головних фізичних особливостей процесів;
- складання і визначення математичної моделі кожного процесу;
- розробка та конкретизація відповідних методів та вирішення сформульованих завдань;
- розрахунок тепловологісного стану реального об'єкта; оцінка триманих рішень за сукупністю показників до досліджуваних процесів, станах та методах керування ними;
- вибір раціональних конструктивних рішень та режимів експлуатації будівельних конструкцій.

Ці етапи становлять сутність тепловологісного проектування, під яким будемо розуміти дослідження процесів тепломасопереносу в огороджуючих конструкціях будинків, вибір конструктивних рішень і режимів експлуатації з урахуванням тепловологісного стану досліджуваних об'єктів [1-4]. Значення теплофізичних характеристик певних матеріалів наведено в таблиця А., норми опорів теплопередачі зовнішніх конструкцій в додатку таблиця Б.

Для для проведення теплотехнічного розрахунку слід знати теплофізичні характеристики будівельних матеріалів: пористість і густина, вологість, теплопровідність будівельних матеріалів, теплоємність, теплозасвоєння матеріалів [1-31].

Декотрі будівельні матеріали мають такі теплофізичні характеристики.

Теплопровідність будівельних матеріалів. Величина коефіцієнта теплопровідності будівельних матеріалів змінюється в досить широких межах - від l = 0,025 (мінеральнавата) до l = 3,49 (граніт, гнейс, базальт). Теплопровідність металів, що застосовуються у будівництві, ще вище: для чавуну – 50, сталі – 58, алюмінію – 221, міді – 407 Вт/(м °С). Величина коефіцієнта теплопровідності для одного й того ж матеріалу не є постійною величиною і залежить від його вологості та температури, а також напрямку теплового потоку.

Залежність коефіцієнта теплопровідності матеріалу від густини. Для одного й того ж виду будівельного матеріалу з різною густиною коефіцієнт теплопровідності не постійний. Для матеріалу з меншою густиною він менший, з більшою густиною – більший.

Залежність коефіцієнта теплопровідності матеріалу від його вологості. Коефіцієнт теплопровідності води l = 0,55 Вт/(м °С), тобто в 20 разів більше, ніж коефіцієнт теплопровідності повітря в порах середнього розміру. Крім того, вода в порах збільшує розміри контактних площадок, що збільшує ефективний коефіцієнт теплопровідності. Механізм заповнення матеріалів вологою такий, що більш інтенсивно заповнюються дрібні капіляри. Чим дрібніші капіляри, тим інтенсивніше відбувається капілярне всмоктування рідини. При температурі нижче температури початку замерзання рідини в порах матеріалу утворюється кріофаза (іній, лід), що призводить до збільшення теплопровідності системи основа – рідина – кріофаза. Відбувається це тому, що коефіцієнт теплопровідності льоду становить
l = 2,2 Вт/(м °С), тобто в 5 разів більше ніж коефіцієнт теплопровідності води і в 100 разів більше коефіцієнта теплопровідності повітря в порах середнього розміру.

Залежність коефіцієнта теплопровідності матеріалу від температури. Теплопровідність будівельних матеріалів зростає при підвищенні температури, що пов'язано зі збільшенням кінетичної енергії молекул основи матеріалу.

Теплоємність. Теплоємність, це здатність накопичувати теплову енергію в матеріалі при його нагріванні. Чисельна питома теплоємність дорівнює енергії, яку потрібно ввести в одиниці об'єму матеріалу, щоб нагріти його на один градус. Найбільшу теплоємність з будівельних матеріалів має дерево – 2,3 кДж/(кг °С), найменшу сталь і мідь – 0,42 кДж/(кг °С). Теплоємність повітря при температурі +20°С становить 1,005 кДж/(кг°С), теплоємність води 4,183 кдж/(кг °С) [1-31] .

## 2.2. Енергоефективні будівельні матеріали, технології, системи, вікна.

У світі існує безліч енергоефективних матеріалів, технологій, систем, вікон. Аналіз всіх варіантів досить складно розглянути навіть у багатотомній енциклопедії. За період роботи над бакалаврською роботою було проаналізовано досить багато варіантів будівельних аспектів що сприяють енергозбереженню. З усього аналізу виділені найбільш сучасні та ефективні аспекти на думку автора.

Існують різні варіанти утеплення огороджувальних конструкцій будівлі, що залежать від кліматичних умов і прийнятого на етапі будівельного проектування конструктивного рішення. Можна виділити два основні варіанти: 1) коли в багатошарових стінах є конструктивний шар і шар утеплювача - це так звана теплотехнічне неоднорідна захисна конструкція; 2) коли шар утеплювача і конструктивний шар збігаються - це теплотехнічне однорідна захисна конструкція.

Жорсткість будівельних норм і впровадження багатошарових огороджень сприяло розширенню ринку будівельних матеріалів, особливо мають істотні теплозахисні властивості. Наприклад, тепло-ефективний будівельний

блок з кремне-граніта. Він виконаний з будівельного матеріалу, що володіє високими енергозберігаючими якостями і довговічністю. Будинки, побудовані з кремнегранітних блоків, не вимагають додаткової зовнішньої декоративної обробки і додаткового утеплення. Блоки вдають із себе тепло-ефективності систему, що включає готову стіну з облицюванням і утепленням. Один квадратний метр стіни містить 12,5 блоків з різними кольорами і фактурою облицювального шару.

В даний час зниження витрати паливних і енергетичних ресурсів особливо важливо при експлуатації цегляних будівель. Успішне вирішення цього завдання пов'язане з підвищенням теплозахисних якостей зовнішніх стін. Досягнення цього традиційними способами приводить до збільшення матеріаломісткості цегляних стін. Однак існують і менш матеріаломісткі способи, зокрема, додавання в стінну конструкцію фенол-формальдегідних, мінеральних та інших добавок. Недоліком цього способу є зниження капітальності, довговічності і вогнестійкості цегляних будівель. Найголовніше, що при цьому порушується екологічні показники в приміщеннях, зумовлені властивостями сировини і технологією виробництва керамічних стінових матеріалів.

Вирішити проблему підвищення рівня теплоізоляції можна і шляхом створення і застосування нового покоління ефективних пористих керамічних стінових матеріалів. Проведені експерименти допомогли виробити основні напрямки для досягнення більш високого рівня теплозахисних якостей зовнішніх цегляних стін без збільшення їх товщини. Ця політика ґрунтується на випуску керамічних каменів великих розмірів, зниження щільності каменів і створенні пустот раціональних розмірів. Це дозволяє істотно знизити витрату розчину в кладці стіни, підвищити пористість черепка введенням до складу шихти комплексу вигоряючими добавок.

На територіях з відносно теплими кліматичними умовами для забезпечення необхідної теплозахисту будівель досить застосування такого матеріалу як легкий бетон, який виконує одночасно дві функції: конструктивну і уте-

плення.

До таких конструктивно-теплоізоляційних матеріалів слід віднести полістирол бетон (ПСБ), який володіє високим опором теплопередачі.
Серед легких бетонів він має найбільш низьку об'ємну щільність - 300 кг / м3 і менше. З полістирол бетону можна виготовляти блоки великих габаритних розмірів, що прискорює кладку блоків при зведенні стін і перегородок.

Ще один енергоефективний матеріал для огороджувальних конструкцій - це
піско-цементні стінові блоки, які виготовляються з різними показниками міцності. Основу блоку складають легкі наповнювачі, що займають до 50% його обсягу. Це найбільш поширений тепло-енергосберегаючий матеріал, що дозволяє виконувати весь перелік будівельних робіт при зведенні огороджувальних конструкцій малоповерхових будівель. Накопичено значний досвід його використання поряд з пористих бетонів і глиняним цеглою.

Перехід до енергоефективного будівництва в країні супроводжується ні тільки виробництвом нових матеріалів, але і застосуванням нових будівельних технологій [1-31] .

### 2.2.1. Енергоефективні будівельні технології

При проектуванні нових і реконструкції існуючих будівель використовують один з трьох способів утеплення зовнішніх стін - з зовнішньої і внутрішньої сторони і всередині неї. Спосіб утеплення залежить від матеріалу конструкцій, від вигляду фасаду, від вимог замовника.

У будівництві монолітних будинків широкого поширення набули технології із застосуванням незнімної опалубки з пінополістиролу. Цей матеріал складається з вихідного полімеру-полістиролу, який застосовується для упаковки харчових продуктів, одноразового посуду і т. д., і повітря. Пінополістирол не радіоактивний, хімічно нейтральний, стійкий до вологості, не розкла-

дається і не забруднює грунтові води, не приваблює комах і гризунів. Він екологічно безпечний і сертифікований на екологічну чистоту. Зовні пінополістирол схожий на пінопласт.

Однак він кардинально відрізняється від пінопласту своїми фізико-механічними властивостями, завдяки яким він виконує дві основні функції: спочатку як форма для незнімної опалубки при зведенні монолітного будівлі, потім як утеплювач огороджувальних конструкцій цієї будівлі.

До інноваційної технології утеплення глухий частини стіни є особлива штукатурка та кладочні суміші Вермикуліт, за допомогою яких можна вирішити відразу кілька завдань: вирівняти стіну, створити додатковий теплоізоляційний шар і забезпечити оптимальний повітряно - і вологий режим.

Перевагою даного утеплювача є простота нанесення. Замість складної процедури укладання багатошарової конструкції з утеплювачів, штукатурок, кріпильних матеріалів і сітки на стіну звичайним способом наноситься теплоізоляційна штукатурка [1-31].

### 2.2.2. Енергоефективні будівельні системи

Енергоефективність зовнішніх огороджувальних конструкцій будівель часто

забезпечується за рахунок використання фасадних систем, що включають мінеральні теплоізоляційні матеріали.

До найбільш відомих і поширених будівельних стінових системам слід віднести наступні: вентильовані конструкції утеплення зовнішніх стін або як прийнято їх називати, вентильовані фасади (рис.1); вентильовані конструкції утеплення зовнішніх стін з використанням мінераловатних і полістирольних плит з кріпленням їх безпосередньо на стіни або на каркас; різні поєднання

цих двох варіантів систем з використанням місцевих утеплювачів.

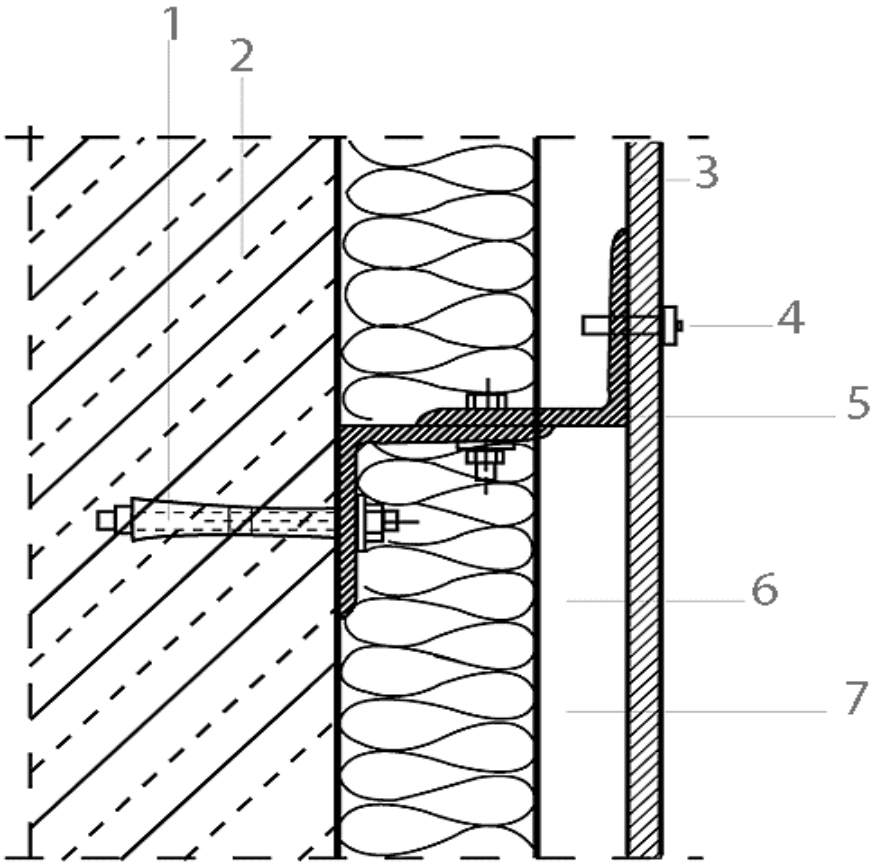



Рис.2.1. Конструкція вентильованого фасаду

1. Анкерне кріплення
2. Підстава для анкерного кріплення
3. Облицювання зовнішньої стіни
4. Матеріал для кріплення
5. Під конструкція
6. Вентиляційний паркан
7. Теплоізоляція

Найбільшу популярність здобули вентильовані фасади типу Краспан, представляють собою багатошарові ефективні за своїми фізико-будівельним параметрам системи. Конструктивне рішення цієї системи показано на рис. 2.

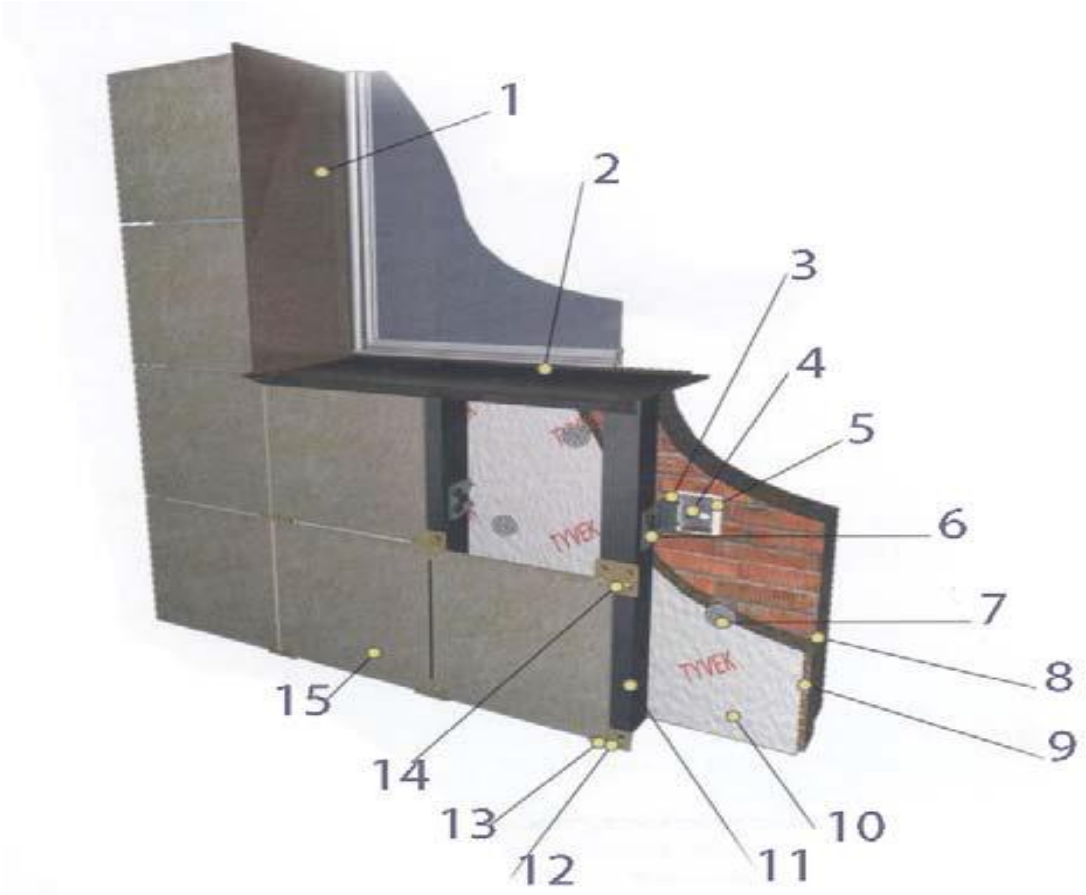



Рис. 2.2. Вентильований фасад типу Краспан

1. Фасонні елементи
2. Саморізований винт
3. Кріпильний кронштейн
4. Анкер для кріплення кронштейна
5. Паронітова прокладка
6. Саморізований винт
7. Дюбель для зміцнення утеплювача
8. Стіна
9. Утеплювач
10. Гідро-ветрозащітная мембрана

11. Вертикальний кріпильний профіль
12. Заклепка сталева
13. Кріпильний клямер завершальний
14. Кріпильний клямра рядовий
15. Керамо-гранітна плита

Головні переваги фасадних систем типу Краспан:

- у виробництві навісних вентильованих фасадів використовуються сполучні компоненти, які роблять їх найбільш ефективними, стійкими до барвників і характеризуються якісним монтажем;
- навісні фасади здатні захищати від опадів і вітру за рахунок фасадних панелей виготовлених з натурального граніту;
- якщо відбувається який-небудь вплив на поверхню фасадів, то ушкодження усуваються з заміною фасадних касет;
- у виробництві фасадних систем використовуються високотехнологічні матеріали, які радують в експлуатації.

У фасадних конструктивних рішеннях в якості матеріалу-утеплювача найбільше застосування знайшли:

- теплоізоляційні плити з мінеральної вати;
- екструдований пінополіетилен;
- теплоізоляційні плити, виготовлені з базальтових гірських порід;
- плити (блоки) з піноскла.

Розглянуті вище способи утеплення відносяться до глухої частини стіни. Однак
найслабшою ланкою в будівлі з точки зору енергоефективності є вікна [1-30].

### 2.2.3. Енергозберігаючі вікна

Теплові втрати через вікна досягають до 50% від загальних тепловтрат через
огороджувальні конструкції будівель. Тому найбільш важливим завданням енергосбереженя в будівлях є підвищення теплозахисних якостей світлопрозорих огороджуючих конструкцій, перш за все, вікон.

Сучасна промисловість будівельних матеріалів виробляє різні види енергоефективного скла: І-скло, К- скло, енергозберігаюче, тепло-зберігаючі, тепловідбивне, теплопоглинальне і т. д.

Найбільш перспективним є І-скло. Це низько-ємісіонне скло з багато шаровим покриттям зі срібла, нанесеним шляхом плазмового напилення в вакуумі.

У склопакеті скло з таким напиленням повинен бути звернений тільки у внутрішній його простір.

І-скло має поліпшені показниками теплозахисту.

Це можна зрозуміти з даного прикладу. Так, при температурі зовнішнього повітря -26 градусів і температурі в приміщенні +20 температура на поверхні вікна всередині приміщення у склопакета зі звичайним склом становитиме +5 градусів, а з енергозберігаючим склом +14 градусів. При цьому прозорість аналогічна прозорості звичайного скла. По відношенню до звичайного, І-скло здатне забезпечити економію з кожного квадратного метра одного даного склопакета економія енергії протягом опалювального сезону становить 230 кВт. Якщо в будинку близько 4 вікон, загальною площею 9 кв. м., то економія за опалювальний період складе 2070 кВт, що дорівнює 1,5 тонам кам'яного вугілля.

Ці властивості склопакетів з енергозберігаючим І-склом пов'язані і з іншими
перевагами цього скла, зокрема з тим, що воно:

- відображає довгохвильові теплові промені у бік їх випромінювача (тобто зі-

мій в сторону квартири, де працюють опалювальні прилади, а влітку в сторону вулиці, де знаходяться нагріті сонцем камені, асфальт і т. д.), що знижує витрати на опалення взимку і на кондиціонування влітку;

- володіє високою теплоізоляційною здатністю;

- зменшує ймовірність випадання конденсату на склі, оскільки має температуру на поверхні склопакета вище, ніж на поверхні звичайного скла;

- перешкоджає вигоряння оббивки і предметів інтер'єр [1-29].

### 2.2.4. Енергоефективні будівельні матеріали

Є дуже багато варіантів утеплення огороджувальних конструкцій будівлі енергоефективними будівельними матеріалами. вибір Конкретний варіант залежить від кліматичних умов

Виділимо два основних варіанти утеплення огороджувальних конструкцій:

1. Багатошарова стіна з конструктивним шаром і шаром утеплення (теплотехнічне неоднорідна захисна конструкція);
2. Стіна, в якій шар утеплення і конструктивний шар – співвідносяться.

Одним з найефективніших тепло ізоляторів в будівництві - є повітря, тому енергоефективність будівельних матеріалів багато в чому визначається процентним відношенням обсягу пір. При цьому є пряма залежність між теплопровідністю матеріалам, питомою вагою і його міцності.

При проектуванні енергоефективного будинку треба пам'ятати, що зовнішні елементи будівлі повинні бути паропроніцяємими, при цьому властивість матеріалів повинна зростати у напрямку зсередини назовні будівлі. В іншому випадку можливе виникнення точки роси в холодній зоні і накопичення вологи в огородженні конструкції з подальшим погіршенням її теплоізоляційних

властивостей і утворенням цвілі і грибка. А саме, точка роси – це значення $t^{o}$, до якої повинне охолодитися повітря, щоб пара, яка в ньому міститься, почала конденсуватися в росу. Тому потрібно не допускати уникнення роси, або якщо це сталося, то потрібно максимально перенести точку роси до зовнішніх шарів огороджувальної конструкції і забезпечити вентиляцію цих зволожених зовнішніх шарів. Для того, щоб уникнути пошкодження конструкцій внаслідок їх зволоження. Для цього мі використовуємо два методи:

1. Вносимо шар пароізоляції з будівельних матеріалів, на теплу та вологу внутрішню сторону зовнішньої стінки та уповільнювати дифузію пара, необхідно нанести теплоізолюючий шар з матеріалу не перешкоджаючи дифузію пара, на зовнішню суху і холодну сторону стіни.
2. Утеплимо зовнішню стінку зовні, шар теплоізоляції прокриє більшу частину конструктивного елементу і $t^{o}$, всередині стінки підвищиться. В такому випадку ризик випадання конденсату зменшиться. В протилежному випадку, при установці внутрішньої теплоізоляції $t^{o}$ в зовнішніх шарах огороджувальної конструкції знижується і ризик випадення конденсату зростає, особливо якщо внутрішня теплоізоляція не захищена пароізолюючими шарами [1-29].

### 2.2.5. Теплоізоляційні будівельні матеріали

Пінополістирол (спінений полістирол) - приймає вид плити, синього або рожевого кольору, використовується для утеплення зовнішнього вигляду будинків, ізолює, не випускає тепло, створює такий собі ефект «термоса» будинку. Але так само його використовують для внутрішніх утеплення, а саме бокових сторін вікна.

Даний матеріал не рекомендується застосовувати для утеплення приміщень зсередини, а також при влаштуванні вентильованих фасадів, оскільки це пожежо небезпечний будівельний матеріал, що вимагає наявності в своєму

складі антипіренові добавок. Крім того, при нагріванні і природному старінні даний матеріал може виділяти легкі сполуки, небезпечні для здоров'я людини. Застосування даного матеріалу при утепленні фундаментом також має суттєві обмеження і можливо лише в тому випадку, коли повністю відсутня загроза підтоплення фундаменту підземними водами.

Низька міцність при короткочасному стисканні і тривалому стисканні не дозволяє застосовувати цей матеріал для утеплення фундаменту зовні, оскільки в цьому випадку пінополістирол буде відчувати на собі бічний тиск грунту.



Рис. 2.3. Пінополістирол

Екстрадований пінополістирол - новітній теплоізоляційний матеріал, який за короткий час завоював міцну довіру до себе і який користується великою популярністю у виробництві будівельних робіт.

На вигляд компонент має однорідну структуру, що складається з пористих осередків розміром 0,1-0,2 мм. Виробництво пінополістиролу полягає в перемішуванні гранул полістиролу при високому тиску і температурі з подальшим видавлюванням компонента з екструдера. Він здатний витримувати досить великі навантаження, при контакті з розчинами солей, кислотами, щілочками, маслами, спиртами, цементом не руйнується і не пошкоджується.

Недоліки екстрагованого пінополістиролу: висока вартість, відсутність паро проникності, у разі виникнення пожежі тліє з виділенням токсичних речовин. Даний матеріал слід захищати від впливу органічних розчинників (наприклад, бензину, керосинна), високих температур, а також не рекомендується тривалий час зберігати під сонячними променями. Цей матеріал не підійде для теплоізоляції дахів в лазнях і саунах.

Застосовується: для утеплення фундаменту і виготовлення незнімної опалубки, утеплення фасадів, балконів, цокольних поверхів, підвалів, покрівлі, може приміняться як для зовнішньої, так і для внутрішньої теплоізоляції будівель.

Для ізоляції стін фундаменту підходять плити екстрагованого пінополістирола з питомою вагою не менше 20 кг / м. При утепленні стін екстрадований пінополістиролом необхідно передбачати систему додаткової вентиляції.

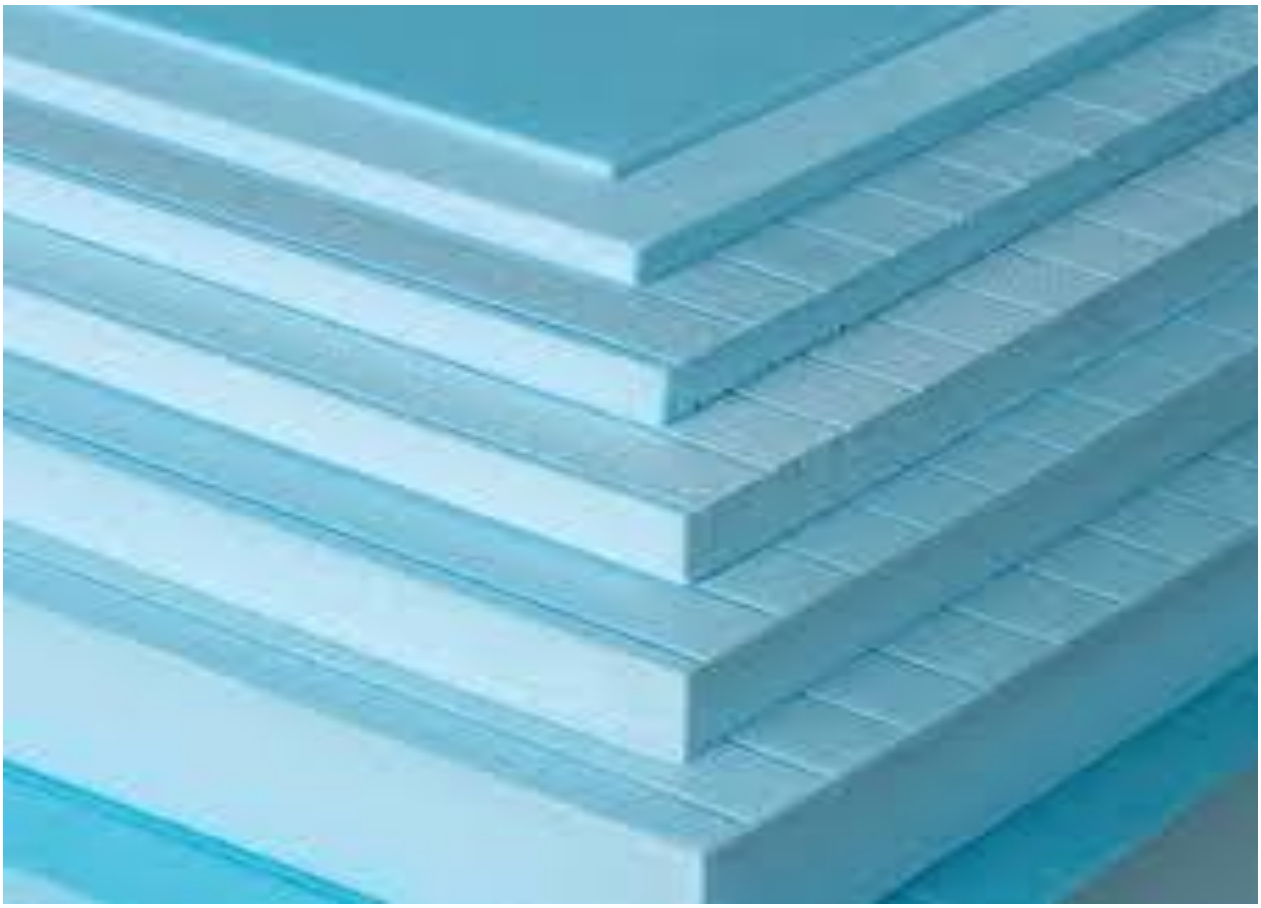


Рис. 2.4. Екстрадований пінополістирол

Піноскло (газо-стекло) - теплоізоляційний матеріал, що застосовуються в утепленні будинку, повинний відповідати основним вимогам - це практичність та ефективність. Одним з таких утеплювачів є газо-стекло.

Газо-скло - це продукт термічної обробки подрібненого склобою (приблизно 97%) і газоутворювач (приблизно 3%). Даний матеріал має різну щільність, що безпосередньо впливає на його теплопровідність. При щільності 170 кг / м3 вона становить всього лише 0,048 Вт / мК. За цим показником газостекло поступається тільки утепленням на основі мінеральної вати і пінополістиролу, які мають показник теплопровідності в районі 0,039 Вт / мК.

Піноскло не горить і не виділяє диму і токсичних речовин, тому може застосовуватися для утеплення горизонтальної покрівлі, підлог і фундаментом. Недоліки піноскла: висока вартість, значна питома вага в порівнянні з

іншими видами утеплювача, крім того, це матеріал, вимагає чіткого дотримання рекомендацій при виробництві і роботі з ним.

При утепленні фасадів необхідно використовувати паропроникне піноскло, отримане методом холодного спінювання. Взаємне використання утеплювача і захисної штукатурки на базі піноскла дозволяє створити незалежну від кліматичних зон ізоляційну систему. Як правило, піноскло застосовується при утепленні будинку зовні. У випадку утеплення приміщень зсередини необхідно уникати попадання вологи між утеплювачем і стіною.

Плити з паро-проникненням спіненого скла можна застосовувати для теплоізоляції і шумоізоляції стель. Блоки піноскла рекомендується також застосовувати для теплоізоляції цоколів в ґрунті і вище вимощення.

Піноскляний гравій та піно-крихта можуть застосовуватися в якості теплоізоляційного шару під фундаментом мілкого закладення і по периметру фундаменту.



Рис. 2.5. Піноскло (газо-скло)

Пінополіуретан - це гідроізоляційний, теплоізоляційний і звукоізоляційний матеріал, що є різновидом газо-наповнювач пластмаси. Принцип дії пінополіуретану: два рідких компонента незалежно один від одного подаються в розпилювач, перемішуються. Після потрапляння на заданий підставу суміш спінюється і твердне. Адгезія до основи виникає по всій поверхні, що дозволяє не використовувати кріплення.

Товщина напилюваного шару не обмежена. Може застосовуватися для теплоізоляції зовнішніх і внутрішніх стін, покрівлі, віконних прорізів, утеплення фундаменту, шляхом пошарового напилення на фундамент.

Його достоїнства: монолітність і відсутність швів, гідроізоліруючі, теплоізолюючі та шумоізолюючі властивості, міцність, мала вага, щільне прилягання до утеплюваної поверхні, стійкість до взаємодії кислот і лугів, відсутність «містків холоду», екологічність, стійкість до впливу мікроорганізмів Тривалий термін експлуатації (понад 30-50 років при правильних умовах експлуатації).

Недоліки: нестійкість до ультрафіолетового випромінювання, низька паропроніцаємість, висока вартість, трудомісткість нанесення, горючість. Наносити пінополіуретан слід безпосередньо на суху і чисту утеплять поверхню за допомогою спеціального обладнання.



Рис. 2.6. Пінополіуретан

Базальтова мінеральна плита (кам'яна вата) - складається з штучних мінеральних волокон і може бути використана для утеплення практично всіх конструкцій: стін, покрівель, перекриттів, покриттів і перегородок. За рахунок наявності пустот між волокнами тимчасової вати забезпечується її висока теплоізолююча здатність і звукоізоляція. В даний час є одним з найбільш затребуваним теплоізоляційних матеріалів в країнах СНД та Європи.

Переваги даного матеріалу: стійкість відносно перепадів температур і атмосферних опадів, низький коефіцієнт теплопровідності, негорючість і стійкість до високих температур, паропроникність, біостійкість, висока міцність на стиск, малу вагу, доступна ціна.

Недоліки кам'яної вати: нестійкість до тривалого впливання води і ультрафіолету, в процесі монтажних робіт - великої кількості пилу.

Кам'яна вата випускається у вигляді м'яких матів і плит, в тому числі армованих і фольгованих для утеплення будівель, а також у вигляді жорстких циліндрів і плит з армуванням і фольгуванням для утеплення труб, димоходів і вентиляційних систем.

Галузь застосування: базальтова мінеральна вата з меншими значеннями щільності може застосовуватися, як утеплювач для внутрішніх стін, перегородок, нежитлових горищ, лазень і саун (за умови наявності гідроізоляції утеплювача)



Рис. 2.7. Базальтова мінеральна труба

Скляна вата - це матеріал, що складається з мінеральних волокон, як і кам'яна вата. Але скляна вата має більш товсті і довгі волокна, що дозволяє їй мати підвищеної пружністю і міцністю. Переваги скляної вати: забезпечує хорошу теплоізоляцію і звукоізоляцію, володіє хімічискою стійкістю, високою вібростійкістю, негігроскопічна, протипожежні, не виділяє токсичних речовин під впливом вогню, характеризується малою щільністю і вагою; міцність, еластичність і гнучкість.



Рис. 2.8. Скляна вата

Недоліки: температуро-стійкість скляної вати істотно нижче, ніж у базальтової мінеральної вати; при монтажі може утворювати велику кількість пилу, вимагає роботи з використанням засобів індивідуального захисту.

Область застосування: для теплової ізоляції будівельних конструкцій, для утеплення будь-яких нерівних поверхонь і конструкцій будь-якої форми. Жорсткі плити зі скляної вати, облицювання стекло-войлоком, здатні витримувати значні навантаження і є хорошою вітрозахистом. Скловолокнисті матеріали зазвичай присують в рулони і завдяки пружним властивостям швидко відновлюють первинний об'єм практично відразу після розтину рулону.

Який утеплювач краще: скловата або мін-вата?

Якби довелося вибирати між скловатою і мін-ватою, то я зупинилась б все-таки на нашому будівельному матеріалі - скловату. Одним з найважливіших

переваг, яке особливо мене привабило - це те, що в ній не завелися миші та інша живність.

Ще. При однаковій товщині скловата на 10 ... 15% тепліше базальтової вати і дешевше. У скловати довші волокна, ніж у базальтової вати, тому при виготовленні скловати застосовується менше клею, а значить, і менше формальдегідів [1-28].

# РОЗДІЛ 3
# РОЗРАХУНОК ТЕПЛОВТРАТ

Фото плану будинку та схема будинку вибраного для розрахунку показано на рисунку 3.1, 3,2.

## Розрахунки




Рис. 3.1 Фото плану будинку

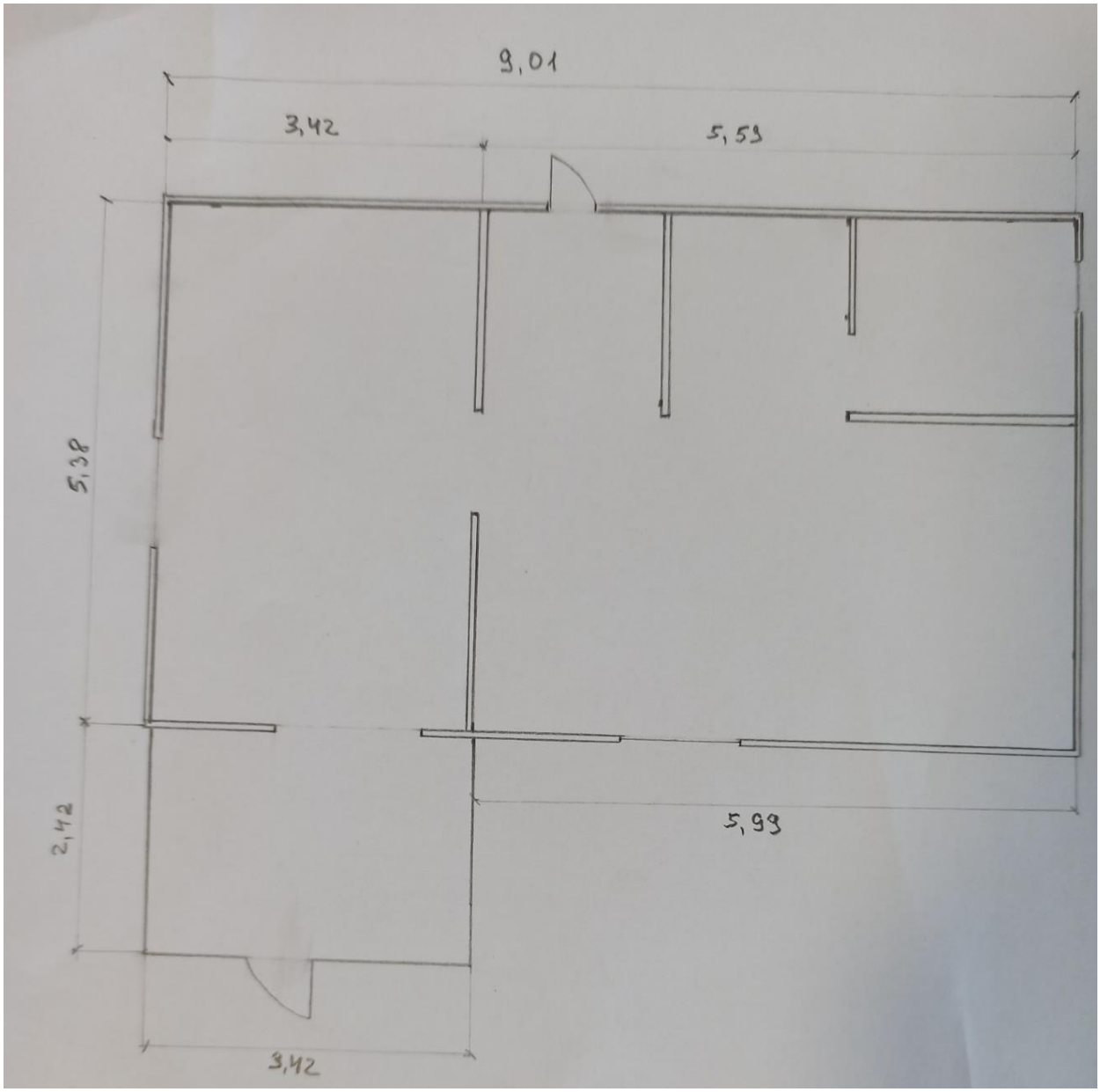



Рис. 3.2 План будинку

**ТЕХНОЛОГІЯ**

- Фундамент — монолітний з/б.
- Несучі стіни — SIP панель (164мм).
- Покриття – бітумна або металочерепиця.
- Зовнішнє оздоблення – штукатурка, облицювальна плитка, природний камінь.

**Параметри**




Вхідні дані:

Стіна з трьох вибраних шарів:

1. Цегла глиняна. $\rho = 1700$ кг/м$^3$
2. Цегла силікатна. $\rho = 1800$ кг/м$^3$

3. Плита ДВП. $\rho = 800$ кг/м$^3$

Товщина першого

матеріалу: $\delta = 0{,}25$ м.

Товщина другого

матеріалу: $\delta = 0{,}27$ м.

Товщина третього

матеріалу: $\delta = 0{,}01$ м.

Коефіцієнт теплопровідності

першого матеріалу: $\lambda = 0{,}64$ Вт/(м·К).

Коефіцієнт теплопровідності

другого матеріалу: $\lambda = 0{,}76$ Вт/(м·К).

Коефіцієнт теплопровідності

третього матеріалу: $\lambda = 0{,}19$ Вт/(м·К).

Термічний опір

конструкції зовнішньої стіни – R.

Формула обчислення:

$$R = R_в + R_1 + R_2 + R_3 + R_з.$$

Вираховуємо термічний опір окремо, зокрема, для кожного шару зовнішньої стіни ($R_1$, $R_2$, $R_3$).

Формула обчислення термічного опору для кожного шару: $R_n = \delta_n / \lambda_n$.

Звідси:

$R_1$ = 0, 39 Вт/ (м$^2$·К).

$R_2$ = 0, 35 Вт/ (м$^2$·К).

$R_3$ = 0, 05 Вт/ (м$^2$·К).

$R_в = 1/\alpha_в$ – термічний опір теплообміну на внутрішній поверхні стіни.

$\alpha_в$ – коефіцієнт теплообміну на внутрішній поверхні стіни, Вт/(м$^2$·К), його при обчисленнях приймаємо рівним $\alpha_в$= 8,7 Вт/м$^2$·К.

$R_з = 1/\alpha_з$ – термічний опір теплообміну на зовнішній поверхні стіни.

$\alpha_з$ – коефіцієнт теплообміну на зовнішній поверхні стіни, його при обчисленнях приймаємо рівним $\alpha_н$ = 23 Вт/м$^2$·К.

Отже:

R = 0, 95 м$^2$·К/Вт.

Мінімально допустиме значення $R_{qmin}$ опору теплопередачі зовнішньої конструкції = 3,3 м$^2$·К/Вт.

Робимо висновок, що трьох вибраних шарів недостатньо для виконання мінімальної норми, отже необхідно додати іще один шар ізоляції.

Для виконання норми, при умові, що витрати на ізоляційний шар мають бути мінімальними, вирахуємо термічний опір ізоляційного шару $R_{із}$, якого недостатньо для досягнення норми, тому:

$R_{із} = R_{qmin} – R$ = 2, 35 К/Вт.

Вибраний нами ізолятор – Газобетон

Коефіцієнт теплопровідності вибраного ізолятора $\lambda = 0{,}0220$ Вт/(м·К).

Дізнатися, якою буде товщина ізоляційного шару можемо з формули

$$R_n = \delta_n / \lambda_n.$$

Звідси:

$\delta_{із} = R_{із} \cdot \lambda_{із} = 0, 052$ м. (приймаємо найближчу до стандартного ряду теплоізоляції - 0,1 м).

Далі визначаємо теплові втрати кожної з кімнат окремо.

Формула обчислення:

$$Q = Q_a + Q_b.$$

$Q_a$ – теплові втрати через огороджувальні конструкції (чотири вибрані шари) приміщення, кВт.

$Q_b$ – витрати теплоти на нагрівання холодного повітря, що надходить у приміщення, кВт.

Формула для розрахунку теплових втрат через огороджувальні конструкції:

$$Q_a = 1 / R_0 \cdot A \cdot (t_в – t_з) \cdot (1 + \sum\beta) \cdot n \cdot 10^{-3}$$

$R_0$ – термічний опір теплопередачі огородження з ізоляцією $R_{0ст} = 3{,}3$ (К·м$^2$)/ Вт. Термічний опір без ізоляції $R_{0ст} = 0, 95$ (К·м$^2$)/ Вт.

Опір теплопередачі для світлопрозорих конструкцій $R_{0в} = 0{,}5$(К·м$^2$)/ Вт.

А – розрахункова площа поверхні огородження.

Згідно с планом будівлі, площа вікна $S_в = L_в \cdot H_в = 3$ м$^2$.

Площа стіни $S_{ст1} = L_{ст1} \cdot H_{ст} = 16, 14$ м$^2$.

$A_I = S_{ст1} – S_в = 13,14$ м$^2$.

$t_в = 18\ ^0$C (допустима температурна норма у житловому приміщенні).

$t_з = -23\ ^0$C (розрахункова температура зовнішнього повітря для систем опалення).

β - коефіцієнт додаткових теплових втрат в частках від основних. При типовому проектуванні β для західних стін дорівнює 0,05; для північних стін β = 0,1. Для південних стін β = 0.

n – коефіцієнт, що враховує розташування зовнішнього огородження (приймаємо за 1).

Звідси, для стін та вікна окремо:

- без ізоляції:

$F = 3, 42 \times 3 = 10, 26$ м²

$Q_{ст1} = 1/0, 95 \times 13, 14 \times (18+23) \times (1+0.05) = 595$ Вт.

$Q_в = 1/0, 95 \times 3 \times 41 \times 1, 05 = 135, 94$ Вт.

$Q_{ст2} = 1/0, 95 \times 10, 26 \times 41 \times 1, 05 = 464, 94$ Вт.

Для стелі:

Опір теплопередачі для горищніх перекриттів $R_г = 2,7$ (К·м$^2$)/ Вт.

$A_{III} = L_{ст1} \cdot L_{ст2} = 5, 38 \times 3, 42 = 18, 4$ м$^2$.

$Q_{г1} = 1/ 2, 7 \times 18, 4 \times 41 \times 1, 05 = 294$ Вт.

Для підлоги:

Термічний опір 1-ї зони, що прилягає до зовнішніх стін $R_{0пI} = 2,1$ К·м$^2$/ Вт; для 2-ї зони $R_{0пII} = 4,3$ К·м$^2$/ Вт.

$A_{пI} = 5, 38 \times 2 + 3,42 \times 2 = 17, 6$ м$^2$.

$Q_{пI} = 1/ 2, 1 \times 17, 6 \times 41 = 343$ Вт.

$A_{пII} = 1, 42 \times 3 , 38 = 4, 8$ м$^2$.

$Q_{пII} = 1/ 4, 3 \times 4, 8 \times 41 = 45, 8$ Вт.

$Q_{п1} = Q_{пI} + Q_{пII} = 388, 8$ Вт.

$Q_a = Q_{ст1} + Q_{ст2} + Q_в + Q_г + Q_п = 595 + 464, 94 + 294 + 388, 8 + 135, 94 = 1878, 68$ Вт.

Тепловитрати на інфільтрацію:

$Q_b = 0,337 \cdot A_{III} \cdot H \cdot (t_в – t_з) \cdot 10^{-3} = 778$ Вт.

Загалом:

$Q = Q_a + Q_b = 1878, 68 + 778 = 2656, 68$ Вт.

- з ізоляцією:

$Q_{ст1} = 1 / 3, 3 \times 13, 14 \times 41 \times 1, 05 = 171, 41$ Вт.

$Q_в = 1 / 3,3 \times 3 \times 41 \times 1, 05 = 39, 13$ Вт.

$A_{II} = S_{ст2} = L_{ст2} \cdot H_{ст} = 3, 42 \times 3 = 10, 26$ м$^2$.

$Q_{ст2} = 1 / 3, 3 \times 10, 26 \times 41 \times 1, 05 = 133, 84$ Вт.

Загальні тепловитрати кімнатою через огороджувальні конструкції:

$Q_a = Q_{ст1} + Q_{ст2} + Q_в + Q_{г1} + Q_{п1} = 171, 41 + 133, 84 + 39, 13 + 294 + 388, 8 =$

1027, 18 Вт.

Тепловитрати на інфільтрацію:

$Q_b = 0,337 \cdot A_{ІІІ} \cdot H \cdot (t_в – t_з) \cdot 10^{-3} = 778$ Вт.

Загалом:

$Q = Q_a + Q_b = 10, 27 + 778 = 1104, 98$ Вт.

Різниця у тепловтратах огорождувальної конструкції без ізоляції та з ізоляцією:

1551, 7 Вт.

Далі вирахуємо тепловтрати другої кімнати через зовнішні стіни.

Згідно с планом будівлі, площа другого вікна та ж сама $S_{в2} = S_{в1} = 3$ м$^2$.

Площа стіни $S_{ст3} = L_{ст3} \cdot H_{ст} = 16, 14$ м$^2$.

$A_I = S_{ст3} – S_в = 13, 14$ м$^2$.

$t_в = 18\ ^0$C (допустима температурна норма у житловому приміщенні).

$t_з = -23\ ^0$C (розрахункова температура зовнішнього повітря для систем опалення).

β - коефіцієнт додаткових теплових втрат в частках від основних. При типовому проектуванні β для західних стін дорівнює 0,05; для північних стін β = 0,1. На південних стін β = 0.

n – коефіцієнт, що враховує розташування зовнішнього огородження (приймаємо за 1).

Звідси, для стін та вікна окремо:

- без ізоляції:

$Q_{ст3} = 1 / 0,95 \times 13,14 \times 41 \times 1,05 = 595$ Вт.

$Q_в = 1 / 0,95 \times 3 \times 41 \times 1,05 = 135,94$ Вт.

$A_{II} = 17,97 – 3 = 15,97$ м²

$S_{ст4} = L_{ст4} \cdot H_{ст} = 5,99 \times 3 = 17,97$ м².

$Q_{ст4} = 1 / 0,95 \times 15,97 \times 41 \times 1,05 = 723,69$ Вт.

Sq (двері) = 2 м ²

$S_5 = 5,59 \times 2 = 11,18$ м ²

$A_{III} = 11,18 – 2 = 9,18$ м ²

$Q_{ст5} = 1 / 0,95 \times 9,18 \times 41 \times 1,05 = 415,99$ Вт

$S_{ст5} = L_{ст5} \times H = 11,18$ м ²

$A_{III} = 9,18$ м ²

Для стелі:

Опір теплопередачі для горищних перекриттів незмінний $R_г = 2,7$ (К·м²)/ Вт.

$A_{III} = L_{ст3} \cdot L_{ст4} = 5,59 \times 5,38 = 30,07$ м².

$Q_{г2} = 1 / 2,7 \times 30,07 \times 41 \times 1,05 = 479,44$ Вт.

Для підлоги:

Термічний опір 1-ї зони, що прилягає до зовнішніх стін $R_{0пI} = 2,1$ К·м$^2$/ Вт; для 2-ї зони $R_{0пII} = 4,3$ К·м$^2$/ Вт.

$A_{пI} = 5, 99 \times 2 + 5, 38 \times 2 + 5, 59 \times 2 = 33, 92$ м$^2$.

$Q_{пI} = 1 / 2, 1 \times 33, 92 \times 41 = 662, 24$ Вт.

$A_{пII} = 3, 99 \times 1, 38 = 5, 5$ м$^2$.

$Q_{пII} = 1 / 4, 3 \times 5, 5 \times 41 = 52, 44$ Вт.

$Q_{п2} = Q_{пI} + Q_{пII} = 662, 24 + 52, 44 = 714, 68$ Вт.

$Q_а = Q_{ст1} + Q_{ст2} + Q_в + Q_г + Q_п = 595 + 723, 69 + 415, 99 + 135, 94 + 479, 44 + 714, 68 = 3064, 74$ Вт.

Тепловитрати на інфільтрацію:

$Q_b = 0,337 \cdot A_{III} \cdot H \cdot (t_в – t_з) \cdot 10^{-3} = 7467, 16$ Вт.

Загалом:

$Q = Q_а + Q_b = 10531, 9$ Вт.

- з ізоляцією:

$Q_{ст3} = 1 / 3, 3 \times 13, 14 \times 41 \times 1, 05 = 171, 41$ Вт.

$Q_в = 1 / 3, 3 \times 3 \times 4\ 1 \times 1, 05 = 39, 13$ Вт.

$A_{II} = 17, 97 – 3 = 15, 97$

$S_{ст4} = L_{ст4} \cdot H_{ст} = 5, 99 \times 3 = 17, 97$ м$^2$.

$Q_{ст4} = 1 / 3, 3 \times 15, 97 \times 41 \times 1, 05 = 208, 33$ Вт.

Загальні тепловитрати кімнатою через огороджувальні конструкції:

$Q_a = Q_{ст3} + Q_{ст4} + Q_в + Q_{г2} + Q_{п2} = 1732, 74$ Вт.

Тепловитрати на інфільтрацію:

$Q_b = 0,337 \cdot A_{ІІІ} \cdot H \cdot (t_в – t_з) \cdot 10^{-3} = 7467, 74$ Вт.

Загалом:

$Q = Q_a + Q_b = 1732, 74 + 7467, 16 = 9199, 9$ Вт.

Різниця у тепловтратах огороджувальної конструкції без ізоляції та з ізоляцією:

1331, 29 Вт.

Висновок: Приведений розрахунок приміщення житлового будинку [1-31]..

# ВИСНОВКИ

В бакалаврській роботі розглянуті тенденції енергоефективних технологій в будівництві. Розглянуті етапи теплотехнічного розрахунку. З проаналізованого обсягу розглянутих літературних джерел висвітлені найбільш доцільні та актуальні, на думку автора, енергоефективні технології в будівництві.

При написані роботи були проаналізовані теплофізичні та теплотехнічні характеристики та врахування зовнішніх огороджуючих конструкцій будинку. У третьому розділі приведений розрахунок приміщення житлового будинку.

Різниця у тепловтратах огороджувальної конструкції без ізоляції та з ізоляцією першої кімнати: 1551, 7 Вт.

Різниця у тепловтратах огороджувальної конструкції без ізоляції та з ізоляцією другої кімнати: 1331, 29 Вт.

Спочатку ми розрахували варіант без теплової ізоляції тепловтрати всього дому у сумі дорівнюють Q = 2656, 68 + 10531, 9 = 13188, 58 кВт.

Також розрахували варіант з тепловою ізоляцією всього дому у сумі дорівнюють

Q = 1104, 98 + 9199, 9 = 10304, 88 кВт.

Після необхідності прийняття рішення про термомодернізацію будівлі було вирішено встановити додатковий (четвертий) шар теплової ізоляції, а саме Газобетон. Таким чином значення термічного опору теплоізоляції становить $R_{min}$ = 2, 35 м$^2$·К/Вт і відповідає мінімальній нормі для вибраної місцевості, враховуючи параметри якої ми і проводимо дослідження.

Порівнявши результати, робимо висновок, що даний будинок придатний для проживання як с ізоляцією, так и без неї. Але с додатковим шаром ізоляції, тепловтрата будинку буде в 2883, 7 кВт меншою ніж без нього [1-27].

# ВИКОРИСТАНІ ДЖЕРЕЛА


1. Бодров В. І. Будівельна теплофізика: навч. посібник / В. І. Бодров, М. В. Бодров, В. Ф.Бодрова, В. Ю. Кузін; Ніжегор. держ. архітектур. - будує. ун-т - Н. Новгород: ННГАСУ,2015. - 156 с.
2. Ліхненко Є.В. Л 65 Теплотехнічний розрахунок огороджувальних конструкцій цивільних будівель: Методичні вказівки. -Оренбург: ГОУ ОДУ, 2003 - 26 с.
3. Л. А. Голованова, д-р екон. наук, Е. Д. Блюм ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІ БУДІВЕЛЬНІ КОНСТРУКЦІЇ І ТЕХНОЛОГІЇ Електронне наукове видання «Вчені замітки тогу» 2014 року, Том 5, № 4, 71 – 77 с.
4. Будівельна теплофізика. Курс лекцій для с тудентів усіх форма навчання будівельних спеціальностей. Укл.: Маляренко В.А., Герасимова О.М., Малєєв О.І. – Харків:ХНАМГ, 2007. – 100 с.
5. Захаров, А.В. З-38 Энергоэффективные конструкции в строительстве [Электронный ресурс] : электрон. учеб. пособие / А.В. Захаров, Е.Н. Сычкина, А.Б. Пономарев. – Пермь : Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2017. – 103 с.
6. Чепурний, М. М. Тепломасообмін в прикладах і задачах : навчальний посібник / М. М. Чепурний, Н. В. Резидент. – Вінниця : ВНТУ, 2011. – 128 с.
7. Визначення теплопровідності при стаціонарному тепловому режимі: Методичні вказівки / Упоряд.: Ненішев А.С., Іванов О.Л. - Омськ: Изд-во СибАДИ, 2008. - 32 с.
8. Голубова, О. С. Економічні аспекти підвищення енергоефективності житлових будівель / О. С. Голубова, Н. А. Григор 'єва. – Мінськ: БНТУ, 2018. - 175 с.
9. Алоян Р.М., Федосов С.В., Опарина Л.А. Энергоэффективные здания –

состояние, проблемы и пути решения – Иваново: ПресСто, 2016. – 276 с.

10. Електронне джерело:https://www.servus.if.ua/katalog/proekt-s142-19-51-92-m/

11. Методичні вказівки до виконання розрахунково-графічних робіт з дисциплін «Теплофізичні засади енергетики та енергоефективність»,«Основи ефективного використання енергії» О. О. Алексахін. – Харків: ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2020. – 55 с.

12. Ратушняк Г.С., Попова Г.С.БУДІВЕЛЬНА ТЕПЛОФІЗИКА /Навчальний посібник. Вінниця: ВНТУ, 2004. 119 с.

13. Стрижак П.А., Морозов М.Н. Тепловой режим здания при аварийной работе системы теплоснабжения // Главный энергетик. – 2014. – № 7. – С. 39–45.

14. Сергейчук О. В. Архітектурно-будівельна фізика. Теплотехніка огороджуючих конструкцій будинків: навч. посібник / О. В. Сергейчук. − К. : Такі справи, 1999. − 156 с.

15. Тихомиров К.В., Сергиенко Э.С. Теплотехника, теплоснабжение и вентиляция. Учебник для вузов. – 4-е изд. перераб. и доп. –М.: Стройиздат 1991. – 480 с.

16. Katzenbach R., Waberseck T. Geothermics as an element of developed and sustainable energy supply to prevent the world climate change // Geotechnical Problems of the 21st Century in the Construction of Buildings and Foundations. – Perm, 2007. – P. 146–148.

17. Колесник Є. С. Визначення товщини теплоізоляційного шару зовнішніх стін монолітно-каркасних будинків за критерієм допустимої величини приведеного опору теплопередачі // Строительство и техногенная безопасность. – 2012. – № 41. – С. 132 – 139.

18.Панферов С.В., Тедегин А.И., Панферов В.И. Некоторые проблемы энергосбережения и автоматизации в системах теплоснабжения зданий //

Вестник Южно_Уральского государственного университета. Серия: Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника. – 2010. – Т. 198. – № 22. – С. 79–86.

19. Богословский В.Н. Строительная теплофизика (теплофизические основы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха): Учебное пособие / В.Н.Богословский. – М.: Высш. школа, 1982. – 415 с.

20. Анисимов М.В. Тепловая защита чердачного перекрытия многоквартирного жилого здания с нетиповой кровлей при проведении капитального ремонта // Известия Томского политехнического университета. – 2014. – Т. 324. – № 4. – С. 15–21.

21. Гагарин В.Г. Совершенствование методик определения влажностных характеристик строительных материалов и метода расчета влажностного режима ограждающих конструкций. Дис. канд. техн. наук. – М., 1984. – 206 с.

22.Гурьянов Н.С. Способ оценки фактической величины приведенного сопротивления теплопередачи наружных ограждающих конструкций зданий //Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. – 000 “РИА Композит”, 2003, №12, С. 20-21.

23. Будівельна кліматологія: ДСТУ-Н В.1.1 – 27:2010. – [Чинний від 01.11.2011]. – К.: Держстандарт України, 2011. – 132 с. – (Національні стандарти України).

24. Гусев Н.М., Климов П.П. Строительная физика. – М.: Стройиздат, 1965. – 223 с.

25. Лукьянов В.И. Нестационарный массоперенос в строительных материалах и конструкциях при решении проблемы повышения защитных качеств ограждающих конструкций зданий с влажным и мокрым режимом. Дис. докт. техн. наук. – М., МИИТ, 1994.

26. Лариков Н.Н. Теплотехника: Учеб. для вузов [Текст] / Н.Н. Лариков. – М.: Стройиздат, 1985. – 432 с.

27. Савйовский В. В., Джалалов М. Н., Савйовский А. В. Энергоаудит и термомодернизация зданий // Будівництво України. –2010. – № 6. – С. 3–7

28. Будівельна теплофізика: Методичні вказівки до роботи. /Руденко А.А., Мельник В.О., Кільчик Ю.М., Барановська С.В., Швачко Н.А. – К.:КНУБА, 2002.-52 с.

29. Учебное пособие «Теплотехнические расчеты ограждающих конструк- ций» /Сост. С.И. Монах, И.В. Губарь – Макеевка, ДонГАСА, 2001. – 69 с.

30.СердюкВ. Р., ФранишинаС. Ю. Макроекономічні аспекти політики енергозбереження в Україні // Будівельні матеріали, вироби та санітарна техніка. – 2010. – Вип. 36. – С. 59 – 62.

31. Руководство по теплотехническому расчету и проектированию ограждающих конструкций зданий / Г.Г. Булычев, Ю.А. Табунщиков, М.А. Гуревич и др. – М., 1985. – 144 с.

**Додаток А**

Таблиця А.

Значення теплофізичних характеристик

| Матеріали | | Щільність ρ, кг/м² | Тепло-провідність, λ, Вт/(м·°К) | | Коефіцієнт тепло-засвоєння S, Вт/(м·°К) | | Коефіцієнт μ, г/(м·год Па) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | за умов експлуатації | | | | |
| | | | А | В | А | В | |
| 1 | Залізобетон | 2500 | 1,92 | 2,08 | 17,85 | 18,9 | - |
| 2 | Шлакобетон на паливних шлаках | 1800 | 0,74 | 0,86 | 8,7 | 9,2 | 0,004 |
| 3 | | 1400 | 0,581 | 0,64 | 7,9 | 8,7 | 0,012 |
| 4 | | 1000 | 0,35 | 0,407 | 5,02 | 5,81 | 0,012 |
| 5 | Шлакобетон на гранульованих шлаках | 1800 | 0,697 | 0,713 | 9,85 | 11,0 | 0,011 |
| 6 | | 1200 | 0,465 | 0,523 | 6,49 | 7,3 | 0,014 |
| 7 | Керамзитобетон | 1600 | 0,64 | 0,755 | 8,97 | 10,45 | 0,014 |
| 8 | | 1400 | 0,523 | 0,581 | 7,55 | 8,6 | 0,013 |
| 9 | | 1200 | 0,407 | 0,465 | 6,2 | 7,11 | 0,014 |
| 10 | | 800 | 0,232 | 0,291 | 3,78 | 4,6 | 0,025 |
| 11 | Газо- і пінобетон | 1000 | 0,35 | 0,407 | 5,63 | 6,58 | 0,015 |
| 12 | газо- піносилікат | 600 | 0,174 | 0,209 | 2,98 | 3,49 | 0,023 |
| 13 | | 300 | 0,105 | 0,128 | 1,63 | 1,93 | 0,035 |
| 14 | Вата мінеральна | 100 | 0,047 | 0,049 | 0,53 | 0,58 | 0,065 |
| 15 | | 150 | 0,961 | 0,055 | 0,68 | 0,76 | 0,065 |
| 6 | Плити | 300 | 0,049 | 0,052 | 0,55 | 0,61 | 0,065 |
| Хвойні породи дерев: | | | | | | | |
| 17 | - поперек волокон | 500 | 0,14 | 0,175 | 3,98 | 4,6 | 0,082 |
| 18 | - вздовж волокон | 500 | 0,291 | 0,349 | 5,75 | 6,51 | 0,042 |
| Цегла: | | | | | | | |
| 19 | - звичайна | 1800 | 0,697 | 0,814 | 9,08 | 10,15 | 0,014 |
| 20 | - порожниста | 1600 | 0,518 | 0,640 | 7,89 | 8,42 | 0,015 |
| 21 | | 1400 | 0,524 | 0,581 | 7,76 | 7,53 | 0,019 |
| 22 | - легковагова | 1200 | 0,465 | 0,524 | 6,11 | 6,6 | 0,021 |
| 23 | | 1000 | 0,407 | 0,465 | 5,2 | 5,65 | 0,025 |
| 24 | - силікатна | 1800 | 0,755 | 0,871 | 9,73 | 10,5 | 0,011 |
| Розчин: | | | | | | | |
| 25 | цементно-піщаний | 1800 | 0,755 | 0,93 | 9,55 | 11,05 | 0,013 |
| 26 | вапняно-піщаний | 1600 | 0,697 | 0,814 | 8,63 | 9,75 | 0,0151 |

[1-30].

**Додаток Б**

Таблиця Б.

Декотрі норми опорів теплопередачі

| Захисні конструкції | Нормативні значення опорів теплопередачі захисних конструкцій, (м²°С)/Вт | | | |
|---|---|---|---|---|
| А. Нове будівництво | | | | |
| 1 Крупнопанельні, монолітні та об□ємно-блочні з утепленням: | | | | |
| а) з полімерних матеріалів | 2,5 | 2,4 | 2,2 | 2,0 |
| б) з мінераловати або інших матеріалів | 2,2 | 2,1 | 1,9 | 1,8 |
| 2 Блочні: | | | | |
| а) з ніздрюватого бетону | 2,0 | 1,9 | 1,7 | 1,5 |
| б) з пористим заповнювачем | 1,8 | 1,7 | 1,5 | 1,3 |
| 3 Цегляні з керамічних каменів та дрібних блоків: | | | | |
| а) повнотілі з утепленням | 2,2 | 2,1 | 1,9 | 1,7 |
| б) багатощілинні | 1,6 | 1,5 | 1,4 | 1,2 |
| Покриття і перекриття | | | | |
| 4 Покриття і перекриття горищ (окрім □теплих□) | 2,7 | 2,5 | 2,4 | 2,0 |
| 5 Перекриття над проїздами і холодними підвалами, які сполучаються з зовнішнім повітрям | 3,0 | 2,9 | 2,4 | 2,2 |
| 6 Перекриття над підвалами, які не опалюються: | | | | |
| а) зі світловими прорізами в стінах | 2,5 | 2,4 | 2,2 | 2,0 |
| б) без світлових прорізів в стінах | 2,3 | 2,2 | 2,0 | 1,8 |
| Вікна і балконні двері | 0,5 | 0,42 | 0,42 | 0,39 |
| Б. Реконструкція, капітальний ремонт | | | | |
| 1 Зовнішні стіни | 2,2 | 2,1 | 1,9 | 1,7 |
| 2 Покриття і перекриття горищ | 2,5 | 2,4 | 2,2 | 2,0 |
| 3 Перекриття на проїздами і підвалами | Як для нового будівництва | | | |
| 4 Вікна і балконні двері | | | | |

[1-31].