

Міністерство освіти і науки України
Луцький національний технічний університет
(повне найменування закладу вищої освіти)
Факультет архітектури, будівництва та дизайну
(повне найменування факультету)
Кафедра будівництва та цивільної інженерії
(повна найменування кафедри)

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ЗА СТУПЕНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ «МАГІСТР»**
**Проект 10-ти поверхового житлового будинку
в м. Кривий Ріг із аналізом
ефективних стінових утеплювачів**

спеціальність 192 Будівництво та цивільна інженерія
(шифр і назва спеціальності)
освітня програма «Будівництво та цивільна інженерія»
(назва освітньої програми)

Виконав: здобувач вищої освіти
Групи БЦІм-21
ЛІВОШУК Павло Валентинович

(підпис)

Керівник:
к.т.н., доцент,
АНДРІЙЧУК Олександр Валентинович

(підпис)

Кваліфікаційну роботу
допущено до захисту
«__» _____ 2025 р.
к.т.н., доцент
Гарант освітньої програми:
КИСЛЮК Ярослав Дмитрович

(підпис)

Луцьк – 2025 року

ЛУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет архітектури, будівництва та дизайну.

Кафедра будівництва та цивільної інженерії.

Ступінь вищої освіти: магістр.

Галузь знань: 19 Архітектура та будівництво.

Спеціальність: 192 – Будівництво та цивільна інженерія.

Освітня програма: «Будівництво та цивільна інженерія».

Індивідуальна освітня траєкторія здобувача: «Промислове та цивільне будівництво».

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

О. УЖЕГОВА

" 23 " жовтня 2025 року

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ

ЛІВОШУК Павло Валентинович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи «Проект 10-ти поверхового житлового будинку в м. Кривий Ріг із аналізом ефективних стінових утеплювачів»

Керівник роботи Олександр АНДРІЙЧУК_к.т.н., доцент

(ім'я, прізвище, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від " 05 " лютого 2025 року №68/01-02 .
та змінами до цього наказу №439/01-02 . від .23 жовтня 2025 року.

2. Строк подання здобувачем вищої освіти кваліфікаційної роботи 01 грудня 2025 р.

3. Вихідні дані до роботи Матеріали інженерних вишукувань по об'єкту: кліматичні умови регіону; дані по будівельно-матеріальним ресурсам регіону; план місцевості з даними по землеволодінню, інфраструктурі, комунікаціях; ґрунтово-геологічні характеристики; гідрологічні дані по місцевості.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) об'ємно-планувальне рішення; архітектурно-конструктивне рішення; інженерне обладнання, (принципове вирішення водопостачання і водовідведення, теплогазопостачання); будівельна фізика (теплотехнічний розрахунок зовнішньої стіни, покриття або розрахунок освітлення); техніко-економічні показники проєкту. Обґрунтування вибору конструкцій.

Проектування таких несучих конструкцій будівлі: багатопустотної панелі перекриття, фундаменту. Визначення номенклатури та об'ємів робіт; вибір методів виконання робіт; вибір кранів; складання сіткового графіка будівництва; проєктування будгеплану, об'єкта, розробка технологічної карти на технологію монтажу плит перекриття та покриття.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): архітектурно-будівельна частина виконується на стадії робочого проєкту, включає: плани, фасади, розрізи, схеми елементів покриття, перекриття, покрівлі та фундаментів будівлі. Розрахунково-конструктивна частина виконується на стадії робочого проєкту, викреслюють основні несучі конструкції запроєктованої будівлі, розраховані у розділі 2. Розділ "Технологія та організація будівництва" виконується на стадії робочого проєкту, включає проєкт виконання робіт, будівельний генеральний план, сітковий графік зведення об'єкту, технологічна карта. Наукова частина (подача графічного матеріалу необмежена)

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1. Архітектурно-будівельна частина	САМЧУК В.П., к.т.н., доцент	05.02.2025	14.10.2025
2. Розрахунково-конструктивна частина	УЖЕГОВА О.А., к.т.н., доцент	05.02.2025	25.10.2025
Технологія та організація будівництва	АНДРІЙЧУК О.В., к.т.н., доцент	05.02.2025	25.10.2025
4. Економічна частина	АНДРІЙЧУК О.В., к.т.н., доцент	05.02.2025	29.11.2025
5. Охорона праці	АНДРІЙЧУК О.В., к.т.н., доцент	05.02.2025	29.11.2025
6. Наукова частина	АНДРІЙЧУК О.В., к.т.н., доцент	05.02.2025	29.11.2025

7. Дата видачі завдання " 05 " лютого 2025 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Збір вихідних даних за темою роботи. Виконання архітектурно-будівельної частини	14.10.2025	
2	Виконання розрахунково-конструктивного розділу. Виконання розділу з технології та організації будівництва	25.10.2025	
3	Складання кошторису. Розробка розділу з охорони праці. Виконання наукової частини	29.11.2025	
4	Подання виконаної кваліфікаційної роботи на інструментальну перевірку щодо академічного плагіату	06.12.2025	
5	Подання виконаної роботи з відгуком керівника на підпис завідувачу кафедри, направлення на рецензію	14.12.2025	
6	Подання виконаної роботи на підпис декану та відповідальному секретарю екзаменаційної комісії	14.12.2025	
7	Захист кваліфікаційної роботи	20.12.2025, 26.12.2025	

Здобувач вищої освіти _____
(підпис)

Павло ЛІВОШУК
(ім'я та прізвище)

Керівник кваліфікаційної роботи _____
(підпис)

Олександр АНДРІЙЧУК
(ім'я та прізвище)

Резюме

Розроблена кваліфікаційна робота за ступенем вищої освіти «магістр» на тему «Проект 10-ти поверхового житлового будинку в м. Кривий Ріг із аналізом ефективних стінових утеплювачів»

Графічна частина складається з 10 аркушів формату А-1, а пояснювальна записка складається з 99 сторінок формату А-4.

В архітектурно-будівельній частині представлено об'ємно-планувальне рішення, архітектурно-конструктивне рішення, подано теплотехнічний розрахунок зовнішньої стіни, техніко-економічні показники.

У розрахунково-конструктивній частині виконано необхідні розрахунки основних конструкцій будівлі: залізобетонної плити перекриття, збірних залізобетонних палевих фундаментів.

В розділі технологія та організація будівельного виробництва визначено номенклатуру та об'єми робіт, зроблено вибір методів виконання робіт, монтажного крану, запроектовано будівельний генеральний план, складено сітковий графік виконання робіт.

В проекті розглянуті також заходи з охорони праці та безпеки при надзвичайних ситуаціях. Виконано кошторисний розрахунок на загально-будівельні роботи при зведенні будівлі. Він складає 127 млн 845 тис 321 грн

В науковому розділі магістерської кваліфікаційної роботи здійснено аналіз порівняння матеріалів для утеплення стін.

Ключові слова: будівництво, житловий будинок, бетон, арматура.

Summary

A master's qualification thesis has been developed on the topic "The project of a 10-story residential building in Kryvyi Rih with an analysis of effective wall insulation"

The graphic part consists of 10 A1-format sheets, while the explanatory report comprises 99 A4-format pages.

The architectural and construction section presents spatial and planning solutions, architectural and structural design solutions, a thermal performance calculation of the external wall, and key technical and economic indicators.

In the structural design section, the required calculations of the main structural elements of the building were performed, including a reinforced concrete floor slab and precast reinforced concrete pile foundations.

The section on construction technology and organization defines the scope and volume of works, selects construction methods and lifting equipment, designs the construction site master plan, and develops a network schedule for execution works.

The project also considers occupational health and safety measures, as well as safety provisions for emergency situations. A cost estimate for general construction works during the erection of the building was prepared, amounting to UAH 127,845,321.

In the research section of the master's qualification thesis, a comparative analysis of wall insulation materials was carried out.

Key words: construction, residential building, concrete, reinforcement.

З М І С Т

Вступ	7
Вихідні дані проєкту	9
Розділ 1. АРХІТЕКТУРНО-БУДІВЕЛЬНА ЧАСТИНА	11
1.1. Об'ємно-планувальне рішення	11
1.2. Архітектурно-конструктивне рішення	12
1.3. Інженерні мережі	13
1.4. Теплотехнічний розрахунок	16
1.5. Техніко-економічні показники проєкту	20
Розділ 2. РОЗРАХУНКОВО-КОНСТРУКТИВНА ЧАСТИНА	21
2.1. Розрахунок багатопустотної панелі перекриття	21
2.1.1. Данні для проєктування	21
2.1.2. Визначення внутрішніх зусиль	22
2.2. Розрахунок фундаменту	25
2.2.1. Інженерно-геологічні умови та визначення необхідних фізико-механічних характеристик ґрунту основи	25
2.2.2. Збір навантажень на фундамент	26
Розділ 3. ТЕХНОЛОГІЯ ТА ОРГАНІЗАЦІЯ БУДІВНИЦТВА	30
3.1. Визначення номенклатури та об'ємів робіт	30
3.2. Вибір методів виконання робіт	33
3.2.1. Технологія та організація кам'яних робіт	34
3.2.2. Технологія монтажу плит перекриття та покриття	35
3.2.3. Особливості монтажу сходових маршів і майданчиків	37
3.3. Розрахунок необхідних параметрів монтажних кранів	38
3.4. Вибір монтажних засобів і вантажозахватних пристроїв	40
3.5. Розроблення будівельного генерального плану	41
3.6. Складання та розрахунок сіткового графіка	44
Розділ 4. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	46
4.1. Пояснююча записка до економічної частини проєкту	46
4.2. Характеристика кошторисної документації	47

Розділ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ	49
5.1. Охорона праці при виконанні монтажних робіт	49
5.2. Охорона праці під час експлуатації будівельних машин	50
5.3. Охорона праці при експлуатації оснащення та інструменту	51
5.4. Охорона праці при вантажно-розвантажувальних роботах	53
5.5. Охорона праці при виконанні покрівельних робіт	54
Розділ 6. НАУКОВА ЧАСТИНА	55
6.1. Теплоізоляція будівель – основи та особливості	55
6.2. Скловата	59
6.3. Шлаковата (мінеральна вата)	61
6.4. Кам'яна вата (мінеральна вата)	63
6.5. Базальтова вата (мінеральна вата)	65
6.6. Пінополіуретан	67
6.7. Ековата	71
6.8. Загальний аналіз	73
6.9. Висновки	77
Список використаної літератури	78
Додаток А	80
Додаток Б	84
Додаток В	84
Додаток Г	87
Додаток Д	91

Вступ

Будівельна галузь є однією з найважливіших сфер економіки України. Згідно з довоєнними даними статистики, станом на 2022 рік на українському ринку будівництва функціонувало приблизно 7 000 компаній, у яких було зайнято близько 765 000 працівників. Значущість цього сегмента для економічного розвитку держави можна пояснити кількома факторами. Будівельне виробництво забезпечує більшу кількість робочих місць порівняно з іншими секторами економіки та потребує продукції багатьох суміжних галузей. Завдяки цьому воно сприяє розвитку малого та середнього бізнесу, особливо підприємств, що спеціалізуються на оздоблювальних роботах, ремонті, виробництві та складанні вбудованих меблів. Таким чином, збільшення обсягів будівельного сектору прямо впливає на економічне зростання України та допомагає вирішувати соціальні проблеми, що особливо актуально в умовах неспровокованої військової агресії проти країни. Обсяги відновлювальних та будівельних робіт надзвичайно великі, і їх точний підрахунок наразі практично неможливий, особливо в східних і південних регіонах держави.

У рамках кваліфікаційної роботи магістра розроблено проєкт 10-поверхового житлового будинку у місті Кривий Ріг з аналізом ефективних стінових утеплювачів. Для будівництва обрана ділянка Довгинцівського району, яка розташована на вільній території вздовж вулиці В'ячеслава Чорновола.

Будівельний майданчик знаходиться на перетині міських доріг і межує з існуючим житловим комплексом. Поблизу розташована малоповерхова забудова. Конструктивна схема об'єкта передбачає каркасно-монолітну будівлю, що забезпечує надійність і безпечну евакуацію мешканців під час нормальних і надзвичайних навантажень. Жорсткість споруди досягається завдяки взаємодії несучих стін і запроектованих жорстких дисків перекриття, що підвищує стійкість конструкції при будь-яких експлуатаційних впливах.

Житлове будівництво відіграє критично важливу роль у розвитку суспільства та економіки країни. Його значення проявляється у кількох ключових аспектах:

Задоволення базових потреб – житло є однією з головних потреб людини. Забезпечення доступного та якісного житла сприяє покращенню рівня життя, здоров'я та добробуту населення.

Соціальна стабільність – наявність комфортабельного житла знижує соціальну напруженість. Власники житла відчують себе більш захищеними, що зменшує ризик соціальних конфліктів.

Економічний розвиток – житлове будівництво стимулює економіку, створюючи робочі місця в будівельному секторі, виробництві матеріалів, архітектурі, дизайні та суміжних сферах. Крім того, розвиток інфраструктури навколо нових житлових масивів додатково сприяє економічному зростанню.

Урбанізація та планування міст – зведення житлових комплексів дозволяє створювати сучасні, комфортні умови проживання та формувати міське середовище з урахуванням потреб транспорту, екології та інфраструктури.

Залучення інвестицій – житловий сектор приваблює внутрішніх і зовнішніх інвесторів. Інвестиції у будівництво сприяють розвитку ринку нерухомості та створюють нові фінансові можливості для громад і бізнесу.

Соціальні реформи – житлове будівництво є важливою складовою соціальної політики, забезпечуючи житлом молоді сім'ї, ветеранів, людей похилого віку та інші вразливі категорії населення.

Отже, ефективне планування та реалізація проєктів житлового будівництва дозволяють досягти довгострокової соціальної стабільності та економічного добробуту. Зокрема, при будівництві житлового комплексу у Львові особливу увагу необхідно приділяти безбар'єрному доступу для маломобільних груп населення до будівель та прибудинкових територій.

Виходячи з мети дотримання етичного використання штучного інтелекту (ШІ) в освітньому процесі в ЛНТУ, під час виконання кваліфікаційної роботи магістра на тему "Проєкт 10-ти поверхового житлового будинку в м. Кривий Ріг із аналізом ефективних стінових утеплювачів" здійснено користування інструментами ШІ – <https://chatgpt.com/> і <https://gemini.google.com/>

Усі твердження, висновки та результати дослідження належать автору та ґрунтуються на власному аналізі, а отримані результати від генеративного ШІ були перевірені на достовірність та відповідність академічній доброчесності.

Вихідні дані проєкту

Кваліфікаційна робота магістра на тему «Проєкт 10-ти поверхового житлового будинку в м. Кривий Ріг із аналізом ефективних стінових утеплювачів» запроєктована згідно із отриманим завданням.

Основою даної роботи є розробка проєкту житлового будинку, розташованого у місті Кривий Ріг. Планування багатоповерхового об'єкта передбачає його поділ на три окремі секції в плані, що утворюють єдиний об'єм будівлі. Загальні розміри споруди в плані складають 14,35 x 56,86 м. Висота житлових поверхів становить 2,8 м, тоді як перший поверх має підвищену висоту – 3,5 м, що обумовлено необхідністю організації громадських і технічних приміщень.

Кожна з трьох секцій обладнана пасажирським ліфтом, що забезпечує комфортне вертикальне пересування мешканців. Розміри ліфтових шахт складають 1700 x 2600 мм, що відповідає сучасним стандартам безпеки та ергономіки. Конструкція будівлі цегляна і передбачає наявність як поздовжніх, так і поперечних несучих стін, що формують надійну каркасну систему, здатну сприймати навантаження від усіх поверхів.

Зовнішні стіни виконуються з силікатної цегли і додатково утеплюються з фасадної сторони, що забезпечує ефективну теплоізоляцію і енергозбереження. Перекриття між поверхами здійснено за допомогою залізобетонного пустотного настилу із використанням збірних залізобетонних плит, що забезпечує міцність і стійкість конструкції.

Фундаменти будівлі реалізовані у вигляді буронабивних паль, поєднаних монолітним залізобетонним ростверком, що дозволяє рівномірно передавати навантаження на ґрунт і забезпечує довговічність та стабільність всієї споруди. Така конструктивна схема забезпечує надійну роботу житлового комплексу, відповідає сучасним будівельним стандартам і дозволяє ефективно використовувати внутрішні та зовнішні простори будівлі.

Розташовується будівля з урахуванням допустимої та оптимальної орієнтації житлових приміщень і віконних прорізів, що повністю відповідає вимогам «ДБН Б.2.2-12:2019 Планування та забудова територій» [9] та «ДБН В.2.2-15:2019 Будинки і споруди. Житлові будинки. Основні положення» [10].

Проект передбачає комплексне благоустрій території ділянки, включаючи влаштування тротуарів, озеленення, організацію проїздів та відновлення пошкоджених покриттів, які можуть виникнути під час прокладання інженерних мереж або виконання будівельних робіт. Планування рельєфу території забезпечує ефективний відвід дощових і талих вод завдяки твердому покриттю тротуарів і проїздів, що спрямовує воду як на дорожнє покриття, так і на ґрунт. Існуючі дороги мають ширину 8 м, тоді як запроєктований заїзд до будинку передбачено шириною 6 м із асфальтовим покриттям. Пішохідні тротуари запроєктовані шириною 2 м і мають покриття з тротуарної плитки, що забезпечує комфортний і безпечний рух мешканців.

Проектований об'єкт не створює шкідливого впливу на навколишнє середовище. Генеральний план передбачає пологий рельєф, виражений горизонталями з висотою перерізу $h = 0,25$ м. Планується рекультивация рослинного шару завтовшки 0,20 м, а також визначення позначок висот характерних точок будівлі. Відносна позначка 0.000 прийнята як рівень чистої підлоги першого поверху. Територія запроєктована з озелененням шляхом насадження дерев, кущів і газонів, що забезпечує естетичну привабливість і сприяє створенню комфортного мікроклімату.

Середнє значення суми показників напрямку вітру використовується для визначення характеристик рози вітрів у місті кривий Ріг за річний період.

У безпосередній близькості до ділянки проходять газопровід, водопровідні мережі, підземні кабелі зв'язку, а також повітряна лінія електропередач. Всі роботи з перенесення інженерних комунікацій і підключення будівлі до них необхідно виконувати відповідно до погоджених технічних умов відповідних міських служб, що гарантує безпеку та надійність експлуатації будинку.

Розділ 1. АРХІТЕКТУРНО-БУДІВЕЛЬНА ЧАСТИНА

1.1. Об'ємно-планувальне рішення

Об'єкт, що розробляється в межах випускної кваліфікаційної роботи, являє собою багатоповерхову житлову споруду у м. Кривий Ріг, яка структурно формується з трьох секцій. Габаритні параметри проєктованої будівлі в плані становлять 14,35 м x 56,86 м. Екстер'єрне вирішення фасадів передбачає використання лицьової цегли теплих тонів, зокрема відтінків пісочного та теракотового кольорів.

Зовнішні огорожувальні конструкції запроектовано зі змінною товщиною по вертикалі, базуючись на поєднанні силікатної та червоної повнотілої керамічної цегли з подальшим утепленням, оштукатурюванням та фарбуванням. Висотні характеристики приміщень визначено наступним чином: висота житлових поверхів складає 2,8 м, підвального рівня – 3,0 м, технічного поверху – 2,1 м, а першого поверху – 3,5 м. Планувальна структура квартир включає передпокої, гардеробні, холи, а також роздільні або суміщені санітарні вузли. Вертикальний транспорт у кожній секції забезпечується пасажирськими ліфтами, розміри шахт яких становлять 1700 мм x 2600 мм.

Конфігурація споруди є складною, утвореною комбінацією однієї кутової та двох поворотних секцій. Будинок є інтегральною частиною комплексної забудови нового мікрорайону в м. Кривий Ріг, що обумовлює чіткий взаємозв'язок між внутрішнім простором кварталу та існуючим середовищем. Архітектурний образ будівлі продиктований стилістикою оточення та розвиненою пластикою фасаду, яка підкреслюється лоджіями складної форми та кольоровими вставками. Композиційна виразність першого поверху досягається за допомогою вітражного скління та зашкленних тамбурів, а завершеність образу надають декоративні елементи горищного рівня.

Поворотна секція виступає як містобудівна домінанта району. Фасадне рішення відрізняється від типової забудови використанням вертикального

суцільного скління сходово-ліфтового вузла, акцентованого кольоровою цеглою та завершеного порталом на покрівлі. Аналогічні прийоми використано і на торцях будівлі. Цокольна частина оздоблена штучним каменем, а кольорові акценти виконано з червоної облицювальної цегли.

Будівельний майданчик локалізовано в центральній зоні міста біля транспортної магістралі, що гарантує розвинену інфраструктуру. Проектом передбачено круговий проїзд для пожежної техніки, який також використовується для логістичних потреб комерційних приміщень та доступу мешканців до паркомісць. Реалізація проекту 10-ти поверхового будинку планується в одну чергу з дотриманням вимог ДБН В.2.2-15:2019 «Будинки і споруди. Житлові будинки. Основні положення». Благоустрій території включає збереження насаджень, влаштування пішохідних зон із бетонної плитки, двохшарове асфальтобетонне покриття проїздів, а також облаштування рекреаційних та господарських майданчиків.

1.2. Архітектурно-конструктивне рішення

Просторова жорсткість проектованої 10-поверхової житлової будівлі у м. Кривий Ріг забезпечується системою горизонтальних дисків перекриття, залізобетонних монолітних поясів та вертикальним ядром жорсткості, функцію якого виконує сходово-ліфтовий вузол. Армування конструкцій передбачено окремими стержнями, з'єднаними переважно в'язальним дротом. Стикування арматури здійснюється напуском довжиною не менше 50-ти діаметрів стержня. Виконання зварних з'єднань регламентується нормами ДСТУ Б В.2.6-169:2011. Технологічні процеси розраховані на позитивні температури; при виконанні робіт у зимовий період слід керуватися ДСТУ-Н Б В.2.6-203:2015.

На основі інженерно-геологічних вишукувань, які виявили слабкі ґрунти, фундаментну систему запроєктовано у вигляді залізобетонних паль з кроком 800 ... 1000 мм, об'єднаних монолітним залізобетонним ростверком. Несучі стіни виконуються з цегли. Зовнішні огорожувальні конструкції зводяться з

силікатної цегли з внутрішнім шаром пінобетону товщиною 550 мм для теплоізоляції. Внутрішні стіни із суцільної силікатної цегли мають товщину 380 мм або 510 мм, а міжкімнатні перегородки з газосилікатних блоків – 120 мм.

Міжповерхові перекриття формуються зі збірних залізобетонних пустотних плит розміром 1500 мм x 6300 мм, шви між якими замоноличуються бетоном на дрібному щебені. Віконні та дверні прорізи перекриваються збірними перемичками серії 1.038.1-1 (випуск 1) згідно з ДСТУ Б В.2.6-55-2008.

Покрівля запроєктована плоскою рулонною з внутрішнім організованим водовідведенням та ухилом $i = 0.01$. Доступ на дах здійснюється через машинне відділення ліфта. Несуча частина покриття складається із залізобетонного настилу. Сходові марші та площадки виконуються зі збірного залізобетону по металевих косоурах.

Оздоблення підлоги диференційовано за призначенням приміщень: у санвузлах передбачено керамічну плитку з подвійною гідроізоляцією, у технічних приміщеннях та на сходових клітинах – керамічну плитку, у житлових кімнатах – ламінат. Заповнення світлових прорізів виконується металопластиковими вікнами (маркування від ОК-1 до ОК-7). Вхідні групи дверей (дерев'яні, металеві, металопластикові) класифікуються як внутрішньоквартирні (Д, ДО), зовнішні (ДН) та балконні (Б1). Усі входи в будівлю обладнано пандусами та навісами з шорсткою поверхнею, а вхідні двері оснащено ударостійким склінням.

1.3. Інженерні мережі

Для санітарного оснащення будівлі «Проект 10-ти поверхового житлового будинку в м. Кривий Ріг із аналізом ефективних стінових утеплювачів» передбачено повний комплекс інженерних мереж: монтаж трубопроводів холодної та гарячої води; систему каналізації; газопостачання (газові прилади та пристрої підігріву); індивідуальний тепловий пункт (ІТП) розташований у підвалі будівлі.

Санітарно-технічне оснащення систем водопостачання та водовідведення будівлі включає монтаж трубопроводів холодної та гарячої води та систему господарсько-побутової каналізації, а також електричні пристрої для підігріву води (як резервне або додаткове джерело).

Запроектовані пластинчасті теплообмінники, безшумні циркуляційні насоси, прилади обліку та контролю по схемі підключення через теплообмінник для забезпечення системи опалення та гарячого водопостачання (ГВП).

Для житлового будинку запроектовано систему витяжної вентиляції з природним спонуканням. Приплив повітря – неорганізований, здійснюється через квартирки або припливні клапани у верхній зоні вікон житлових кімнат та кухонь для компенсації витяжки. Видалення повітря відбувається з санітарних вузлів та кухонь за допомогою витяжних систем.

Здійснюється забір повітря з верхньої зони приміщення у канал-супутник. Перепуск повітря у збірний вертикальний канал на вищому поверсі (схема запобігає перетіканню запахів між квартирами). Відбувається транзит повітря у тепле горище. Викид в атмосферу через загальну збірну шахту на покрівлі.

На витяжних отворах у приміщеннях встановлюються регульовані пластмасові решітки.

У підвалі житлового будинку запроектовано індивідуальний тепловий пункт (ІТП). Обладнання ІТП: пластинчасті теплообмінники для системи опалення; пластинчасті теплообмінники для системи гарячого водопостачання (ГВП); насосна група (циркуляційні безшумні насоси); прилади обліку теплової енергії та контролю параметрів теплоносія.

Схема приєднання – система опалення підключена до зовнішніх теплових мереж за незалежною схемою через теплообмінник. Циркуляція теплоносія у внутрішньому контурі забезпечується насосами.

Електропостачання квартирних мереж здійснюється напругою 220 В, із розведенням розеток у всіх кімнатах. До кожного поверхового щита підведено напругу 380 В. Передбачена резервна лінія. Облік здійснюється за рахунок встановлених лічильників електроенергії в коридорі на ліфтовому майданчику.

Електропостачання будівельного майданчика здійснюється від існуючої високовольтної ЛЕП. Для потреб будівництва запроєктовано комплектну трансформаторну підстанцію (КТП).

Проектування системи штучного освітлення виконано з дотриманням вимог ДБН В.2.5-28:2018 «Природне і штучне освітлення». Джерела світла – Передбачено використання енергоефективних ламп типу LED.

Згідно вимог безпеки джерела освітлення монтуються у спеціальну вибухобезпечну арматуру. Для прокладання освітлювальної мережі використовується основний монтажний кабель АППВ (приховано).

У порожнинах підвісної стелі: провід АПВ у вінілопластикових трубах (гофра/жорстка труба).

Для влаштування силових мережі(розеткова група) монтаж виконується проводом АПВ приховано у трубах.

Встановлення електричних плит у кухнях (газопостачання відсутнє).

Поблизу майбутньої десятиповерхівки заплановано розміщення тупикової силової установки типу КТП ГС-320/10/0,4. Цей енергетичний об'єкт стане ключовим джерелом живлення не лише для внутрішніх інженерних мереж самої споруди, але й забезпечить стабільну роботу ліхтарів на прибудинковій ділянці житлового комплексу.

Параметри обладнання підбиралися з урахуванням потреби освітлення будівельного майданчика, а також і зведену конструкцію, із обов'язковим запасом потужності для реалізації наступної черги проекту. Важливо, що розрахунки базуються на моментах пікового навантаження, коли, відповідно до графіку робіт, одночасно вмикається найбільша кількість енергоємних механізмів.

Процес автоматизації санітарно-технічних мереж реалізовано в масштабах, що повністю гарантують безаварійне використання встановлених агрегатів. Завдяки такому технічному підходу вдалося організувати централізований контроль за роботою системи та стабільну підтримку необхідних показників у визначених межах.

Для комплектації цієї керуючої структури задіяно виключно надійні прилади й сучасні механізми. Серед обраного устаткування присутні якісні вироби, що постачаються як нашими локальними підприємствами, так і провідними європейськими брендами.

1.4. Теплотехнічний розрахунок

Першочерговим етапом у проектуванні системи теплопостачання є теплотехнічний розрахунок (розрахунок теплових втрат). Він дозволяє встановити мінімальну потребу об'єкта в тепловій енергії та визначити витрати тепла для кожного окремого приміщення. Отримані дані слугують основою для подальших розрахунків річного та добового споживання палива.

Кліматична зона будівництва визначається за картою відповідно до «ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Будівельна кліматологія» [20]. При виконанні розрахунків не враховуються елементи зовнішнього оздоблення з незначним термічним опором, такі як розчин для кріплення плит або армувальна фасадна сітка.

Теплотехнічний розрахунок стінової конструкції багатоповерхового житлового будинку в м. Кривий Ріг виконується згідно з вимогами чинного нормативного документа «ДБН В.2.6-31:2021 Теплова ізоляція та енергоефективність будівель» [13].

Розрахунок товщини утеплювача, який необхідний для стіни проводиться за програмою "Система загальнобудівельних розрахунків "BASE"". Здійснюємо теплотехнічний розрахунок огорожувальних конструкцій (стіна) згідно її конструктивних шарів, що представлено на рис. 1.1.

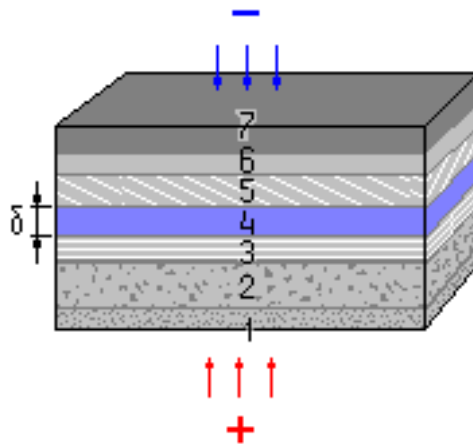


Рисунок 1.1 – Конструкція зовнішньої стіни

Для проведення коректного теплотехнічного розрахунку та визначення рівня енергоефективності об'єкта необхідно зафіксувати базові вихідні дані. Наша будівля, що відноситься до категорії житлових будинків. Об'єктом розрахунку виступає зовнішня огорожувальна конструкція – стіна.

Кліматичні параметри району будівництва та необхідні умови мікроклімату приміщень, що визначають режим експлуатації огорожувальних конструкцій, прийняті наступними:

Розрахункова температура зовнішнього повітря: прийнята рівною $-28\text{ }^{\circ}\text{C}$ (температура найхолоднішої п'ятиденки).

Розрахункова температура внутрішнього повітря: становить $+18\text{ }^{\circ}\text{C}$, що відповідає нормативним вимогам до житлових приміщень.

Характеристики опалювального періоду: для розрахунку сезонних енерговитрат прийнято тривалість опалювального періоду – 214 діб, із середньою температурою зовнішнього повітря за цей час – $3,1\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Детальні теплофізичні характеристики пошарового складу стінової конструкції, включаючи товщину та коефіцієнти теплопровідності матеріалів, наведено в табл. 1.1.

Розрахунок теплотехнічних характеристик огорожувальної конструкції виконується з урахуванням нормативних умов теплообміну на її межах.

Таблиця 1.1 – Характеристика огорожуючої конструкції стіни

№ шару	Товщина, м	Найменування	Величина	Од. вим.	Матеріал шару
1 шар	0.02	Теплопровідність	0.93	Вт/(м*град)	Цементна штукатурка
2 шар	Нульовий				
3 шар	Нульовий				
4 шар	Підбір	Теплопровідність	0.15	- Пінобетон G=400 кг/м ³	
5 шар	0.01	Теплопровідність	0.28	Вт/(м*град)	Поліетиленова плівка
6 шар	0.02	Теплопровідність	0.93	Вт/(м*град)	Цементна штукатурка
7 шар	0.64	Теплопровідність	0.87	Вт/(м*град)	Кладка із силікатної цегли

Для подальших обчислень прийнято наступні значення коефіцієнтів тепловіддачі:

- для внутрішньої поверхні стіни: 8,7 Вт/(м²·К);
- для зовнішньої поверхні стіни (в зимовий період): = 23 Вт/(м²·К).

Критерієм енергетичної ефективності обраної конструкції виступає нормативне значення опору теплопередачі, яке становить 4,0 м²·К/Вт.

Важливим етапом є визначення умов експлуатації матеріалів, що залежать від вологості. Виходячи з того, що приміщення має нормальний вологий режим (відносна вологість внутрішнього повітря = 55%), а будівля знаходиться в зоні з нормальною вологістю, теплофізичні характеристики матеріалів приймаються для відповідних умов експлуатації.

Основною метою даного етапу було визначення невідомої величини – товщини 4-го шару конструкції (шару утеплювача) за умовою забезпечення нормативного опору теплопередачі (схема розташування шарів наведена на рис. 1.1).

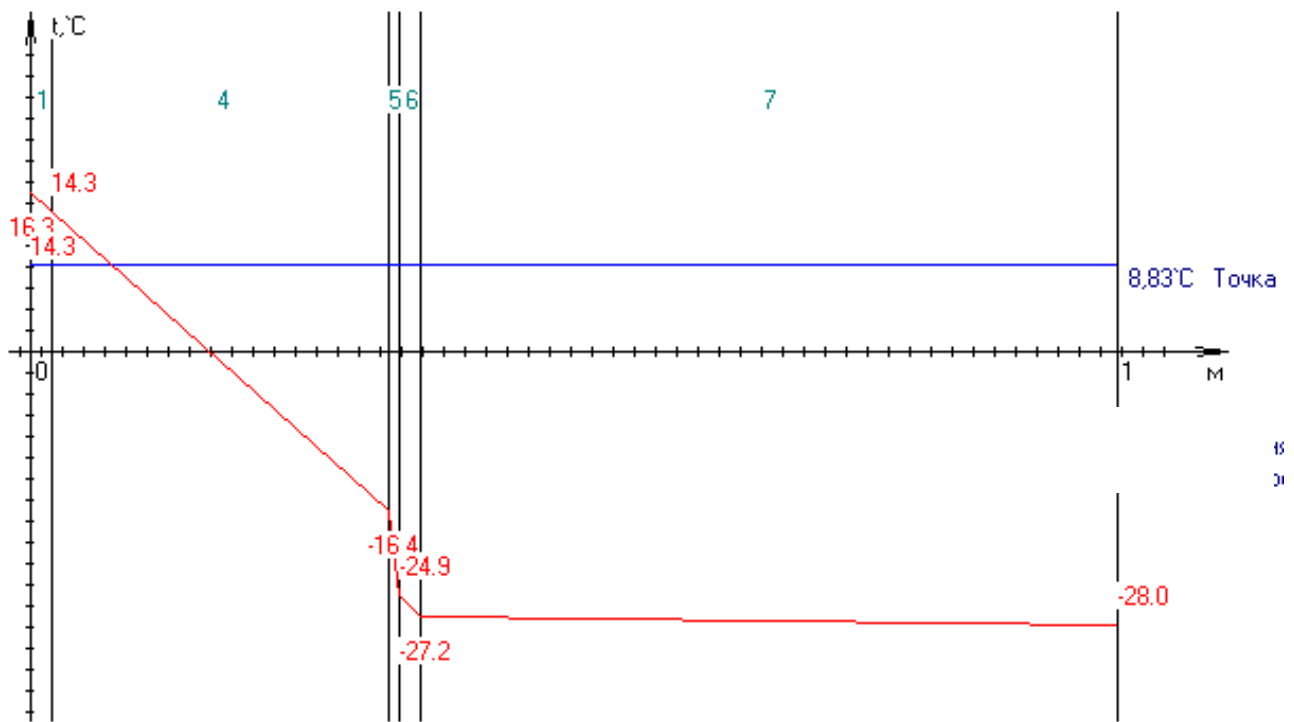


Рисунок 1.2 – Розрахунок утеплення зовнішньої стіни

В результаті ітераційних обчислень встановлено, що:

Необхідна товщина 4-го шару (утеплювача) становить 0,15 м (150 мм).

При такій товщині утеплювача фактичний опір теплопередачі огорожувальної конструкції складає $4,04 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$.

Оскільки фактичний опір перевищує необхідний ($4,04 > 4,0 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$), конструкція задовольняє вимоги теплоізоляції. Детальний розподіл температур у товщі стіни та на контакті окремих шарів представлено в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Температура на контакті шарів огорожі

Точка вимірювання температури	Величина	Од. вим.
На внутрішній поверхні стіни	16.3	град.
Між 1 та 2 шарами	14.3	град.
Між 2 та 3 шарами	14.3	град.
Між 3 та 4 шарами	14.3	град.
Між 4 та 5 шарами	-16.4	град.
Між 5 та 6 шарами	-24.9	град.
Між 6 та 7 шарами	-27.2	град.
На зовнішній поверхні стіни	-28.0	град.

Встановлено, що температура точки роси становить – 8,83 град.

1.5. Техніко-економічні показники проєкту

Згідно «ДБН В.2.2-9-2018 Громадські будинки та споруди. Основні положення» [8] визначаємо фактичні значення техніко-економічних показників для будівельного об'єкту – «Проект 10-ти поверхового житлового будинку в м. Кривий Ріг із аналізом ефективних стінових утеплювачів».

Техніко-економічні показники об'ємно-планувального рішення будівлі представлено у табл. 1.3.

Таблиця 1.3 – Техніко-економічні показники об'ємно-планувального рішення будівлі

№ з/п	Найменування	Од. вимір.	Показник
1	Поверховість		10 + підвал
2	Планувальний тип		3-х секц
3	Будівельний об'єм житлового будинку в т.ч. нижче нуля	м ³	28639,5291
4	Площа забудови	м ²	825,53
5	Загальна площа квартир	м ²	7343,5
6	Житлова площа	м ²	6530,2
7	Загальна площа приміщень торгово-громадського призначення	м ²	783,6
8	Поверховість приміщень торгово-громадського призначення		1
9	Периметр будівлі	м	142,42
10	Питомий периметр зовнішніх стін = (периметр будівлі)/(загальна площа типового поверху)	м	0,17
11	Кількість квартир, у т.ч:		
	1-кімнатні	шт	81
	2-х кімнатні	шт	36
	3-х кімнатні	шт	36
		шт	9
12	$K_1 = S/S_{ж0}$		0,62
	$K_2 = V/S_0$		3,7
	$K_3 = S/S_{к0}$		0,23
	$K_4 = \Pi / S_{00}$		0,019
	$K_5 = V/S_{0пр}$		965
	$K_6 = S / n_0$		26,8

Розділ 2. РОЗРАХУНКОВО-КОНСТРУКТИВНА ЧАСТИНА

2.1. Розрахунок багатопустотної панелі перекриття

2.1.1. Данні для проектування

Для влаштування міжповерхових перекриттів в 10-ти поверхового житлового будинку в м. Кривий Ріг застосуємо збірні залізобетонні плити перекриття з пустотами. Необхідні характеристики подано.

Проліт плити становить 6,0 м, корисне прикладене навантаження на перекриття становить 4 кН/м^2 , й в тому числі тривале навантаження $2,8 \text{ кН/м}^2$. Коефіцієнт надійності за навантаженням становить $\gamma_f = 1,2$, а за ступенем відповідальності проєктована житлова будівля відноситься до класу наслідків – II. Приймаємо в розрахунок бетон важкий класу C25/30, із $R_b=17 \text{ МПа}$, та $R_{bt}=1,2 \text{ МПа}$, модуль пружності становить $E_B=32500 \text{ МПа}$, також $R_{b,ser}=29 \text{ МПа}$, $R_{bt,ser}=2,1 \text{ МПа}$, $\gamma_{B2}=0,9$. Поздовжня робоча арматура класу A600, розрахунковий опір становить $R_s=680 \text{ МПа}$, нормативний опір становить $R_{s,ser}=590 \text{ МПа}$, модуль пружності $E_s=190000 \text{ МПа}$. Поперечна арматура запроектована сталевна, класу A240, із розрахунковим опором $R_s=225 \text{ МПа}$, опором поперечному зрізу $R_{sw}=175 \text{ МПа}$. Армування здійснено зварними сітками і каркасами. Зварні сітки запроектовані зі сталі класу Вр-I, із розрахунковим опором $R_s=365 \text{ МПа}$, опором поперечному зрізу $R_{sw}=265 \text{ МПа}$ при $\varnothing 4$, $R_s=360 \text{ МПа}$, опором поперечному зрізу $R_{sw}=260 \text{ МПа}$ при $\varnothing 5$, модулем пружності $E_s=170000 \text{ МПа}$.

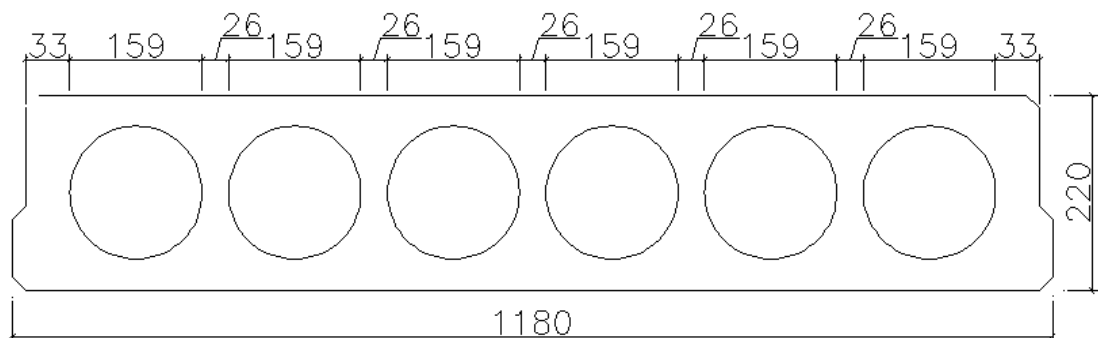


Рисунок 2.1 – Поперечний переріз плити

2.1.2. Визначення внутрішніх зусиль

Розрахунковий проліт панелі становить:

$$l_0 = l - b/2 = 6 - 0,24/2 = 5,88 \text{ м.}$$

Здійснимо розрахунок навантаження на 1 м^2 перекриття та представимо його в табличній формі – табл. 2.1., а на покриття представимо – табл. 2.2.

Таблиця 2.1 – Розподілене навантаження на 1 м^2 перекриття

Вид навантаження	Нормативне значення, Па	Коефіцієнт надійності по навантаженню	Розрахункове значення, МПа
Постійне:			
- власна вага багатопустотної плити	2750	1,1	3025
- власна вага шару цементного розчину $\delta=20 \text{ мм}$ ($\rho = 2200 \text{ кг/м}^3$);	440	1,3	570
- власна вага керамічних плиток $\delta=13 \text{ мм}$ ($\rho = 1800 \text{ кг/м}^3$);	240	1,1	264
Разом	3430		3859
Тимчасове	4000	1,2	4800
В тому числі:			
Повне навантаження	7430	-	8659
В тому числі:			
тривале і постійне	4630	-	5556
короткочасне	2800	-	3360

Таблиця 2.2 – Розподілене навантаження на 1 м² покриття

Вид навантаження	Нормативне значення, Па	Коефіцієнт надійності по навантаженню	Розрахункове значення, Па
Постійне:			
- 2 шару «Техноеласт» з посипкою гравієм	150	1,2	180
- цементна стяжка 4 см	720	1,3	936
- керамзитовий гравій $\delta=240$ мм ($\rho = 240$ кг/м ³)	576	1,2	691
- цементна стяжка 4 см	720	1,3	936
- утеплювач «DachRoch» $\delta=200$ мм ($\rho = 160$ кг/м ³)	320	1,2	384
- цементна стяжка 1 см	180	1,3	234
- власна вага багатопустотної плити	3000	1,1	3300
Разом	5666		6427
Тимчасове від снігу	1100	1,4	1540
В тому числі:			
довготривале	330	1,4	462
Повне навантаження	6766	-	7967
В тому числі:			
тривале і постійне	5996		
короткочасне	770		

Навантаження на 1 м довжини плити при ширині 1,2 м з урахуванням коефіцієнта надійності за призначенням $\gamma_n = 1$:

- короткочасне нормативне $p^H = 2800 \cdot 1,2 \cdot 1 = 3360$ Н/м;
- короткочасне розрахункове $p = 3360 \cdot 1,2 \cdot 1 = 4032$ Н/м;
- тривале і постійне нормативне $q^H = 4630 \cdot 1,2 \cdot 1 = 5556$ Н/м;

- тривале і постійне розрахункове $q = 5556 \cdot 1,2 \cdot 1 = 6668$ Н/м;
- повне нормативне $p^H + q^H = 3360 + 5556 = 8916$ Н/м;
- повне розрахункове $p + q = 4032 + 6668 = 10700$ Н/м.

Розрахунковий згинальний момент від повного навантаження

$$M = (p^H + q^H) \ell^2 / 8 = 10700 \cdot 5,88^2 / 8 = 46,2 \text{ кНм},$$

Розрахунковий згинальний момент від повного нормативного

навантаження

$$M^H = (p + q) \ell^2 / 8 = 8916 \cdot 5,88^2 / 8 = 38,5 \text{ кНм},$$

Розрахунковий згинальний момент від нормативного тривалого і

постійного навантаження

$$M_{ld} = (q^H) \ell^2 / 8 = 5556 \cdot 5,88^2 / 8 = 24 \text{ кНм},$$

Розрахунковий згинальний момент від нормативного короткочасного

навантаження

$$M_{cd} = (p^H) \ell^2 / 8 = 3360 \cdot 5,88^2 / 8 = 14,5 \text{ кНм}.$$

Максимальна поперечна сила на опорі від розрахункового навантаження

$$Q = q \ell_0 / 2 = 10700 \cdot 5,88 / 2 = 31,46 \text{ кН};$$

Те ж від нормативного навантаження

$$Q^H = 8916 \cdot 5,88 / 2 = 26,2 \text{ кН},$$

$$Q_{ld} = 5556 \cdot 5,88 / 2 = 16,3 \text{ кН}.$$

Розрахунок багатопустотної панелі перекриття представимо в Додаток А:

- розрахунок міцності по перерізу, нормальному до поздовжньої осі – Додаток А.1;
- розрахунок міцності по перерізу, похилому до поздовжньої осі – Додаток А.2;
- визначення прогинів – Додаток А.3;
- розрахунок за створенням тріщин, нормальних до поздовжньої осі – Додаток А.4;
- перевірка панелі на монтажні навантаження – Додаток А.5.

2.2. Розрахунок фундаменту

2.2.1. Інженерно-геологічні умови та визначення необхідних фізико-механічних характеристик ґрунту основи

При будівництві 10-ти поверхового житлового будинку у м. Кривий Ріг було проведено дослідження інженерно-геологічних умов на території майданчика майбутньої забудови. Це є необхідною умовою для проектування надійних фундаментів майбутньої будівлі.

Інженерно-геологічні умов будівельного майданчика представлено на геологічному розрізі на рис. 3.1.

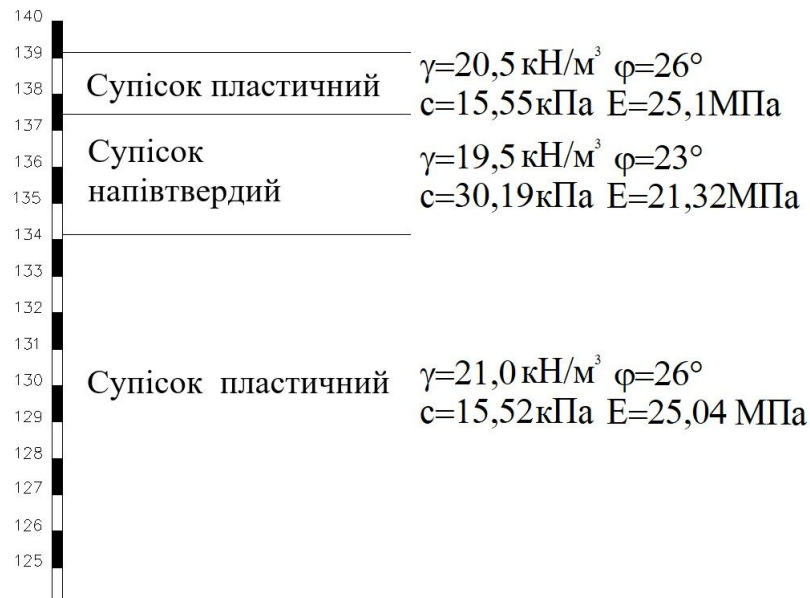


Рисунок 2.2 – Інженерно-геологічний розріз

Визначення фізико-механічних характеристик ґрунтів основи виконано на базі інженерно-геологічних умов майданчика та згідно з чинними нормативними вимогами до проектування фундаментів

Вони представлені в табл. 2.3.

Таблиця 2.3 – Фізико-механічні властивості ґрунту

№ шару	Найменування ґрунту	Потужність шару, м	ρ , г/м ³ γ , кН/м ³	ρ_s , г/м ³ γ_s , кН/м ⁴	ρ_d , г/м ³ γ_d , кН/м ⁵	W , %	W_p , %	WL , %	IP , %	IL	e	S_r	C , кПа	φ	R_0 , кПа	E , Мпа
1	Супісок пластичний	1,4	$\frac{2,05}{20,5}$	$\frac{2,66}{26,6}$	$\frac{1,73}{17,3}$	18,4	14,5	19,9	5,4	0,72	0,54	-	$\frac{15,5}{5}$	26	$\frac{281,8}{4}$	25,10
2	Суглинок напівтвердий	3,7	$\frac{1,95}{19,5}$	$\frac{2,71}{27,1}$	$\frac{1,85}{18,5}$	19,7	16,4	31,0	14,6	0,267	0,57	-	$\frac{30,1}{9}$	23	$\frac{259,1}{2}$	21,32
3	Супісок пластичний	15,0	$\frac{2,10}{21,0}$	$\frac{2,78}{27,8}$	$\frac{1,81}{18,1}$	16,1	12,0	18,0	6,0	0,68	0,54	-	$\frac{15,5}{2}$	26	$\frac{281,5}{3}$	25,04

На території будівельного майданчика для зведення 10-поверхівки було здійснено відбір для лабораторних досліджень ґрунтів в 3-ох місцях – під кожною секцією будинку відповідно (маркування: свердловина №1, свердловина №2 та свердловина №3).

2.2.2. Збір навантажень на фундамент

На крайній фундамент

Необхідна схема для визначення навантаження від несучих стін на проєктовані фундаменти (через ростверок) представлена на рис. 2.3. А в таблиці 2.4 представлено розрахунок для збору навантаження на проєктований фундамент крайнього ряду.

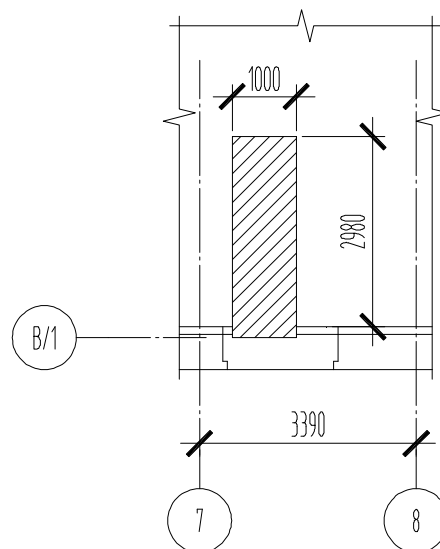


Рисунок 2.3 – Схема для визначення навантажень на крайній фундаменти

Таблиця 2.4. – Збір навантажень на крайній фундамент

№	Вид навантаження	N_{II} , кН/м	γ_f	N_I , кН/м
1	<u>Постійне</u> Покриття: Руберойд на мастиці $\delta=0,04\text{м}$	4,768	1,3	6,2
2	Цементно–піщана стяжка $\delta=0,04\text{м}$	2,384	1,3	3,09
3	Керамзитовий гравій $\delta=0,25\text{м}$	4,09	1,3	5,33
4	Пароізоляція	0,149	1,2	0,18
5	Багатопустотна плита $\delta=0,22\text{м}$	8,94	1,1	9,834
6	<u>Тимчасове</u> Снігове	3,75	1,4	5,26
Разом:		24,081		29,894
1	<u>Постійне</u> Горищне перекриття: Цементно–піщана стяжка $\delta=0,04\text{м}$	4,768	1,3	6,2
2	Пароізоляція	0,149	1,2	0,18
3	Багатопустотна плита $\delta=0,22\text{м}$	8,94	1,1	9,834
4	<u>Тимчасове:</u> Горищні приміщення	2,086	1,3	2,71
Разом:		15,943		18,924
1	Постійне: Міжповерхове перекриття: Лінолеум	0,18	1,3	0,234
2	Цементно–піщана стяжка $\delta=0,04\text{м}$	4,768	1,3	6,2
3	Мін. плита $\delta=0,07\text{м}$	0,2	1,3	0,26
4	Багатопустотна плита $\delta=0,22\text{м}$	8,94	1,1	9,834
5	<u>Тимчасове:</u> Квартири житлових будинків $P_o * \psi_n =$ $1.5 * 0.49 = 0.735$ 0,49	2,19	1,3	2,85
Разом:		16,278		19,378
Разом (10 міжповерхових перекриттів)		162,78		193,78
Постійне від стіни:		369,8	1,1	406,78
Усього на м.п.		572,604		649,378

Навантаження на центральний фундамент

Для здійснення розрахунку навантаження на центральний палевий фундамент проектованої будівлі представлено схемо рис. 2.4. Площа вантажної площадки становить – $A=6,3\text{м}^2$.

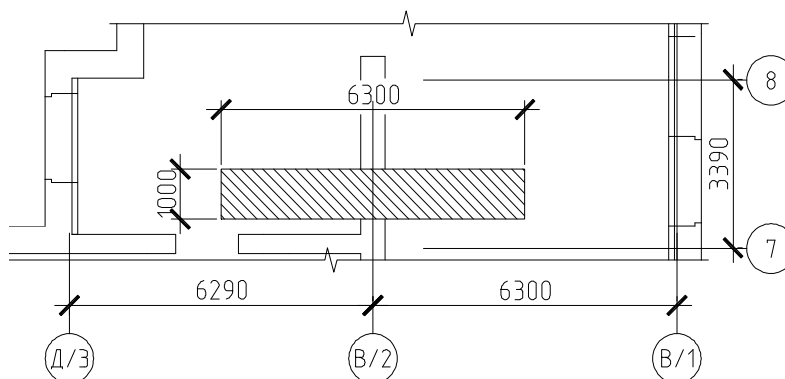


Рисунок 2.4 – Схема для визначення навантажень на центральний фундамент

Збір навантаження на центральний фундамент, згідно якого здійснено його конструювання представлено в таблиці 2.5.

Розрахунок та конструювання фундаменту проводиться з використанням програмного комплексу «Фундамент».

В графічній частині магістерської роботи на листі графічної частини №5 представлено запроєктовані фундаменти під 10-ти поверховий житловий будинок у м. Кривий Ріг.

Таблиця 2.5. – Збір навантажень на крайній фундамент

№	Вид навантаження	$N_{п}$, кН/м ²	$N_{пl}$, кН/м.п	γ_f	N_{l} , кН/м ²
Покриття:					
Постійне					
1	Руберойд на мастиці $\delta=0,04\text{м}$	1,6	$1,6*6,3=10,08$	1,3	13,104
2	Цементно–піщана стяжка $\delta=0,04\text{м}$	0,8	$0,8*6,3=5,04$	1,3	6,55
3	Керамзитовий гравій $\delta=0,25\text{м}$	1,375	$1,375*6,3=8,66$	1,3	11,26
4	Пароізоляція	0,05	$0,05*6,3=0,315$	1,2	0,378
5	Багатопустотна плита $\delta=0,22\text{м}$	3	$3*6,3=18,9$	1,1	20,79
Тимчасове					
6	Снігова	1,26	$1,26*6,3=7,938$	1,4	11,11
Разом:			50,933		63,192
Горищне перекриття:					
Постійна					
1	Цементно–піщана стяжка $\delta=0,04\text{м}$	0,8	$0,8*6,3=5,04$	1,3	6,55
2	Пароізоляція	0,05	$0,05*6,3=0,315$	1,2	0,378
3	Багатопустотна плита $\delta=0,22\text{м}$	3	$3*6,3=18,9$	1,1	20,79
Тимчасове:					
4	Горищні приміщення	0,7	$0,7*6,3=4,41$	1,3	5,73
Разом:			28,665		33,448
Міжповерхове перекриття:					
Постійна:					
1	Лінолеум	0,06	$0,06*6,3=0,378$	1,3	0,49
2	Цементно–піщана стяжка $\delta=0,04\text{м}$	0,8	$0,8*6,3=5,04$	1,3	6,552
3	Мін. плита $\delta=0,07\text{м}$	0,07	$0,07*6,3=0,441$	1,3	0,57
4	Багатопустотна плита $\delta=0,22\text{м}$	3	$3*6,3=18,9$	1,1	20,79
Тимчасове:					
5(a)	Квартири житлових будинків $P_o * \psi_n =$ $1.5 * 0.47 = 0.735$ $\psi_n = 0.3 + \frac{0.6}{\sqrt{10}} = 0.49$	0,735	$0,735*6,3=4,63$	1,3	6,02
Разом:			29,4		34,422
Разом (10 міжповерхових перекриттів)			290,4		344,22
Усього			370		440,86
Постійна:					
від стіни ($38,93*0,51*1,8$)			294,7	1,1	324,17
Усього			664,7		765,03

Розділ 3. ТЕХНОЛОГІЯ ТА ОРГАНІЗАЦІЯ БУДІВНИЦТВА

3.1. Визначення номенклатури та об'ємів робіт

Під час будівництва 10-ти поверхового житлового будинку в м. Кривий Ріг із аналізом ефективних стінових утеплювачів необхідно здійснити розрахунок обсягів виконання робіт. На основі отриманих розрахункових даних про нормативну трудомісткість та кошторисну вартість здійснюється розробка календарного плану виконання будівельно-монтажних робіт. Цей документ є основою проекту організації будівництва, оскільки він моделює весь виробничий процес у часі, встановлюючи технологічно обґрунтовану послідовність та тривалість кожного етапу зведення об'єкта

Розрахунок обсягів робіт проводимо в табличній формі. Таблиця представлена в Додатку Б – таблиця Б.1.

Організаційно-технологічна схема зведення 10-поверхового житлового будинку в м. Кривий Ріг передбачає розподіл загального циклу будівництва на три базові періоди:

1. Нульовий цикл (1-й етап): влаштування підземної частини будівлі.
2. Надземний цикл (2-й етап): зведення несучих конструкцій каркаса (коробки) будівлі.
3. Оздоблювальний цикл (3-й етап): комплекс опоряджувальних робіт.

Для кожного з етапів розроблено індивідуальну схему розбивки об'єкта на захватки, що забезпечує ритмічність будівельного потоку.

Будівництво підземної частини (Нульовий цикл)

На даному етапі будівля в плані розподіляється на три монтажні захватки. Провідним технологічним процесом є монтаж конструктивних елементів підземної частини. Механізація робіт забезпечується використанням стрілового крана на пневмоколісному ході вантажопідйомністю 16,2 т.

Технологічна послідовність робіт:

- Земляні роботи: розробка ґрунту в котловані виконується бульдозером марки ДЗ-54С потужністю 79 кВт (108 к.с.).

- Пальові роботи: занурення паль здійснюється за допомогою дизель-молота С-995 на базі копра СП-28А. Після забивання виконується розпушування бетону оголовків паль відбійними молотками та різка арматури газорізальним обладнанням для вирівнювання позначок.

- Ростверки та стіни: влаштування монолітних залізобетонних ростверків по підготовлених палях. Паралельно з монтажем стін підвалу виконується влаштування приямків та введів інженерних комунікацій.

- Перекриття та зворотна засипка: монтаж плит переkritтя над підвалом розпочинається після завершення фундаментних робіт. Зворотна засипка пазух котловану проводиться виключно після повного монтажу переkritтя та нанесення вертикальної гідроізоляції на зовнішні поверхні стін.

Зведення надземної частини будівлі

Другий етап включає загальнобудівельні роботи зі зведення коробки будівлі та виконання спеціальних робіт. Провідним процесом виступає цегляна кладка стін у поєднанні з монтажем збірних залізобетонних елементів. Розбивка на захватки прив'язана до схеми монтажу конструкцій. Основним підйомно-транспортним механізмом на цьому етапі обрано баштовий кран КБ-405 з вильотом стріли 30 м та вантажопідйомністю 8 т.

Організація спеціальних робіт

Спеціальні роботи виконуються у взаємозв'язку із загальнобудівельними процесами. Фронт робіт для спецмонтажу відкривається за умови готовності не менше двох поверхів каркаса, завершення віконних прорізів та підготовки ніш, штроб і отворів для інженерних комунікацій.

Роботи ведуться паралельно у два етапи:

- Сантехнічні роботи:

- *1-й етап:* Монтаж трубопроводів внутрішніх систем опалення, газопостачання, холодного та гарячого водопостачання. Роботи завершуються до початку оштукатурення стін.

- *2-й етап:* Встановлення сантехнічного фаянсу та арматури. Розпочинається після завершення першого циклу малярних робіт (підготовки поверхонь під фінішне опорядження).

- Електромонтажні роботи:

- *1-й етап:* Розмітка трас, штробіння, прокладання трубних розводок, стояків та прихованої проводки, встановлення розподільчих щитів. Завершується затягуванням кабелів, складанням схем та їх перевіркою.

- *2-й етап:* Монтаж електроустановочних виробів (розеток, вимикачів, світильників). Виконується після фарбування стель та стін. Цей етап проводиться поза основним потоком, без поділу на захватки.

- Слабкострумові мережі: Поквартирна розводка виконується після завершення основних оздоблювальних робіт.

Організація оздоблювальних робіт

Початок третього етапу можливий лише за виконання умов повної будівельної готовності: завершення "чорнових" інженерних робіт, монтажу та здачі в експлуатацію вантажопасажирських підйомників (для будівель вище 25 м), забезпечення під'їзних шляхів, підключення тимчасових мереж водо- та електропостачання, завершення контуру будівлі та підготовки санітарно-побутових приміщень.

Для оптимізації потоку будівля розбивається на чотири захватки, де одна захватка дорівнює трьом поверхам. Технологічна послідовність:

- ❖ Штукатурні роботи: Виконуються за схемою «від вологих до сухих приміщень» (санвузли/кухні/житлові кімнати/сходові клітини). Це дозволяє уникнути технологічних простоїв та своєчасно передавати фронт робіт суміжникам.

❖ Облицювальні роботи: розпочинаються після завершення штукатурних процесів. Після їх закінчення проводиться ревізія та, за необхідності, повторне засклення прорізів.

❖ Малярні роботи:

○ *1-й етап*: шпаклювання та фарбування стель, опорядження лоджій, балконів, укосів, підготовка стін.

○ *2-й етап*: фінішне фарбування стін та столярних виробів.

Опорядження сходових клітин виконується в останню чергу, після завершення робіт у квартирах. Завершальні роботи: монтаж плінтусів та фінальне прибирання.

3.2. Вибір методів виконання робіт

Організаційно-технологічна модель зведення 10-поверхового житлового будинку в м. Кривий Ріг розроблена на основі потокового методу виконання робіт. Цей метод є найбільш прогресивною формою організації будівництва, оскільки базується на принципах безперервності та ритмічності виробничих процесів, що технологічно нагадує конвеєрне виробництво.

Сутність методу полягає у розчленуванні складного будівельного процесу на простіші складові операції та їх послідовному виконанні спеціалізованими ланками на різних ділянках об'єкта.

Для забезпечення ефективного функціонування потоку проектом передбачено виконання наступних обов'язкових умов:

➤ Просторове розчленування: будівля в плані розділяється на рівновеликі за трудомісткістю ділянки – захватки. Враховуючи конфігурацію трисекційного будинку, прийнято поділ на три захватки (по одній на кожен секцію), що дозволяє оптимізувати переміщення бригад і техніки.

➤ Технологічний поділ: весь цикл робіт розбито на окремі комплекси (зведення підземної частини, монтаж каркаса по поверхах, спеціальні та оздоблювальні роботи), які виконуються у суворій технологічній послідовності.

➤ Спеціалізація виконавців: за кожним комплексом робіт закріплюється постійний склад виконавців (спеціалізовані бригади та ланки), що сприяє підвищенню продуктивності праці за рахунок набуття професійних навичок.

➤ Часова регламентація: встановлюється єдиний виробничий ритм, який узгоджує роботу всіх ланок та роботу провідних машин (монтажних кранів).

Для зведення надземної частини будівлі прийнято вертикальну висхідну схему розвитку потоку, де роботи ведуться «знизу-вгору» з поверху на поверх. Виконання робіт здійснюється підрядним способом із залученням комплексних бригад, у складі яких працюють спеціалізовані ланки чисельністю 3-6 осіб. Такий підхід гарантує скорочення загальних термінів будівництва та зниження накладних витрат.

3.2.1. Технологія та організація кам'яних робіт

Кладка зовнішніх та внутрішніх несучих стін є провідним процесом при зведенні коробки будівлі. Роботи виконуються ланкою «двійка», що є найбільш ефективною при зведенні стін середньої складності (з прорізами та архітектурними деталями). Розподіл обов'язків у ланці:

- Муляр IV розряду (ведучий): відповідає за геометричну точність конструкції. Він встановлює кутові та проміжні порядовки, натягує шнур-причалку для контролю прямолінійності рядів. Основне завдання – мурування зовнішньої (лицьової) та внутрішньої верст стіни, контроль перев'язки швів, а також виконання складних ділянок (кутів, пілястр, ніш, укосів).

- Муляр III розряду (підсобний): забезпечує безперебійну роботу ведучого муляра. Він подає цеглу на стіну, розкладає її стопками для зручного взяття, перемішує та подає розчин лопатою, розстиляє розчинну постіль. Також він виконує кладку забутки (внутрішньої частини стіни між верстами).

Організація робочого місця мулярів:

Ефективність та безпека праці безпосередньо залежать від правильної організації робочого простору на риштуванні або перекритті. Робоче місце загальною шириною близько 2,5-2,6 м чітко зонується:

➤ Робоча зона (ширина 600-700 мм): смуга вільного простору безпосередньо вздовж стіни, де переміщуються муляри під час роботи.

➤ Зона матеріалів (ширина 650-1000 мм): розміщуються піддони з цеглою та ящики з розчином. Для ергономічності вони встановлюються у шаховому порядку (чергуються). Відстань між сусідніми ящиками з розчином не повинна перевищувати 3 метри, щоб муляру не робити зайвих рухів. Запас матеріалів на робочому місці повинен забезпечувати безперервну роботу ланки 2-4 годин.

➤ Транспортна зона (ширина 1150-1250 мм): вільний прохід для переміщення робітників, проходу майстра, а також для такелажних робіт при подачі матеріалів краном. Ця зона повинна залишатися вільною від будівельного сміття.

3.2.2. Технологія монтажу плит перекриття та покриття

Монтаж горизонтальних дисків перекриттів є відповідальним етапом, що забезпечує просторову жорсткість будівлі. Роботи розпочинаються лише після завершення кладки стін на поверсі, набору розчином необхідної міцності та демонтажу підмостків мулярів. Монтаж виконує спеціалізована ланка «четвірка».

Перед початком монтажу виконується інструментальна перевірка (нівелювання) верхніх опорних поверхонь стін. Допустиме відхилення позначок від проектних не повинно перевищувати ± 15 мм. Визначається єдиний «монтажний горизонт» – проектна відмітка низу перекриття. Для вирівнювання поверхні по нівелювальних відмітках влаштовується цементно-піщана стяжка (розчинна постіль), яка затирається під рівень. Монтаж плит дозволяється розпочинати, коли стяжка набере не менше 50% проектної міцності.

Безпосередньо перед укладанням плити на опорну поверхню наноситься свіжий шар пластичного розчину товщиною 3–4 мм для забезпечення рівномірного обпирання.

Один монтажник (стропальник) внизу підбирає плити, очищає закладні деталі, здійснює стропування за допомогою чотиривіткового стропа та подає сигнали машиністу крана.

Двоє монтажників перебувають на перекритті (спочатку на інвентарних помостах). Вони приймають подану краном плиту на висоті 20–30 см від опори, розвертають її та орієнтують у проектне положення.

За командою ланкового плити плавно опускають на розчинну постіль. Незначні відхилення у плані монтажники виправляють за допомогою монтажних ломів *до моменту зняття стропів*. Категорично заборонено переміщувати плиту ломом перпендикулярно до стін, щоб не порушити стійкість стіни; дозволяється лише поздовжнє рихтування вздовж шва.

Четвертий монтажник (ланковий), перебуваючи на нижньому поверсі, візуально та інструментально контролює горизонтальність стелі ("горизонт візування").

Після остаточної вивірки виконується анкерування плит: монтажні петлі зварюються з анкерами, закладеними в кладку стін, для створення єдиного жорсткого диска. Поздовжні шви (русти) між плитами ретельно заповнюються цементним розчином марки М100. Особлива увага приділяється теплоізоляції: торці пустотних плит, що спираються на зовнішні стіни, обов'язково зашпаровуються легким бетоном або спеціальними бетонними пробками на глибину не менше 120 мм. Це запобігає промерзанню стіни в зоні перемички («містка холоду») у зимовий період.

3.2.3. Особливості монтажу сходових маршів і майданчиків

Монтаж елементів сходової клітки вимагає підвищеної точності, оскільки виправлення помилок після встановлення є вкрай трудомістким. Процес виконується паралельно зі зведенням стін: проміжний майданчик і перший марш поверху монтують у процесі кладки стін, а поверховий майданчик і другий марш – після завершення кладки поверху.

Встановлення сходових майданчиків: спочатку виконується геодезична розмітка положення гнізд у стінах. Перевіряється відповідність їх висотних відміток проєкту. На опорні місця наноситься розчин, після чого краном подається площадка.

На відміну від плит перекриття, положення сходового майданчика перевіряється не лише за рівнем (горизонталь), але й у плані за допомогою спеціального дерев'яного або металевого шаблону. Шаблон копіює профіль опорної частини косоура сходового маршу. Це гарантує, що майбутній марш ідеально стикуватиметься з майданчиком.

Встановлення сходових маршів: виконується відразу після вивірки та закріплення майданчиків, до моменту схоплювання розчину, що дозволяє скоригувати взаємне положення елементів. Для стропування використовуються стропи різної довжини (або з ланцюговим регулюванням), які під час підйому забезпечують нахил маршу трохи більший, ніж його проєктне положення.

Спочатку марш спирають на нижній сходовий майданчик, а потім плавно опускають на верхній. Якщо зробити навпаки, марш може зірватися з верхньої опори або заклінитися між майданчиками, деформувавши їх.

Один монтажник знаходиться на нижньому майданчику, інший – на верхньому перекритті (або риштуванні). На висоті 30-40 см над місцем посадки марш зупиняють, монтажники наводять його вручну і дають команду на опускання. Після остаточної вивірки ломачами та розстропування встановлюється інвентарне тимчасове огороження для безпеки переміщення персоналу, а стики замоноличуються цементно-піщаним розчином.

3.3. Розрахунок необхідних параметрів монтажних кранів

Під час зведення 10-ти поверхового житлового будинку у м. Кривий Ріг для визначення необхідної висоти підйому гака крана, мінімального вильоту стріли крана та його необхідної вантажопідйомності здійснюються наступні розрахунки. Схема для вибору крана представлена на рис. 3.1.

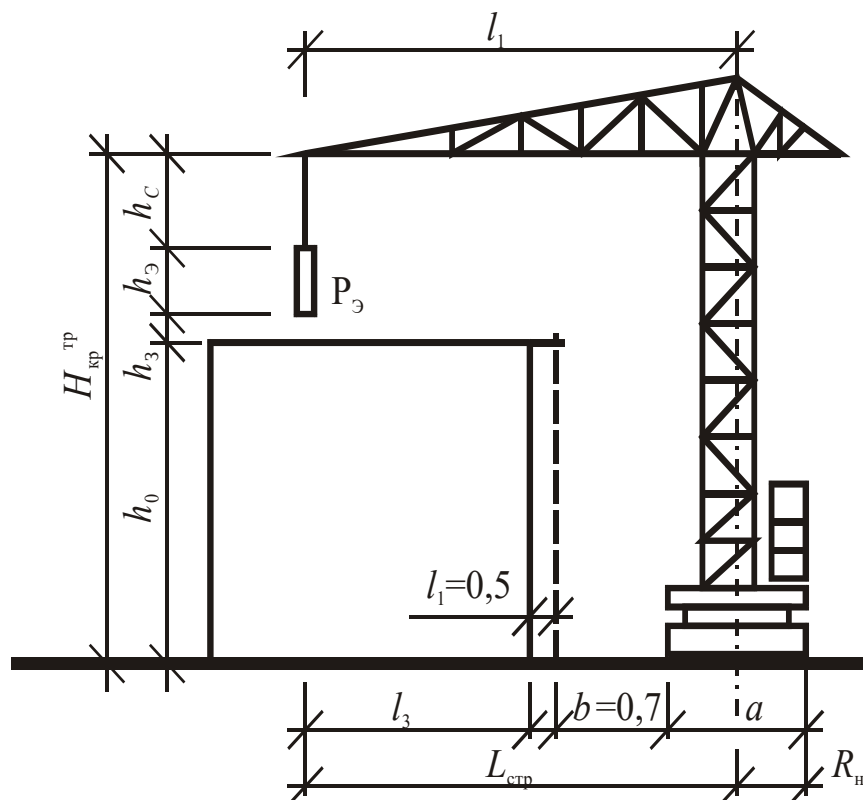


Рисунок 3.1 – Схема роботи крана для визначення необхідних монтажних характеристик крана

Найбільш важким із елементів, які монтує кран є залізобетонна багатопустотна плита покриття марки ПК 63.15 із масою 2,95 т.

а) В такому випадку необхідна вантажопідйомність $Q_{тр}$, т визначається:

$$Q_{тр} = q_э + q_c = 2,95 + 0,24 = 3,19 \text{ т}$$

де: Q_e – вага елемента, що монтується, т;

q_c – вага вантажо захоплювального пристрою, т.

б) Тоді необхідна висота підйому гака крана становить, м:

$$H_{\text{тр}} = h + h_{\text{д}} + h_3 + h_{\text{э}} + h_{\text{с}} = 34,56\text{м} + 1,0\text{м} + 0,22\text{м} + 9,3\text{м} = 45,08\text{ м.}$$

де: h – позначення перевищення проектного рівня монтажу конструкції над рівнем стоянки крана, м;

$h_{\text{д}}$ – позначення висота кондуктора (при монтажі колон або балок, якщо монтаж ведеться з застосуванням кондукторів), м;

h_3 – позначення запасу по висоті, що дорівнює 1 м;

$h_{\text{Е}}$ – позначення монтажної висоти елементів, м;

$h_{\text{с}}$ – позначення розрахункової висоти стропування.

в) Тоді необхідний виліт стріли крана позначимо $L_{\text{тр}}$, м. Необхідний виліт стріли для крана з платформою, що обертається та нижнім розташуванням баласту становить: $L_{\text{тр}} = b + R_{\text{х}} + 0,7 = 18,25\text{м} + 4,5\text{м} + 0,7\text{м} = 23,45\text{ м.}$

де: b – позначення відстані від краю будівлі до найбільш віддаленого елемента, що монтується, м;

$R_{\text{х}}$ - радіус хвостовій частині крана, м. В даному випадку $R_{\text{х}} = 4,5\text{ м.}$

За необхідним монтажним характеристикам вибираємо кран для монтажу конструкцій. В даному випадку приймаємо баштовий кран КБ-405, що має наступні технічні характеристики:

- Виліт стріли становить, м:
максимальний -30 м; мінімальний -10 м;
- Вантажопідйомність становить, т:
максимальна – 9 т; мінімальна – 3 т;
- Висота підйому гака становить, м;
максимальна - 62,5м; мінімальна - 23,7 м;
- Швидкості руху становлять, м/хв:
підйому (опускання) вантажу - 31 м/хв;
посадки - 4,8 м/хв;
пересування вантажного візка – 15 м/хв;
обертання поворотної частини, об / хв - 0,72 м/хв;
пересування – 27 м/хв;
- Вага крана в монтажному стані, т – 80,5.

3.4. Вибір монтажних засобів і вантажозахватних пристроїв

Для забезпечення ефективного та технологічно правильного виконання монтажу будівельних конструкцій використовується комплекс спеціалізованого інженерного оснащення. За функціональним призначенням ці технічні засоби поділяються на кілька ключових категорій:

Вантажозахоплювальні пристрої: до цієї групи належать різноманітні системи стропування (канатні та ланцюгові стропи), траверси різних конфігурацій та спеціальні захвати, що слугують проміжною ланкою між гаком крана та збірним елементом.

Монтажні пристосування для тимчасового закріплення: засоби, що дозволяють фіксувати конструкцію у проектному положенні до моменту виконання зварювальних робіт та замонолічування стиків.

Засоби індивідуального та колективного захисту: інвентарне оснащення (риштування, помости, люльки, страхувальні канати), головним завданням якого є створення ергономічних умов праці та гарантування повної безпеки монтажників-висотників під час виконання робіт на висоті.

Процес вибору вантажозахоплювальних пристроїв (стропів, траверс) здійснюється індивідуально для кожного типу конструктивного елемента будівлі, виходячи з його маси, габаритів та розташування монтажних петель. При розробці технологічних карт пріоритет віддається принципу уніфікації: одне й те саме пристосування намагаються використовувати багаторазово для підйому максимально широкої номенклатури виробів. Такий підхід дозволяє мінімізувати загальну кількість такелажного інвентарю на будівельному майданчику, що спрощує логістику та скорочує час на зміну оснащення під час роботи баштового крана.

Окрему увагу слід приділити застосуванню жорстких лінійних або просторових траверс. Їх використання є обов'язковим при підйомі довгомірних конструкцій (таких як ригелі, ферми, балки покриття або стінові панелі значної довжини). У таких випадках застосування звичайних похилих стропів є

неможливим або обмеженим, оскільки виникають значні стискаючі зусилля, що можуть пошкодити елемент, або ж кут між гілками стропа перевищує допустимі норми безпеки. Траверса ж забезпечує вертикальне прикладання зусилля до монтажних петель, зберігаючи цілісність конструкції.

Усе різноманіття монтажного оснащення за функціональними ознаками класифікується на три основні групи:

➤ Вантажопідйомні засоби: пристрої, що безпосередньо взаємодіють з вантажопідйомним механізмом (краном) та забезпечують надійне утримання елемента під час його переміщення у просторі.

➤ Засоби для вивірки та тимчасової фіксації: сюди входять кондуктори, розпірки, підкоси, струбцини та клини, які утримують елемент у стійкому стані після його встановлення на опору, дозволяючи звільнити гак крана для наступного циклу.

➤ Допоміжне та експлуатаційне оснащення: драбини, навісні площадки та інші пристосування для доступу до вузлів кріплення.

Варто наголосити, що грамотний вибір спеціалізованих монтажних пристроїв має не лише технологічне, а й економічне значення. Використання оптимізованих, полегшених та універсальних вантажозахватних засобів дозволяє знизити вагу оснащення на гаку. Це, у свою чергу, дає можливість застосовувати для монтажу збірних елементів крани меншої вантажопідйомності або збільшувати виліт стріли, що призводить до суттєвого економічного ефекту та зниження собівартості будівельно-монтажних робіт.

3.5. Розроблення будівельного генерального плану

У процесі зведення житлового будинку на 10 поверхів, що будується в місті Кривий Ріг, ключову роль відіграє генеральний план. Цей документ не є відокремленим, а виступає невід'ємною складовою всього комплексу проектною документації. Усі технічні рішення, закладені в ньому, мають тісний взаємозв'язок із рештою розділів проекту.

Під час проектування вкрай важливо стежити за тим, щоб план відповідав усім чинним будівельним нормативам. Окрім того, одним із головних пріоритетів є забезпечення раціональної логістики на майданчику. Необхідно так організувати рух потоків, щоб звести до мінімуму кількість зайвих перевантажень. Також варто прагнути до максимального скорочення відстані, яку долає транспорт під час перевезень. Особливо цих принципів слід дотримуватися при транспортуванні надзвичайно важких вантажів.

Відповідно необхідно оптимально розмістити монтажну техніку та механізми. Не менш важливим є правильне розташування складських зон.

Для якісного розроблення БГП необхідно мати календарний план або детальний сітковий графік. Обов'язковою умовою є наявність повного комплекту технологічних карт, а також проекту виконання робіт (ПВР) для об'єкта. Також потрібно проаналізувати розрахунки потреб у ресурсах та актуальні робочі креслення будівлі.

У цьому розділі випускної кваліфікаційної роботи ми розглядаємо створення об'єктного будівельного генерального плану. Він розробляється спеціально для забезпечення основного періоду будівництва. Головний акцент робиться на процесах монтажу надземної конструкції споруди.

Загалом, призначення цього документа полягає у чіткому визначенні інфраструктури майданчика. Він регламентує склад та розташування всіх об'єктів будівельного господарства. Таке планування має на меті досягнення найвищої ефективності їх використання. Водночас, безумовним пріоритетом залишається дотримання всіх вимог щодо охорони праці персоналу.

Під час зведення 10-ти поверхового житлового будинку в м. Кривий Ріг кількість матеріалів, що підлягають зберіганню на приоб'єктних складах, що розташовані на території будівельного майданчику визначається за наступною формулою:

$$P_{\text{скл}} = K_1 \cdot K_2 \cdot P_{\text{заг}} \cdot T_{\text{н}} / T,$$

Необхідна площа складів визначається за формулою заносяться у табл. 3.1:

$$S = P_{\text{скл}} / (q \cdot k_{\text{ск}}).$$

Таблиця 3.1 – Відомість розрахунків площ складів

№	Найменування ресурсів	Одиниці виміру	Нормативний запас Матеріалів, Тн, дні	Коef. нерівномірності		Р _{скл}	К _{скл}	Розрахункова площа складів, м ²	Розміри складів, м	Вид складів	Конструкція складів
				к1	к2						
1	Плити перекрит	шт	20	1,3	1,1	2537,8	0,6	4699	783м x 6м	відкритий	Мобільний
2	Цегла	тис. шт	20	1,3	1,1	250	0,7	591	60м x 10м	відкритий	Мобільний
3	Столярні вироби	м ²	8	1,3	1,1	100,1	0,4	131	12м x 12м	закритий	Мобільний
4	Скло	м ²	8	1,3	1,1	3,86	0,4				
5	Плитка	м ²	8	1,3	1,1	7,76	0,4				
6	Фарби	т	12	1,3	1,1	9,70	0,4				
7	Рулонні матеріали	т, м ²	8	1,3	1,1	8,0	0,5	28	7м x 4м	навіс	Мобільний
8	Мастика	т	12	1,3	1,1	22,0	0,5				

де Р_{заг} – позначення кількості матеріалів, що необхідні для здійснення будівництва протягом розрахункового періоду із інтенсивним витрачанням матеріалів;

к₁=1,3 – позначення коефіцієнту нерівномірності споживання матеріалів;

к₂=1,1 – позначення коефіцієнту нерівномірності надходження матеріалів на склади;

Т_н – позначення норми запасу матеріалів, дн.;

Т – позначення тривалості споживання даного ресурсу, дн.

3.6. Складання та розрахунок сіткового графіка

В основі сучасної системи планування та управління лежить спеціальна модель. Вона являє собою наочне графічне відображення всіх процесів, які потрібно здійснити для досягнення однієї або ж кількох поставлених цілей. Крім того, ця схема чітко демонструє взаємозв'язки, що існують між різними виробничими етапами.

Коли для такої моделі встановлюються конкретні терміни виконання завдань, вона отримує назву сіткового графіка. Під час опрацювання цих схем фахівці визначають низку обов'язкових параметрів. Насамперед обчислюють моменти раннього початку та завершення кожної дії. Паралельно з цим знаходять значення пізніх термінів старту і закінчення робіт. Важливим етапом є визначення резервів часу: як загальних, так і окремих (індивідуальних). Окрім цього, встановлюється загальна тривалість критичного шляху. Для проведення таких обчислень зазвичай застосовують секторний метод.

Візуально кожну виробничу операцію в моделі прийнято позначати стрілкою. Результат цієї дії, який називають подією, зображують у вигляді кружка, всередині якого проставлено цифровий код. Розміщення стрілок на графіку не є випадковим, адже воно відображає логічну послідовність етапів виробничого процесу. Обираючи структуру робіт, необхідно чітко визначити, яка саме дія передує поточній, яка відбувається одночасно з нею, а яка має слідувати після.

До складу графіка обов'язково вносять усі процеси, тривалість яких була попередньо обчислена в картці-визначнику. Сама побудова схеми найчастіше відбувається по окремих ділянках (захватках). Слід уважно стежити за тим, щоб у моделі були відсутні структурні помилки. Зокрема, неприпустимою є наявність «прострелів», тому за потреби вводять додаткові залежності та події. Також варто уникати «тупиків», непов'язаних «хвостів» та замкнутих контурів.

Коли параметри розраховані, на графік наносять події, розташовуючи їх по горизонталі або повторюючи форму критичного шляху. Спочатку позначають

точки, що відповідають раннім початкам критичних операцій, аж до завершальної події. Їх з'єднують подвійною лінією, формуючи таким чином критичний шлях. Вище та нижче від цієї лінії розміщують події, пов'язані з некритичними роботами. Їх намагаються розташувати так, щоб відповідні стрілки йшли паралельно і по можливості не перетиналися.

Усі елементи схеми з'єднують між собою стрілками. Над кожною з них обов'язково підписують тривалість виконання конкретної операції. Там же зазначають кількість працівників, які залучені до цієї роботи.

Варто додати, що процес оптимізації графіка має на меті перебудову плану для пошуку найбільш раціонального варіанту. Ця процедура проводиться з урахуванням кількох ключових критеріїв. До уваги беруться наявні трудові ресурси та часові рамки. Також враховуються обмеження по матеріально-технічному забезпеченню та обсяги фінансування.

Щоб оптимізувати виконання робіт, використовують спеціальні показники. До них належить середня чисельність персоналу, а також максимальна кількість робітників. Ще одним важливим індикатором є коефіцієнт, що показує нерівномірність залучення робочої сили.

Для оптимізації робіт застосовують наступні показники (критерії):

- середня кількість робітників на будові, A_{CP} ;
- максимальна кількість робітників на будові, A_{max} ;
- коефіцієнт нерівномірності для руху робочої сили, n :

Проведемо розрахунки: $n = A_{max} / A_{CP}$; $A_{CP} = 25$ чол; $A_{max} = 44$ чол;

$$n = A_{max} / A_{CP} = 40/25 = 1,79.$$

Розділ 4. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

4.1. Пояснювальна записка до економічного розділу проекту

Розробка економічної документації є завершальним етапом проектування 10-поверхового житлового будинку в м. Кривий Ріг, що дозволяє визначити повну вартість його зведення. Ключовою метою складання локальних кошторисів є обчислення економічно обґрунтованих витрат у грошовому еквіваленті, необхідних для реалізації будівельного процесу. Саме кошторисна документація виступає фундаментальним документом, на підставі якого планується та здійснюється фінансування проекту.

Для автоматизації розрахунків та точного визначення вартості будівництва було використано спеціалізований програмний комплекс АВК. Цей інструментарій дозволяє врахувати специфіку конструктивних елементів, фізичні обсяги робіт, а також обрану технологію виконання будівельно-монтажних процесів.

Програмний комплекс АВК-5 є найпоширенішим в Україні спеціалізованим інструментом для автоматизованого визначення вартості будівництва на всіх етапах інвестиційного циклу. Він дозволяє швидко та точно скласти інвесторську кошторисну документацію, використовуючи актуальну базу ресурсних елементних кошторисних норм (РЕКН). Функціонал програми повністю адаптований до вимог чинних державних будівельних норм (ДБН) та національних стандартів ціноутворення, що гарантує легітимність розрахунків при проходженні експертизи. Окрім складання кошторисів, АВК автоматично генерує повний пакет звітності, включаючи акти приймання виконаних робіт (форма КБ-2в) та довідки про їх вартість (форма КБ-3). Завдяки гнучким налаштуванням, система дозволяє коригувати ціни на ресурси відповідно до ринкових умов, забезпечуючи максимальну точність фінансового планування.

Кошторисна вартість об'єкта розрахована на базі збірників єдиних районних одиничних розцінок та збірників середніх районних цін на матеріали, вироби та конструкції.

Базою для розрахунку прийнято ціни станом на грудень 2025 року для Дніпропетровської області. Враховуючи динаміку ринку, для компенсації змін вартості матеріалів, рівня заробітної плати та експлуатації машин, у локальних кошторисах застосовано індекси зміни вартості, що діють з 01.01.2025 року.

Структура витрат у локальному кошторисі сформована з урахуванням накладних витрат для загальнобудівельних робіт, які становлять 23,24% від суми прямих витрат. Зведений кошторисний розрахунок виконано в поточних цінах станом на 15 грудня 2020 року з урахуванням наступних лімітованих витрат та резервів:

- резерв коштів на непередбачені роботи та витрати – прийнято у розмірі 4,5% від підсумку зведеного кошторису;
- обов'язкові відрахування, податки та збори згідно з чинним законодавством – враховано у розмірі 2,5%;
- резервний фонд замовника (для покриття додаткових витрат при уточненні вартості) – становить 5% від суми витрат по главі «Тимчасові будівлі і споруди».

Договірна ціна на будівництво визначена як динамічна величина, що включає податок на додану вартість (ПДВ) у розмірі 20%.

4.2. Характеристика кошторисної документації

Для визначення вартості будівництва 10-поверхового житлового будинку в місті кривий Ріг в складі робочого проєкту розроблено комплекс кошторисної документації. До його складу входять локальні та об'єктні кошториси, зведений кошторисний розрахунок вартості будівництва, а також відомість кошторисної вартості товарної будівельної продукції.

У випадках, коли в діючих нормативних базах (ТЕР) відсутні прямі розцінки на специфічні види будівельно-монтажних робіт, передбачена розробка індивідуальних калькуляцій одиничних розцінок. Кошторисні нормативи – це узагальнена система норм, об'єднаних у збірники, які разом із відповідними

правилами слугують інструментом для визначення реальної вартості інвестування на всіх стадіях реалізації проекту.

Головними завданнями сучасного кошторисного нормування є не лише розрахунок вартості, а й підвищення ефективності капітальних вкладень, стимулювання економії ресурсів та впровадження новітніх досягнень науки і техніки у будівельне виробництво. Нормативи поділяються на загальнодержавні, відомчі та індивідуальні. При цьому загальнодержавні нормативи є обов'язковими для застосування при будівництві об'єктів за рахунок бюджетних коштів або коштів державних підприємств.

Основним первинним документом є локальний кошторис, який складається на окремі види робіт за конкретними будівлями на основі фізичних обсягів, визначених у робочих кресленнях. У випадках, коли обсяги робіт ще не визначені остаточно і підлягають уточненню в процесі будівництва, замість кошторисів складаються локальні кошторисні розрахунки.

Зведення витрат об'єднує всі розрахунки по об'єкту в цілому. Зокрема, під час виконання магістерської кваліфікаційної роботи було підготовлено та систематизовано необхідну кошторисну документацію. Ключовим елементом розрахунків стали об'єктні кошториси, які слугують основою для визначення повної вартості зведення житлового комплексу у Кривий Ріг із урахуванням регіональних особливостей ціноутворення, представлені у Додатках В-Г-Д.

Додаток В – «Зведений кошторисний розрахунок вартості об'єкта будівництва».

Додаток Г – «Локальний кошторис на будівельні роботи».

Додаток Д – «Відомість ресурсів до локального кошторису».

Розроблений локальний кошторис на суму.

Розділ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1. Охорона праці при виконанні монтажних робіт

В процесі реалізації «Проект 10-ти поверхового житлового будинку в м. Кривий Ріг із аналізом ефективних стінових утеплювачів», питання охорони праці набувають критичного значення, особливо на етапі монтажу конструктивних елементів. Першочерговим заходом безпеки є суворе розмежування робочих зон: на ділянці (захватці), де безпосередньо виконуються монтажні операції, категорично заборонено проведення будь-яких суміжних робіт або перебування осіб, не задіяних у процесі.

Особливу увагу слід приділяти технології переміщення вантажів: способи стропування елементів конструкцій та інженерного обладнання повинні гарантувати їх подачу до місця встановлення у положенні, максимально наближеному до проектного. Це необхідно для мінімізації маневрів на висоті та зниження ризику травматизму.

Перед початком підйому кожен елемент підлягає ретельному огляду та підготовці, що включає обов'язкове очищення поверхонь від бруду, намерзання льоду або залишків бетону. Категорично забороняється підйом збірних залізобетонних виробів, які мають пошкоджені монтажні петлі, або на яких відсутнє відповідне маркування, необхідне для правильного орієнтування конструкції у просторі.

Суворим порушенням техніки безпеки вважається перебування монтажників на елементах конструкцій або обладнанні безпосередньо під час їх підйому, переміщення краном чи наведення. Крім того, під час технологічних перерв або по завершенню зміни машиністам кранів заборонено залишати вантажі у підвішеному стані, оскільки це створює загрозу неконтрольованого падіння.

Всі змонтовані елементи повинні бути закріплені згідно з проектною документацією для забезпечення їх стійкості та геометричної незмінності до моменту остаточного замонолічування вузлів.

Монтажні роботи на висоті та відкритих майданчиках припиняються, якщо швидкість вітру досягає 15 м/с, а також під час грози, сильного туману або ожеледиці, що обмежують видимість фронту робіт. Для конструкцій із великою парусністю (вертикальні стінові панелі, опалубка) гранична швидкість вітру не більше 10 м/с.

Для безпеки персоналу заборонено перебування людей у зоні можливого падіння елементів, що демонтуються, до моменту їх надійного закріплення або повного опускання на землю.

У випадках, коли технологія вимагає присутності робітників під монтованими конструкціями, мають бути розроблені та впроваджені спеціальні інженерні заходи захисту. Важливою вимогою є попереднє оснащення конструкцій: навісні монтажні площадки, драбини та інші засоби доступу повинні кріпитися до елементів ще на землі, до початку їх підйому.

Також слід дотримуватися правила комплексності робіт: монтаж сходових маршів, майданчиків та вантажопасажирських підйомників має відбуватися синхронно зі зведенням каркаса будівлі. Одразу після встановлення сходових маршів та формування ліфтових шахт, небезпечні зони та отвори повинні бути негайно огорожені інвентарними захисними конструкціями.

5.2. Охорона праці під час експлуатації будівельних машин

Зведення 10-поверхового будинку в м. Кривий Ріг передбачає інтенсивне використання широкого спектру спеціалізованих будівельних машин та механізмів, що вимагає суворого дотримання регламентів безпеки.

Експлуатація всієї техніки на майданчику, а також проведення планового технічного обслуговування, здійснюється у суворій відповідності до нормативного акту «Правила охорони праці під час експлуатації вантажопідіймальних кранів...» та інструкцій заводів-виробників.

До початку активної фази робіт відповідальний керівник повинен розробити та затвердити детальну схему руху транспорту по майданчику, визначити місця

стоянки та зони роботи механізмів. Для машин з електроприводом обов'язковою умовою є організація надійного заземлення або занулення корпусів для захисту персоналу від ураження електричним струмом.

Операторам та машиністам категорично забороняється залишати працюючі механізми без нагляду, навіть на короткий проміжок часу, при працюючому двигуні. Перед початком зміни необхідно перевіряти справність звукової та світлової сигналізації, гальмівних систем та обмежувачів вантажопідйомності. Робота кранів поблизу ліній електропередач вимагає особливого наряду-допуску та присутності відповідальної особи, що контролює безпечні відстані. Будь-який ремонт чи налаштування рухомих частин механізмів дозволяється виконувати тільки після їх повної зупинки та блокування випадкового запуску.

У зоні роботи екскаваторів та землерийних машин не допускається перебування людей, а межі небезпечних зон мають бути чітко позначені попереджувальними знаками.

Керівництво будівництва зобов'язане забезпечити своєчасне навчання та перевірку знань персоналу, який обслуговує складну будівельну техніку.

Важливим аспектом є контроль за станом під'їзних шляхів, оскільки нерівності ґрунту можуть призвести до перекидання важкої техніки під час роботи. Також слід виключити можливість доступу сторонніх осіб до кабін управління та пультів у неробочий час шляхом замикання дверей та знеструмлення систем.

5.3. Охорона праці при експлуатації оснащення та інструменту

Ефективне та безпечне виконання будівельно-монтажних робіт неможливе без використання надійного технологічного оснащення, засобів колективного захисту та справного ручного інструменту.

Усі засоби підмоцнування (риштування, помости), що використовуються на об'єкті, повинні повністю відповідати вимогам нормативних документів.

Особливі вимоги висуваються до робочих настилів: вони повинні мати рівну поверхню, а зазор між дошками настилу не може перевищувати 0,5 см, щоб унеможливити падіння інструментів чи матеріалів на людей внизу.

Якщо робоча платформа розташована на висоті понад 1,3 м від рівня землі або перекриття, вона обов'язково повинна бути обладнана перильним огородженням та бортовими елементами знизу.

Технічний стан риштувань підлягає регулярному моніторингу: виконроб або майстер зобов'язані проводити їх систематичний огляд не рідше, ніж один раз на 10 днів.

Результати таких оглядів фіксуються у відповідному журналі, а пошкоджені елементи підлягають негайній заміні або ремонту.

Особливо суворий контроль застосовується до підвісних риштувань та колисок, які є зоною підвищеної небезпеки.

Експлуатація підвісних систем дозволяється виключно після проведення випробувань статичним навантаженням, яке має перевищувати нормативне розрахункове значення на 20%.

Тривалість такого випробування повинна складати не менше однієї години, протягом якої перевіряється відсутність деформацій несучих елементів та надійність кріплень.

Ручний електрифікований інструмент, що видається працівникам, має бути перевірений на цілісність корпусу та ізоляції кабелів живлення.

Забороняється робота з інструментом, що має ознаки несправності, іскрить або має пошкоджені робочі насадки.

Працівники, які використовують пневматичний або електричний інструмент, повинні пройти відповідний інструктаж та мати засоби індивідуального захисту (окуляри, віброрукавиці).

5.4. Охорона праці при вантажно-розвантажувальних роботах

Організація вантажно-розвантажувальних робіт на будівельному майданчику під час зведення 10-ти поверхового житлового будинку в м. Кривий Ріг вимагає ретельної підготовки території та суворого дотримання технологічної дисципліни.

Майданчики, відведені для складування матеріалів та роботи кранів, повинні бути попередньо сплановані, вирівняні та мати ухил, що не перевищує 5%, для забезпечення стійкості техніки та штабелів.

Усі вантажопідйомні механізми, траверси, стропи та інші вантажозахоплювальні пристрої повинні мати відповідні паспорти та відповідати державним стандартам і технічним умовам.

Стропування вантажів дозволяється виконувати виключно інвентарними стропами або спеціалізованими захоплювачами, які пройшли періодичну перевірку. Обрані методи фіксації вантажу повинні повністю виключати можливість його вислизання, перекосу або падіння під час підйому та транспортування.

Заборонено підіймати вантаж, який знаходиться в нестійкому положенні, засипаний землею, приміром до ґрунту або затиснений іншими конструкціями.

Перед початком розвантаження збірних залізобетонних елементів (панелей, блоків) стропальник зобов'язаний ретельно оглянути монтажні петлі.

Петлі мають бути очищені від напливів бетону чи розчину, а в разі їх деформації – виправлені до початку стропування.

Під час завантаження сипучих матеріалів або конструкцій на автомобільний транспорт за допомогою кранів чи екскаваторів, водій та інші особи повинні покинути кабіну. Весь процес переміщення вантажів повинен координуватися – сигналізація між кранівником та стропальниками.

При виконанні будь-яких операцій з вантажами слід неухильно керуватися «Правилами охорони праці при вантажно-розвантажувальних роботах».

5.5. Охорона праці при виконанні покрівельних робіт

Організація покрівельних робіт на висоті 10-поверхового будинку в м. Кривий Ріг вимагає від інженерно-технічного персоналу підвищеної уваги до питань колективної та індивідуальної безпеки. Допуск робітників на покрівлю дозволяється виключно після комісійного огляду майданчика виконробом або майстром за участі бригадира, під час якого перевіряється справність несучих конструкцій даху та надійність парапетних огорожень.

Якщо конструктивні особливості даху передбачають ухил скатів більше ніж 20 %, усі працівники зобов'язані використовувати запобіжні пояси, закріплені за надійні анкерні точки або страхувальні троси.

Складування покрівельних матеріалів (рулонів, утеплювача, мастик) безпосередньо на даху дозволяється лише у місцях, чітко визначених проектом виконання робіт. При цьому мають бути вжиті вичерпні заходи проти їх самовільного зміщення, падіння донизу або здування вітром, наприклад, шляхом використання контейнерів чи кріпильних сіток.

Погодні умови суттєво впливають на безпеку покрівельників: роботи категорично забороняються під час ожеледиці, сильного снігопаду або густого туману, що обмежує видимість фронту робіт.

Також заборонено перебування людей на даху під час грози або при швидкості вітру, що перевищує 15 м/с, через ризик втрати рівноваги та падіння.

Під час виконання робіт з газовими пальниками для наплавлення покрівлі слід дотримуватися правил пожежної безпеки та перевіряти герметичність газових балонів і шлангів.

Зона можливого падіння інструментів чи матеріалів з даху має бути огорожена сигнальною стрічкою внизу, біля будівлі. Подача матеріалів на дах повинна здійснюватися механізованим способом з дотриманням правил безпечного стропування.

Працівники мають бути взуті у нековзке спецвзуття для забезпечення стійкості на похилих поверхнях даху.

Розділ 6. НАУКОВА ЧАСТИНА.
ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНИХ
СТІНОВИХ УТЕПЛЮВАЧІВ

6.1. Теплоізоляція будівель – основи та особливості

Теплоізоляційний матеріал призначений для зменшення втрат теплової енергії в будівлях і окремих приміщеннях. Основна дія такого матеріалу ґрунтується на низькому значенні коефіцієнта теплопровідності. Завдяки цій властивості він обмежує передачу тепла між середовищами з різними температурними показниками. Монтаж теплоізоляції здійснюється у зонах, де спостерігається значний перепад температур і вологості.

Залежно від конструктивного рішення матеріал розміщують у різних елементах будівлі. Найчастіше його застосовують у складі зовнішніх та внутрішніх стін. Також теплоізоляційні шари використовують у конструкціях підлог для зменшення тепловтрат у нижніх зонах. Окрім цього, утеплювач широко застосовується в покрівельних системах.

У кожному випадку вибір матеріалу визначається умовами експлуатації. Враховуються температурні навантаження та рівень вологості. Правильне застосування теплоізоляції забезпечує стабільний тепловий режим. Це підвищує комфорт і енергоефективність будівлі.

Актуальність теми зумовлена постійним зростанням вимог до енергоефективності будівель. За даними енергетичних балансів, до 40-45 % тепловтрат припадає на огорожувальні конструкції. Зовнішні стіни формують найбільшу частку цих втрат.

Підвищення тарифів на енергоносії на 20-30 % щороку загострює проблему теплозбереження. Ефективна теплоізоляція дозволяє зменшити споживання теплової енергії на 25-50 %.

Стіни без утеплення не відповідають сучасним нормативним вимогам. Їх опір теплопередачі часто не перевищує $1,0-1,2 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$. Нормативні значення для

України становлять 2,8-3,3 м²·К/Вт залежно від температурної зони. Це вимагає застосування додаткових теплоізоляційних шарів. Саме утеплювач визначає теплотехнічну ефективність конструкції.

Сучасний будівельний ринок пропонує понад 10 основних видів стінових утеплювачів. Найпоширенішими є пінополістирол і мінераловатні матеріали. Їх коефіцієнт теплопровідності знаходиться в межах 0,035-0,042 Вт/м·К. Різниця навіть у 0,003–0,005 Вт/м·К впливає на загальні тепловтрати будівлі. При площі стін 200 м² це може становити до 5-8 % різниці у витратах тепла.

Матеріали також суттєво відрізняються паропроникністю. Для мінераловатних плит цей показник у 5-10 разів вищий, ніж у пінополістиролу. Паропроникність впливає на положення точки роси в стіні. Неправильний вибір утеплювача може призвести до накопичення вологи. Зволоження на рівні лише 5 % знижує теплоізоляційні властивості на 20-30 %.

Вологісні процеси негативно впливають на довговічність матеріалів. Термін служби конструкції може скорочуватися на 10-15 років. Особливо це актуально для житлових будівель з терміном експлуатації понад 50 років. Порушення парорежиму також погіршує мікроклімат приміщень. Зростає ризик утворення грибка та цвілі.

Економічний аспект також має важливе значення. Вартість утеплення становить до 8-12 % загальної вартості будівництва. Водночас термін окупності теплоізоляційних заходів складає 4-7 років. Правильний вибір утеплювача зменшує експлуатаційні витрати на опалення. Річна економія може досягати 30-40 %.

На рис. 6.1 показано рух водяної пари з теплого приміщення у напрямку зовнішнього середовища. Такий рух зумовлений різницею парціальних тисків водяної пари по товщині стіни.

У холодний період року водяна пара мігрує від внутрішньої поверхні огороження до зовнішньої. При проходженні через шари стіни температура поступово знижується. У певній зоні конструкції досягається температура точки роси. У цій зоні відбувається конденсація водяної пари у рідку фазу.

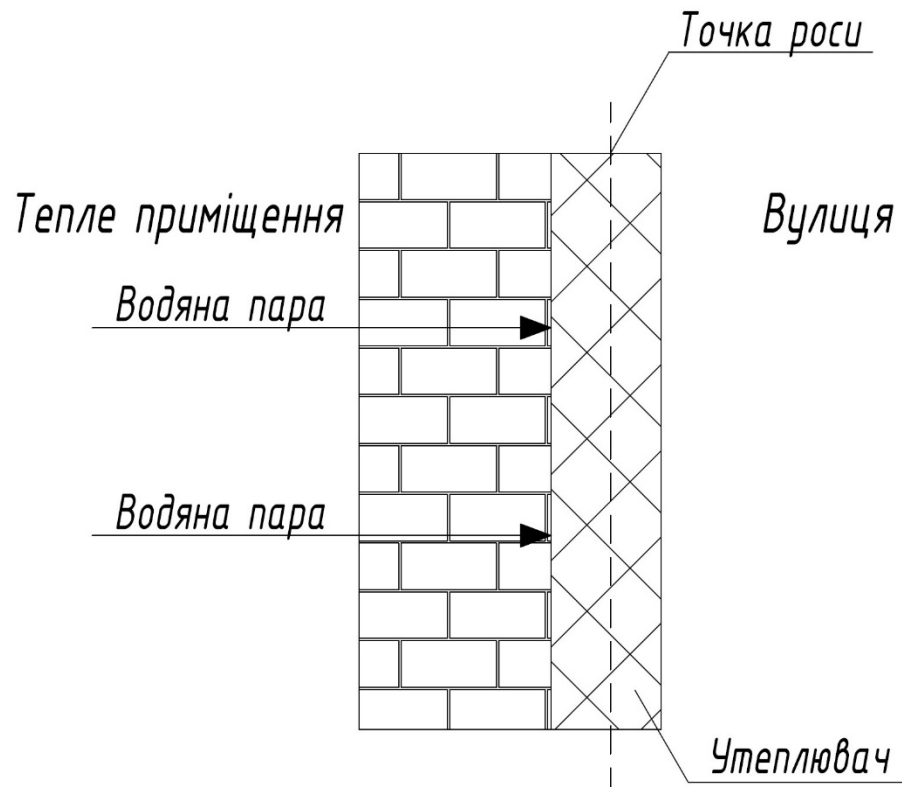


Рисунок 6.1 – Вплив руху водяної пари на точку роси

Накопичення вологи призводить до погіршення теплоізоляційних властивостей матеріалів. Особливо чутливими до зволоження є теплоізоляційні шари. Розміщення утеплювача з зовнішнього боку стіни сприяє винесенню точки роси за межі несучої конструкції. Це зменшує ризик конденсації в тілі кладки.

Пінопласт характеризується теплопровідністю $0,039 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$. Мінераловатні плити мають ще нижче значення, що становить $0,037 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$. Значення коефіцієнтів теплопровідності поширених утеплювачів представлено в табл. 6.1.

Таблиця 6.1 – Коефіцієнти теплопровідності поширених утеплювачів

<i>Теплопровідність матеріалу</i>	
<i>Матеріал</i>	<i>Теплопровідність Вт/мК</i>
<i>Пінопласт</i>	<i>0,039 Вт/мК</i>
<i>Мінераловатні плити</i>	<i>0,037 Вт/мК</i>
<i>Опір теплопередачі температурних зон України</i>	
<i>Температурна зона</i>	<i>Опір теплопередачі, м²К/Вт</i>
<i>I</i>	<i>3,3</i>
<i>II</i>	<i>2,8</i>

Невелика різниця в теплопровідності впливає на загальний опір теплопередачі конструкції. Також в табл. 6.1 наведені нормативні значення опору теплопередачі для температурних зон України. Для першої температурної зони нормативний опір становить 3,3 м²·К/Вт. Для другої температурної зони цей показник дорівнює 2,8 м²·К/Вт. Виконання цих вимог є необхідною умовою енергоефективного проектування будівель.

Недостатній опір теплопередачі призводить до зростання витрат на опалення. Одночасно зростає ризик утворення конденсату в огорожувальних конструкціях. Правильний підбір матеріалів і товщини шарів забезпечує нормативний тепловий режим. Комплексний аналіз теплових і вологісних процесів є обов'язковим на стадії проектування. Таким чином, ефективна теплоізоляція підвищує довговічність та експлуатаційну надійність будівель.

Зі збільшенням товщини стінової конструкції тепловтрати зменшуються нелінійно. На рис. 6.2 представлено залежність тепловтрат від товщини стінової конструкції. Найбільш інтенсивне зниження тепловтрат спостерігається при малих товщинах стіни. Подальше збільшення товщини дає менший відносний ефект.

Порівняння суцільної стіни зі штучного каменю та стіни з утеплювачем між шарами цегли показує суттєву різницю. Конструкція з утеплювачем має значно менші теплові втрати при однаковій товщині. Це пояснюється низькою теплопровідністю теплоізоляційних матеріалів.

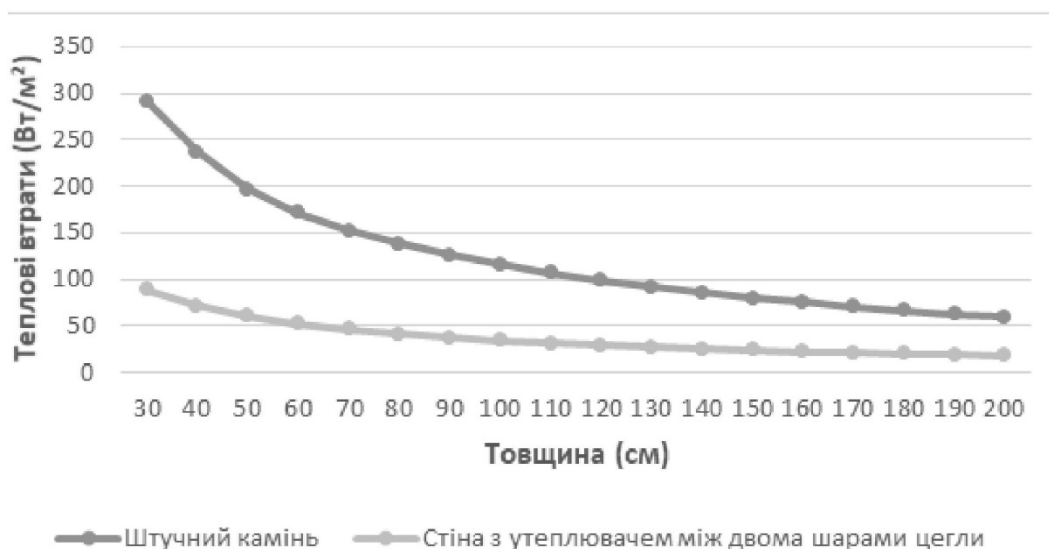


Рисунок 6.2 – Залежність тепловтрат від товщини стінової конструкції

6.2. Скловата

Скловата є теплоізоляційним матеріалом, що виробляється з відходів скляної промисловості. У процесі виготовлення при температурі +1450 °С із суміші кварцового піску та битого скла формується волокниста структура. Під дією високої температури розплав витягується у тонкі нитки, з яких і утворюється утеплювач. Отриманий матеріал має волокна товщиною від 5 до 15 мк та довжиною від 15 до 50 мм.

Завдяки такій структурі скловата характеризується високою пружністю та достатньою механічною міцністю. Волокниста будова дозволяє матеріалу зберігати форму після деформацій. Разом з тим робота зі скловатаю потребує підвищеної обережності. Крихкі скляні нитки легко ламаються та можуть потрапляти на шкіру або в очі. Це здатне викликати подразнення або механічні ушкодження. При вдиханні дрібнодисперсного скляного пилу існує ризик ураження дихальних шляхів і легенів.



Рисунок 6.3 – Скловата

Скловата має певні фізико-технічні показники, що визначають її сферу застосування. Коефіцієнт теплопровідності матеріалу становить 0,03...0,052 Вт/(м·К), що забезпечує ефективне зменшення тепловтрат. Допустима температура нагрівання сягає до 500 °С, що дозволяє використовувати утеплювач у конструкціях з підвищеними температурними впливами.

До основних переваг скловати належить її підвищена пружність. Матеріал допускає ущільнення під час транспортування до чотирьох раз, після чого легко відновлює початкову форму. Скловата відзначається низькою гігроскопічністю, що зменшує негативний вплив вологи. Вона забезпечує надійну тепло- та звукоізоляцію огорожувальних конструкцій. Матеріал не є жаронебезпечним та зберігає стабільність при високих температурах. Скловата не схильна до процесів гниття та утворення плісняви. Вартість 1 м² утеплювача при необхідній товщині шару 180 мм становить 570 грн, що робить її економічно доступною.

Поряд з перевагами скловата має і низку недоліків. Термін її експлуатації є відносно невеликим. Мінімальний строк служби складає 7 років, що обмежує довготривале використання. Матеріал містить формальдегідні сполуки, які можуть негативно впливати на здоров'я. Під час монтажу необхідне застосування спеціальних засобів індивідуального захисту. Роботи зі скловатою вимагають посиленних заходів безпеки. Також існує ризик усадки утеплювача в

процесі експлуатації, що може знижувати теплоізоляційні властивості конструкції.

6.3. Шлаковата (мінеральна вата)

Шлаковата (мінеральна вата) належить до теплоізоляційних матеріалів мінерального походження. Вона виготовляється з доменних шлаків, що утворюються як побічний продукт металургійного виробництва. У процесі виготовлення розплавлена маса перетворюється у волокнисту структуру. Отримані волокна мають товщину 4...12 мікрон, а їх довжина складає 16 мм.

На рисунку 6.4 наведено загальний вигляд шлаковати як теплоізоляційного матеріалу. Ілюстрація відображає волокнисту структуру та характерне забарвлення матеріалу. Візуальні ознаки також свідчать про підвищену пористість.



Рисунок 6.4 – Шлаковата

Структура матеріалу визначає його основні експлуатаційні властивості. Шлаковата характеризується достатньою м'якістю та пористістю. Разом з тим доменні шлаки мають таку особливість, як залишкова кислотність. Ця

властивість негативно впливає на сумісність матеріалу з металевими елементами. В умовах підвищеної вологості можливе агресивне хімічне середовище. Таке середовище здатне викликати корозійні процеси на металевих поверхнях.

Особливо небезпечним є використання шлаковати у сирих або недостатньо вентильованих приміщеннях. За наявності вологи кислотні залишки активізуються. Це призводить до поступового руйнування металевих конструкцій. Тому застосування шлаковати поблизу сталевих елементів вимагає додаткового захисту. У багатьох випадках такий захист є економічно недоцільним.

Ще однією суттєвою особливістю матеріалу є його висока здатність до водопоглинання. Шлаковата інтенсивно вбирає воду з навколишнього середовища. Навіть короткочасний контакт з вологою знижує її теплоізоляційні властивості. Накопичення вологи призводить до збільшення теплопровідності шару. У зв'язку з цим матеріал є непридатним для теплоізоляції фасадів будівель.

Застосування шлаковати обмежується внутрішніми сухими приміщеннями. Навіть у таких умовах необхідне ретельне дотримання технології монтажу. Порушення умов експлуатації швидко призводить до втрати ефективності утеплення. Це істотно зменшує довговічність теплоізоляційного шару.

Економічний показник шлаковати є одним з її небагатьох переваг. Ціна 1 м² утеплювача при необхідною товщині шару 200 мм складає 460 грн. Низька вартість робить матеріал привабливим з фінансової точки зору. Проте економія на утеплювачі може призвести до зростання експлуатаційних витрат.

До основних технічних характеристик шлаковати належить коефіцієнт теплопровідності. Його значення знаходиться в межах 0,46...0,48 Вт/(м·К). Такий показник є значно гіршим порівняно з сучасними теплоізоляційними матеріалами. Це знижує ефективність використання шлаковати в огорожувальних конструкціях.

Гранично допустима температура нагрівання матеріалу становить до 300 °С. При перевищенні цього температурного рівня відбувається спікання

волокон. У результаті структура матеріалу руйнується. Після цього шлаковата перестає виконувати функцію теплоізоляції.

Висока гігроскопічність є однією з основних експлуатаційних вад матеріалу. Вона значно обмежує сферу застосування шлаковати. У сучасному будівництві цей утеплювач використовується все рідше. Його поступово витісняють ефективніші та стабільніші теплоізоляційні матеріали.

6.4. Кам'яна вата (мінеральна вата)

Кам'яна вата (мінеральна вата) належить до групи волокнистих теплоізоляційних матеріалів мінерального походження. За геометричними параметрами її волокна є близькими до волокон шлаковати. Розміри волокнистих елементів забезпечують формування пористої структури матеріалу. Разом з тим кам'яна вата має суттєву конструктивну відмінність.

Основною перевагою цього виду утеплювача є відсутність колючих властивостей волокон. Завдяки цьому процес монтажу є значно безпечнішим. Робота з кам'яною ватою не супроводжується подразненням шкіри. Також зменшується ризик механічних ушкоджень органів зору. Порівняно зі скловатою та шлаковатою умови праці є значно комфортнішими.

Кам'яна вата характеризується стабільними теплотехнічними показниками. Її коефіцієнт теплопровідності знаходиться в межах $0,077...0,12$ Вт/(м·К). Такий показник дозволяє ефективно обмежувати теплові втрати через огорожувальні конструкції. Матеріал здатний зберігати теплоізоляційні властивості протягом тривалого часу.

Важливою експлуатаційною характеристикою є термостійкість кам'яної вати. Матеріал допускає нагрівання до 700 °С без втрати структурної цілісності. Це дає можливість використовувати його в умовах підвищених температур. Кам'яна вата може застосовуватися поблизу джерел тепла. Вона не підтримує горіння та не поширює полум'я.

На рисунку 6.5 представлено зовнішній вигляд кам'яної вати, як мінерального утеплювача – рисунок демонструє характерну волокнисту структуру матеріалу. Також відображено однорідність теплоізоляційного шару.



Рисунок 6.5 – Кам'яна вата (мінеральна вата)

Серед різновидів кам'яної вати найкращими експлуатаційними параметрами вирізняється базальтова вата. Вона виготовляється за технологією, подібною до виробництва звичайної кам'яної вати. Основною сировиною є природні гірські породи. Разом з тим у складі кам'яної вати можуть бути присутні доменні шлаки.

До компонентів шихти входять мінеральні добавки. Серед них використовуються глина, вапняк та доломіт. Ці складові формують необхідні фізико-механічні властивості матеріалу. Важливою особливістю є зменшений вміст сполучного компонента.

Кількість формальдегідної смоли у складі кам'яної вати становить від 2,5 до 10 %. Зменшення частки цього компонента позитивно впливає на експлуатаційні показники. Матеріал стає менш вологостійким. Водночас знижується ймовірність виділення фенольних сполук.

Зменшення випаровування фенолу сприяє покращенню санітарно-гігієнічних характеристик. Ризик негативного впливу на здоров'я людини істотно знижується. Це особливо важливо при застосуванні утеплювача у житлових будівлях. Матеріал відповідає сучасним вимогам екологічної безпеки.

Економічні показники кам'яної вати також мають практичне значення. Ціна 1 м² утеплювача за необхідної товщини шару 180 мм складає 540 грн. Такий рівень вартості забезпечує оптимальне співвідношення ціни та якості. Матеріал є конкурентоспроможним серед інших мінеральних утеплювачів.

Завдяки поєднанню теплотехнічних, експлуатаційних та екологічних характеристик кам'яна вата широко використовується у будівництві. Вона застосовується для утеплення стін, перекриттів і покрівель. Стабільність властивостей забезпечує надійність теплоізоляційних систем. Кам'яна вата залишається одним з найбільш універсальних мінеральних утеплювачів.

6.5. Базальтова вата (мінеральна вата)

Базальтова вата (мінеральна вата) відрізняється від інших різновидів мінеральних утеплювачів відсутністю додаткових домішок у складі. Матеріал виготовляється виключно з природної базальтової сировини. Завдяки цьому базальтова вата характеризується підвищеною термостійкістю. Вона здатна без втрати властивостей витримувати нагрівання до 1000 °С.

Як звичайна кам'яна вата, так і базальтова різновид не підтримують процес горіння. При впливі температур, що перевищують допустимі значення, матеріал не займається. У таких умовах відбувається лише плавлення волокон. Волокнисті елементи поступово спікаються між собою. Це свідчить про високу вогнестійкість мінеральних утеплювачів.



Рисунок 6.6 – Вата із базальту (*мінеральна вата*)

Негорючі властивості базальтової вати дозволяють застосовувати її в пожежонебезпечних зонах. Матеріал використовується поблизу джерел підвищеного теплового навантаження. Такі характеристики роблять базальтову вату ефективним елементом протипожежного захисту. Водночас термічна стабільність сприяє збереженню геометричної форми утеплювача.

Поряд з технічними перевагами мінеральних ват існує питання їх впливу на здоров'я людини. Сучасні дослідження будівельних матеріалів все частіше містять застереження щодо безпечності мінеральної вати. У наукових публікаціях наводяться дані про потенційні ризики її використання. Ці зауваження стосуються насамперед житлових приміщень.

Мінеральні утеплювачі можуть містити у своєму складі небезпечні компоненти. До них належать мінеральні волокна та зв'язуючі смоли. Під час експлуатації або монтажу можливе виділення шкідливих речовин. Їх вплив на організм людини оцінюється як негативний.

Особливо чутливими до дії мінеральної вати є органи дихання. Дрібні волокна можуть потрапляти в легені при вдиханні. Також можливе подразнення шкірних покривів. Контакт з матеріалом може викликати почервоніння та свербіж. Небезпечним є і потрапляння волокон в очі.

З огляду на ці фактори закордонні будівельні корпорації поступово обмежують застосування мінеральної вати. У житловому будівництві такі матеріали використовуються дедалі рідше. Перевага надається альтернативним утеплювачам з покращеними екологічними показниками. Це пов'язано з посиленням вимог до безпеки внутрішнього середовища будівель.

Окрему увагу приділяють наявності фенолу у складі мінеральної вати. Фенольні сполуки здатні легко проникати через шкіру людини. Після потрапляння в організм вони починають чинити токсичний вплив. Навіть у відносно малій кількості феноли можуть викликати негативні симптоми.

До таких проявів належать головний біль, кашель та загальна слабкість. Такі симптоми часто виникають при тривалому контакті з матеріалом. У випадку підвищених концентрацій можливі серйозніші наслідки. Наукові дослідження вказують на ризик непритомності та судом.

Таким чином, базальтова вата поєднує високі вогнестійкі характеристики з потенційними санітарно-гігієнічними ризиками. Її використання потребує обґрунтованого підходу. Особливу увагу слід приділяти умовам експлуатації та вентиляції приміщень. Комплексна оцінка властивостей матеріалу є необхідною при виборі утеплювача для житлових будівель.

6.6. Пінополіуретан

Пінополіуретан є сучасним теплоізоляційним матеріалом, принцип дії якого ґрунтується на властивостях повітря як теплоізолятора. В основі виробництва лежить хімічна взаємодія двох компонентів – ізоціанату та поліолу. Результатом реакції є утворення матеріалу, що складається з мікроскопічних капсул,

заповнених повітрям. Ці мікрокапсули забезпечують високу теплоізоляційну ефективність та малу теплопровідність матеріалу.

На рисунку 6.7 показано загальний вигляд пінополіуретану як теплоізоляційного шару. Ілюстрація демонструє однорідну структуру матеріалу та пористу будову. Такі властивості визначають його здатність заповнювати порожнечі та тріщини в конструкціях.



Рисунок 6.7 – Пінополіуретан

Технологічно пінополіуретан можна виготовляти двома основними способами: заливанням та напиленням. Метод заливання дозволяє отримати монолітні форми утеплювача. Реакція ізоціонату та поліолу відбувається без доступу повітря. Вихідний матеріал у вигляді однорідної струмені заливають у форму. Протягом 30 секунд спінений пінополіуретан заповнює весь обсяг форми, приймаючи її контури. Така технологія економить час і забезпечує можливість створення будь-якої конфігурації матеріалу з ідеальним рельєфом.

Метод напилення нагадує роботу фарбопульта. З нього під тиском виходить дрібнодисперсна аерозольна маса, що складається з компонентів пінополіуретану. Напилюючи матеріал на оброблювану поверхню, вже через 1-3 секунди маса спінюється та значно збільшується в об'ємі. Це дозволяє

заповнити порожнечі, тріщини та нерівності на поверхні. Компоненти подаються у строго визначених пропорціях для забезпечення якісного спінювання.

Технологія наплення має численні переваги. Вона дозволяє уникнути залучення великого транспорту та витрат на вантажно-розвантажувальні роботи, оскільки процес виконується безпосередньо на місці монтажу. Матеріалом можна обробити навіть найскладніші поверхні з обмеженим доступом. Час створення теплоізоляційного шару значно скорочується, що забезпечує економію ресурсів. Відсутність швів на покритті підвищує ефективність теплоізоляції та зменшує ризик пошкодження на стиках.

Пінополіуретан може бути наповнювачем для сендвіч-панель. Стінова сендвіч-панель – це тришарова конструкція, яка виготовлена з двох металевих листів і теплоізолюючого наповнювача. На рис. 6.8 представлена стінова сендвіч-панель із пінополіуретановим наповнювачем – сировина Німеччина, Нідерланди (DOW, HUNTSMAN).

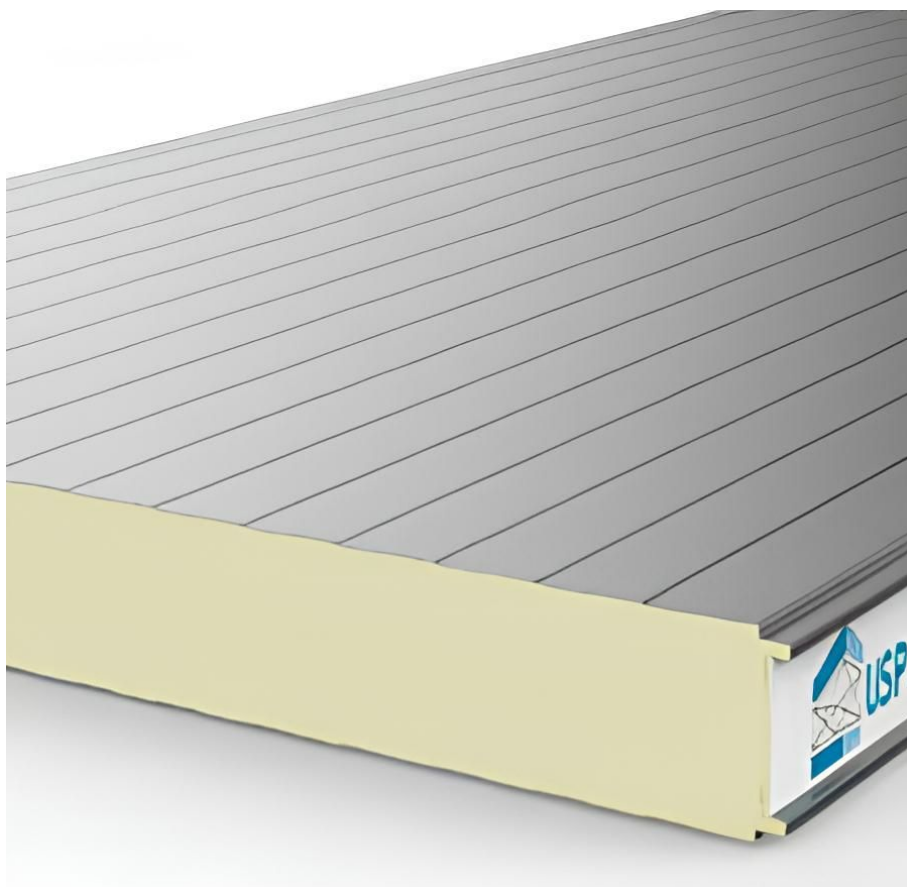


Рисунок 6.8 – Пінополіуретан

Вартість утеплювача для утеплення 1 м² при товщині шару 100 мм становить 1000 грн. Це дозволяє оцінити економічну доцільність використання пінополіуретану в будівництві.

Основні переваги пінополіуретанових утеплювачів:

- низький коефіцієнт теплопровідності – 0,023...0,032 Вт/(м·К);
- тривалий термін служби без періодичного ремонту – мінімальний строк експлуатації складає 30 років, при цьому матеріал не розтріскується і не деформується;
- стійкість до процесів гниття та біологічного розкладання;
- високий рівень адгезії до будь-яких поверхонь, що дозволяє обійтися без додаткових клеючих засобів або кріплення;
- швидкість виконання робіт, що економить час;
- нетоксичність матеріалу;
- важкогорючість завдяки введенню антипіренів – пінополіуретан не підтримує горіння та не займається самостійно, при відкритому полум'ї волокна лише плавляться;
- можливість використання замість пароізоляційної плівки.

Недоліки пінополіуретану також необхідно враховувати. Матеріал чутливий до ультрафіолетового випромінювання. При використанні на зовнішніх конструкціях необхідне покриття для захисту від сонячного світла. Вибір виробника є критично важливим, оскільки неякісний пінополіуретан може становити загрозу для здоров'я людини. Недотримання технології нанесення або використання низькоякісного матеріалу здатне призвести до втрати теплоізоляційних властивостей та погіршення експлуатаційних характеристик.

Завдяки поєднанню високих теплоізоляційних властивостей, стійкості до впливу вологи та швидкості монтажу, пінополіуретан залишається одним з найбільш ефективних сучасних утеплювачів для житлових, комерційних і промислових будівель. Він забезпечує надійний захист від тепловтрат, економію енергоресурсів та довговічність конструкцій.

6.7. Ековата

Ековата – це різновид целюлозного утеплювача, який виробляється на основі вторинної переробки паперу та картону. Матеріал має розсипчасту консистенцію і сірий колір, що характерно для целюлозних продуктів переробки. Його основне призначення – тепло- та звукоізоляція будівельних конструкцій будь-якого типу.

Склад ековати включає кілька компонентів:

- близько 80 % маси припадає на вторинну целюлозу, яка є основним структурним елементом і визначає механічні властивості утеплювача;
- 12 % становить борна кислота, яка виконує функцію антисептика, запобігає утворенню грибків та перешкоджає розмноженню бактерій на поверхні матеріалу;
- тетраборат натрію в обсязі 8 % відіграє роль ефективного антипірену, зменшуючи горючість ековати та підвищуючи її вогнестійкість.



Рисунок 6.9 – Ековата

Позитивні властивості ековати проявляються у кількох аспектах:

- ❖ високий рівень звукоізоляції: при товщині шару 15 мм матеріал поглинає до 9 дБ звуку, що робить його популярним для приміщень з підвищеними

акустичними вимогами, таких як аеропорти, музичні студії, спортивні арени та концертні зали;

❖ добрі теплоізоляційні характеристики: коефіцієнт теплопровідності варіюється від 0,037 до 0,042 Вт/(м·К), що забезпечує ефективне збереження тепла в приміщеннях;

❖ матеріал економічний у використанні: для утеплення стандартного житлового приміщення достатньо невеликої кількості ековати, що дозволяє зменшити витрати на утеплення;

❖ відсутність токсичних або шкідливих компонентів у складі робить його безпечним для людей та тварин, не провокує алергічних реакцій і не шкодить шкірним покривам;

❖ зручність монтажу: ековату легко задувати у важкодоступні місця, що забезпечує рівномірне заповнення конструкцій без утворення щілин;

❖ безшовність шару дозволяє уникнути тепловтрат у зимовий період та зменшити витрати на опалення приблизно на 10–15 %;

❖ матеріал не підтримує горіння, не самозаймається і стійкий до виникнення відкритого полум'я;

❖ вартість 1 м² утеплювача при необхідній товщині шару 170 мм становить 300 грн, що робить його економічно привабливим рішенням для приватних та комерційних будівель.

Недоліки ековати обумовлені фізико-хімічними властивостями матеріалу та умовами експлуатації:

➤ з часом теплоізоляційні властивості зменшуються, оскільки ековата осідає до 20 % від початкового обсягу. Щоб уникнути утворення порожнин, утеплювач слід укладати з надлишком 20-25 %, що дозволить компенсувати усадку в подальшому;

➤ матеріал поглинає вологу в межах 9-15 %. При підвищенні вологості на 1 % зростає теплопровідність на 1-2,5 %, тому шар утеплювача необхідно виконати добре вентиляванним, забезпечуючи можливість випаровування надлишкової вологи;

- для монтажу ековати необхідне спеціальне обладнання, яке використовується як при сухому, так і при вологому способі нанесення, що підвищує трудомісткість робіт;
- для забезпечення правильного монтажу та запобігання зниження теплоізоляційних характеристик слід залучати кваліфікованих фахівців;
- при сухому способі нанесення матеріал утворює пил, який може негативно впливати на дихальні шляхи, а при вологому нанесенні ековата висихає тривалий час;
- швидкість висихання залежить від товщини шару та погодних умов: в середньому відбувається протягом 48-72 годин, у деяких випадках процес може тривати більше 3 діб;
- при утепленні вертикальних конструкцій існує ризик утворення порожнин, якщо матеріал осів, що потребує ретельного контролю товщини шару та ущільнення;
- підвищена чутливість до атмосферних умов вимагає проведення монтажних робіт у суху погоду, а вологий клімат може збільшити час висихання та погіршити теплоізоляційні характеристики.

6.8. Загальний аналіз

У таблиці 6.2 наведено усі основні характеристики розглянутих в роботі утеплювачів (скловата, шлаковата, кам'яна вата, пінополіуретан, ековата).

Згідно з наданою порівняльною таблицею (табл. 6.2), проведено комплексний аналіз фізико-механічних та експлуатаційних характеристик п'яти поширених видів теплоізоляційних матеріалів: скловати, шлаковати, кам'яної вати, пінополіуретану та ековати. В основу порівняння покладено критерії енергоефективності, довговічності, екологічної безпеки, стійкості до зовнішніх факторів та економічної доцільності.

Таблиця 6.2 – Властивості і технічні характеристики утеплювачів

Властивості	Утеплювачі				
	Скловата	Шлаковата	Кам'яна вата	Пінополіуретан	Ековата
Пожежонебезпека	Ні	Ні	Ні	Ні	Ні
Екологічність	Ні	Ні	Ні	Так	Так
Схильність до гниття	Ні	Ні	Ні	Ні	Ні
Гідрофобність	Гарна	Гарна	Низька	Низька	Низька
Герметичність	Середня	Середня	Середня	Відмінна	Відмінна
Мінімальний термін служби	7	20	20	30	30
Коефіцієнт теплопровідності, Вт/(м·К)	0,03...0,052	0,46...0,48	0,077...0,12	0,023...0,032	0,037...0,042
Ризик усадки	Є	Є	Є	Ні	Є
Гігроскопічність	Так	Так	Ні	Ні	Ні
Гранично допустима температура нагрівання, °С	500	300	700	500	1000
Тепло- і звукоізоляція	Відмінна	Відмінна	Відмінна	Відмінна	Відмінна
Ціна 1м ² утеплювача за необхідної товщині шару (грн)	570	460	540	1000	300

Першочерговим критерієм оцінки будь-якого ізолятора є коефіцієнт теплопровідності. Найвищу термодинамічну ефективність демонструє пінополіуретан із показником у діапазоні 0,023 ... 0,032 Вт/(м·К), що дозволяє забезпечити максимальне збереження теплової енергії при мінімальній товщині шару. Ековата та скловата займають проміжну позицію з показниками 0,037 ... 0,042 Вт/(м·К) та 0,03 ... 0,052 Вт/(м·К) відповідно. Натомість шлаковата характеризується критично низькою ізоляційною здатністю (коефіцієнт 0,46 ... 0,48 Вт/(м·К), що робить її найменш привабливим варіантом з точки зору енергозбереження.

Важливим аспектом експлуатації є термін служби матеріалів. Аналіз даних вказує на суттєву перевагу полімерних та целюлозних матеріалів (пінополіуретан та ековата), мінімальний ресурс яких становить 30 років. Мінеральні аналоги, такі як шлаковата та кам'яна вата, мають обмежений термін експлуатації до 20 років. Аутсайдером за цим параметром є скловата, деградація якої може розпочатися вже через 7 років, що неминуче призведе до потреби у передчасному ремонті огорожувальних конструкцій.

З точки зору гігроскопічних властивостей, спостерігається чітка диференціація. Скловата та шлаковата схильні до поглинання вологи з повітря, що є негативним фактором, оскільки зволоження утеплювача різко підвищує його теплопровідність. Кам'яна вата, пінополіуретан та ековата позбавлені цього недоліку, демонструючи стійкість до сорбції вологи. При цьому парадоксальним виглядає параметр гідрофобності: у "зеленій" зоні таблиці для найкращих матеріалів зазначена "низька" гідрофобність, що в контексті даної матриці, ймовірно, слід трактувати як низьку здатність до насичення водою або специфіку термінології джерела.

Механічна стабільність утеплювача визначається ризиком усадки. Пінополіуретан є єдиним матеріалом у вибірці, який не піддається усадці, що гарантує відсутність "містків холоду" протягом усього періоду експлуатації. Всі інші розглянуті матеріали, включаючи ековату та мінеральні вати, мають схильність до зміни об'єму, що вимагає особливої уваги при монтажі для запобігання утворенню порожнин.

Окремої уваги заслуговують показники екологічності та безпеки. Згідно з наведеними даними, лише пінополіуретан та ековата класифікуються як екологічно чисті матеріали. Незважаючи на те, що всі п'ять зразків марковані як пожежонебезпечні (ймовірно, мається на увазі відсутність небезпеки, оскільки стоїть статус "Ні"), їхня термічна стійкість суттєво різниться. Ековата демонструє рекордну гранично допустиму температуру нагрівання до 1000 °С, тоді як шлаковата втрачає властивості вже при 300 °С.

Економічний аналіз виявляє обернену кореляцію між вартістю та сукупністю якісних характеристик для деяких зразків, проте є винятки. Пінополіуретан, маючи найкращі фізичні властивості, є найдорожчим рішенням (1000 грн/м²). Водночас ековата виступає "дисраптором" ринку в даному порівнянні: маючи високі показники екологічності, довговічності та термостійкості, вона має найнижчу вартість (300 грн/м²). Скловата та кам'яна вата знаходяться у середньому ціновому сегменті (570 та 540 грн відповідно), проте їхні експлуатаційні недоліки (усадка, менший термін служби) знижують їхню конкурентоспроможність.

Узагальнюючи дані, можна стверджувати, що з технічної точки зору беззаперечним лідером є пінополіуретан завдяки ідеальній герметичності та теплоізоляції. Однак, з позиції критерію "вартість-ефективність", ековата демонструє найкращий баланс, пропонуючи екологічність та вогнестійкість за мінімальною ціною. Вибір шлаковати виглядає технічно необґрунтованим через критично низькі показники теплоопору, а використання скловати доцільне лише як тимчасове рішення через малий термін служби.

6.9. Висновки

На підставі аналізу даних, наведених у табл. 6.2 можна чітко простежити, що практично за всіма основними показниками пінополіуретан та ековата демонструють кращі властивості порівняно з іншими видами утеплювачів. Однак при визначенні економічної доцільності використання того чи іншого матеріалу слід враховувати не лише вартість самого утеплювача, а й додаткові витрати, пов'язані з монтажем. До них входять ціна робіт з укладання, необхідні монтажні елементи, транспортні витрати, а також вартість пароізоляційних плівок та інших супутніх матеріалів, які забезпечують надійність і довговічність теплоізоляційного шару.

У разі використання ековати або інших традиційних утеплювачів виникає потреба у значних додаткових витратах, пов'язаних з транспортуванням матеріалу та його монтажем. У той же час пінополіуретан має суттєву перевагу, оскільки він одночасно виконує функцію пароізоляції. Це означає, що додатковий монтаж плівок не потрібен, а потреба у спеціальних кріпильних елементах також відпадає завдяки високому рівню адгезії матеріалу до більшості поверхонь – він надійно фіксується до бетону, дерева, металу, цегли та інших будівельних основ.

Крім того, транспортні витрати на пінополіуретан суттєво знижуються, адже з двох бочок об'ємом по 200 літрів можна отримати приблизно 10-12 м³ готового утеплювача, що в десятки разів перевищує обсяг, який можна перевезти для аналогічних за вагою і обсягом матеріалів. Важливим фактором є і швидкість проведення монтажних робіт: пінополіуретан можна наносити без додаткових підготовчих етапів, що суттєво скорочує час будівельного циклу та дозволяє оперативно завершувати утеплення великих площ.

Можна стверджувати, що з технічної точки зору беззаперечним лідером є пінополіуретан завдяки ідеальній герметичності та теплоізоляції. Однак, з позиції критерію "вартість-ефективність", ековата демонструє найкращий баланс, пропонуючи екологічність та вогнестійкість за мінімальною ціною.

Список використаної літератури

1. ДБН А.3.1-5-2016. Організація будівельного виробництва.
2. ДБН А.3.2-2-2009. Охорона праці і промислова безпека у будівництві.
3. ДБН В.1.1-7-2016. Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги.
4. ДБН В.1.1-12:2014. Будівництво в сейсмічних районах України.
5. ДБН В.1.2-2:2006. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Навантаження і впливи. Норми проектування. – К.: Мінбуд України, 2006. – 72 с.
6. ДБН В 1.2-14-2018. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель і споруд
7. ДБН В.2.1-10-2018. Основи і фундаменти будівель та споруд.
8. ДБН В.2.2-9-2018. Громадські будинки та споруди. Основні положення.
9. ДБН Б.2.2-12:2019. Планування та забудова територій.
10. ДБН В.2.2-15:2019. Будинки і споруди. Житлові будинки. Основні положення.
11. ДБН В.2.5-28:2018. Природне і штучне освітлення.
12. ДБН В.2.5-64-2012. Внутрішній водопровід і водовідведення.
13. ДБН В.2.6-31:2021. Теплова ізоляція та енергоефективність будівель.
14. ДБН В.2.6-98:2009. Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення.
15. ДБН В.2.6-161:2010. Конструкції будівель та споруд. Дерев'яні конструкції. Основні положення.
16. ДБН В.2.6-162:2010. Конструкції будівель та споруд. Кам'яні та армокам'яні конструкції. Норми проектування, виготовлення і монтажу.
17. ДБН В.2.6-163:2010. Конструкції будівель та споруд. Сталеві конструкції. Норми проектування, виготовлення і монтажу.
18. ДСТУ 3760:2019. Прокат арматурний для залізобетонних конструкцій. Загальні технічні умови. (ISO 6935-2:1991, NEQ). – К.: Держспоживстандарт України, 2007.
19. ДСТУ Б А.3.1-22:2013. Визначення тривалості будівництва об'єктів".
20. ДСТУ Н Б.В.1-27-2010. Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Будівельна кліматологія.

21. ДСТУ Б В.2.6-11. Блоки дверні металеві протиударні входні в квартири. Загальні технічні умови.
22. ДСТУ Б В.2.6-203:2015. Настанова з виконання робіт при виготовленні та монтажі будівельних конструкцій.
23. ДСТУ Б В.2.7-61-2008. Цегла і камені керамічні. Технічні умови.
24. ДСТУ Б В.2.7-215:2009 Будівельні матеріали. Бетони. Правила підбору складу.
25. ДСТУ Б В.2.7-239-2010. Будівельні матеріали. Розчини будівельні. Загальні технічні умови.
26. ДСТУ Б Д.1.1-1:2013 Правила визначення вартості будівництва.
27. ДСТУ Б Д.2.4-1/21:2012 Ресурсні елементні кошторисні норми.
28. ДСТУ 8943:2019 Труби сталеві електрозварні. Технічні умови
29. С.В. Ротко, О.А. Ужегова, І.В. Задорожнікова. Розрахунок кам'яних і армокам'яних конструкцій: Навчальний посібник / За редакцією д.т.н., проф. Барашикова А.Я. – Луцьк: РВВ ЛНТУ, 2010. – 355 с.
30. Ужегова О.А. Розрахунок і конструювання плити з круглими порожнинами. Методичні поради. – Луцьк: ЛНТУ, 2011. – 24 с.
31. Технологія будівельного виробництва: конспект лекцій для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти, освітньо-професійної програми «Будівництво та цивільна інженерія», галузі знань 19 Архітектура та будівництво, спеціальності 192 Будівництво та цивільна інженерія, денної та заочної форм навчання / уклад. О.В. Андрійчук – Луцьк: Луцький НТУ, 2020. – 68 с.
32. Технологія будівництва [текст]: Методичні вказівки до практичних робіт для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти, освітньо-професійної програми «Архітектура та містобудування», галузі знань 19 Архітектура та будівництво, спеціальності 191 Архітектура та містобудування, денної та заочної форм навчання / уклад. О.В. Андрійчук. – Луцьк: Луцький НТУ, 2020. – 36 с.
33. Кошторисні норми України. Ресурсні кошторисні норми експлуатації будівельних машин та механізмів.
34. Електронний ресурс. – Режим доступу: <https://sad.ukr.bio/ua/articles/10174/>. 26.09.2014.

Page 10

Architectural drawings showing facade elevations (Fasad 10.1 and 10.2) and structural details (Detail 10.1 and 10.2). Includes a table of material specifications.

№	Наименование	Единица измерения	Количество	Примечание
1	Бетон	м³	1000	
2	Арматура	кг	5000	

Page 11

Architectural drawings showing floor plans (План 11.1 and 11.2) and sections (Сечение 11.1 and 11.2). Includes a table of material specifications.

№	Наименование	Единица измерения	Количество	Примечание
1	Бетон	м³	1000	
2	Арматура	кг	5000	

Page 12

Architectural drawings showing floor plans (План 12.1 and 12.2) and sections (Сечение 12.1 and 12.2). Includes a table of material specifications.

№	Наименование	Единица измерения	Количество	Примечание
1	Бетон	м³	1000	
2	Арматура	кг	5000	

Page 13

Architectural drawings showing floor plans (План 13.1 and 13.2) and sections (Сечение 13.1 and 13.2). Includes a table of material specifications.

№	Наименование	Единица измерения	Количество	Примечание
1	Бетон	м³	1000	
2	Арматура	кг	5000	

Page 14

Architectural drawings showing floor plans (План 14.1 and 14.2) and sections (Сечение 14.1 and 14.2). Includes a table of material specifications.

№	Наименование	Единица измерения	Количество	Примечание
1	Бетон	м³	1000	
2	Арматура	кг	5000	

Page 15

Architectural drawings showing floor plans (План 15.1 and 15.2) and sections (Сечение 15.1 and 15.2). Includes a table of material specifications.

№	Наименование	Единица измерения	Количество	Примечание
1	Бетон	м³	1000	
2	Арматура	кг	5000	

Page 16

Architectural drawings showing floor plans (План 16.1 and 16.2) and sections (Сечение 16.1 and 16.2). Includes a table of material specifications.

№	Наименование	Единица измерения	Количество	Примечание
1	Бетон	м³	1000	
2	Арматура	кг	5000	

Page 17

Architectural drawings showing floor plans (План 17.1 and 17.2) and sections (Сечение 17.1 and 17.2). Includes a table of material specifications.

№	Наименование	Единица измерения	Количество	Примечание
1	Бетон	м³	1000	
2	Арматура	кг	5000	

Page 18

Architectural drawings showing floor plans (План 18.1 and 18.2) and sections (Сечение 18.1 and 18.2). Includes a table of material specifications.

№	Наименование	Единица измерения	Количество	Примечание
1	Бетон	м³	1000	
2	Арматура	кг	5000	

Page 19

Architectural drawings showing floor plans (План 19.1 and 19.2) and sections (Сечение 19.1 and 19.2). Includes a table of material specifications.

№	Наименование	Единица измерения	Количество	Примечание
1	Бетон	м³	1000	
2	Арматура	кг	5000	