

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМ. В. ДАЛЯ

ПОДНІГЛАЗОВ КИРИЛО ДМИТРОВИЧ

Допускається до захисту:  
в. о. завідувача кафедри будівництва,  
архітектури, геодезії та землеустрою  
канд. техн. наук, доцент  
\_\_\_\_\_ Олексій ОВЧАРЕНКО  
« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ р.

## КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**Будівництво 3-секційної 5-поверхової  
житлової будівлі з прибудовою магазину в  
м. Волноваха Донецької області**  
на здобуття освітнього ступеня магістр  
спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія»

Керівник

\_\_\_\_\_ Олексій ОВЧАРЕНКО

Дніпро, 2022

Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля

Факультет \_\_\_\_\_ аграрний \_\_\_\_\_  
Кафедра \_\_\_\_\_ будівництва, архітектури, геодезії та землеустрою \_\_\_\_\_  
Освітній рівень \_\_\_\_\_ магістр \_\_\_\_\_  
Спеціальність \_\_\_\_\_ 192 «Будівництво та цивільна інженерія» \_\_\_\_\_

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

В. о. завідувача кафедри

\_\_\_\_\_ Овчаренко О. А.

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2021 р.

**З А В Д А Н Н Я**  
**НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ**

**ПОДНІГЛАЗОВ КИРИЛО ДМИТРОВИЧ**

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Будівництво 3-секційної 5-поверхової житлової будівлі з прибудовою магазину в м. Волноваха Донецької області»

керівник роботи Овчаренко Олексій Анатолійович, к. т. н., доцент

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

затверджено наказом СНУ ім. В. Даля від «12» жовтня 2022 року № 28/14.08-ОД/423ск

2. Строк подання студентом роботи «21» листопада 2022 року

3. Вихідні дані до роботи: завдання, наукові та нормативні джерела

4. Зміст дипломної роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

Розділ 1. Архітектурна частина.

Розділ 2. Конструктивна частина.

Розділ 3. Наукова частина.

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

Розділ 1. Архітектурна частина:

Розділ 2. Конструктивна частина:

## 6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розділ 1. Архітектурна частина			
Розділ 2. Конструктивна частина			
Розділ 3. Наукова частина			

7. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Розділ 1		
2.	Розділ 2		
3.	Розділ 3		
5.	Остаточне оформлення дипломної роботи		
6.	Попередній допуск (захист) роботи на кафедрі		
7.	Направлення дипломної роботи на рецензування		

Здобувач вищої освіти \_\_\_\_\_  
( підпис )

Подніглазов К. Д.  
(прізвище та ініціали)

Керівник \_\_\_\_\_  
( підпис )

Овчаренко О. А.  
(прізвище та ініціали)

## АНОТАЦІЯ

**Подніглазов К. Д.** Будівництво 3-секційної 5-поверхової житлової будівлі з прибудовою магазину в м. Волноваха Донецької області. Спеціальність 192 «Будівництво та цивільна інженерія», освітня програма «Будівництво та цивільна інженерія». Дніпро: Луганський національний аграрний університет, 2021 рік. В Архітектурній частині кваліфікаційної роботи розроблений генеральний план, наведені об'ємно-планувальні параметри житлового будинку, зроблений теплотехнічних розрахунок захищаючих конструкцій, викладені характеристики основних конструктивних елементів будівлі. У конструктивній частині виконано розрахунок латів та прогону покрівлі. У розділі «Основи і фундаменти» для розрахованого навантаження визначена глибина закладання фундаменту з врахуванням призначення та конструктивних вимог будівлі, кліматичних факторів, існуючого і проєктного рельєфу, інженерно-геологічних і гідрогеологічних умов. Також визначений розмір підшви фундаменту. Виконаний розрахунок осідання фундаменту та його загасання в часі, розрахунок фундаменту по міцності. Третій розділ «Застосування золошлакових матеріалів» є науковою частиною в якій наведено класифікацію сировини для виготовлення основних матеріалів, для побудови будинку. Запропонований шлях економії та підвищення екологічного ефекту. Ключові слова: малоповерховий житловий будинок, енергоефективність житлових будинків, зола, золошлакові матеріали, ТЕС, екологія, вугілля, мікросфера. Загальна кількість сторінок 62, кількість таблиць 8, кількість рисунків 8, використаних джерел 24.

## ЗМІСТ

Вступ .....	6
Розділ 1. Архітектурна частина .....	8
1.1 Генеральний план.....	11
1.2 Об'ємно-планувальне рішення.....	11
1.3 Питання евакуації: шляхи евакуації, прийнятий час евакуації з приміщення .....	14
1.4 Теплотехнічний розрахунок зовнішніх огорожувальних конструкцій.....	17
1.5 Характеристика основних конструктивних елементів .....	23
1.6 Санітарно-технічне та інженерне обладнання будівлі .....	25
Розділ 2. Конструктивна частина.....	25
2.1 Вихідні данні.....	25
2.2 Визначення навантажень і зусиль.....	26
2.3 Геометричні розміри монолітної ділянки.....	27
2.4 Статичний розрахунок монолітної плити .....	27
2.5 Розрахунок монолітної плити за міцністю нормального перерізу.....	29
2.6 Розрахунок міцності поздовжніх ребер за нормальними перерізами .....	30
2.6 Розрахунок міцності поздовжніх ребер за похилими перерізами.....	30
Розділ 3. Наукова частина	
3.1 Постановка проблеми .....	32
3.2 Огляд існуючих рішень .....	33
3.3 Напрямки використання зол і шлаків ТЕС у виробництві будівельних матеріалів.....	34
3.4 Пропозиції щодо вирішення проблеми.....	42
ВИСНОВКИ.....	59
Список використаних джерел .....	61

## ВСТУП

**Актуальність теми.** В умовах повномасштабного вторгнення, питання заощадливого та енергоефективного будівництва займає одну із перспективних ланок, адже відбудова країни як і перемога - неминуча. Треба розуміти, що розбудова як результат, це не тільки житло для людей, це обов'язково і робочі місця, і екологічний ефект і в ідеалі, створення циркулярної економіки. Будівництвом можна вирішити низку питань раз і на завжди, використовуючи модель економічного розвитку, спрямовану на відновлення та раціональному споживанні ресурсів. Основа сучасної енергетики – різні типи електростанцій яких ТЕС складають близько 40%. Технологія виробництва електроенергії на ТЕС шкідлива, що пов'язано з утворенням великої кількості відходів. На них припадає понад 30% викидів шкідливих речовин від загального обсягу викидів промислових підприємств. Підвищений попит на електроенергію зумовлює підвищення обсягів їх виробництва, що спричинює збільшення кількості золошлакових відходів і викидів шкідливих речовин в атмосферу. В Україні 160 тис. га із 60 млн га загальної площі займають відвали промислових відходів, або, як їх називають, вторинні продукти виробництва. Щорічно в Україні утворюється близько 8 млн тонн золошлакових відходів, а їх зберігання супроводжується вкрай негативними наслідками для навколишнього середовища і здоров'я людини. Золошлакові відвали містять токсичні елементи, забруднюють ґрунт та підземні води, потребують відчуження великих територій. Обсяги вже накопичених відходів сягають понад 300 млн тонн і займають величезні площі земель. При цьому мало не всі золошлакові відвали українських вугільних ТЕС і ТЕЦ вже майже заповнені, тому для продовження роботи потрібні все нові і нові площі. Аналіз останніх досліджень та публікацій. Згідно з даними європейських дослідників, поховання відходів обходиться в суму близько 60 євро / тонну. Середня ТЕС витрачає близько 12–36 млн євро на рік тільки на утримання золошламосховищ.

**Мета дослідження** – розробка проєкта будівництва 3-секційної 5-поверхової житлової будівлі з прибудовою магазину в м. Волноваха Донецької області.

**Завдання дослідження:**

1. Виконати архітектурну частину;
2. Виконати розрахунок лат та прогонів;
3. Виконати розрахунок основ та фундаменту;
4. Дослідити асортимент сучасної сировини для виробництва будівельних матеріалів.
5. Підвищити економічну та екологічну ефективність побудови будинку.
6. Запропонувати шляхи впровадження підвищення ефективності виготовлення будівельних матеріалів для побудови будинку.

**Об'єкт дослідження** – сучасна сировина для виробництва будівельних матеріалів.

**Предмет дослідження** – сучасна аналітика та випробування передової сировини для виготовлення будівельних матеріалів.

**Теоретичні методи:** теоретичний аналіз і синтез, абстрагування, конкретизація, індукція та дедукція, аналогія, моделювання, порівняння, класифікація, узагальнення.

**Емпіричні методи:** спостереження. Наукова новизна отриманих результатів. Теоретичні значення результатів дослідження.

**Практичне значення отриманих результатів.** В роботі розроблений розробка проєкта будівництва Будівництво 3-секційної 5-поверхової житлової будівлі з прибудовою магазину в м. Волноваха Донецької області, який може бути використаний під час будівництва відповідних будівель.

**Структура та обсяг роботи.** Кваліфікаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків та літератури, яка містить 24 найменування. Загальний обсяг кваліфікаційної роботи – 60 сторінок, обсяг основного тексту – 60 сторінки. Робота містить 8 таблиць та 8 рисунків.

## РОЗДІЛ 1. АРХІТЕКТУРНА ЧАСТИНА

### 1.1 Генеральний план.

Проектований 5-ти поверховий 3-х секційний житловий будинок на 62 квартири розташований у м. Волноваха Донецької області.

Ділянка будівництва розташована в крайній частині кварталу, який обмежений Київським шосе з одного боку та з двох інших вулицями.

На території кварталу вже існують дві 3-х поверхові цегляні будівлі та одна 4-х поверхова блокова.

Площа ділянки 1,31га.

Таблиця 1.1 Експлікація генплану

№ поз.	Найменування	Площа, м <sup>2</sup>
1	Проектована будівля	8854,38
2	Магазин	940,67

Під час проектування генерального плану розміщення будівель виконано відповідно до вказівок норм технічного проектування і розділів ДБН 360-92\* "Планування і забудова міських і сільських поселень", дотримано протипожежних і санітарних розривів до інших будівель. Витримано інтервал мінімальних розривів.

Щодо панівних вітрів проєктована будівля розташована так, що переважаючі зимові вітри спрямовані в кут будівлі. Орієнтація основних приміщень будівлі відносно сторін світу така, що забезпечуються найбільш сприятливі умови провітрювання та інсоляції.

Рельєф ділянки спокійний. Проєкт організації рельєфу передбачає природне відведення води з території житлового будинку. В елементах благоустрою використовується асфальтове покриття для проїздів, тротуарів і асфальтобетонне для вимощень.

Таблиця 1.2 Повторюваність напрямку вітру

Місяць	с	св	в	юв	ю	юз	з	сз
Січень	11	10	11	12	9	11	20	16
Червень	18	12	8	7	5	8	18	24

Будівництво житлового будинку планується здійснити в одну чергу разом з інженерними мережами та благоустроєм.

Під час проектування генерального плану максимально збережено зелені насадження, організовано вивезення та збереження рослинного шару ґрунту. На будівельній ділянці передбачено видалення будівельного сміття.

Проєктом передбачається озеленення всієї території, відведеної під будівництво, посадкою дерев і чагарників різних порід, підібраних з

урахуванням виключення виділення під час цвітіння пластівців і волокнистих речовин.

Передбачено влаштування газону з посівом трав на всій території.

Територією ділянки проходять автомобільні дороги, які забезпечують під'їзд до всіх будівель. Розриви між проєктованими та існуючими будівлями відповідають нормам.

Техніко-економічні показники генерального плану представлені в табличній формі.

### **Вертикальне планування.**

#### **1. визначення "чорних" відміток.**

Попередньо пронумерувавши кути будівлі, методом інтерполяції визначаємо позначки.

Вони складуть:

$$H_1^ч = 86,50м$$

$$H_2^ч = 86,62м$$

$$H_3^ч = 86,54м$$

$$H_4^ч = 86,66м$$

$$H_5^ч = 86,82м$$

$$H_6^ч = 87,43м$$

$$H_7^ч = 8,50м$$

$$H_8^ч = 86,85м$$

$$H_9^ч = 86,86м$$

$$H_{10}^ч = 86,83м$$

$$H_{11}^ч = 86,80м$$

$$H_{12}^ч = 86,71м$$

$$H_{13}^ч = 86,67м$$

*1 Визначення середньопланувальної відмітки.*

*Визначаємо середньопланувальну відмітку за формулою:*

$$H_{cp} = \frac{\sum H_{nl}}{n},$$

де n- кількість кутів будівлі.

$$\begin{aligned} H_{ср.пл.} = & (86,5+86,62+86,54+86,66+86,82+87,42+87,5+86,85+86,86+86,83+86,8+86,71 \\ & + \\ & +86,67)/13 = 86,83м. \end{aligned}$$

*1. 1 Визначення червоної позначки рівня чистої підлоги.*

$$H_{0,000} = H_{ср.пл.} + h_{цок.ср.} = 86,83+0,8 = 87,63м,$$

де  $h_{цок.ср.} = 0,8$  м - приймаємо усереднену висоту цоколя для будівлі з несучими стінами.

## 2 Визначення проектної позначки найвищого кута будівлі.

Найвищою точкою будівлі на генплані є кут 35. Прийmemo в 35-му куті висоту цоколя, що дорівнює 1,29 м. Тоді  $H_7^{\text{кр.}} = 87,63 - 1,29 = 86,34\text{м}$ .

## 2 Визначення червоних відміток інших кутів будівлі.

Попередньо прийmemo ухил вимощення вздовж будівлі  $i = 0,002$ .

$$H_6^{\text{кр.}} = H_7^{\text{кр.}} - i \cdot l_{6-7} = 86,34 - 0,002 \cdot 11,7 = 86,32 \text{ м}$$

$$H_5^{\text{кр.}} = H_6^{\text{кр.}} - i \cdot l_{5-6} = 86,32 - 0,002 \cdot 187,8 = 85,94\text{м}$$

$$H_4^{\text{кр.}} = H_5^{\text{кр.}} - i \cdot l_{4-5} = 85,94 - 0,002 \cdot 16,4 = 85,91\text{м}$$

$$H_3^{\text{кр.}} = H_4^{\text{кр.}} - i \cdot l_{3-4} = 85,91 - 0,002 \cdot 13,9 = 85,88\text{м}$$

$$H_2^{\text{кр.}} = H_3^{\text{кр.}} + i \cdot l_{2-3} = 85,88 + 0,002 \cdot 3,6 = 85,89\text{м}$$

$$H_1^{\text{кр.}} = H_2^{\text{кр.}} - i \cdot l_{1-2} = 85,89 - 0,002 \cdot 16,4 = 85,85\text{м}$$

$$H_{13}^{\text{кр.}} = H_1^{\text{кр.}} + i \cdot l_{1-13} = 85,85 + 0,002 \cdot 19,4 = 85,89\text{м}$$

$$H_{12}^{\text{кр.}} = H_{13}^{\text{кр.}} + i \cdot l_{12-13} = 85,89 + 0,002 \cdot 4,9 = 85,90\text{м}$$

$$H_{11}^{\text{кр.}} = H_{12}^{\text{кр.}} + i \cdot l_{11-12} = 85,90 + 0,002 \cdot 8,2 = 85,92\text{м}$$

$$H_{10}^{\text{кр.}} = H_{11}^{\text{кр.}} + i \cdot l_{10-11} = 85,92 + 0,002 \cdot 3,4 = 85,93\text{м}$$

$$H_9^{\text{кр.}} = H_{10}^{\text{кр.}} + i \cdot l_{9-10} = 85,93 + 0,002 \cdot 6,3 = 85,94\text{м}$$

$$H_8^{\text{кр.}} = H_9^{\text{кр.}} - i \cdot l_{8-9} = 85,94 - 0,002 \cdot 1,9 = 85,94\text{м}$$

Перевірка:

$$H_7^{\text{кр.}} = H_8^{\text{кр.}} + i \cdot l_{7-8} = 85,94 + 0,002 \cdot 77,9 = 86,34\text{м}.$$

Результат збігся, отже, розрахунок відміток виконано безпомилково.

## 2. Розрахунок відносних відміток.

$$h_1 = 85,85 - 87,63 = -1,78\text{м}$$

$$h_2 = 85,89 - 87,63 = -1,74\text{м}$$

$$h_3 = 85,88 - 87,63 = -1,75\text{м}$$

$$h_4 = 85,91 - 87,63 = -1,72\text{м}$$

$$h_5 = 85,94 - 87,63 = -1,69\text{м}$$

$$h_6 = 86,32 - 87,63 = -1,31\text{м}$$

$$h_7 = 86,34 - 87,63 = -1,29\text{м}$$

$$h_8 = 85,94 - 87,63 = -1,69\text{м}$$

$$h_9 = 85,94 - 87,63 = -1,69\text{м}$$

$$h_{10} = 85,93 - 87,63 = -1,70\text{м}$$

$$h_{11} = 85,92 - 87,63 = -1,71\text{м}$$

$$h_{12} = 85,90 - 87,63 = -1,73\text{м}$$

$$h_{13} = 85,89 - 87,63 = -1,74\text{м}$$

## 3. Винесення відміток на генплан і фасади.

## **1.2 Об'ємно-планувальне рішення.**

Запроектовано 5-ти поверховий 3-х секційний житловий будинок з прибудовою магазину за типовим проектом у монолітному виконанні за технологією "Ізоборд" на 62 квартири. У тому числі:

- 1 кімнатних 10 або 16%;
- 2-х кімнатних 28 або 45%;
- 3-х кімнатних 20 або 32%;
- 4-х кімнатних 4 або 7%.

Будівля має складну в плані форму; запроектована з підвальним технічним поверхом, а також має горищне приміщення. Розміри в осях 1-44 - 98,8м; в осях А-Р - 30,1м; в осях Д-П - 15,62м; будівля має рамну схему.

Кожна секція має незадимлювану сходову клітку з вентиляційними шахтами і один вантажопасажирський ліфт, вантажопідйомністю 400 кг, що виходить у ліфтовий хол, відокремлений від коридорів перегородками з дверима.

Квартири запроектовані відповідно до вимог ДСТУ.

У квартирах передбачено розташування як роздільних, так і спільних санвузлів. Запроектовано кухні та ванні кімнати зі збільшеними розмірами.

Будинок обладнаний трьома роздільними входами, що виходять у двір, по одному на кожен секцію, через які мешканці потрапляють на перший поверх. Висота поверху 30,8 м від підлоги до підлоги.

Вода до будівлі надходить через центральний водопровід мікрорайону, каналізація приєднана до центральної каналізаційної мережі міста так само як і всі інші інженерні мережі будівлі.

Характеристики будівлі:

Ступінь довговічності - II

Ступінь вогнестійкості - I

Клас будівлі - II

Орієнтація - меридіональна.

Будівля має прибудову магазину, виконану також у монолітному виконанні за технологією "Ізоборд"; має один основний та 3-и додаткові входи; висота магазину від підлоги до стелі становить 4,275м. Магазин має торгову площу 384,68м<sup>2</sup> та обладнаний 2-ма санвузлами.

## **1.3 Питання евакуації: шляхи евакуації, прийнятий час евакуації з приміщення.**

Перекриття та покриття, сходові марші - монолітні залізобетонні. Евакуація здійснюється незадимлюваними сходами 2-го типу з підпором повітря. Сходи забезпечені природним освітленням через вікна в зовнішніх стінах. Секції відокремлені одна від одної протипожежними стінами. Ліфтові холи відокремлені від поверхових коридорів вогнетривкими перегородками з

дверима з притворами. У будівлі передбачено димовидалення з коридорів на кожному поверсі відповідно до СНиП 2.04.05-86 і пожежні крани. Коридор розділений протипожежними перегородками.

Сходи виходять на покрівлю. Між маршами сходів передбачають зазор завширшки не менше 10 мм. На горищах будівлі передбачено виходи на покрівлю, обладнані стаціонарними сходами.

На покрівлі передбачено блискавкозахист.

Евакуаційним виходом є вихід першого поверху назовні безпосередньо через вестибюль.

Необхідний час евакуації від дверей найвіддаленішого приміщення до виходу назовні або до найближчої сходової клітки приймається 1 хв.

Експлікація приміщень представлена в табличній формі (див. аркуш 2 графічної частини).

Таблиця 1.2 Техніко-економічні показники будівлі.

№ п/п	Найменування	Од. вим.	Кіл-сть
1	Житлова площа	м <sup>2</sup>	2078,5
2	Підсобна площа	м <sup>2</sup>	3609,92
3	Загальна площа	м <sup>2</sup>	5688,42
4	Площа забудови	м <sup>2</sup>	8854,38
5	Висота будівлі	м	20,4
6	Будівельний об'єм	м <sup>3</sup>	135741,63
7	Планувальний коефіцієнт к1		0,37
8	Коефіцієнт ефективності використання об'єму к2		23,8

#### 1.4 Теплотехнічний розрахунок зовнішніх огорожувальних конструкцій

Вихідні дані:

1. Враховуємо температурно-вологісний режим приміщень житлового будинку:

тпов. = +18°C

Вологісний режим у приміщеннях - нормальний ( $\phi = 55\%$ ).

2. Умови експлуатації огорожувальних конструкцій з урахуванням нормального режиму приміщень і зони вологості (нормальна) - Б.

3. Значення теплотехнічних показників і коефіцієнтів у розрахункових формулах такі:

- як розрахункову температуру зовнішнього повітря візьмемо температуру найхолоднішої доби, попередньо задавшись значенням теплової інерції в межах від 4 до 7. Для умов Донецької області вона складе відповідно до СНиП 2.01.01-82:

$t_n = (-26 - (-22))/2 = -24^\circ\text{C}$ , де  $-26^\circ\text{C}$  і  $-22^\circ\text{C}$  відповідно розрахункові температури найхолоднішої доби і найхолоднішої п'ятиденки;

- коефіцієнти тепловіддачі відповідно внутрішньої і зовнішньої поверхні огорожень  $\alpha_v = 8,7 \text{ Вт/м}^2\text{°C}$ ;  $\alpha_n = 23 \text{ Вт/м}^2\text{°C}$ ; коефіцієнт положення конструкції  $n = 1$ ; температура точки роси  $t_{т.р.} = 8,83^\circ\text{C}$ .

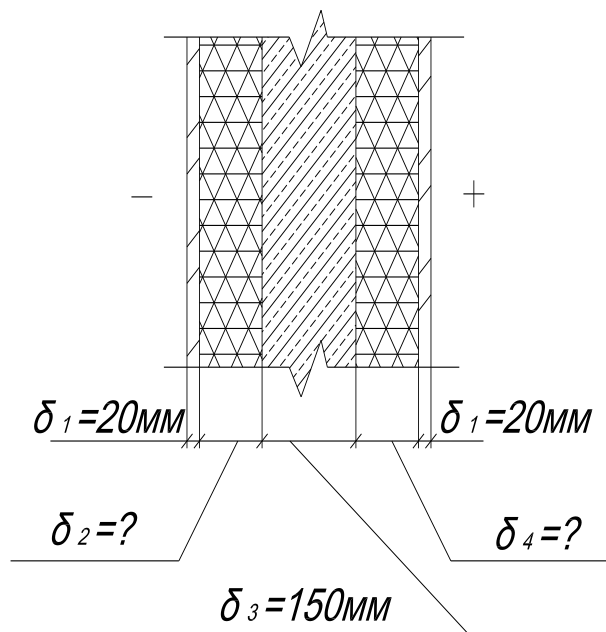
- коефіцієнти теплопровідності і теплосвоєння відповідно цементно-піщаного розчину, пінополістиролу і важкого бетону (СНиП 11-3-79\*\*):

$\lambda_1 = 0,93 \text{ Вт/м}^\circ\text{C}$ ;  $s_1 = 11,09 \text{ Вт/м}^2\text{°C}$ ;

$\lambda_2 = 0,06 \text{ Вт/м}^\circ\text{C}$ ;  $s_2 = 0,99 \text{ Вт/м}^2\text{°C}$ ;

$\lambda_3 = 2,04 \text{ Вт/м}^\circ\text{C}$ ;  $s_3 = 16,95 \text{ Вт/м}^2\text{°C}$ .

Розрахунок вертикальної огорожувальної конструкції.



$\delta_1 = 20 \text{ мм}$  - цементно-піщаний розчин ( $\gamma = 1800 \text{ кг/м}^3$ ),

$\delta_2 = ?$  - пінополістирол ( $\gamma = 80 \text{ кг/м}^3$ ),

$\delta_3 = 150 \text{ мм}$  - залізобетон ( $\gamma = 2500 \text{ кг/м}^3$ ),

$\delta_4 = ?$  - пінополістирол ( $\gamma = 80 \text{ кг/м}^3$ ),

$\delta_5 = 20 \text{ мм}$  - цементно-піщаний розчин ( $\gamma = 1800 \text{ кг/м}^3$ ).

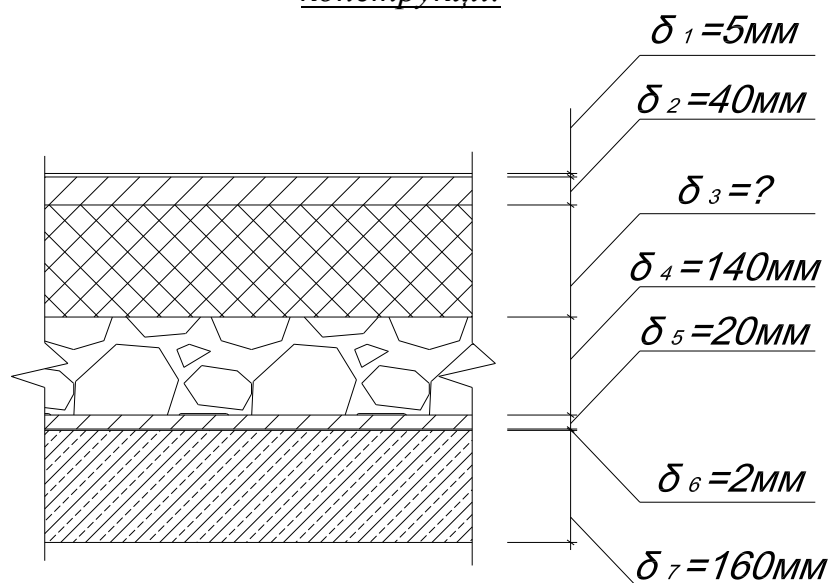
### **ВИЗНАЧЕННЯ НЕОБХІДНОГО ОПОРУ ТЕПЛОПЕРЕДАЧІ**

=====		м. Волноваха
НОМЕР ЕЛЕМЕНТА		1
ТЕМПЕРАТУРИ: НАЙБІЛЬШ ХОЛОДНОЇ ДОБИ (0.98)		-22 град.С
НАЙБІЛЬШ ХОЛОДНОЇ ДОБИ (0.92)		-22 град.С
НАЙБІЛЬШ ХОЛОДНОЇ П'ЯТИДЕНКИ (0.92)		-22 град.С
ВНУТРІШНЬОГО ПОВІТРЯ		18 град.С
НОРМАТИВНИЙ ТЕМПЕРАТУРНИЙ ПЕРЕПАД		4
град.С		
КОЕФ.ТЕПЛОВІДДАЧІ ВНУТРІШНЬОЇ ПОВЕРХНІ		8.7
Вт/м <sup>2</sup> *град.С		

КОЕФ.ТЕПЛОВІДДАЧІ ЗОВНІШНЬОЇ ПОВЕРХНІ	23
Вт/м <sup>2</sup> *град.С	
КОЕФ.,ЗАЛЕЖНИЙ ВІД ПОЛОЖ.ЗОВНІШНЬОЇ ПОВЕРХН..	1
СКЛАД КОНСТРУКЦІЇ (ПО ПОРЯДКУ, ПОЧИНАЮЧИ ВІД	
ВНУТР.ПОВЕРХН.К ЗОВНІШНЬОЇ)	
ТОВЩИНИ ШАРІВ	0.02 0.1 0.15 0.1 0.02 м
РАСЧ. КОЕФФ.ТЕПЛОПР.	0.93 0.06 2.04 0.06 0.93 Вт/м*град.С
РОЗРАХУНК.КОЕФ.ТЕПЛОУСВ..	11.09 0.99 16.95 0.99 11.09
Вт/м <sup>2</sup> *град.С	
НОМЕР ШАРУ УТЕПЛЮВАЧА	2 4
ДОПУСТ.ТОВЩИНИ УТЕПЛ.	0.1 м
ОПОРОТИВ ТЕПЛОПЕРЕДАЧІ ПОВІТРЯНОГО ПРОСЛОЮ	м <sup>2</sup> *град.С/Вт
РЕЗУЛЬТАТИ РОЗРАХУНКУ ЗА ОБ'ЄКТОМ 1	

=====					
=====					
: ТОВЩИНА УТЕПЛЮВАЧА: ТЕПЛОВА: ОПІР ТЕПЛОПЕРЕДАЧІ:					
: ЗАДАНА : ТРЕБ.ПО РАСЧ.: ІНЕРЦІЯ : НЕОБХІДНЕ : ФАКТИЧНЕ:					
=====					
=	0.1	0.1	5.235	2,862	2,989

Теплотехнічний розрахунок горизонтальної огорожувальної конструкції.



- $\delta_1=160\text{мм}$  - залізобетонна плита ( $\gamma=2500\text{ кг/м}^3$ );  
 $\delta_2=2\text{ мм}$  - плівка пароізоляційна;  
 $\delta_3=20\text{ мм}$  - цементно-піщаний розчин ( $\gamma=1800\text{ кг/м}^3$ );  
 $\delta_4=140\text{мм}$  - керамзитобетон ( $\gamma=1800\text{ кг/м}^3$ );  
 $\delta_5=?$  - утеплювач (полістиролбетон) ( $\gamma=300\text{ кг/м}^3$ );  
 $\delta_6=40\text{ мм}$  - цементно-піщаний розчин( $\gamma=1800\text{ кг/м}^3$ );  
 $\delta_7=5\text{ мм}$  - рубітекс, склоізол ( $\gamma=600\text{ кг/м}^3$ ).

## **ВИЗНАЧЕННЯ НЕОБХІДНОГО ОПОРУ ТЕПЛОПЕРЕДАЧІ**

=====										м.Волноваха
НОМЕР ЕЛЕМЕНТА 1										
ТЕМПЕРАТУРИ: НАЙБІЛЬШ ХОЛОДНИХ ДОБІВ (0.98)							-22 град.С			
НАЙБІЛЬШ ХОЛОДНОЇ ДОБІ (0.92)							-22 град.С			
НАЙБІЛЬШ ХОЛОДНОЇ П'ЯТИДНІ (0.92)							-22 град.С			
ВНУТРІШНЬОГО ПОВІТРЯ							18 град.С			
НОРМАТИВНИЙ ТЕМПЕРАТУРНИЙ ПЕРЕПАД							3 град.С			
КОЕФФ.ТЕПЛОВІДДАЧІ ВНУТРІШНЬОЇ ПОВЕРХНІ 8.7 Вт/м2*град.С										
КОЕФФ.ТЕПЛОВІДДАЧІ ЗОВНІШНЬОЇ ПОВЕРХНІ 23 Вт/м2*град.С										
КОЕФ.,ЗАЛЕЖНИЙ ВІД ПОЛОЖ.ЗОВНІШНЬОЇ ПОВЕРХН. 1										
СКЛАД КОНСТРУКЦІЇ (ПО ПОРЯДКУ, ПОЧИНАЮЧИ ВІД										
ВНУТР.ПОВЕРХН.К ЗОВНІШНЬОЇ)										
ТОВЩИНИ ШАРІВ		0.16	0.002	0.02	0.14	0.16	0.04	0.005	м	
РОЗРАХ. КОЕФФ.ТЕПЛОПР.		2.04	0.17	0.52	0.92	0.06	0.93	0.17		
Вт/м*град.С										
РОЗРАХУНК.КОЕФ.ТЕПЛОУСВ..		16.95	3.53	8.95	12.33	0.99	11.09			
3.53 Вт/м²*град.С										
НОМЕР ШАРУ УТЕПЛЮВАЧА				5						
ДОПУСТ.ТОВЩИНИ УТЕПЛ.				0.16 м						
СУПОРОТИВ ТЕПЛОПЕРЕДАЧІ ПОВІТРЯНОГО ПРОСЛОЮ м2*град.С/Вт										

### РЕЗУЛЬТАТИ РОЗРАХУНКУ ПО ОБ'ЄКТУ 1

=====									
=									
: ТОВЩИНА УТЕПЛЮВАЧА : ТЕПЛОВА :ОПІР ТЕПЛОПЕРЕДАЧІ:									
: ЗАДАНА : ТРЕБ.ПО РОЗРАХ.: ІНЕРЦІЯ : НЕОБХІДНЕ : ФАКТИЧНЕ:									
=====									
=									
	0.160	0.160	7.024		1,149		3,486		

## **1.5 Характеристика основних конструктивних елементів**

Проектована будівля має 5 поверхів, виконується з монолітного залізобетону і має рамну схему з поздовжніми і поперечними несучими стінами. Огороджувальні конструкції - монолітна залізобетонна стіна.

Прийнята конструктивна схема забезпечує міцність, жорсткість і стійкість на стадії зведення і в період експлуатації за дії всіх розрахункових навантажень і впливів.

### **1.5.1 Фундаменти.**

Під будівлею запроектована монолітна залізобетонна плита, площею 1990м<sup>2</sup>, що влаштовується на вирівняну основу з щебеневою підготовкою, втрамбованою в ґрунт і пролитою до повного насичення. Під усією фундаментною плитою влаштовуємо бетонну підготовку завтовшки 100 мм з бетону класу В7,5. Глибина закладення фундаментної плити 3,85 м.

Стіни підвалу, розташовані з боку ґрунту, мають бути захищені суцільною обмазувальною гідроізоляцією, під підлогою підвалу створюють рулонну теплоізоляцію..

Насамперед влаштовують зовнішній водостік для відведення атмосферних вод із території будівельного майданчика. Після зведення підземної частини влаштувати водонепроникне вимощення шириною не менше ніж 1,0 м з ухилом  $i=0,03$ . Воно призначене для захисту фундаменту від дощових і талих вод, що проникають у ґрунт поблизу стін будівлі.

### 1.5.2 Стіни та перегородки.

Зовнішні стіни запроектовані монолітні залізобетонні з незнімною опалубкою з пінополістролу, яка одночасно є і утеплювачем.

Товщина зовнішньої стіни 350 мм: 150мм - монолітний залізобетон, 200мм - пінополістирол.

Внутрішні несучі стіни з монолітного залізобетону, товщиною 150мм. Перегородки гіпсокартонні, завтовшки 100мм, у санвузлах - із керамічної цегли, завтовшки 120мм.

**Таблиця 1.3. Специфікація перемичок**

Марка, позиція	Позначення	Найменування	Кількість	Маса од., кг	Примітка
1	Серия 1.038.1-1	1ПБ 10-1	135	20	

### 1.5.3 Перекриття і покриття

Переkritтя і покриття - монолітний залізобетон, товщиною 160 мм, оскільки будівля має рамну схему, вертикальні навантаження від переkritтя сприймають і передають на фундамент підстави поперечними і поздовжніми стінами одночасно.

### 1.5.4 Сходи.

Сходові марші та сходові площадки монолітні залізобетонні. Товщина сходового майданчика, як і переkritтя, 160 мм.

Усі сходинок сходового маршу мають однакову форму, окрім верхньої та нижньої, які називаються фризівими. Ширину сходового маршу призначено з урахуванням забезпечення евакуації людей; у даній будівлі вона становить 1.2м. Між маршами забезпечено зазор 100 мм для пропуску пожежних шлангів.

Перильна огорожа маршу виконується з металевих секцій огорожі заввишки 900 мм з дерев'яними поручнями і кріпиться до закладних деталей маршу збоку за допомогою зварювання.

### 1.5.5 Покрівля, водовідведення.

Покрівля запроектована плоска з внутрішнім організованим водостоком і має таку структуру:

- монолітна плита покриття 160мм;
- пароізоляція 2 мм;
- цементно-піщана стяжка 20мм;
- розухил - керамзитобетон 140мм;
- утеплювач - полістиролбетонні плити (за розрахунком);
- цементно-піщана стяжка 40мм;
- рубітекс, склоізол 5мм.

### 1.5.6 Двері та вікна

Зовнішні дверні блоки марки ДН-10 і ДН 21-10АПЩУ прийняті за ГОСТ 24 698-81, внутрішні дверні блоки марок ДПС 19-9, ДГ 21-7, ДГ 21-9, ДО 21-9, ДО 21-34 і ДПУ 21-10 прийняті за ГОСТ 6629-74. Дверна коробка кріпиться до чотирьох дерев'яних пробок отвору цвяхами. Зазор між дверним блоком і кладкою закладають ущільнювальним піногерметиком і закривають лиштвом.

Вікна запроектовані металопластикові з подвійним склопакетом. Віконна коробка кріпиться до чотирьох дерев'яних пробок прорізу йоржами. Зазор між віконним блоком і кладкою закладається ущільнювальним піногерметиком.

**Таблиця 1.4. Відомість вікон і дверей.**

Марка, позиція	Розміри, мм
ОК-1	1510×1800
ОК-2	1510×1500
ОК-3	2100×1200
ОК-4	1510×1200
ОК-5	1310×1740
ОК-6	600×600
ОК-7	2100×2960
ОК-8	2100×2880
ОК-9	2850×1120
ОК-10	3000×5520
ОК-11	2100×2640
В-1	3000×2460

В-2	3000×3240
В-3	3000×2060
В-4	3000×2680
В-5	3000×4840
В-6	3000×1300
В-7	3300×3560
1	1010×2100
2	1010×2400
3	700×2100
4	1300×2100
5	900×2100
6	3000×3000
7	770×2100
8	900×2100

Таблиця 1.5. Специфікація заповнення прорізів.

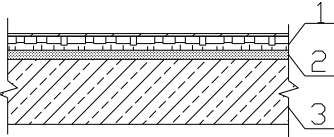
Марка, позиція	Позначення	Найменування	Кількість			Примітка
			1-й поверх	типовий этаж	всього	
1	2	3	5	6	7	8
ОК-1	Пластикові з подвійним склопакетом	ОР 15.18	11	22	99	
ОК-2		ОР 15.15	4	15	64	
ОК-3		ОР 21.12	9	1	13	
ОК-4		ОР 15.12	4	9	40	
ОК-5		ОР 13.17	6	6	66	
ОК-6	Індивідуальна	ОР 6.6	—	—	31	
ОК-7	Індивідуальна	ВБ 29-21	5	—	5	
ОК-8		ВБ 28-21	5	—	5	
ОК-9		ВБ 28-11	1	—	1	
ОК-10		ВБ 55-30	1	—	1	
ОК-11		ВБ 26-21	1	—	1	
В-1	Індивідуальна	ВБ 30-24	4	—	4	
В-2		ВБ 32-30	10	—	10	

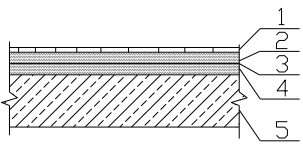
В-3		ВБ 30-21	3	—	3	
В-4		ВБ 30-26	1	—	1	
В-5		ВБ 48-30	1	—	1	
В-6		ВБ 30-13	2	—	2	
В-7		ВБ 35-33	4	—	4	
1	ДБН 24 698-81	ДН 21-10АЩУ	13	44	189	
2		ДН-10	6	—	6	
3	ДБН 6629-74	ДГ 21-7	26	28	138	
4		ДО 21-13	6	19	82	
5		ДГ 21-9	6	14	62	
6		Ворота дер.	1	—	1	
7		ДБ 21-7.7	4	9	40	
8		ДО 21-9	—	1	4	

### 1.5.7 Підлоги.

Залежно від призначення приміщення підібрано такі види підлог: керамічна плитка, лінолеумні, дерев'яні, з мозаїчних і з керамічних багатоколірних. Конструкції підлоги, площі представлені в таблиці 1.6.

Таблиця 1.6. Експлікація підлог.

№ приміщення за проєктом	Тип підлоги за проєктом	Схема підлоги	Елементи підлоги та їх товщина	Площа підлоги, м <sup>2</sup>
1	2	3	4	5
8,10,28,29,55, 28,50,53,61,63, 66,72,73,3,33, 34,40,43,14,24, 67	1		1. Теплоізоляційний лінолеум, t=10мм. 2. Цементно-піщана стяжка, t=30мм 3. Плита перекриття, t=160мм	1857,85
5,6,4,19,30,31, 35,42,47,51,52, 57,37,36,39,18, 22	2		1. Керамічна плитка, t=10мм 2. Цементно-піщана стяжка, t=20мм 3. Гідроізоляція - 2 шари руберойду, t=5мм 4. Цементно-піщана стяжка, t=20мм 5. Плита перекриття, t=160мм	479,46

1,20,76,44,59, 60,64,13,25,17, 16,21,23,15	3		1. Мозаїчна плитка, t=10мм. 2. Цементно-піщана стяжка, t=20мм 3. Гідроізоляція - 2 шари руберойду, t=5мм 4. Цементно-піщана стяжка, t=20мм 5. Плита перекриття, t=160мм	1254,79
7,9,27,45,46, 48,49,54,62,65, 68,69,70,71,74, 75	4		1. Паркетна дошка, t=40мм. 2. лаги, t=60мм 3. Прокладка з дошки по шару толю, t=25мм 4. Плита перекриття, t=160мм	2388,9
11,56,2,12,26, 32,39,41	5		1. Керамічна багатобарвна плитка, t=10мм 2. Цементно-піщана стяжка, t=20мм 3. Гідроізоляція - 2 шари руберойду, t=5мм 4. Цементно-піщана стяжка, t=20мм 5. Плита перекриття, t=160мм	247,39

### 1.5.8 Внутрішнє оздоблення приміщень. Оздоблення фасадів.

Стіни і перегородки житлових кімнат, коридорів, кухонь і приміщень охорони готують під обклеювання і обклеюють вініловими шпалерами, стелі також обклеюють шпалерами.

У приміщеннях вільного призначення, ліфтових холах і холах влаштовують підвісні стелі. Стіни на висоту 1,5 м обшивають гіпсокартоном, вище готують і обклеюють шпалерами.

Стіни тамбурів, під'їзних коридорів і сходових кліток фарбують водоемульсійними складами з виконанням олійної панелі заввишки 1,5 м. Стелі - водоемульсійне фарбування.

Поверхні стін санвузлів облицьовують керамічною плиткою на всю висоту. Стелі - водоемульсійне фарбування.

Таблиця 1.7. Відомість оздоблення приміщень.

Найменування або номер приміщення	Стеля		Стіни та перегородки		Низ стін або перегородок			при мітк а
	Площа м2	Вид оздоблення	Площа м2	Вид оздоблення	Пло ща м2	Вид оздобл ення	Висота, м	
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Житлові кімнати, коридори, кухні, приміщення охорони	4312,77	Обклеювання шпалерами	13187,84	Вінілові шпалери	—	—	—	—
Приміщення вільного призначення, ліфтові холи, холи	214,44	Підвісна стеля	518,49	Вінілові шпалери	365,4	Гіпсокартон	1,5	—
Тамбури, під'їзні коридори, сходові клітки	494,23	Водоемульсійне забарвлення	3587,12	Водоемульсійне забарвлення	1568,14	Олійне забарвлення	1,5	—
Санвузли	384,69	Водоемульсійне забарвлення	2492,33	Облицювання керамічною плиткою	—	—	—	—

## 1.6 Санітарно-технічне та інженерне обладнання будівлі.

### 1.6.1 Опалення.

Центральне водяне від зовнішніх мереж з параметрами 150 - 70С. Місце введення - торець будівлі. Водяна система з природною циркуляцією, двотрубна, з нижнім розведенням магістралей, тупикова.

Прилади опалення: радіатори чавунні, секційні М-140, з огороженням у приміщеннях дерев'яними решітками.

### 1.6.2 Вентиляція.

Природна неорганізована при відкриванні кватирок, дверей і природна канална вентиляція, що складається з вертикальних внутрішньостінних каналів з отворами, закритими жалюзійними решітками, збірних горизонтальних повітропроводів і витяжної шахти.

Водопостачання холодне і гаряче.

Водопровід питний і протипожежний. Місце введення - торець будівлі. Внутрішній водопровід - діючий під напором зовнішнього

водопроводу, з нижнім розведенням, тип мережі - кільцева. Гаряче водопостачання - центральне від міської мережі через систему, що забезпечує подачу гарячої води без розриву струменя (під тиском міського водопроводу).

### **1.6.3 Каналізація фекальна та зливовая.**

Фекальна: каналізаційна мережа самопливна з влаштуванням оглядових колодязів для промивання, очищення та огляду каналізаційної мережі.

Для влаштування каналізаційної мережі використовують азбестоцементні безнапірні труби. З'єднання труб виконується за допомогою муфт.

Зливовая: зливі води надходять у закриту водостічну мережу через дощоприймач. Він являє собою колодязь, перекритий металевою приймальною решіткою. Дощоприймач розташовують біля бортових каменів проїздів на відстані 50-80м.

### **1.6.4 Електроосвітлення.**

Від найближчої трансформаторної підстанції напругою 380/220В через систему прихованої проводки з напругою в мережі 220В - для підключення побутових приладів і 380 - для обладнання. Електроосвітлення приміщень за допомогою ламп розжарювання.

## РОЗДІЛ 2. КОНСТРУКТИВНА ЧАСТИНА

### 2.3 РОЗРАХУНОК МОНОЛІТНОЇ ДІЛЯНКИ ПЕРЕКРИТТЯ.

#### 2. 1 Вихідні дані.

Монолітну ділянку виконують у місці влаштування вигину зовнішніх стін. Конструктивна довжина ділянки  $l = 3800\text{мм}$ , конструктивна ширина  $b_f = 1430\text{мм}$ . Район будівництва належить до 4 снігового району. Характеристичне значення навантаження на перекриття згідно з табл.6.2 ДБН В.1.2-2:2006  $p = 1,5 \text{ кПа}$ . Коефіцієнт надійності за навантаженням  $\gamma_m = 1,3$ . За ступенем відповідальності будівля належить до 1 класу. Коефіцієнт надійності за призначенням  $\gamma = 1$ .

Бетон важкий класу В15, для якого за  $b_2=0,9$ , розрахунковий опір бетону стисненню  $R_b=0,98,5=7,65 \text{ МПа}$  (табл. 13 СНиП 2.03.01-84), розрахунковий опір бетону розтягуванню  $R_{bt}=0,9 \cdot 0,75=0,675 \text{ МПа}$  (табл. 13 СНиП 2.03.01-84), початковий модуль пружності  $E_b=23103\text{МПа}$  (табл. 18 СНиП 2.03.01-84).

Поздовжня робоча арматура класу А400С, розрахунковий опір для першої групи граничних станів  $R_s=365\text{МПа}$  (табл. 22 СНиП 2.03.01-84), і модуль пружності  $E_s=20104 \text{ МПа}$  (табл. 29 СНиП 2.03.01-84).

Поперечна арматура і зварні сітки в нижній полиці - з дроту класу Вр-I

*при  $\varnothing 3 \text{ мм}$        $R_s=375 \text{ МПа}$  и       $R_{sw}=270 \text{ МПа}$*

*при  $\varnothing 4 \text{ мм}$        $R_s=365 \text{ МПа}$  и       $R_{sw}=265 \text{ МПа}$*

*при  $\varnothing 5 \text{ мм}$        $R_s=360 \text{ МПа}$  и       $R_{sw}=260 \text{ МПа}$*

Модуль пружності  $E_s = 17 \cdot 10^4 \text{ МПа}$

#### 2.2 Визначення навантажень і зусиль.

Враховують навантаження від конструкції підлоги, власної ваги плити і тимчасове (корисне) навантаження на перекриття. Збір навантажень на  $1\text{м}^2$  горищного перекриття зводимо в таблицю 2.3.

Таблиця 2.3. Підрахунок навантажень на  $1\text{м}^2$  горищного перекриття

Елементи конструкцій	Експлуатаційне розрахункове значення ваги конструкцій, кПа	Коефіцієнт надійності за граничним навантаженням $\gamma_{fm}$	Граничне розрахункове значення ваги конструкцій, кПа
----------------------	--	--	--

Керамічна плитка	$0,013 \cdot 18 = 0,234$	1,2	0,281
Цементно-піщана стяжка	$0,02 \cdot 18 = 0,36$	1,3	0,468
Утеплювач	$0,08 \cdot 0,5 = 0,04$	1,2	0,048
Пароізоляція	$0,005 \cdot 8 = 0,04$	1,3	0,052
Залізобетонна плита	$0,22 \cdot 25 = 5,5$	1,1	6,05
Підсумки	6,17		6,90
Тимчасова	1,5	1,3	1,95
Усього	7,67		8,85

### 2.3 Геометричні розміри монолітної ділянки.

Геометричні розміри монолітної ділянки горизонтного перекриття наведено на рисунку 2.3.

Розрахунковий проліт монолітної ділянки в разі обпирання 13 см

$$l_0 = 6000 - (4/3) \cdot 130 = 5827 \text{ мм} = 5,83 \text{ м.}$$

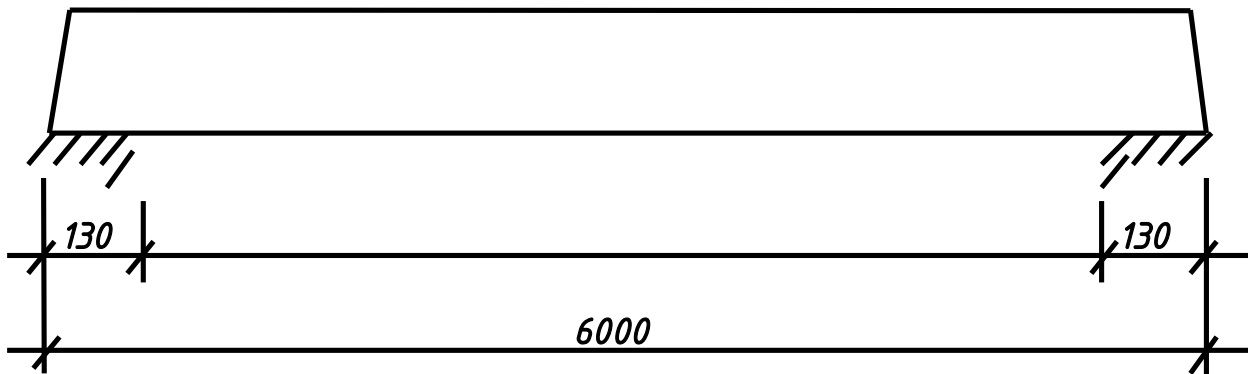


Рис.2.3 Розміри монолітної ділянки.

Товщину монолітної плити приймаємо з конструктивних вимог , висоту ребер приймаємо . Ребра розташовуємо вздовж монолітної ділянки, а полицю в нижній зоні.

### 2.4 Статичний розрахунок монолітної плити.

Експлуатаційне розрахункове значення ваги горизонтного перекриття:

Граничне розрахункове значення ваги горизонтного перекриття:

Експлуатаційне розрахункове значення ваги монолітної плити:

Граничне розрахункове значення ваги горизонтального перекриття:

Розрахункові навантаження на 1 м довжини монолітної ділянки.

Граничне розрахункове значення навантаження:

$$q_p = g \cdot V = (0,568 + 2,2 + 0,91) \cdot 1,5 = 5,52 \text{ (кН/м)}$$

Експлуатаційне розрахункове значення навантаження:

$$= g_n \cdot V = (0,44 + 2,0 + 0,7) \cdot 1,5 = 4,71 \text{ (кН/м)}$$

Квазіпостійне значення рівномірно розподіленого навантаження на перекриття  $p_n \ell = 0$

## **2.5 Розрахунок монолітної плити за міцністю нормального перерізу.**

Визначаємо характер роботи плити за відношенням довгої та короткої сторін.

Відстань у світлі між поздовжніми ребрами:

$> 2$ , полиця плити розраховується як балка на двох опорах.

Розрахунковий згинальний момент від граничного розрахункового значення навантаження.

$$M = (q - q_{102})/8 = (5,52 - 5,83 \cdot 2)/8 = 23,45 \text{ (кН*м)}$$

Поперечна сила від граничного розрахункового значення навантаження.

$$Q = (q - q_{10})/2 = (5,52 - 5,83)/2 = 16,09 \text{ (кН)}$$

Розрахунковий згинальний момент від експлуатаційного значення навантаження:

$$M_n = (q_n - q_{102})/8 = (4,71 - 5,83 \cdot 2)/8 = 20,01 \text{ (кН*м)}$$

Момент від тривалої частини експлуатаційного значення навантаження:

$$M_{n1} = (q_{n1} - q_{102})/8 = (2,44 - 1,5 - 5,83 \cdot 2)/8 = 15,55 \text{ (кН*м)}$$

Поперечна сила від експлуатаційного значення навантаження:

$$Q_n = 0,5 - q_n - q_{10} = 0,5 - 4,71 - 5,83 = 13,73 \text{ (кН)}$$

Відстань від центру ваги перерізу арматури до нижньої площини плити прийнято . У цьому випадку робоча висота перерізу:

Проводимо розрахунок площі поперечного перерізу робочої арматури на ширину плити.

$$A_0 = \frac{M}{R_b b h_0^2} = \frac{23,45 \cdot 10^{-3}}{13,05 \cdot 1 \cdot 0,065^2} = 0,425 < A_R = 0,632 .$$

За довідковими таблицями за коефіцієнтом визначаємо висоту стиснутої зони бетону  $\xi = 0,62$ . Тоді

$$A_s = \xi b h_0 \frac{R_b}{R_s} = 0,62 \cdot 100 \cdot 6,5 \frac{13,05}{280} = 18,78 \text{ см}^2$$

Приймаємо крок робочих стрижнів , тоді кількість стрижнів на 1 м ширини плити:

$$n = \frac{b}{S} + 1 = \frac{1500}{200} + 1 = 8,5 \text{ шт.}$$

За сортаментом за конструктивними вимогами приймаємо 9 Ø 16 класу А-ІІ з .

Площа перерізу розподільної арматури на 1 м ширини плити:

$A_{s1} = 0,2 \cdot A_s = 0,2 \cdot 18,1 = 3,62 \text{ см}^2$  . Приймаємо крок розподільчих стрижнів , тоді кількість стрижнів на 1 м ширини плити:

$$n = \frac{b}{S} + 1 = \frac{1000}{250} + 1 = 5 \text{ шт.}$$

За сортаментом за конструктивними вимогами приймаємо 5 Ø 10 класу А-І з  $A_s = 3,93 \text{ см}^2$  .

По краях плити в напрямку прольоту встановлюються стрижні Ø 8 А-ІІ.

## 2.6 Розрахунок міцності поздовжніх ребер за нормальними перерізами.

Приводимо фактичний переріз плити до еквівалентного за площею таврового.

Рис. 2.4

Оскільки роботою бетону в розтягнутій зоні можна знехтувати, розрахунок проводимо як для прямокутного перерізу. Ширина ребра

$$b_p = 2b'_p = 2 \cdot 100 = 200 \text{ мм} .$$

Вага ребра:

$$g_p = (h - h_f) b_p \rho \gamma_{fm} = (0,22 - 0,8) 0,2 \cdot 25 \cdot 1,1 = 0,77 \text{ кН / м}$$

Навантаження на 1п.м ребра з урахуванням конструкції горищного перекриття, ваги полиці плити, ребра і корисного змінного навантаження:  
 $q = q_n + g_p = 5,52 + 0,77 = 6,29 \text{ кН / м}$

Розрахункова схема поздовжніх ребер являє собою балку на двох опорах з рівномірно розподіленим навантаженням.

Розрахунковий згинальний момент від граничного розрахункового значення навантаження.  $M = (q \cdot l_0^2) / 8 = (6,29 \cdot 5,83^2) / 8 = 26,72 \text{ (кН*м)}$

Поперечна сила від граничного розрахункового значення навантаження.

$$Q = (q \cdot l_0) / 2 = (6,29 \cdot 5,83) / 2 = 18,33 \text{ (кН)}$$

Відстань від центру ваги перерізу арматури до нижньої площини ребра прийнято  $a = 30 \text{ мм}$ . У цьому випадку робоча висота перерізу:

$$h_0 = h - a = 220 - 30 = 190 \text{ мм}$$

Проводимо розрахунок площі поперечного перерізу робочої арматури ребра.

$$A_0 = \frac{M}{R_b b_p h_0^2} = \frac{26,72 \cdot 10^{-3}}{13,05 \cdot 0,2 \cdot 0,19^2} = 0,284 < A_R = 0,632 .$$

За довідковими таблицями за коефіцієнтом  $A_0 = 0,284$  визначаємо висоту стиснутої зони бетону  $\xi = 0,34$ . Тоді

$$A_s = \xi b_p h_0 \frac{R_b}{R_s} = 0,34 \cdot 20 \cdot 19 \frac{13,05}{280} = 6,02 \text{ см}^2$$

За сортаментом приймаємо 2 Ø 20 класу А-ІІ с  $A_s = 6,28 \text{ см}^2$ .

## **2.7 Розрахунок міцності поздовжніх ребер за похилими перерізами.**

Перевіряємо умову міцності перерізу:

$$Q = 18,33 \text{ кН} \leq 0,35 R_b \gamma_{b2} b_p h_0 = 0,35 \cdot 13,05 \cdot 10^3 \cdot 0,2 \cdot 0,19 = 173,6 \text{ кН}$$

Умова виконується, отже, розміри поздовжніх ребер прийнято достатніми.

Перевіряємо необхідність розрахунку поперечної арматури:

$$Q = 18,33кН \leq 0,6R_{bt}\gamma_{b2}b_p h_0 = 0,6 \cdot 0,945 \cdot 10^3 \cdot 0,2 \cdot 0,19 = 21,5кН$$

Умова виконується, отже, поперечна арматура встановлюється конструктивно.

Задаємося діаметром поперечної арматури з умови зварювання:

$$d_w = 0,3d = 0,3 \cdot 20 = 6,0мм$$

Приймаємо Ø 6 класу А-І. Крок поперечних стрижнів на приопорних ділянках приймаємо за умовами:

$$s_1 \leq \frac{h}{2} = \frac{220}{2} = 110мм, \text{ а також } s_1 \leq 150мм.$$

Приймаємо  $s_1 = 100мм$ . У середині прольоту крок приймаємо за

умовами:  $s_2 \leq \frac{3h}{4} = \frac{3 \cdot 220}{4} = 165мм$ , а також  $s_2 \leq 500мм$ .

Приймаємо  $s_2 = 150мм$ .

## РОЗДІЛ 3. НАУКОВА ЧАСТИНА

### 3.1. Постановка проблеми

В умовах повномасштабного вторгнення, питання заощадливого та енергоефективного будівництва займає одну із перспективних ланок, адже відбудова країни як і перемога - неминуча. Треба розуміти, що розбудова як результат, це не тільки житло для людей, це обов'язково і робочі місця, і екологічний ефект і в ідеалі створення циркулярної економіки. Будівництвом можна вирішити низку питань раз і на завжди, використовуючи модель економічного розвитку, спрямовану на відновлення та раціональному споживанні ресурсів. Основа сучасної енергетики – різні типи електростанцій яких ТЕС складають близько 40%. Технологія виробництва електроенергії на ТЕС шкідлива, що пов'язано з утворенням великої кількості відходів. На них припадає понад 30% викидів шкідливих речовин від загального обсягу викидів промислових підприємств. Підвищений попит на електроенергію зумовлює підвищення обсягів їх виробництва, що спричинює збільшення кількості золошлакових відходів і викидів шкідливих речовин в атмосферу. В Україні 160 тис. га із 60 млн га загальної площі займають відвали промислових відходів, або, як їх називають, вторинні продукти виробництва. Щорічно в Україні утворюється близько 8 млн тонн золошлакових відходів, а їх зберігання супроводжується вкрай негативними наслідками для навколишнього середовища і здоров'я людини. Золошлакові відвали містять токсичні елементи, забруднюють ґрунт та підземні води, потребують відчуження великих територій. Обсяги вже накопичених відходів сягають понад 300 млн тонн і займають величезні площі земель. При цьому мало не всі золошлакові відвали українських вугільних ТЕС і ТЕЦ вже майже заповнені, тому для продовження роботи потрібні все нові і нові площі. Аналіз останніх досліджень та публікацій. Згідно з даними європейських дослідників, поховання відходів обходиться в суму близько 60 євро / тонну. Середня ТЕС витрачає близько 12–36 млн євро на рік тільки на утримання золошламосховищ.

У наш час значна кількість золи використовується в будівельній індустрії (виробництво цементу, цегли, виробів із ніздрюватого бетону, шлакоблоків, легких заповнювачів, руберойду, керамзиту), у будівництві дамб золошлаковідвалів і ремонті доріг. За рахунок використання золошлакових матеріалів (ЗШМ) заощаджується до 30% цементу й понад половина природних заповнювачів, знижується теплопровідність бетонів, зменшується маса будинків і споруд. Але в Україні використання золошлакових відходів, за даними Європейської асоціації продуктів згоряння вугілля, складає менше 20%. Отож, використання ЗШВ являє собою одну з першорядних та актуальних екологічних проблем.

Вугілля, будучи найбільшим джерелом енергії в усьому світі, робить максимальний внесок у глобальні викиди CO<sub>2</sub>. У 2020 році більше 33% світової електроенергії було вироблено вугільними теплоелектростанціями загальною потужністю 2100 ГВт. Оскільки це викопне паливо та пов'язане з викидами CO<sub>2</sub>, у всьому світі розпочато рух за скорочення його використання. Зола, що утворюється в результаті спалювання вугілля, поділяється на золу-винесення та золу. Вважається, що на кожні 4 тонни спаленого вугілля утворюється приблизно одна тонна вугільної золи [2]. Вміст золи фактично залежить від типу спаленого вугілля, яке класифікується як антрацитове, бітумінозне, напівбітумінозне та буре. Але старий попіл, який вже зберігається в різних золошлаках теплових електростанцій, є величезним і постійно впливає на навколишнє середовище, забруднюючи навколишнє повітря та ґрунт. Незважаючи на різноманітні зусилля, вжиті владою, 100% утилізація золи не була можливою. З іншого боку, пісок, природний м'який мінерал, постійно виснажується через безглуздий видобуток піску переважно для потреб розвитку, пов'язаних з інфраструктурою. Насправді швидкість утворення піску випереджає швидкість видобутку, що створює серйозний екологічний дисбаланс. Враховуючи швидке зростання урбанізації та особливо великий попит у будівельному секторі, споживання

енергії тільки будівельним сектором є величезним.2 викидів у 2020 році. З моменту підписання Паризької угоди в 2015 році викиди парникових газів у будівельному секторі досягли свого піку в 2019 році, а згодом впали до рівня 2007 року в 2020 році переважно через пандемію COVID-19 [ 3 ]. Незважаючи на те, що очікуване відновлення викидів у 2021 році сповільнюється продовженням декарбонізації енергетичного сектору, будівлі залишаються не в плані досягти вуглецевої нейтральності до 2050 року. Щоб досягти цієї цілі, усі нові будівлі та 20% існуючого будівельного фонду повинні бути нульовими. - готовий до викидів вуглецю вже у 2030 році [ 4]. Будівлі споживають енергію на різних рівнях життєвого циклу. Найшвидше зростає кінцеве споживання енергії в будівлях для охолодження приміщень, побутової техніки та електричних навантажень, що сприяє зростанню попиту на електроенергію в будівельному секторі. Дослідники помітили, що експлуатаційні потреби в енергії будівель займають левову частку (приблизно 80%), а решта поділяється на матеріально втілену енергію, включаючи енергоспоживання транспорту, будівництва тощо. Було також помічено, що звичайна житлова будівля та офісна будівля споживають у середньому 275 кВт-год/м<sup>2</sup> /рік і 400 кВт-год/м<sup>2</sup> /рік відповідно [ 5]. Хоча ці показники залежать від багатьох факторів, таких як кліматичні умови місцевості, вибір матеріалу, орієнтація/планування тощо, загальний показник енергії протягом життєвого циклу можна оптимізувати шляхом відповідного планування та проектування. Серед усіх будівельних компонентів оболонка впливає на вхід або вихід енергії до ядра будівлі та з нього. Такий потік енергії в кінцевому підсумку визначає експлуатаційну потребу в енергії для конкретної будівлі, залежно від її функціональності. Тому дизайн оболонки з відповідними властивостями матеріалу може значно сприяти з точки зору енергоефективності. Ця тема дослідження представляє підхід до пасивного проектування огорожувальних конструкцій шляхом вибору доступного матеріалу на основі відходів, який може перетворитися на менш теплопровідний бетон і розчин. Таким чином, заміщення вугільної золи в будівництві вирішує

питання ефективної утилізації відходів ТЕС, зупинки швидкого виснаження піску та підвищення енергоефективності будівель разом.

### **3.2. Огляд існуючих рішень**

На сьогодні однією з актуальних проблем є утилізація промислових відходів. В "Основних напрямках економічного і соціального розвитку" нашої країни, звертається велика увага на створення технологічних процесів, впровадження яких дало б змогу зменшити кількість промислових відходів і забезпечити їх максимальну утилізацію. Необхідно підходити до використання вторинних ресурсів з принципових, державних позицій, розглядати їх не як відходи виробництва, а як цінну сировину, джерело розширення сировинної бази промисловості. Серед промислових відходів одне з перших місць за обсягом випуску займають золи і шлаки від спалювання твердих видів палива (вугілля різних видів) на теплових електростанціях (ТЕС). На багатьох ТЕС щорічний вихід золи і шлаку перевищує 1 млн. т. Величезні кількості золи і шлаку скупчилися у відвалах, що займають цінні земельні угіддя. Утримання золошлакових відвалів потребує значних витрат. Водночас золи і шлаки ТЕС є матеріалами, що пройшли високотемпературну обробку і отримали специфічні властивості, що зумовлюють можливість їх ефективного використання у виробництві різних будівельних матеріалів. виробництві різних будівельних матеріалів, що підтверджується науковими дослідженнями та практичним досвідом.

Актуальна проблема необхідності використання зол і шлаків диктується не тільки економічними міркуваннями, а й особливо важливими вимогами охорони навколишнього середовища. Заміна природної сировини золами і шлаками сприяє охороні надр. Ліквідація золошлакових відвалів сприятливо позначається на атмосферному повітрі, яке в місцях відвалів містить частинки пилу, що разносяться вітром на значні відстані і негативно впливають на навколишнє середовище і здоров'я людей. Існує п'ять основних напрямків переробки

золошлакових матеріалів (у порядку зменшення популярності): - будівельні матеріали (цемент, цегла, блоки) - дорожнє будівництво; - будівельні проекти (монолітний стіновий матеріал); - виробництво різних наповнювачів; - сільське господарство (стабілізатори ґрунту). Напрямки використання золи: в дорожньому будівництві (для будівництва дорожнього полотна, будівництва укріплених основ, будівництва насипів, будівництва дорожніх одягів), для стабілізації ґрунтів: укріплення слабких ґрунтів (піски, торфовища), як добавки до в'язучих з метою їх економії для укріплення ґрунтів; в асфальтобетонних та цементобетонних розчинах (як заповнювач та мінеральний порошок в асфальтобетоні); для гідротехнічних насипів зола сухого уловлювання - зола електрофільтру сланцевого електрофільтру може використовуватися як самостійне в'язуче, а також як активна добавка до неорганічних та органічних в'язучих[2]. мікросфери, середній діаметр частинок від 10...20 до 500 мкм. Матеріал має ряд унікальних властивостей: низька щільність, висока механічна міцність, хімічна інертність, термостійкість, низька теплопровідність.

Із зол і шлаків можливе виробництво практично всіх будівельних матеріалів, виробів і конструкцій, необхідних під час зведення житлових і промислових будівель, сільськогосподарських об'єктів, дорожніх і гідротехнічних споруд тощо. Встановлено, що велике значення для виробництва мають характеристики, склад, будова і властивості золошлакових матеріалів.

Розглянемо процеси, що відбуваються під час спалювання твердого палива.

### 3.3 Напрями використання зол і шлаків ТЕС у виробництві будівельних матеріалів

Тверде паливо спалюють як у вигляді шматків, так і у вигляді вугільного пилу. Зола і шлак ТЕС являють собою залишок від спалювання твердого палива. Вони є продуктами високотемпературної (до 1200-1700°C) обробки мінеральної, вогнетривкої частини вугілля. Кускове паливо використовують тільки на дрібних підприємствах. Основна маса зол і шлаків утворюється на теплових електростанціях із пилоподібного вугілля. При цьому в топках утворюються відходи двох видів: зола виносу і шлак. Шлак утворюється в результаті злипання розм'якшених частинок золи в об'ємі топки або на її стінках і накопичується в шлаковому бункері, під топкою. Розмір зерен шлаку 1-50 мм (рис.1). Зола виносу (рис.2) виноситься з топки з димовими газами і вловлюється під час їх очищенні в електрофільтрах. Розмір частинок золи менше 1 мм. Понад 80% мінеральної частини вугілля переходить у золу, до 20% - у шлак.

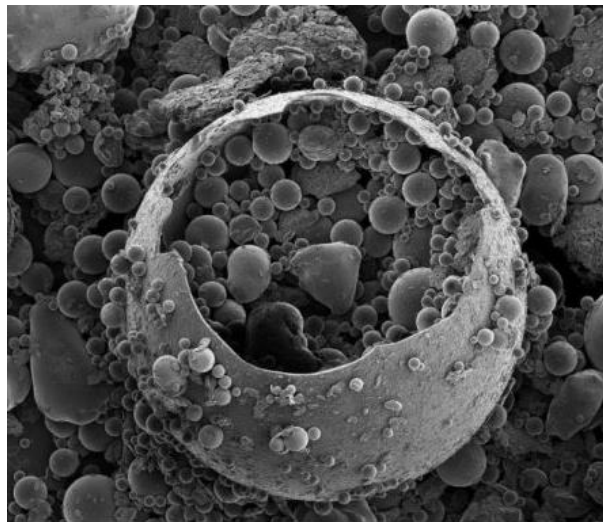


Рис.1 Зола виносу під мікроскопом



Рис.2 Шлак вугільний

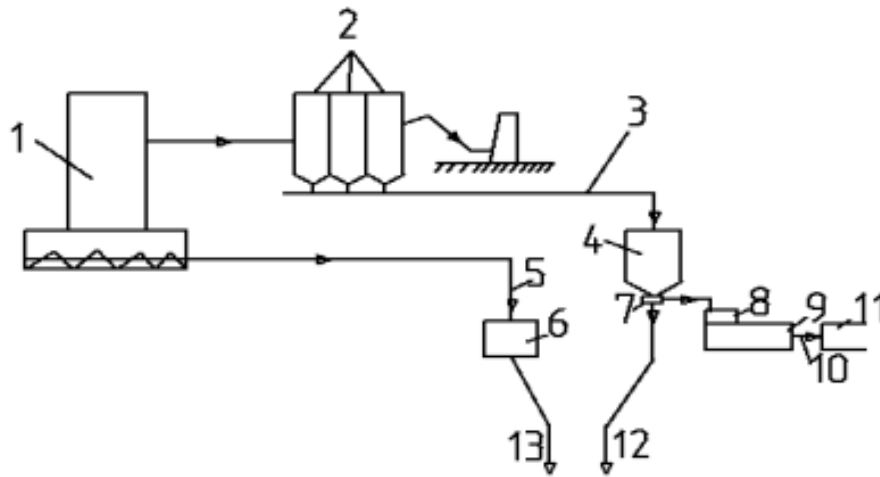
Мінеральна частина твердого палива зазвичай включає глинисті мінерали, слюди, кварц, польові шпати, сульфіді заліза, оксиди і гідроксиди заліза, карбонати кальцію, магнію тощо. У процесі спалювання компоненти мінеральної частини змінюються, взаємодіють один з одним і утворюють різні сполуки, які зумовлюють утворення зол і шлаків змінного хімічного та мінерального складу залежно від температури спалювання палива і складу його мінеральної частини. Глинисті мінерали та слюди, що містяться в паливі, під час спалювання послідовно втрачають воду і переходять із кристалічного стану в аморфний.

Зерна кварцу, що містяться в паливі, під час спалювання майже не змінюються. Відбувається лише їх розтріскування та оплавлення. Значно сильніше оплавляються зерна польових шпатів. Органічна частина вихідного палива в процесі спалювання втрачає леткі компоненти і переходить у напівкокс (частинки, що не спечені частинки) і кокс (спечені частинки). Через нерівномірність температури в топковому просторі повнота цих перетворень істотно різниться, і золи ТЕС можуть містити невиворілі органічні залишки з різними властивостями. Для вилучення золи з димових газів на електростанціях застосовують різні золоуловлювачі: циклони і батареї циклонів, мокрі золоуловлювачі (скрубери), електрофільтри. З бункерів золоуловлювачів золу видаляють двома основними способами: гідравлічним і пневматичним.

Простий і надійний гідравлічний спосіб використовують на переважній більшості електростанцій. Він дає змогу переміщати золошлакові відходи на відстані 5-10 км від електростанцій і поєднувати гідротранспортування та грануляцію шлаку. Можливе спільне і роздільне гідротранспортування золи і шлаку. На ТЕС в основному використовується спільне гідротранспортування, за якого золошлакову суміш, що видаляється з котельних приміщень гідравлічним способом спрямовується на спеціально обладнані ділянки місцевості, звані золовідвалами. Шлакозольна суміш, що викидається з жерла трубопроводу розподіляється по площі відвалу нерівномірно: більші частинки осідають ближче до місця викиду, а дрібніші несуться далі, утворюючи зольну зону відвалу. Таким чином, виходить різний гранулометричний (зерновий) склад

шлакозольної суміші по площі відвалу. Неоднорідність за зерновим складом викликає і деяку неоднорідність хімічного складу, що погіршує властивості золошлакових відходів, як сировини для виробництва будівельних матеріалів, і ускладнює їх використання.

Найпростішим і досить ефективним способом усереднення гідровіддалених зол вважається їх багаторазове перевалювання, наприклад, вантажно-розвантажувальні роботи під час транспортування золи. Великі ускладнення виробництву приносять також коливання вологості золи. Також можливе забруднення відвальних зол сторонніми включеннями. Цих недоліків позбавлені золи, відібрані пневматичним способом. Такий сухий спосіб найкращим чином задовольняє технологічні вимогам при використанні зол у виробництві будівельних матеріалів і більш економічний. Капітальні витрати на видалення і складування 1 т золошлакових відходів за сухого способу майже вдвічі менші, ніж за гідравлічного, а експлуатаційні витрати менші на 30%. Поки що цей спосіб порівняно рідко застосовують на ТЕС. За типовою схемою сухого відбору, зола з бункерів-золозбірників пневматичним способом подається у вакуумний золопровід, осаджувальну камеру з фільтром і в бункер-накопичувач. Вакуум у системі відсмоктування створюється вакуумнасосом. З бункера-накопичувача зола захоплюється пневмогвинтовим насосом і напірним золопроводом закачується в силосний склад. З допомогою стисненого повітря, що подається трубопроводом, проводиться навантаження золи в залізничні золовози або автозоловози. На рис. 1 наведено нову систему золошлаковидалення на ТЕС.



1-котлоагрегат, 2-золовловлювачі, 3-пневматична система золовидалення, 4-зольний силос, 5-гідравлічна система шлаковидалення, 6-шлаковідстійник, 7-пристрій для видачі золи, 8-змішувач, 9-багерна насосна станція, 10-магістральний пульпопровід, 11-відвал, 12-відвантаження сухої золи, 13-відвантаження шлаку

Рис. 3. Система золошлаковидалення на ТЕС:

Нова система золошлаковидалення дає змогу відвантажувати споживачам суху золу і шлак, а за необхідності надлишки матеріалів направляти у відвали. Хімічний і мінерально-фазовий склад зол і шлаків ТЕС, їхня будова і властивості залежать від складу мінеральної частини палива, від режиму його спалювання і теплотворної здатності, від способу уловлювання і видалення золи і шлаків, від місця їх відбору

#### Хімічний склад

Золи і шлаки від спалювання кам'яного вугілля та антрацитів за хімічним складом представлені переважно  $\text{SiO}_2$  (оксид кремнію) і  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (оксид алюмінію). Вміст  $\text{CaO}$  (оксид кальцію) зазвичай не перевищує в них 5%. Основну масу паливних зол складають саме такі золи. Співвідношення головних оксидів у золах ТЕС у середньому такі:  $\text{SiO}_2$  - 40-58%;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  - 21-27%;  $\text{CaO}$  - 4-6%;  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  - 4-17%;  $\text{Na}_2\text{O}$  - 0,4-1,4%;  $\text{K}_2\text{O}$  - 0,4-1,4%;  $\text{K}_2\text{O}$  - 0,4-4,7%. Нормативні вимоги до хімічного складу зол ТЕС покликані забезпечити належну міцність і

довговічність бетону; рівномірність зміни об'єму при твердінні в'язучого із золою; уникнення можливих деформацій при реакціях із заповнювачами. Залежно від виду вугілля та умов його спалювання в золах може міститися 0,5-20% і більше незгорілих органічних частинок палива. Вони вважаються шкідливими домішками, що погіршують найважливіші технічні властивості бетонів із золою.

### Мінерально-фазовий склад

Золи ТЕС складаються з неорганічної та органічної фаз. Неорганічна фаза включає аморфну та кристалічну складові. Аморфна складова може бути представлена склом та аморфізованою глинистою речовиною. глинистою речовиною. Кристалічна складова включає слабозмінені зерна мінералів вихідного палива (кварц, польові шпати) і різні кристалічні новоутворення, що виникли під час спалювання палива (муліт, гематит, алюмінат кальцію). Скло в золах може бути силікатного, алюмосилікатного, а іноді залізистоалюмосилікатного складу. Залежно від складу скло може бути безбарвним, жовтим, бурим і навіть чорним. Більшість зол мають сферичну форму частинок і гладку оскловану фактуру поверхні. Однорідність кулястих частинок може бути різною. Найбільш однорідні частинки, що повністю складаються зі скла. Є також частинки, внутрішня частина яких не розплавилася в процесі спалювання палива і складається з найдрібніших мінеральних і коксових зерен. Зустрічаються і порожнисті кульки в результаті спучування скла у момент утворення частинки. Зустрічаються в золах також склоподібні частинки неправильної форми. Деякі частинки містять різну кількість бульбашок, так що їхня поверхня може бути губчастою. Вони теж можуть містити у внутрішній частині велику кількість кристалічних речовин. Якщо температура спалювання палива недостатньо висока, а його зольна частина тугоплавка, утворюються золи, що складаються в основному з аморфізованої глинистої речовини, представленої пористими частинками неправильної форми. Пористі частинки мають високе водопоглинання. Порівняно з золами, у шлаках

менше (або немає зовсім) органічних залишків і аморфізованої глинистої речовини та більше склофази (до 95%). Це зумовлено збільшенням тривалості перебування шлаку в високотемпературній зоні.

### Фізичні властивості

Найважливішими фізичними властивостями зол і шлаків ТЕС є їхня насипна та істинна густина, а також гранулометричний склад. Гранулометричний (зерновий) склад пилоподібних зол залежить від виду палива, умов його підготовки, режиму спалювання, способу уловлювання золи і місця її відбору. Найбільші частинки золи вловлюються циклонами, дрібні та найдрібніші - електрофільтрами, причому на кожному полі електрофільтра збирається певна фракція золи. При цьому відбувається поділ не тільки за крупністю, а й за хімічним і фазовим складом. Максимальний вміст сферичних склоподібних частинок мають найдрібніші фракції золи. Що більша фракція, то вищий у ній вміст шорсткуватих і пористих частинок.

Системи спільного гідровидалення золи і шлаку направляють у відвали полідисперсні шлакозольні суміші. Поблизу місця випуску пульпи утворюється шлакова зона відвалу з переважанням частинок більших за 0,25 мм, у віддаленні - зольна зона з частинками менше 0,25 мм. Хімічна активність зумовлює можливість застосування зол і шлаків у складі в'язучих речовин і бетонів. Здатністю до безпосередньої взаємодії з водою паливні шлаки, як правило, не володіють. Водночас аморфні компоненти зол і шлаків мають так звану пуццоланову активність, тобто здатність за звичайних температур зв'язувати гідроксид кальцію з утворенням нерозчинних сполук. Це характерно і для вулканічних гірських порід - пуццоланів, які й дали назву цьому явищу. Накопичення нерозчинних новоутворень дає можливість гідравлічного (спочатку в повітрі, а потім і у воді) твердіння в'язучих із сумішей вапна або портландцементу з золою або шлаком. Високотемпературне спікання і плавлення глинистих мінералів різко знижує їхню питому поверхню і відповідно активність, тому склофаза зол і шлаків малоактивна за звичайних температур.

Встановлено, що підвищення температури спалювання палива, призводить до падіння активності більшості паливних зол. Водотеплова обробка (пропарювання при нормальному тиску, автоклавування) різко збільшує активність усіх аморфних фаз зол і шлаків, особливо спечених і осклованих.

Зола або шлак використовується як активна мінеральна добавка в цемент і бетон. Чим активніша добавка, тим коротший час потрібен для забезпечення схоплювання і водостійкості тіста, тим вища міцність матеріалу. Термічні властивості

Без використання термічних властивостей зол і шлаків ТЕС не можна встановити їхню придатність для виробництва штучних пористих заповнювачів, мінеральної вати, жаротривкого бетону та ін. матеріалів, виготовлення яких пов'язане з нагріванням до високих температур. При нагріванні до 100-3000С пилоподібні золи втрачають адсорбовану воду. Причому, чим більше в золі аморфізованої глинистої речовини і органічних залишків, тим більше вона адсорбує води. При температурі 400-7000С із золи вигорають органічні залишки палива. При 700-8500С відбувається розкладання наявних у золі карбонатів, а за 920-9800 С відбувається кристалізація аморфізованої глинистої речовини і склофази.

Високотемпературні процеси включають розм'якшення частинок золи, їхнє контактне спікання, спучування і кристалізацію при охолодженні.

Плавкість золи оцінюють за трьома показниками: початком деформації, початком розм'якшення і початку рідкоплавкого стану. Різні за складом золи розм'якшуються при 1050-14700С, а плавляться при 1250-17100С.

З метою вибору раціонального напрямку використання золошлакових матеріалів їх класифікують за різними ознаками. Оскільки склад і властивості їх відрізняються мінливістю, єдиної класифікації золошлакових матеріалів, яка охоплювала б усі ознаки, ще не створено. Тому ми розглянемо кілька класифікацій, що застосовуються в будівництві. Технічні умови" розрізняють золи за видом спалюваного палива і залежно від сфери застосування.

За видом спалюваного палива розрізняють золи антрацитові, кам'яновугільні та буровугільні. Залежно від сфери застосування золи ділять на види (І - для залізобетонних конструкцій і виробів, ІІ - для конструкцій гідротехнічних споруд) і класи (А - для важкого бетону, Б - для легкого бетону).

Крім показників хімічного складу і дисперсності нормується характеристика плавкості зол, що необхідно в разі їх застосування для виробництва випалювальних матеріалів.

Технічні умови розрізняють суміші залежно від умов застосування і ділять на класи: А - для важкого бетону, Б - для легкого бетону, і види: І - для залізобетонних конструкцій, ІІ - для бетонних конструкцій. Основними показниками для класифікації тут є зерновий склад сумішей. Золошлакові суміші класів А і Б повинні мати відповідно вологість не більше 15 і 35% за масою.

Нормується також вміст органічних залишків і домішок. Поділ суміші на зольну і шлакову частини проводиться просіюванням суміші через сито з розміром отворів 0,16 мм. Крім наведених у стандартах, існує низка класифікацій, наприклад, залежно від місця осадження і відбору зол. По-різному осаджені золи відрізняються істотними особливостями. Зола-провал, що випадає з турбулентних потоків і газів у бункер підтопкового простору, має великі частинки з найбільшою істинною густиною.

Зола-винос, що виноситься із золи згоряння палива димовими газами і уловлювана в апаратах очищення, високодисперсна. Чим більше ступенів очищення проходять гази, що відходять, тим дрібніші частинки золи, що випадають на них золи. Дрібні та найдрібніші фракції золи містять найбільшу кількість кулястих частинок і менше незгорілих органічних залишків. При додаванні до бетону вони найактивніше проявляють пуццоланові властивості і підвищують легкоукладальність бетонної суміші.

Існує низка класифікацій зол ТЕС за хімічним складом. В основу їх покладено вміст різних оксидів:  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ . Залежно від їхнього співвідношення золи ділять на два класи: І - золи, які при змішуванні з

водою тверднуть у каменеподібне тіло; II - тверднуть лише при змішуванні з вапном і водою, тобто такі, що володіють пуццолановими властивостями. Ця ознака найбільш важлива, тому що золи, що мають високу гідравлічну активність і здатність до самостійного твердіння, зазвичай непридатні для отримання багатьох випалювальних матеріалів. Золи і шлаки з високим вмістом  $\text{CaO} + \text{MgO}$  доцільно використовувати насамперед як сировину для виробництва в'язучих речовин, а низькокальцієві - як активні заповнювачі в ніздрюватих бетонах, активних мінеральних добавок до цементів і бетонів, у виробництві цегли, штучних пористих заповнювачів тощо. Класифікація зол і шлаків ТЕС за фазовим складом враховує три можливі фазові складові: скло, що виникає при швидкому охолодженні розплавлених мінеральних компонентів палива; частково закристалізована фаза, що утворюється під час повільного охолодження шлакового розплаву; аморфізована речовина неорганічної частини палива. Від співвідношення цих фазових складових та їхніх індивідуальних особливостей залежить гідравлічна активність зол і шлаків, а отже, і можливі напрями їх використання у виробництві будівельних матеріалів. будівельних матеріалів.

### **3.4. Пропозиції щодо вирішення проблеми**

Пропонується розглянути і запровадити можливість використання золи виносу, та інших золошлакових матеріалів для будівництва житлової будівлі, для цього розглянемо можливість її використання під час виготовлення будівельних матеріалів.

При заміщенні частини цементу золою ТЕС для бетонів нормального твердіння характерна більш низька міцність у ранньому віці порівняно з з бетонами без золи. З плином часу різниця в міцності бетонів із золою і без золи поступово скорочується, а в пізні терміни твердіння (180-360 доби) бетони з помірним вмістом золи набувають міцності, що дорівнює міцності бетону без золи і навіть перевищує її. Це пояснюється тим, що формування міцності бетонів із золою відбувається під впливом двох найважливіших чинників. Перший пов'язаний зі

зменшенням витрати цементу і підвищенням водоцементного відношення при введенні золи і призводить до зниження міцності. Другий фактор пов'язаний із проявом пуццоланової активності золи. У ранні терміни твердіння переважає перший фактор, у пізні - другий. У разі гідротехнічних бетонних споруд, що вступають в експлуатацію в досить пізньому віці, уповільнене наростання міцності не є недоліком. Для конструкцій, що швидко вводяться в експлуатацію, міцність бетону із золою в ранньому віці може бути підвищена застосуванням цементу високої марки, використанням добавок-прискорювачів твердіння бетону, підвищенням активності золи помелом. У разі заміни частини цементу золою в бетонах нормального твердіння необхідно встановити оптимальну частину попелу, що не викликає зниження міцності бетону в необхідні терміни, а в разі використання крупнодисперсної золи - оптимальну межу її подрібнення (рис. 4).

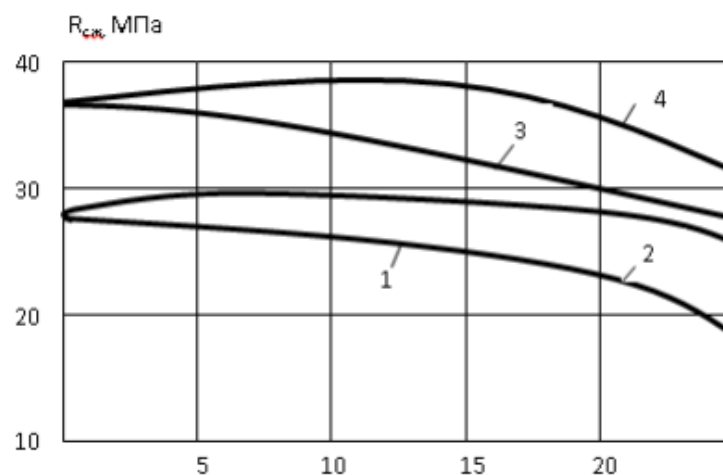


Рис. 4. Залежність міцності бетону від дисперсності та витрати меленої золи:  
 вік бетону 28 діб при  $S_{уд}$ , см²/г: 1-2900, 2-5600; вік бетону 90 діб при  
 $S_{уд}$ , см²/г: 3-2900, 4-5600

На рис. 3 показано визначення оптимальної межі подрібнення крупнодисперсної золи. Горизонтальні штрихпунктирні лінії характеризують міцність бетону без золи в ранні терміни твердіння. Точки перетину кривих із відповідними горизонтальними лініями знаходяться в інтервалі  $S_{уд} = 5000-6000$  см²/г. До такої питомої поверхні і слід молоти цю крупнодисперсну золу.

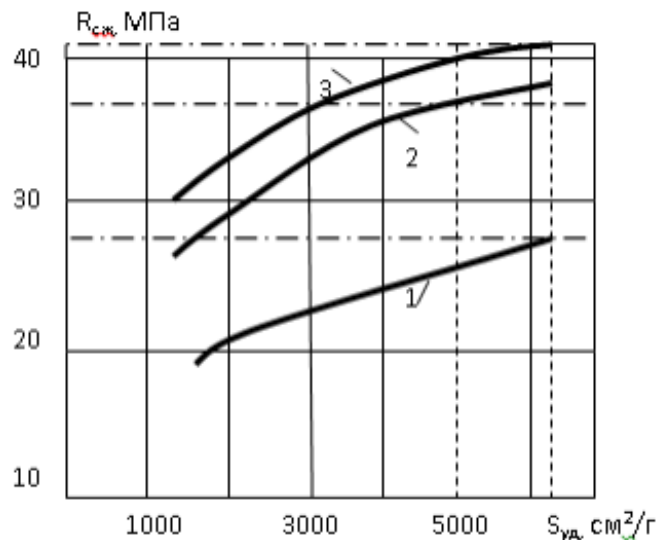


Рис. 5. Вплив дисперсності меленої золошлакової суміші на міцність бетону  
(вік бетону, доба: 1-28; 2-90; 3-180)

Позитивною особливістю бетонів із золю є їхня підвищена міцність на розтягнення порівняно з бетонами без золи. При бетонуванні масивних конструкцій (греблі, шлюзи тощо) усередині бетонного масиву за рахунок тепловиділення під час гідратації цементу розвиваються високі температури, що викликає небезпеку термічного розтріскування бетону. Тому проводяться спеціальні заходи щодо охолодження бетонного масиву. Істотною перевагою бетону із золю є його знижене тепловиділення під час твердіння. Заміна 25-30% цементу золю знижує тепловиділення на 15-20%. При цьому крім економії цементу і поліпшення температурного режиму всередині масиву досягається істотна економія за рахунок відмови від штучного охолодження бетону.

Введення золи ТЕС практично не змінює усадку бетону. Для бетону гідротехнічних споруд важливою вимогою є стійкість проти корозії в різних агресивних середовищах. Під дією м'якої проточної води, наприклад річкової, з бетону вимивається гідроксид кальцію, що утворився під час твердіння портландцементу.

Вилуговування  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  в кількості 15-30% від загального вмісту в цементному камені викликає зниження його міцності на 40-50% і більше. Зола ТЕС зв'язує  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  в нерозчинні сполуки і тим самим підвищує стійкість бетону до цього виду корозії. Зв'язування  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  золю призводить також до підвищення

стійкості бетону проти дії кислот, що містяться, наприклад, у стічних водах промислових підприємств. Підвищується також стійкість проти дії солей магнею, які зустрічаються в ґрунтових водах і у великій кількості містяться в морській воді. Довговічність бетонів у конструкціях, що піддаються спільній дії атмосферних чинників і води, залежить від морозостійкості. Заміна частини цементу золою, як правило, призводить до зниження морозостійкості. Це пояснюється збільшенням фактичного водоцементного відношення і утворенням додаткового обсягу капілярних пор. Зниженню морозостійкості сприяє також зменшення вмісту залученого повітря при введенні золи і присутність у золі органічних залишків, які набухають у воді, погано зчіплюються з в'язучим, здатні утворювати сполуки, що руйнують в'язуче. Органічні залишки містяться зазвичай у великій фракції золи. Поміл золи призводить до руйнування органічних частинок і їх рівномірного розподілу в усьому матеріалі, що позитивно впливає на морозостійкість бетону морозостійкість бетону.

#### Важкі бетони

У важкий бетон для виготовлення різних будівельних виробів золу можна вводити замість частини цементу і частини заповнювача. В умовах пропарювання добавка золи виявляється більш ефективною, ніж при нормальному твердінні. Для пропареного бетону встановлено оптимальну добавку золи: 150 кг на 1м<sup>3</sup> бетону. Зола в бетоні виконує роль активної мінеральної добавки і мікронаповнювача, що поліпшує властивості суміші.

Особливо раціонально використовувати важкі бетони з добавкою попелу під час виготовленні плоских великих елементів (панелей для стін, перекриттів і ін.). Введення золи підвищує рухливість бетонної суміші та зменшує повітропоглинання, внаслідок чого кількість дефектів на поверхні виробів зменшується.

Вміст золи в суміші може бути збільшений при використанні високоактивних портландцементів, прискорювачів твердіння і добавок, що підвищують морозостійкість і водонепроникність бетону. У деяких випадках

можлива заміна 50% за масою і більше цементу водою, що дуже важливо з погляду точки зору підвищення ступеня утилізації золи.

Часткова заміна кварцового піску золою в пропареному бетоні підвищує жорсткість бетонної суміші. При цьому зменшується середня густина бетону і зростає його міцність на стиск. Бетони на заповнювачах із золошлакових сумішей

Ці види бетонів характеризуються максимальним використанням у них відвальних золошлакових сумішей. В'яжучими в таких бетонах можуть бути портландцемент і його різновиди, а також повітряне або гідравлічне вапно, зазвичай у суміші з двоводним гіпсом. Золошлакову суміш можна використовувати як безпосередньо з відвалу, так і отримувати змішуванням золи і шлаку. Золошлакові суміші використовують як однокомпонентний заповнювача в дрібнозернистих бетонах (без природного піску і крупного заповнювача), а також у різних бетонах у поєднанні з іншими природними або штучними заповнювачами.

У дрібнозернистому бетоні із золошлакової суміші звичайні заповнювачі (щебінь і пісок) повністю замінюються золошлаковою сумішшю, що містить дрібнозернисті золи, дрібні і великі фракції шлаку. У разі заміни піску і щебеню низької якості (забруднений і запісочений щебінь із пісковика і вапняку, дрібнозернистий пісок) витрата цементу в бетоні на однокомпонентному заповнювачі із золошлакової суміші не підвищується. При заміні в бетоні такої ж міцності високоякісного гранітного щебеню і піску золошлаковою сумішшю витрата цементу підвищується на 10-20%.

Вміст золи в золошлаковій суміші (фракція менше 0,315 мм) має перебувати в межах 20-50%.

Бетон на заповнювачі із золошлакової суміші рекомендується застосовувати в шахтному будівництві для виготовлення збірних бетонних і залізобетонних кріпильних елементів, у сільськогосподарському та малоповерховому будівництві для виготовлення дрібних і великих фундаментних і стінових блоків, плит перекриттів і покриттів, перемичок, колон

і балок довжиною до 6м. При використанні як заповнювачів спеціально підібраних сумішей із золи і паливного гранульованого шлаку встановлено, що найкращі властивості цементних золошлакобетонів досягаються при вмісті шлаку 0,45-0,7м<sup>3</sup> і золи 0,1-0,15 м<sup>3</sup> на 1м<sup>3</sup> бетону. Різновидами дрібнозернистих бетонів на золошлакових сумішах є бетони на шлакопіщаному заповнювачі та на золопіщаному заповнювачі.

Дрібнозернистий бетон на шлакопіщаному заповнювачі готується зі шлаку роздільного гідровидалення і природного кварцового піску. Витрата цементу в такому бетоні на 20-25% нижча, ніж у звичайному дрібнозернистому бетоні на кварцовому піску. Такий бетон ефективний під час виготовлення густоармованих і тонкостінних конструкцій.

Золопіщані бетони отримують шляхом введення в худі цементно-піщані суміші золи ТЕС. Витрата цементу в таких бетонах практично не перевищує норм для звичайного важкого бетону з великим заповнювачем, у той час як дрібнозернисті цементно-піщані бетони характеризуються підвищеною на 20-40% витратою цементу порівняно з важким бетоном.

Введення золи збільшує міцність піщаних бетонів на 20-50% порівняно з міцністю бетонів за тих самих витрат цементу, але без золи.

Золопіщані бетони мають дрібнозернисту структуру з високою однорідністю пор, що зумовлює їхню високу морозостійкість (понад 150 циклів) і водонепроникність. Золопіщані бетони знайшли застосування під час виготовлення елементів залізобетонних колодязів, стін підвалів тощо. Під час виготовлення важкого бетону золошлакова суміш може замінити пісок частково або повністю. Особливо вигідно вводити золошлакову суміш замість дрібнозернистого піску, що вимагає підвищеної витрати цементу. Бетон, у якому золошлакова суміш поєднується зі щебенем, за міцності не поступається бетону на високоякісних заповнювачах.

Золошлакова суміш або шлак, що застосовуються в поєднанні зі звичайними заповнювачами, покращують зерновий склад і легкоукладальність

бетонної суміші при економії дорогих заповнювачів, а в окремих випадках і цементу.

Бетони на комбінованих заповнювачах можна застосовувати нарівні зі звичайними важкими бетонами, за винятком напружено-армованих, спеціальних і особливо відповідальних конструкцій.

#### Керамзитозолобетон для зовнішніх стінових панелей

Одним із найпоширеніших видів легкого бетону на пористих заповнювачах є керамзитобетон, в якому в якості дрібного заповнювача використовується кварцовий пісок. Застосування золи ТЕС замість кварцового піску дає змогу знизити середню густину бетону (приблизно на 200 кг/м<sup>3</sup>) і забезпечити необхідні теплозахисні властивості зовнішніх стін.

Бетонні суміші, що містять золу, краще ущільнюються і не розшаровуються. Стабільна водоутримувальна здатність золи, що забезпечується розвиненою внутрішньою пористістю її частинок, призводить до того, що видалення вологи з них відбувається уповільнено. Цим пояснюється тривалість процесу висихання золобетонів. З іншого боку, наявність у пористих частинках золи вологи робить можливим інтенсивне теплове прогрів керамзитозолобетону за температури 120-1400С без зниження його кінцевої міцності.

Під час використання золи як дрібного заповнювача для легких бетонів необхідно дотримуватися певного гранулометричного складу золи, щоб отримати довговічний і морозостійкий керамзитозолобетон. Використання золи дає змогу знизити витрату цементу на 15-20%.

#### Бетони на глинозольному керамзиті

Властивості глинозольного керамзиту змінюються в широких межах залежно від співвідношення глинистого компонента і золи ТЕС. Так, насипна густина цього заповнювача коливається в межах 440-770 кг/м<sup>3</sup>.

Для бетонів використовують глинозольний керамзит насипною густиною 440 кг/м<sup>3</sup> і золи гідровидалення як дрібний заповнювач. З метою зниження середньої щільності керамзитобетону в сировинну суміш вводять

повітровтягувальну добавку - СНП (смола нейтралізована повітровтягувальна). З бетону на глинозольному керамзиті випускають несучі попередньо-напружені плити покриттів розмірів  $3 \times 18$  м.

Трудовитрати на монтаж таких плит (порівняно з конструкцією типових плит розмірів  $3 \times 6$  і  $3 \times 12$ ) зменшилися на 30%, маса конструкцій на 20%, витрата бетону на 5-10%, сталі на 8-10%.

Бетони на безвипалювальному зольному гравії. Із цього заповнювача виготовляють конструкційно-теплоізоляційні бетони із середньою щільністю 850-1000 кг/м<sup>3</sup> для огорожувальних конструкцій і конструкційні бетони із середньою густиною 1700-1900 кг/м<sup>3</sup> для несучих конструкцій.

Особливістю безвипалювального зольного гравію є те, що його на відміну від пористих заповнювачів відміну від пористих заповнювачів (керамзиту, аглопориту, випалювального зольного гравію), що володіють до моменту застосування в бетоні остаточною заданою міцністю, використовують у вигляді напівфабрикату, завершення твердіння якого відбувається разом із розчинною частиною бетону під час теплової обробці.

Ще однією відмінною рисою безвипалювальних, особливо полегшених, заповнювачів є їхнє високе водопоглинання (20-50%), що визначає їхню роботу в бетоні.

Підвищена пористість гранул не перешкоджає їх вологообміну з цементним тістом, що істотно впливає на структуроутворення бетону.

При введенні в бетонну суміш, пористі заповнювачі, відсмоктуючи вологу з цементного тіста, сприяють отриманню більш щільного і міцного контактного шару на межі "зерно заповнювача - цементний камінь". На подальшому етапі при зменшенні кількості води в цементному камені внаслідок гідратації цементу пористі заповнювачі повертають раніше поглинену воду, створюючи сприятливі умови для протікання гідратації цементу і зменшуючи усадочні явища в цементному камені. Витрати цементу на такі бетони становить 220-380 кг/м<sup>3</sup>.

Бетони на безвипалювальному зольному ґравії характеризуються високою атмосферо- і морозостійкістю, придатні для виготовлення несучих залізобетонних конструкцій зі звичайним залізобетонних конструкцій зі звичайним і попередньо-напруженим армуванням.

### Ніздрюваті бетони

Ніздрюватий бетон (газо- і пінобетон) являє собою різновид легкого бетону, відмітною особливістю структури якого є значна кількість штучно створених пор у вигляді осередків, заповнених повітрям. Осередки, що мають переважно сферичну форму і діаметр 0,5-3 мм, рівномірно розподілені в тілі бетону, що забезпечує його знижену щільність і теплопровідність. Газобетони отримують спучуванням бетонної суміші газом, що виділяється в результаті взаємодії газоутворювальної добавки і в'язучого; пінобетон - при змішуванні бетонної суміші з технічною піною.

В'язучими в ніздрюватих бетонах можуть бути портландцемент, змішані цементи, вапняно-кремнеземисті в'язучі, гіпсові в'язучі тощо. В якості кремнеземистого компонента зазвичай застосовують мелений кварцовий пісок. Його додають у бетонну суміш у вигляді піщаного шламу, одержуваного в млинах мокрого помелу.

За характером твердіння розрізняють автоклавні та безавтоклавні бетони. Застосування зол теплових електричних станцій для виробництва ніздрюватих бетонів вважається одним із перспективних напрямків у використанні енергетичних відходів. Ніздрюваті золобетони застосовують під час виготовленні стінових панелей з облицюванням, для плит покриття, для неармованих дрібних стінових блоків, для виготовлення теплоізоляційних виробів.

Оскільки основною складовою золи є склоподібна речовина, а не кристалічний кварц, як не кристалічний кварц, як у піску, то зола значно активніша і її застосування як кремнеземистого компонента ефективніше.

До зол ТЕС, що застосовуються в ніздрюватих бетонах, висуваються такі вимоги: вміст склоподібних і оплавлених частинок не має бути менше 50%; вміст

незгорілого палива для зол від спалювання кам'яного вугілля - не більше 5%, для зол від спалювання бурого вугілля - не більше понад 3%; вміст SO<sub>3</sub> не повинен перевищувати 3%.

Газобетонні вироби виготовляють ливарним або вібраційним способом. Ніздрюватобетонну суміш перемішують у газобетонозмішувачах. Спочатку завантажують піщаний або зольний шлам, потім воду, в'язуче і суспензію газоутворювача, яким найчастіше є алюмінієва пудра.

Перемішування здійснюють у процесі вібрації корпусу змішувача. По закінченні перемішування суміш швидко вивантажують у форми. За ливарної технології вироби формують із рідиннотекучих сумішей, що містять до 50-60% води від маси сухих компонентів. На стадії формування утворюється поризована маса: за ливарної технології її отримують у нерухомих формах, при вібраційній - у віброваних.

Безавтоклавні ніздрюваті бетони виготовляють переважно на портландцементі або шлакопортландцементі. Для поліпшення газоутворення до складу сировинної суміші додають вапно.

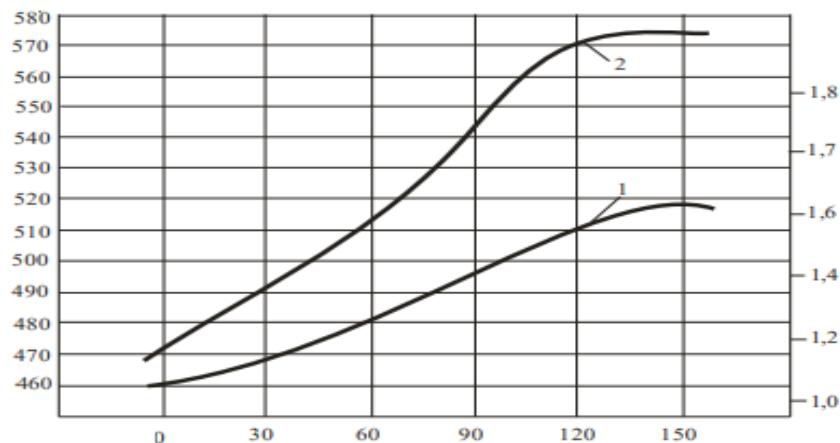
Підбір складів конструктивного і конструктивнотеплоізоляційного керамзитозолошлакобетону для будівництва житлового будинку.

Під час проведення лабораторних експериментальних досліджень зі встановлення закономірності впливу складу бетону на міцність і довговічність конструкцій як в'язучий використовувався портландцемент марки 400-500 (фактична активність при пропарюванні в різних партіях коливалася від 30 до 46 МПа). Тонкість помелу, визначена за залишком на ситі 008 становила 0,9%; такий цемент належить до в'язучих тонкого помелу. Як великий заповнювач для легкого бетону використовувався керамзит. Наявність подрібнених частинок у керамзитовому гравії становить 0,5%, що вкладається в нормативний максимум.

Морозостійкість керамзитового гравію визначали за втратою маси після 15 циклів поперемінного заморожування і відтавання і становила 12%, що

перевищує нормативні характеристики (8%). Отже, керамзитовий гравій може бути використаний у конструктивних і конструктивно-теплоізоляційних легких бетонах тільки після перевірки бетону на морозостійкість.

Під час випробувань керамзитового гравію було встановлено, що керамзит за середньою щільністю і зерновим складом неоднорідний. Його насипна щільність коливається від 400 до 800 кг/м<sup>3</sup> отже, при призначенні заданої середньої густини потрібно виходити з максимально можливих значень його насипної густини. У досліджуваному керамзитовому гравії відсутні фракції 0,14-5, що відповідають дрібному заповнювачу для керамзитобетону, тому доцільно використовувати для приготування керамзитобетону турбулентний змішувач - активатор, у процесі роботи якого відбувається часткове дроблення керамзиту з утворенням дрібних фракцій, а так само розтин зовнішньої поверхні крупного заповнювача і його активації, що сприятливо позначається на фізико-механічних характеристиках бетону. Результати досліджень режимів дроблення показані на рис. 4.



Залежність міцності від стиснення в циліндрі та середньої густини керамзитового гравію від часу дроблення: 1 - міцність стисненні, МПа;  
2 - середня насипна густина, кг/м<sup>3</sup>

Рис. 6. Зміна характеристик керамзитового гравію залежно від часу його обробки в турбулентному змішувачі

Як видно, зі збільшенням тривалості дроблення керамзитового гравію дроблення керамзитового гравію до 120 с, у його складі поступово зменшується кількість фракцій 20-40 мм з 45% до 12%, в той же час збільшується вміст фракції 10-20 мм - на 20% і в суміші утворюються до 13% фракції піску (5-0,14 мм). Подальше збільшення дроблення (150 с) не призводить до суттєвої зміни гранулометричного складу заповнювача. Отже, доцільно передбачити у складі технологічного процесу виготовлення керамзитобетону попередню обробку керамзиту в змішувачі тривалістю 120 с.

Насипна густина керамзиту після дроблення зростає на 3%, міцність при стисненні на 58%.

Отримана при дробленні керамзитового гравію кількість дрібних фракцій залишається достатньою для отримання легкого бетону щільної структури. Виникає необхідність введення до його складу відсутньої кількості дрібного заповнювача.

В якості відсутньої частини дрібного заповнювача в керамзитобетоні досліджувалася можливість використання: золи-винесення сухого видалення.

Характеристики золи-винесення сухого видалення: насипна щільність - 1030 кг/м<sup>3</sup>

; істинна густина - 2100 кг/м<sup>3</sup>

; втрати при прожарюванні - 2,25%;

питома поверхня за залишком на ситі 008 - 1,3%. Тонкість помелу золи унос сухого видалення відповідає тонкості помелу цементу, втрати при прожарюванні нижче допустимих і зола-винос придатна для застосування в бетоні.

Характеристики золошлакової суміші: насипна густина - 780 кг/м<sup>3</sup>;

вологість - 17%; втрати при прожарюванні склали - 4,8%. Тонкість помелу частини суміші, що пройшла через сито 014, становить 64% за залишком на ситі 008. Характеристики природного піску: насипна густина піску - 1425 кг/м<sup>3</sup> наявність глинистих частинок - 21%. Повний залишок на ситі 0,63 - 33%. Цей

пісок належить до дрібних заповнювачів і може бути використаний для отримання бетону підвищеної міцності.

Під час підбору складу керамзитозолошлакобетону враховували мету проектування - отримання економічного бетону з маркою за середньою щільності Д1100-Д1300 класів за міцністю В5-В15 рухливістю 9-12 см осадки стандартного конуса до моменту укладання. Бетонна суміш повинна укладатися у вертикальну опалубку, утворюючи гарну лицьову поверхню, яка не потребує додаткового оздоблення. Бетони мають бути призначені для приготування армованих конструкцій.

Загальна витрата дрібного і крупного заповнювача для конструкційнотеплоізоляційного бетону становить 1,55 м<sup>3</sup>.

. При цьому частка піску (або золошлакової суміші) у суміші заповнювачів визначається виходячи з досліджень, під час яких вона змінилася від 18 до 45%.

Для визначення впливу співвідношення дрібного і крупного заповнювача на структуру бетону попередній підбір складових бетону проводився експериментально, шляхом порційного введення дрібного заповнювача (піску або золошлакового матеріалу).

Щільність і якість поверхні бетону визначали візуально на зразках кубах 150×150×150 мм і циліндрах діаметром 100 і висотою 400 мм. Приготування бетонної суміші здійснювалося примусовим способом перемішування і в турбулентному змішувачі з дробленням у ньому керамзитового гравію.

Як виявлено з результатів експериментів, поверхня і міцність великопористого безпіщаного бетону, а так само безпіщаного бетону, приготованого в турбулентному змішувачі з попередньою активацією заповнювача протягом 80 с не відповідають вимогам, пред'явленим до міцності, щільності, структури бетону і до якості його поверхні. Введення до складу керамзитобетону до 20% піску збільшує його опір стисненню в 1,5 раза порівняно із забезпеченим активованим бетоном, дещо покращує зовнішній вигляд зразків. Заміна піску золошлаковим матеріалом за аналогічного його вмісті та турбулентному перемішуванні з активацією крупного заповнювача

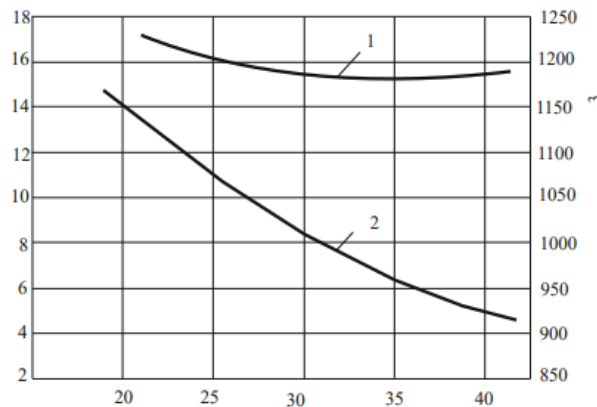
протягом 120 с помітно не покращує якість, структуру і зовнішній вигляд зразків. Збільшення кількості золошлакового матеріалу до 22% і часу перемішування в турбулентному змішувачі забезпечує зростання міцності у 2-2,2 раза порівняно з безпіщаним активованим бетоном і задовільну якість його поверхні та структури.

Таким чином, можна зробити висновок, що мінімальна кількість дрібної фракції, що забезпечує задовільну якість структури і зовнішньої поверхні зразків, має бути не менше 22%, від загального обсягу заповнювача. Рекомендується введення пластифікуючих добавок для бетонів підвищеної міцності. Турбулентна активація керамзиту протягом 120 с, з подальшим перемішуванням бетонної суміші, в яку вводиться відсутня частина піску, забезпечує отримання бетону з необхідними характеристиками характеристиками міцності та задовільним зовнішнім виглядом поверхні. При визначенні гранично зменшеного та оптимального вмісту керамзитового гравію в бетонній суміші, виходячи з фізико-механічних характеристик і якості зовнішньої поверхні зразків, було виявлено, що оптимальні характеристики за міцністю і середньою густиною зразків бетону досягаються при вмісті в ньому піску до 27%, золошлакового матеріалу - 28%, без урахування частини піску, утвореного під час дроблення керамзиту в турбулентному змішувачі (8-10% від обсягу керамзиту).

На рис. 6, 7 представлено дані про зміну середньої густини і міцності на стиск зразків легкого бетону, виготовлених із різним відсотковим вмістом дрібного заповнювача - піску або золошлакового матеріалу.

Таким чином, із проведених досліджень можна зробити висновок, що мінімальний вміст дрібної фракції (без урахування піску, що утворюється під час дроблення керамзиту) у суміші заповнювачів має становити не менше 22%, а максимальний - не більше 39%.

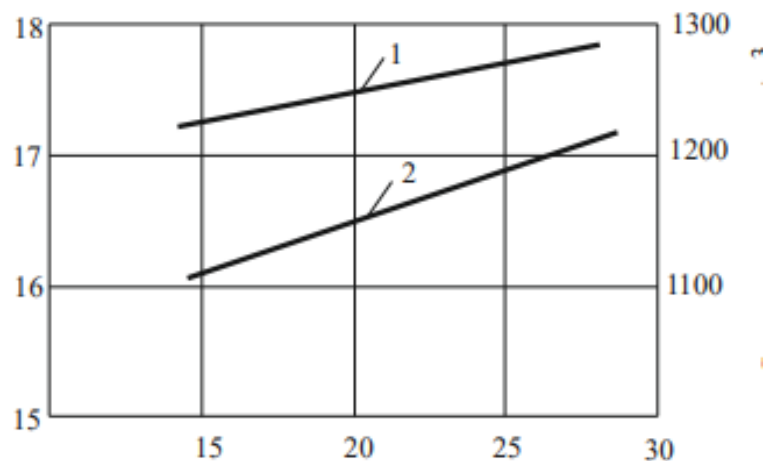
Під час підбору робочих складів при цьому слід враховувати вплив середньої насипної густини заповнювачів на зміну середньої густини бетону, яка не повинна перевищувати заданих характеристик.



1. зміна середньої густини керамзитобетону залежно від вмісту зошлакового матеріалу.

2. зміна міцності при стисненні керамзитобетону залежно від вмісту зошлакового матеріалу.

Рис. 7. Зміни характеристик керамзитобетону на дрібному заповнювачі із зошлакового матеріалу



1. зміна середньої густини керамзитобетону залежно від вмісту піску.

2. зміна міцності при стисненні керамзитобетону залежно від вмісту піску.

Рис. 8. Зміни характеристик бетону на дрібному заповнювачі з важкого піску

На основі результатів експериментальних лабораторних досліджень були розроблені такі технологічні рішення:

- витрату цементу будь-якої марки в бетоні на дрібному заповнювачі із

золошлакової суміші призначати не менше 220 кг/м<sup>3</sup> , а при використанні зол сухого видалення не менше 200 кг/м<sup>3</sup>

- для приготування керамзитозолошлакобетонної суміші, з метою отримання керамзитового піску та активації зерен керамзиту, використовувати турбулентний змішувач із циклічним режимом роботи та необхідним об'ємом замісу;

- порядок завантаження матеріалів у турбулентний змішувач: крупний заповнювач і 30% від розрахункової кількості води (активація заповнювача з його дробленням 120 с) + вода, що залишилася + дрібний заповнювач + цемент (перемішування 150-180 с). Добавки вводяться з другою порцією води замішування;

- бетонну суміш транспортувати на об'єкт в автобетонозмішувачах, що запобігає її розшаруванню. Для керамзитозолошлакобетонної суміші тривалість транспортування від місця виготовлення до місця укладання не повинна бути більше 30 хвилин;

- рухливість у момент вивантаження зі змішувача не повинна перевищувати 9-12 см;

- при вивантаженні бетонної суміші з бункера в опалубку перекриття, відстань між нижньою кромкою бункера і поверхнею, на яку укладається бетон, має бути не більше 1,0 м. Бетонну суміш слід укладати горизонтальними шарами шириною 1,5-2,0 м однакової товщини (15-30 см) без розривів, з послідовним напрямком укладання в один бік у всіх шарах. Укладання наступного шару бетонної суміші допускається до початку схоплювання бетону попереднього шару;

- щоб уникнути розшарування суміші висота її вільного скидання не повинна перевищувати 1-1,8 м. Під час завантаження бетоном опалубки стін висотою до 3 м бажано здійснювати подачу суміші через бетонолітний хобот;

- бетонну суміш у вертикальних конструкціях ущільнюють глибинними вібраторами: крок перестановки вібраторів не повинен перевищувати

полуторного радіуса їхньої дії; глибина занурення вібратора в бетонну суміш повинна забезпечити заглиблення його в раніше укладений шар на 5-10 см;

- тривалість вібрування на кожній позиції становить 20-30 с.

Закінчують ущільнення, коли бетонна суміш перестає осідати, на її поверхні з'являється цементне молоко і припиняється виділення бульбашок повітря;

- для ущільнення бетонної суміші в конструкціях перекриттів використовуються поверхневі вібратори. Тривалість вібрування в кожному місці встановлення вібратора залежить від пластичності (рухливості) бетонної суміші і становить не менше 45 с і не більше 90 с.

- змащування опалубки проводити за допомогою емульсолу. У зимовий період емульсол доводити до мастильної консистенції шляхом додавання в нього солярної оливи, при цьому бажано змащування проводити на теплу опалубку, а емульсол перед вживанням доводити до температури +15-+20 °С.

## Висновки

Зола-винос є важливим сировинним компонентом для виробництва енергоефективних ніздрюватих бетонів. Сучасні тенденції розвитку електроенергетики України та світові тенденції країн Європейського Союзу щодо обмеження використання атомної енергетики приведуть до зростання обсягів золошлакових відходів.

Залучення техногенних відходів ТЕС в технологію виробництва ніздрюватого бетону, забезпечує одночасно економію сировинних і енергетичних ресурсів на стадії виробництва матеріалів, покращує екологічний стан довкілля, забезпечує економію енергетичних ресурсів на стадії утримання та експлуатації будинків;

Ніздрюваті бетони різної щільності дозволяють одержати оптимальну за теплоопором і ціною, довговічну та безпечну конструкцію стіни. Зростання виробництва ніздрюватих бетонів дозволить наблизити відносні обсяги будівництва житла до європейських стандартів та скороти енергоспоживання житловим фондом.

Величезну ефективність застосування золошлакових відходів ТЕС у виробництві будівельних матеріалів доведена численними науковими дослідженнями та практичним досвідом. Вона полягає у зменшенні витрат сировинних матеріалів, паливно-енергетичних ресурсів, скорочення технологічного циклу виробництва виробів, поліпшенні їхніх властивостей. Крім цього істотна економія досягається в результаті ліквідації золошлакових відвалів. Видалення зол і шлаків у відвали та утримання відвалів вимагає витрати колосальних коштів. Тільки за 1 добу роботи на ТЕС потужністю 1 млн. кВт (за сучасними масштабами це середня електростанція) спалюється близько 10000 т вугілля й утворюється понад 1000 т золи і шлаку, під відвал яких (висотою 8 м) потрібна площа понад 1 га на рік.

Однак необхідність використання золошлакових відходів пов'язана ще і з їхнім шкідливим впливом на навколишнє природне середовище. Розпилення золи ТЕС під час її зберігання у відвалах становить небезпеку для водного й

особливо повітряного басейнів. Поблизу відвалів різко погіршуються умови життя людей. Тому необхідно якнайповніше використовувати золошлакові відходи в усіх можливих напрямках, навіть у тих випадках, коли їхнє використання не дає відчутного економічного ефекту в грошовому вираженні.

Використання багатотоннажних відходів теплової енергетики прямо відповідає завданню розроблення та впровадження маловідходних і безвідходних, ресурсозберігаючих технологій. Відходи однієї галузі промисловості -енергетики є цінною сировиною для іншої галузі - будівництва.

Також золи і шлаки ТЕС успішно застосовуються в дорожньому будівництві, у виробництві шлакоситалів і золоситалів (склокристалічні матеріали з високою міцністю, твердістю, термічною та хімічною стійкістю), шлакової вати тощо.

Таким чином, використання зол і шлаків ТЕС дає можливість виробляти нові ефективні види будівельних матеріалів з поліпшеними будівельно-технічними властивостями, дає змогу різко зменшити капітальні та поточні витрати на спорудження нових та утримання діючих золовідвалів і діючих золовідвалів і, зрештою, істотно знизити собівартість одержуваної електроенергії.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Сергєєв А.М. Використання у будівництві відходів енергетичної промисловості. Київ: Будівельник, 1984.120с..
2. Сердюк В. Р. Проблеми стабільності формування макроструктури ніздрюватих газобетонів безавтоклавного твердіння / В. Р. Сердюк, М. С. Лемешев, О. В. Христич // Будівельні матеріали, вироби та санітарна техніка. - 2011. - №40. - С. 166-170
3. Рунова Р.Ф., Шейніч Л.О., Гелеєра О.Г., Гоц В.І. Основи виробництва стінових та оздоблювальних матеріалів. Підручник.- К.; КНУБА, 2002. С. 78.
4. Крилов Є.О. Рекомендації по перепрофілюванню потужностей індустріального домобудування // Матеріали Четвертої Міжнародної виставкиконференції "Реконструкція житла (RG / Київ 2002) Київ, 4-7 червня 2002 р. –С.59-64”
5. Сердюк В.Р., Борецький О.Й., Амер Номан. Хімічна активація золи-винос для цементно-зольних композицій. //Вісник ВПІ, №1. 1997р.-С.19-22.
6. Боднар П.С., Несен Л.М. “Оптимізація макроструктури газобетону, отриманого на основі відходів промисловості” // Вісник ВПІ. – №1, 2001. С-5-7.
7. ДБН В.1.2-2:2006. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Навантаження і впливи. Норми проектування. – К.: Мінбуд України, 2006. – 75 с.
8. ДБН В.2.2-9:2018. Будинки і споруди. Громадські будинки та споруди. Основні положення. – К.: Мінрегіон України, 2019. – 49 с.
9. ДБН В.2.6-161:2017. Дерев'яні конструкції. Основні положення. – К.: Мінрегіон України, 2017. – 117 с.
10. ДБН В.2.6-220:2017. Покриття будівель і споруд. – К.: Мінрегіон України,

2017. – 59 с.

11. ДБН В.2.6-31:2016. Теплова ізоляція будівель. – К.: Мінрегіон України, 2017. – 37 с.

12. ДСТУ 8855:2019. Будівлі та споруди. Визначення класу наслідків (відповідальності). – К.: ДП «УкрНДНЦ», 2019. – 17 с.

13. ДСТУ Б В.2.6-108:2010. Конструкції будинків і споруд. Блоки бетонні для стін і підвалів. – К.: Мінрегіонбуд України, 2011. – 27 с.

14. ДСТУ Б В.2.6-109:2010. Конструкції будинків і споруд. Плити залізобетонні стрічкових фундаментів. – К.: Мінрегіонбуд України, 2011.

15. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010. Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Будівельна кліматологія. – К.: Мінрегіонбуд України, 2011. – 130 с.

16. ДСТУ-Н Б В.2.6-190:2013. Настанова з розрахункової оцінки показників теплостійкості та теплосвоєння огорожувальних конструкцій. – К.: Мінрегіон України, 2014. – 52 с.

17. Sawmill House / Archier Studio. Archdaily: Режим доступу: <https://www.archdaily.com/771906/sawmill-house-archier-studio>

18. Seramco: Secondary Raw Materials for Concrete Precast Products. Interreg North-West Europe: Режим доступу: <https://www.nweurope.eu/projects/project-search/seramco-secondary-rawmaterials-for-concrete-precast-products/>

19. ДБН В.2.1-10:2018. Основи і фундаменти будівель та споруд. Основні положення. – К.: Мінрегіон України, 2018. – 42 с.

20. Березюк О. В. Математичне моделювання прогнозування об'ємів утворення твердих побутових відходів та площ полігонів і сміттєзвалищ в Україні / О. В. Березюк //Сучасні технології, матеріали і конструкції у будівництві. – 2009.

21. Червяков Ю. М. Використання гіпсовміщуючих відходів промисловості в якості сировини привиробництві будівельних матеріалів і виробів / Ю. М. Червяков, Л. О. Супрун //Будівельні матеріали, вироби та санітарна техніка. – 2013. – №. 48. – С. 60-63.
22. Очеретний В. П. Нове в технології виробництва цементно-карбонатних будівельних виробів з використанням промислових відходів [Текст] / В. П. Очеретний, В. П. Ковальський, М. П.Машницький // Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. - 2008. - № 5. - С. 33-36.
23. Овчаренко О. А. Методичні рекомендації для практичних занять та самостійної роботи з дисципліни «Будівельна механіка» зі студентами напряму підготовки 6.060101 «Будівництво» та спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» за освітнім рівнем «бакалавр» / О. А. Овчаренко – Харків: ЛНАУ, 2017. – 35 с.
24. Овчаренко О. А. Методичні рекомендації до виконання та оформлення кваліфікаційних робіт для студентів спеціальності 192 – Будівництво та цивільна інженерія другого (магістерського) рівня вищої освіти денної і заочної форм навчання / О. А. Овчаренко, В. І. Гук. – Старобільськ: ЛНАУ, 2021. – 46 с