

Міністерство освіти і науки України
КРИВОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Будівельний факультет
КАФЕДРА ТЕХНОЛОГІЙ БУДІВЕЛЬНИХ ВИРОБІВ, МАТЕРІАЛІВ І КОНСТРУКЦІЙ

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної магістерської роботи
за освітньо-професійною програмою «Технологія будівельних
конструкцій, виробів і матеріалів»
спеціальність 192 – Будівництво та цивільна інженерія

Тема роботи: Завод з виготовлення зовнішніх стінових панелей з легких бетонів

Виконав:

магістрант групи ТБВК-24м

Богомолів Олексій Володимирович

(прізвище, ім'я, по батькові)

Керівник випускної роботи Ш доц. Шишкіна О.О.

Нормоконтролер Есєр Єгорова І.В.

Завідувач кафедри Ш доц. Шишкіна О.О.

Кривий Ріг

2025 р.

Криворізький національний університет
Будівельний факультет
Кафедра технології будівельних виробів, матеріалів та конструкцій

Освітньо-кваліфікаційний рівень - магістр
Спеціальність – 192 Будівництво та цивільна інженерія
ОПП – «Технологія будівельних матеріалів, виробів та конструкцій»

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри

Ш Шишкіна О.О.

“12” грудня 2025 року

ЗАВДАННЯ
НА МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ МАГІСТРАНТУ

Богомолу Олексію Володимировичу

(прізвище, ім'я, по батькові в родовому відмінку)

1. **Тема роботи** Завод з виготовлення зовнішніх стінових панелей з легких бетонів

керівник роботи доц. Шишкіна О.О.

затверджені наказом університету від “04” 04 2025 року № 189 с

2. **Строк подання студентом роботи** 7 грудня 2025 року

3. **Вихідні дані до роботи**

вид залізобетонної конструкції, потужність заводу

4. **Зміст розрахунково-пояснювальної записки** (перелік питань, які потрібно розробити) дослідити за літературними джерелами та розробити удосконалену технологію виготовлення зовнішніх стінових панелей з легких бетонів

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

- 1 Робоче креслення базової конструкції
- 2 Результати наукових досліджень
- 3 Результати наукових досліджень
- 4 Поопераційні нормалі
- 5 Поопераційний графік
- 6 Тижнево-добовий графік
- 7 Технологічна схема виготовлення конструкції
- 8 Карта контролю якості

5. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	к.т.н., доц., зав. каф. ТБВМК Шишкіна О.О.		
2	к.т.н., доц., зав. каф. ТБВМК Шишкіна О.О.		
3	к.т.н., доц., зав. каф. ТБВМК Шишкіна О.О.		
4	к.т.н., доц., зав. каф. ТБВМК Шишкіна О.О.		
5	к.т.н., доц., зав. каф. ТБВМК Шишкіна О.О.		
6	к.т.н., доц., зав. каф. ТБВМК Шишкіна О.О.		
7	к.т.н., доц., зав. каф. ТБВМК Шишкіна О.О.		
8	к.т.н., доц., зав. каф. ТБВМК Шишкіна О.О.		
9	к.т.н., доц., зав. каф. ТБВМК Шишкіна О.О.		
10	к.т.н., доц., зав. каф. ТБВМК Шишкіна О.О.		
11	к.т.н., доц., зав. каф. ТБВМК Шишкіна О.О.		
12	к.т.н., доц., зав. каф. ТБВМК Шишкіна О.О.		
13	к.т.н., доц., доцент каф. охорони праці та цивільної безпеки Шаповалов В. А.		

6. Дата видачі завдання 30 травня 2025р.

7. Календарний план

№ з/п	Назва етапів магістерської роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Загальна частина	10.09.25	
2	Вибір і обґрунтування технології виробництва	12.09.25	
3	Розрахунок фондів часу роботи підприємства	12.09.25	
4	Наукова частина	15.09.25	
5	Організація виробництва конструкції	22.09.25	
6	Складське господарство	01.10.25	
7	Лабораторія і контроль якості	08.10.25	

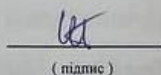
	повітрі, парі, воді		
9	Організація вантажопотоків	22.10.25	
10	Структура, організація і управління підприємством	4.11.25	
11	Розрахунок потреби робітників	12.11.25	
12	Об'ємно-планувальне рішення підприємства	26.11.25	
13	Охорона праці і техніка безпеки	4.12.25	

Магістрант


(підпис)

Богачов Р. В.
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи


(підпис)

Шинківець О. О.
(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

магістерської кваліфікаційної роботи

студента гр.. ТБВК-24м Богомолова Олексія Володимировича

на тему: «Завод з виготовлення зовнішніх стінових панелей з легких бетонів»

Актуальність теми. Зовнішні залізобетонні стінові панелі, сформовані з використанням легкого бетону широко застосовуються в сучасному будівництві. Такі панелі використовуються як при зведенні багатоповерхових споруд, так і будівель малоповерховості або одноповерхових. Ці ЗБ зовнішні стінові конструкції ефективні як для житлових та громадських будівель, так і для споруд промислового сектору. Також вони застосовуються в об'єктах швидкого монтажу (модульні споруди, тимчасові будівлі).

Метою кваліфікаційної роботи є проєктування заводу з випуску зовнішніх стінових панелей з легких бетонів з врахуванням вимог нормативних документів та сучасних рішень та пропозицій в галузі технології виготовлення залізобетонних конструкцій.

Об'єктом дослідження є завод з випуску зовнішніх стінових панелей з легких бетонів.

Завдання: 1) обґрунтування визначеного району будівництва, вигляду і обсягів продукції, що застосовується до випуску, наявність сировинних і енергетичних ресурсів, необхідних для цього; 2) обґрунтований вибір технології виробництва для всієї номенклатури продукції; 3) встановити режим роботи підприємства; 4) провести аналіз наукових джерел та обґрунтувати вибір пропонованого способу вдосконалення виготовлення конструкції; 5) описати технологічні процеси та операції які здійснюються при виготовленні конструкції в порядку їх виконання; 6) дати характеристику всім матеріалам та комплектуючим, які будуть застосовані, розрахувати їх потребу; 7) запроектувати роботу бетонозмішувального цеху; 8) запроектувати роботу арматурного цеху; 9) запроектувати роботу формувального цеху; 10) запроектувати склади компонентів та готової

продукції; 11) дослідити та описати методи та засоби контролю якості на підприємстві; 12) встановити потребу в електроенергії, стислому повітрі, парі, воді; 13) встановити вантажопотоки на підприємстві; 14) описати структуру, організацію та управління підприємством; 15) провести розрахунок потреби робітників; 16) виконати об'ємно-планувальне рішення для підприємства; 17) описати положення охорони праці та техніки безпеки на підприємстві.

Практичне значення отриманих результатів полягає у пропозиції по проєктуванню заводу з випуску зовнішніх стінових панелей з легких бетонів та вдосконалення технології виготовлення

Ключові слова: легкий бетон, залізобетонні конструкції, зовнішні стінові панелі, технологія виготовлення, проєктування роботи підприємств

Обсяг кваліфікаційної роботи: Магістерська кваліфікаційна робота складається з пояснювальної записки, викладеної на 100 сторінках, яка складається зі вступу, тринадцяти розділів, які містять 15 рисунків, 28 таблиць, списку використаних джерел з 19 найменувань, та графічної частини, яка складається з 8 листів формату А3.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	9
1. Загальна частина.....	10
2. Вибір та обґрунтування технології виробництва.....	17
3. Розрахунок фондів часу роботи підприємства.....	22
4. Наукова частина.....	26
4.1. Аналітичний огляд.....	26
4.2. Наукова (теоретична частина).....	29
4.3. Науково-практична (прикладна) частина.....	30
5. Організація виробництва конструкцій.....	35
5.1. Технологічні процеси і операції	35
5.2. Характеристика матеріалів та комплектуючих	42
5.3. Бетонозмішувальний цех	51
5.4. Арматурний цех	55
5.5. Формувальний цех	58
5.5.1. Поопераційний графік	58
5.5.2. Тижнево-добовий графік	60
5.5.3. Розрахунок потужності технологічної лінії	69
5.5.4. Розрахунок загального часу виготовлення планового об'єму продукції	69
6. Складське господарство.....	70

6.1. Розрахунок потреби в компонентах й комплектуючих	70
6.2. Склади в'язучих.....	71
6.3. Склади заповнювачів.....	73
6.4. Склади арматури та арматурних виробів.....	74
6.5. Склад готової продукції	75
6.6. Матеріально-технічні склади та склади комплектуючих	77
7. Лабораторія і контроль якості.....	79
8. Розрахунок потреби в електроенергії, стислому повітрі, парі, воді.....	82
9. Організація вантажопотоків.....	84
10. Структура, організація і управління підприємством.....	87
11. Розрахунок потреби робітників.....	90
12. Об'ємно-планувальне рішення.....	92
13. Охорона праці.....	95
Список використаної літератури.....	98

Вступ

У сучасній галузі будівництва залізобетонні конструкції відіграють ключову роль завдяки своїй універсальності, надійності та адаптивності до всіляких умов експлуатації. Залізобетон як композитний матеріал, поєднує бетон, який добре витримує стискальні навантаження, з арматурою (у вигляді різних елементів), яка компенсує низьку міцність бетону на розтяг. Така спільна робота забезпечує високі показники по міцності довговічності, а також стійкості до атмосферних впливів й інших впливів. На сьогодні ЗБ конструкції складають основу понад 70% сучасних будівельних проєктів у світі, сприяючи розвитку сталого будівництва.

ЗБ конструкції широко застосовуються в різних напрямках будівництва: від житлових і комерційних будівель до інфраструктурних об'єктів, таких як мости, тунелі, дамби та аеропорти. Також вони широко застосовувані для будівництва у промисловому секторі.

Серед видів залізобетонних конструкцій особливе місце посідають збірні елементи, які виробляються на спеціалізованих заводах і монтуються на будівельному майданчику. Серед основних переваг збірних ЗБ конструкцій є забезпечення прискорення процесу будівництва на 20-50% порівняно з монолітними конструкціями завдяки заводському виготовленню, що зменшує залежність від погодних умов і мінімізує помилки на місці. Також заводське виробництво гарантує вищий контроль якості, стандартизацію та точність розмірів, що знижує витрати на матеріали та працю. Крім того, збірні конструкції сприяють економії ресурсів: зменшення відходів на будмайданчику, краща енергоефективність (завдяки інтеграції ізоляційних матеріалів) і довговічність (термін служби понад 50-100 років).

1. Загальна частина

В кваліфікаційній роботі розглядається проєктування та організація роботи заводу, який призначений для виготовлення зовнішніх стінових панелей, які будуть виготовлятися з легкого бетону.

Розташування заводу з виробництва зовнішніх стінових панелей з легкого бетону в місті Кривий Ріг, Україна, є стратегічно виправданим з огляду на економічні, логістичні та ресурсні особливості регіону. Кривий Ріг, як центр Кривбасівського залізрудного басейну, є одним з найбагатших на мінеральні ресурси регіонів України, має значну чисельність населення та розвинену промислову інфраструктуру. У контексті післявоєнної реконструкції, де попит на будівельні матеріали зростає, таке розміщення забезпечує конкурентні переваги, сприяючи швидкому запуску виробництва та інтеграції в національну економіку.

Так доступність сировини є фундаментальною перевагою. Кривий Ріг багатий на різні сировинні матеріали для виготовлення бетону, зокрема легкого бетону. Так, в місті мається цементний завод, що може постачати цемент. Крім того, регіон багатий на легкі заповнювачі, такі як перліт чи керамзит, що є одним з основних складових легкого бетону, які можна добувати локально, зменшуючи витрати на транспортування сировини на 20-30% порівняно з іншими регіонами. Також в місті працює металургійний гігант ArcelorMittal, що є постачальником металу. Означене не лише знижує собівартість продукції, але й сприяє екологічній стійкості, мінімізуючи вуглецевий слід логістики.

Також Кривий Ріг має розвинену транспортну інфраструктуру у вигляді як залізничних, так і автомобільних мереж. Це Полегшує переміщення як за необхідності компонентів залізобетону, так і відвантаження готових панелей до споживачів не тільки в межах чи поблизу міста, але й в інші регіони країни, особливо ті, які потребують значної відбудови.

Завдяки функціонуванню в місті потужних навчальних закладів та навчальних центрів, дана локація забезпечена фахівцями високої кваліфікації. Це є однією із міцних запорок значної якості продукції, що буде випускатися таким заводом.

Велика кількість жителів міста, яка останнім часом збільшилася за рахунок того, що місто стало хабом для людей, що були вимушені покинути свої домівки, дасть змогу забезпечити завод з випуску зовнішніх стінових панелей з легкого бетону робочим персоналом.

Можливості збуту готової продукції заводу з виготовлення зовнішніх панелей з легкого бетону обумовлюються великою потребою у відбудові будівель різноманітного призначення, які були зруйновані в Україні в ході повномасштабного вторгнення. Клієнтами даного заводу можуть бути як будівельні організації в Дніпропетровському регіоні, так і по всій Україні.

Ще однією перевагою даного типу продукції є її знижена вага, що пов'язано зі зниженою у порівнянні з виробами з важкого бетону щільністю. Тож затрати на доставку таких конструкцій будуть значно менші, що дає змогу розширити радіус постачання продукції.

Даний завод проектується таким, що виготовлятиме продукцію лише одного спрямування – зовнішніх стінових панелей з бетону, що за класифікацією по щільності відноситься до легких. Це є вузькою спеціалізацією. Зазвичай такі заводи мають обмежену категорію споживачів. Але в нинішніх мовах, продукція такого заводу матиме попит ще доволі довгий час. Тож це не є збитковим рішенням з економічної точки зору.

Водночас планується, що даний завод буде мати малу потужність. В подальшому технологічні лінії заводу можна буде переобладнати під виробництво інших типів виробів.

Завод буде складатися з основних виробничих підрозділів, допоміжних підрозділів, контролюючих підрозділів та адміністративного підрозділу:



На даному заводі буде виготовлятися конкретна продукція – зовнішні панелі для стін цивільних будівель та для стін виробничих та допоміжних споруд промисловості з легкого бетону марки ПЦС 30.33.2.5-Л.

Такі панелі створюються щільної будови, а знижена густина досягається шляхом використання в складі бетону заповнювачів зниженою густини – «легких». Конструкція складається з одного шару бетону марки за середньою густиною D 1300, з класом по міцності на стиск C 8\10, а в якості армувального елемента застосовується зварний просторовий каркас з прикріпленими до нього строповочними петлями. На зовнішній частині панелі передбачається створення з цементно-піщаного розчину густиною 1800 кг/м³ та марки 100 фактурного шару, що має товщину 30 мм.

Дані по планованому виготовленню конструкцій на даному заводі наведені в таблицях 1 та 2.

Креслення панелі відображені на рисунку 1.

Схема армування приведена на рисунку 2.

Таблиця 1

Номенклатура продукції, що планується до виготовлення

Найменування виробу	Ескіз виробу	Об'єм виробництва		Марка виробу	Програма виробництва		
		%	м ³		%	м ³	<u>шт</u>
Панель з легкого бетону нульового циклу для стін цивільних будівель та допоміжних будівель промислових підприємств		100	12000	ПЦС 30.33.2.5-Л	100	12000	5597

Таблиця 2

Характеристика продукції, що планується до виготовлення

Марка виробу	Основні розміри, мм	Основні властивості		Маса виробу, кг	Витрати матеріалів	
		клас бетону	марка по морозостійкості		бетон, м ³	сталь, кг
ПЦС 30.33.2.5-Л	2980x3270x250	C8/10	F75	3740	2,144	101,16

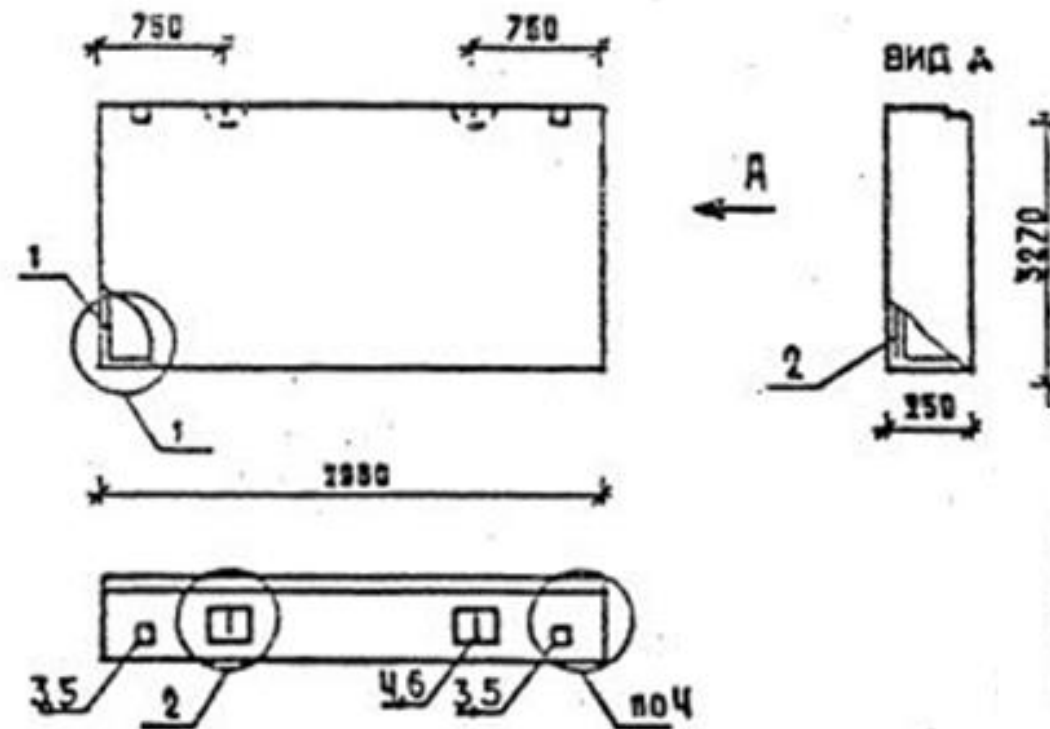
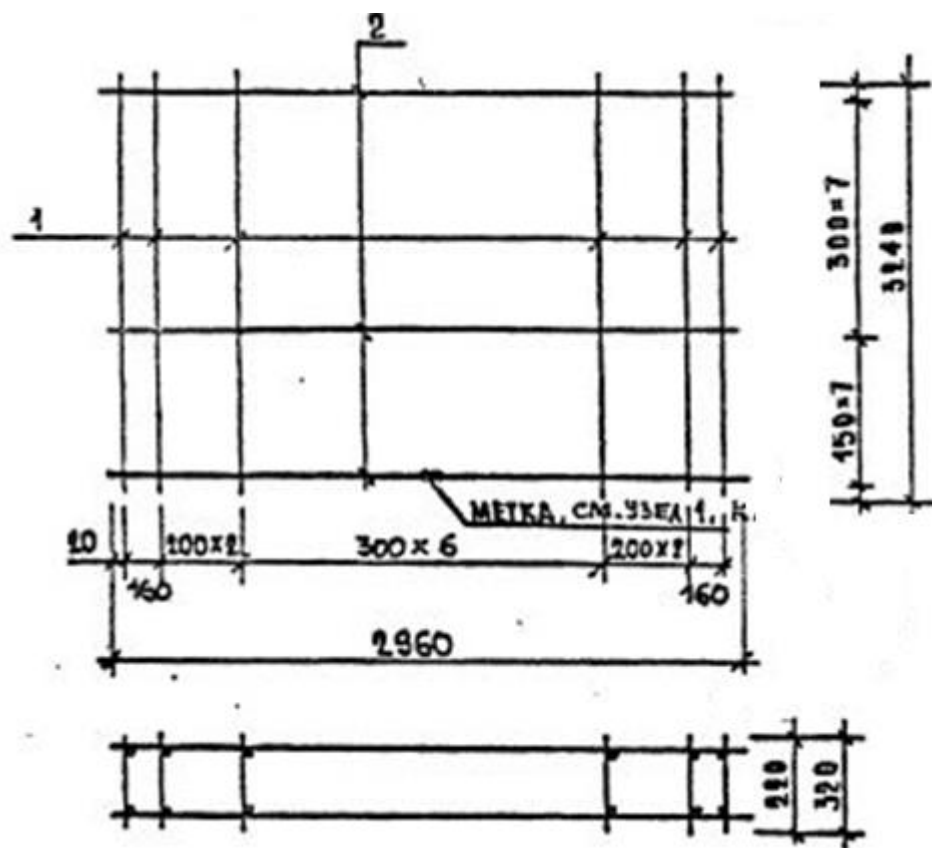


Рисунок 1. Креслення зовнішньої стінової панелі з легкого бетону ПЦС 30.33.2.5-Л



Марка панелі	поз.	Марка арматурного виробу	кіль:	маса, кг	
				1 шт.	всього
ПСЦ 30.33.2.5-Л	1	КПЦ-2.25	1	41.56	41.58
	2	С-2	1	48.96	48.96
	3	МН-1	2	2.07	4.14
	4	СП-5	2	3.08	6.16
	5	Ø6AIII L = 390	2	0.09	0.17
	6	Ø8AIII L = 220	2	0.09	0.17
				загалом: 101.16	

Рисунок 2. Армвання зовнішньої стінової панелі з легкого бетону ПЦС 30.33.2.5-Л

2. Вибір і обґрунтування прийнятої технології виробництва

Вибір технологічного методу виробництва є фундаментальним рішенням при проєктуванні заводу з випуску збірних залізобетонних конструкцій, зокрема, зовнішніх стінових панелей з легкого бетону. Це рішення безпосередньо впливає на капітальні витрати, собівартість продукції, продуктивність заводу та гнучкість асортименту. Також в залежності від того, який метод формування конструкцій буде обраний на пряму залежить те, яким чином буде організована робота основного виробничого підрозділу – цех формування.

При здійсненні вибору методу виробництва звертають увагу на такі ключові показники та параметри:

1. Номенклатура та асортимент продукції (гнучкість) – визначається кількість типів і типорозмірів виробів, які планується випускати. Якщо асортимент великий та різноманітний (як у випадку стінових панелей із різними прорізами), пріоритет надається гнучким методам. Якщо продукція однотипна і масова, обирають максимально продуктивні методи.

2. Необхідна річна потужність та обсяг виробництва (продуктивність) – це критичний фактор, що визначає необхідний ритм роботи та швидкість обігу форм. Для високої або масової продуктивності (наприклад, понад 100 тис. м³ на рік), обирають ті методи, які дають змогу отримати такий обсяг в запланований термін. Для низької або середньої потужності можуть бути виправданими ті методи, які дещо подовжують термін виробництва.

3. Габарити та вага виробів – великі та важкі елементи (як зовнішні стінові панелі) вимагають використання потужного кранового обладнання та просторих робочих майданчиків, що ускладнює їх переміщення конвеєром. Тож має бути надана перевага методу, де переміщуються або окремі форми, або кран подає матеріали до статичного виробу.

4. Складність конструкції та технології: вироби зі складною конфігурацією, що включають багато закладних деталей, багатошаровість

(наприклад, основне тіло бетону + оздоблювальний шар), вимагають більш тривалого часу для формування. Така складність краще реалізується на спеціалізованих постах, де оператор має достатньо часу для виконання всіх операцій.

5. Капітальні та експлуатаційні витрати: певні методи мають вищі початкові капітальні витрати, але найнижчу собівартість одиниці продукції при масовому випуску.

Існують три основні технологічні схеми виробництва збірних залізобетонних виробів: поточно-агрегатний, конвеєрна та стендова.

Розглянемо основні характеристики кожного методу.

1. Поточно-агрегатний метод. При виконанні формування ЗЗБК за цією схемою вироби переміщуються від однієї технологічної операції (пост бетонування, формування, термообробка) до іншої за допомогою кранів або транспортних візків, при цьому кожна операція виконується на окремому спеціалізованому посту. Формувальне обладнання (форми) є знімним і багаторазово використовується.

В якості переваг виділяють:

- гнучкість (легше переналагоджується на випуск виробів різної номенклатури та розмірів);
- універсальність (дозволяє виготовляти великі та важкі вироби);
- раціональне використання площі (обладнання розміщується на спеціалізованих постах, що дозволяє оптимізувати простір);
- невеликі початкові капітальні.

В той же час даний метод не обходиться без недоліків серед яких:

- циклічність (робочий потік не є суцільним, рух форм відбувається дискретно);
- залежність від кранового обладнання (висока інтенсивність використання мостових кранів для переміщення форм та виробів);
- не дуже висока продуктивність (при масовому випуску однотипної продукції).

2. Конвеєрний метод. Виробництво за застосуванні такого методу організоване за принципом потокової лінії. Форми (піддони) жорстко закріплені на конвеєрі або лінійному транспортері та послідовно проходять усі стадії обробки (чищення, армування, бетонування, термообробка) на спеціалізованих постах.

Плюсами конвеєрної схеми є:

- висока продуктивність (ідеально підходить для масового випуску однотипної продукції);
- автоматизація (легше піддається автоматизації та механізації всіх процесів);
- чітка ритмічність (забезпечує високу якість і стабільність технологічного процесу);
- мінімальний простій (тут форми завжди в русі).

Щодо мінусів:

- низька гнучкість (дуже важко переналагоджується на випуск виробів іншої номенклатури або розмірів);
- високі початкові капітальні витрати на обладнання та організацію лінії;
- обмеження за габаритами (зазвичай використовується для менших або середніх за розміром виробів);
- висока вартість форм-піддонів (для циркуляційних ліній).

3. Стендовий метод. В цьому випадку весь технологічний цикл (формування, тепловолога обробка, розпалубка) відбувається на одному місці – на спеціальному довгому стаціонарному стенді або майданчику. Вироби не переміщуються до витягання їх зі стенда. Часто використовується для виготовлення великогабаритних та довгих виробів (наприклад, попередньо напружених балок, плит перекриття).

Позитивним в цьому методі є:

- можливість випуску великогабаритних виробів великої довжини;
- мінімальні витрати на переміщення виробів та форм;

- низькі капітальні витрати на початок виробництва;
- ідеально підходить для малої номенклатури та обмежених обсягів виробництва.

Негативне:

- низька продуктивність (тривалий цикл виготовлення на одному місці);
- велика потреба у виробничій площі;
- складність механізації (нерівномірність навантаження на пости);
- стенд займається протягом усього циклу твердіння, що сповільнює обіг форм.

Різновидом стендової організації виготовлення ЗЗБК є касетний метод. Його особливість полягає в тому, що він дозволяє одночасно формувати велику кількість тонкостінних, плоских виробів (наприклад, внутрішні стінові панелі, перегородки) на обмеженій виробничій площі. Відмінність від класичного стендового методу полягає у вертикальному формуванні (на стенді зазвичай горизонтальне) та значно більш ефективному використанні простору за рахунок «пакетного» розміщення форм.

Зведена таблиця-порівняння методів (табл. 3).

Таблиця 3

Порівняння методів виробництва ЗЗБК

Критерій	Метод		
	Поточно-агрегатний	Конвеєрний	Стеновий
Гнучкість номенклатури	Висока (легко змінювати форми)	Низька (складна переналагодження)	Середня (залежить від конструкції стенда)
Габарити виробів	Великі та важкі (забезпечується краном)	Обмежені (розміром конвеєра)	Дуже великі (обмежені довжиною стенда)
Можлива продуктивність	Середня (висока, якщо вдосконалий)	Дуже висока (для масового випуску)	Низька (тривалий цикл)
Складність виробу	Добре підходить (для багатошарових)	Складно організувати на лінії	Добре підходить (можна вручну керувати)
Капітальні витрати	Середні	Високі	Низькі

Аналіз наведеної таблиці-порівняння дає змогу зробити висновок, що для виробництва запланованої конструкції (стін зовнішніх з одношарових панелей з легкого бетону марки ПЦС 30.33.2.5-Л найбільш доцільним є поточно-агрегатний спосіб, що підтверджується такими положеннями:

- адаптивність – дозволяє розміщувати на постах форми різних розмірів та конструкцій, що стає критично важливим в разі потреби зміни номенклатури виготовлюваних конструкцій;

- складна технологія – на окремих постах можна легко організувати формування конструкцій, які потребують організації укладання утеплювача, встановлення закладних елементів та облицювання, що складніше реалізувати на жорсткій конвеєрній лінії;

- особливості легкого бетону – на окремому посту бетонування можна контролювати процес подачі та ущільнення легкого бетону, а також забезпечити специфічні умови твердіння, які можуть бути довшими або вимагати індивідуального підходу;

- транспортування – переміщення великогабаритних форм за допомогою кранового обладнання є більш універсальним і надійним для важких виробів, ніж використання системи автоматичних піддонів конвеєра.

Таким чином, поточно-агрегатний метод забезпечує оптимальний баланс між необхідною продуктивністю (порівняно зі стендовим) та високою адаптивністю виробництва великогабаритних і конструктивно складних зовнішніх стінових панелей з легкого бетону (порівняно з конвеєрним).

3. Розрахунок фондів часу роботи підприємства

Режимні характеристики роботи заводу з випуску зовнішніх стін з легкого бетону марки ПЦС 30.33.2.5-Л наведені в таблиці 4.

Таблиця 4

Показники режиму роботи заводу

Показник	номінальний фонд часу роботи обладнання (T_n)	номінальний фонд часу роботи обладнання по вивантаженню сировини й матеріалів залізничним транспортом	тривалість робочої зміни ($t_{зм}$)	кількість робочих змін на добу без теплової обробки ($n_{зм}$)	кількість робочих змін по прийманню матеріалів (автотранспортом)
Значення	260 діб	365 діб	8 годин	2	2

Загальна тривалість працювання устаткування, задіяного на заводі впродовж року залежить від того, скільки часу буде втрачатися на простої з тих чи інших причин і вираховується як [1]:

$$T_{річ} = T_n - T_{рем} - T_{пер}, \text{ діб,}$$

де T_n – номінальний фонд часу роботи обладнання;

$T_{рем}$ – термін планових зупинок обладнання на ремонт;

$T_{пер}$ – витрати робочого часу, які пов'язані з переналагоджуванням формувального обладнання.

Значення $T_{рем}$ та $T_{пер}$ вибираємо з таблиць 5 та 6.

Таблиця 5

Термін планових зупинок на ремонт

Вид технологічної лінії	Тривалість планових зупинок на ремонт, діб
Агрегатно-потокова	7
Конвеєрна	13
Стендова	7

Таблиця 6

Тривалість витрат робочого часу, пов'язаних з зупинками формувального обладнання на переналагодження

Вид технологічної лінії	Витрати робочого часу, пов'язаних з зупинками формувального обладнання на переналагодження, діб					
	усі переналагодження виконуються на спецпостах		на спецпостах виконуються тільки переналагодження, які не укладаються у темп роботи лінії		усі переналагодження виконуються на лінії	
	2	3	2	3	2	3
Конвеєрна	2	3	3	4	-	-
Агрегатно-потокова	1	2	1	2	-	-
Стендова	-	-	2	3	4	6

Прийнявши, що переналадка устаткування буде відбуватися на технологічній лінії, розраховуємо $T_{річ}$:

$$T_{річ} = 260 - 7 - 0 = 253 \text{ (діб)}$$

«Розмір змінного фонду продуктивної праці $t_{зм}$ розраховують за формулою:

$$t_{зм} = t_{зм} \cdot K_{вс}, \text{ год}$$

де $t_{зм}$ – тривалість робочої зміни, годин;

K_{ec} – коефіцієнт внутрішньої змінної продуктивності використання робочого часу» [1].

$$K_{ez} = \frac{\sum_{i=1}^e q_i}{100}$$

де e – кількість регламентованих додаткових витрат часу на протязі зміни;

q_i – продовжуваність регламентованих додаткових витрат часу протягом зміни, у % від оперативного часу.

Додаткові витрати часу йдуть на різні види діяльності, які перелічені в таблиці 7 з вказанням їх продовжуваності у % (з врахуванням обраного способу формування стінових панелей).

Таблиця 7

Показники внутрішніх змінних витрат часу

Вид діяльності	Обсяг від загального часу, %
Підготувально-завершальні роботи	4
Обслуговування робочого місця	4
Перерви технологічні	2
Відпочинок та особисті потреби	10

Підставляємо всі вихідні дані:

$$\sum q_i = q_1 + q_2 + q_3 + q_4$$

$$\sum q_i = 20,0$$

$$K_{ec} = 1 - \frac{20,0}{100} = 0,8$$

$$t_{змн} = 8 \times 0,8 = 6,4 \text{ год}$$

Номінальні й розрахункові значення для робочого часового фонду зведені в таблицю 8.

Таблиця 8

Номінальні й розрахункові показники робочого фонду часу

Термін	Показники			
	Номінальні		Розрахункові	
	діб	годин	діб	годин
Зміна	-	8	-	6,4
Доба	1	16	1	12,8
Місяць	21,7	346,7	20,25	259,2
Рік	260	4160	253	3238,4

Тобто на заводі зміна буде тривати 8 годин, але з них дійсно робочого часу на виконання всіх потрібних процесів виробництва буде 6,4 години.

Відповідно, з врахуванням того, що в одній добі будуть працювати в дві зміни працівників, за 24 астрономічні години тривалість робочого часу буде 12,8 годин.

4. Наукова частина

4.1 Аналітичний огляд

Зовнішні залізобетонні стінові панелі, сформовані з використанням легкого бетону широко застосовуються в сучасному будівництві. Такі панелі використовуються як при зведенні багатоповерхових споруд, так і будівель малоповерховості або одноповерхових. Ці ЗБ зовнішні стінові конструкції ефективні як для житлових та громадських будівель, так і для споруд промислового сектору. Також вони застосовуються в об'єктах швидкого монтажу (модульні споруди, тимчасові будівлі).

Зовнішні стінові конструкції типу панелей можуть виготовлятися як одношаровими, так і багатошаровими. Одношарові виготовляються з щільного легкого бетону (наприклад, керамзитобетону), мають обмежені теплоізоляційні властивості, але високу міцність. Багатошарові ж в свою чергу складаються з несучого шару, утеплювача (мінеральна вата, пінополістирол) та оздоблювального шару. Такі панелі забезпечують високий рівень термоізоляції.

Призначенням зовнішніх ЗБ панелей стінових полягає в наступному:

- формування зовнішнього огорожуючого бар'єру;
- забезпечення теплової та звукової ізоляції внутрішніх приміщень відносно зовнішнього середовища;
- сприйнятті вертикальних навантажень;
- можливе створення певного декоративного ефекту для фасаду.

Їх застосування особливо ефективно в регіонах з помірним та холодним кліматом, де особливого значення набуває теплоізоляція зовнішніх огорожувальних конструкцій.

Означені армовані конструкції із легкого бетону сприймають різні види навантажень та зовнішніх впливів. До них відносяться вітрові навантаження (для багатоповерхових споруд); температурні деформації (завдяки низькому

коефіцієнту теплопровідності легкого бетону); механічні навантаження (що включають власну вагу, монтажні зусилля та експлуатаційні впливи).

Вимоги такого виду ЗБ виробів викладені в нормативному документі [2]. Згідно з ДСТУ Б В.2.6-64:2008, легко бетонні армовані панелі для зовнішнього огороження повинні відповідати таким вимогам у загальному виді:

- володіти міцністю при стисканні не менше 5-10 МПа (в залежності від конкретного типу легкого бетону);
- мати показник теплопровідності у межах 0,14-0,35 Вт/(м·К) (що дозволяє забезпечити належну енергоефективність);
- володіти маркою по морозостійкості не менше F500-F100;
- мати щільність у сухому стані в діапазоні 900-1200 кг/м³;
- володіти класом по вогнестійкості не нижче EI 60 (тобто, 60 хвилин до втрати цілісності та теплоізоляції).

Виготовлення стінових зовнішніх ЗБ стін саме з легкого бетону обумовлюється низкою переваг такого будівельного матеріалу.

Як відомо, «легкими» називають ті бетони, які мають у сухому стані показник середньої щільності (ρ_0) не більше 2000 кг/м³ [3,4]. Досягнення такого показника середньої щільності можливо різними шляхами, наприклад, застосуванням спеціальних добавок, що є хімічними, які сприяють поризації структури бетонної суміші, а відповідно, і бетону, і, як наслідок, зниження показника ρ_0 . Але все ж найбільш поширеним способом отримання бетонів з середньою щільністю до 2000 кг/м³ є застосування в заповнювачів, які є пористими.

Легкий бетон на пористих заповнювачах є доцільним матеріалом для виробництва зовнішніх стінових панелей насамперед через поєднання добрих теплоізоляційних властивостей і конструктивної придатності. По-перше, за рахунок значно меншої питомої маси та підвищеної пористості такий бетон має нижчу теплопровідність порівняно зі звичайним важким бетоном, що дозволяє суттєво зменшити теплові втрати будівель і підвищити

енергоефективність огорожувальних конструкцій. В підтвердження цього в роботі [5] показана кореляція зниження коефіцієнта λ із зниженням об'ємної маси легких бетонів. По-друге, менша власна вага панелей з легкого бетону знижує навантаження на фундамент, що дає технологічні та економічні переваги: простіша логістика, зниження витрат на монтаж (легші підйомні механізми, швидший монтаж панелей).

Види пористих заповнювачів наведені в таблиці 9 [6].

Таблиця 9

Види заповнювачів для легких бетонів

Вид пористого заповнювача	Штучні	Органічні	Неорганічні	З відходів промисловості	Природні
Характеристика	Сипкі матеріали, одержані шляхом термічної обробки мінеральної сировини і наступного розсіву чи дроблення і розсіву	Сипкі суміші з відходів заготівлі і переробки деревини, відходів переробки сільськогос-п одарської продукції, які є матеріалами, що складені з органічних з'єднань вуглецю рослинного походження	Пористі тверді матеріали з мінеральної сировини	Пористі заповнювачі, що одержуються із залишків процесу виробництва продукції (щебінь і пісок з паливного чи відвального металургійного шлаку, зола	Пористі заповнювачі, утворені внаслідок природного руйнування гірських порід і одержані дробленням гірських порід вулканічного і осадового походження

4.2. Наукова (теоретична частина)

Зрозуміло, що вид матеріалу, який буде використаний в якості бетонного заповнювача, робить безпосередній вплив на досягнення легким бетоном його основних якісних характеристик. Основні показники, які оцінюють при встановленні якості легкого бетону наведені в таблиці 10 [7].

Таблиця 10

Основні показники за якими оцінюють якість бетону

Вид бетону	Основні технічні показники						
Легкий	міцність при стиску та розтягу	середня густина	вологість	морозостійкість	теплопровідність	водонепроникність	пористість

Добре відомі та мають широку практику застосування в якості заповнювачів такі матеріали:

- перліт;
- керамзит;
- пемза;
- шлаковий гравій;
- пористі вапняки;
- вугільна зола;
- опоки;
- туфи

та інші, а також комбінації цих матеріалів.

Серед багатьох різновидів пористих заповнювачів саме керамзит представляється найбільш ефективним для створення бетонів, до яких ставляться вимоги не тільки по теплофізичним властивостям, але й щодо міцності [8].

Керамзит представляє собою штучний пористий заповнювач, отриманий шляхом випалу легкоплавких глин при температурі 1000-1200°C. У процесі випалу глина спучується, утворюючи гранули з пористою структурою.

Окрім ефективного співвідношення «теплопровідність/міцність» керамзитобетон характеризується хорошою стійкістю до циклів заморожування-відтавання і низькою гідрофільністю у порівнянні з деякими іншими пористими матеріалами. Також керамзит як промисловий продукт широко доступний у регіонах України, має налагоджене виробництво й відносно невисоку ціну порівняно з перлітом чи вермикулітом. Це знижує собівартість виробів та спрощує логістику його поставок. Крім того, крупнофракційний керамзит забезпечує хорошу адгезію цементного каменю до зерен і стабільну структуру матриці, що сприяє надійній роботі арматури в залізобетоні.

Отже, керамзитобетон є найбільш доцільним вибором серед легких бетонів для виготовлення зовнішніх одношарових стінових залізобетонних цокольних панелей громадських і промислових будівель завдяки поєднанню конструктивної міцності, теплоізоляційних властивостей, морозостійкості та довговічності.

4.3. Науково-практична (прикладна) частина

Керамзитобетон активно досліджується науковцями як в Україні, так і в світі. Проводяться вишукування шляхів підвищення його якісних показників, і в першу чергу це стосується міцності. Так, до прикладу, регулювати властивості керамзитобетону пропонують через регулювання фракційного складу керамзиту та дрібного заповнювача, підбору вмісту керамзиту [9]. До інших способів, які були розроблені належать:

- введення мікро- та нанонаповнювачів;
- використання карбонатного піску в якості дрібного заповнювача;

- використання композиційних в'язучих;
- модифікування органічними та угнано-мінеральними добавками;
- попередня обробка керамзиту та інші.

Розглянемо деякі із пропонованих варіантів.

В науковій статті дослідників з Одеської державної академії будівництва та архітектури наведено, що використання багатокомпонентної в'язучої речовини є ефективним рішенням для збільшення показників міцності керамзитобетону [10].

При здійсненні досліджень ними були використані такі компоненти (табл.11).

Таблиця 11

Компоненти, використані в дослідженні [10]

керамзитовий гравій	пісок карбонатний	цемент М 400	зола-виносу Ладжинської ТЕС	суперпластифікатор С-3
------------------------	----------------------	-----------------	--------------------------------	---------------------------

Для обробки результатів дослідів застосовувалися математичні методи аналізу. Виведенні рівняння та їх аналіз показали, що середня густина керамзитобетону такого складу (таблиця 11) значно залежить від кількості використаного керамзиту та піску з карбонатів. Розгляд рівнянь регресії для міцності керамзитобетону даоного складу показав, що на цю характеристику в першу чергу впливають кількості цементу, золи та керамзиту [10].

В ході досліджень виготовлені спеціально для цього зразки керамзитобетонну витримувалися в умовах тепловологісної обробки та стандартних. Після того, як лабораторні зразки обох видів умов твердіння були випробувані на міцність та опрацьовані результати цих випробувань, дізналися, що і в тому, і в іншому випадках міцність бетону на керамзиті зростає. Це підвищення складало в середньому 20%. Варійованими показниками були витрати цементу, золи, керамзиту та піску [10]. Графічне відображення одержаних результатів на ведені на рисунках 3 та 4.

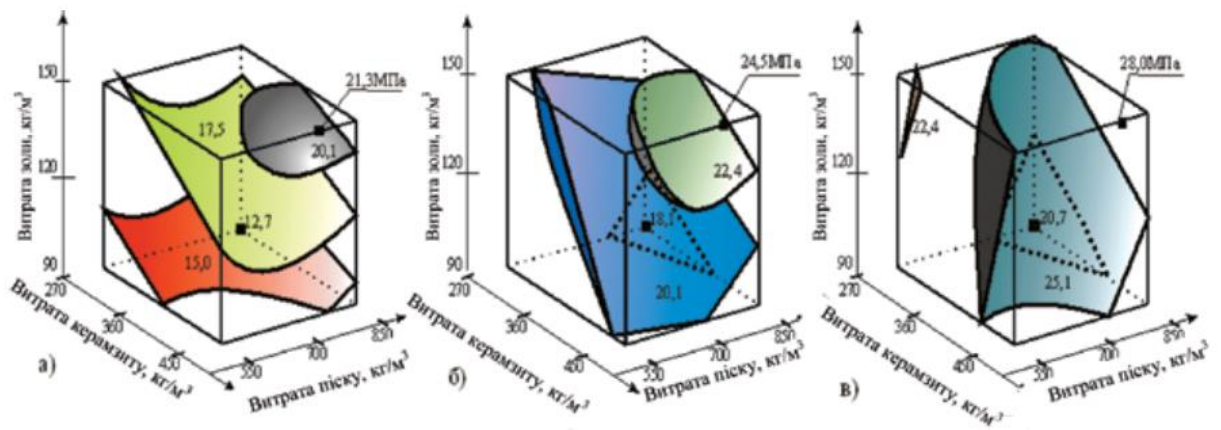


Рис. 3. Вплив факторів складу на кубикову міцність після тепловологісної обробки (а, б, в) у разі витрати цементу відповідно 250, 300, 350 кг/м³

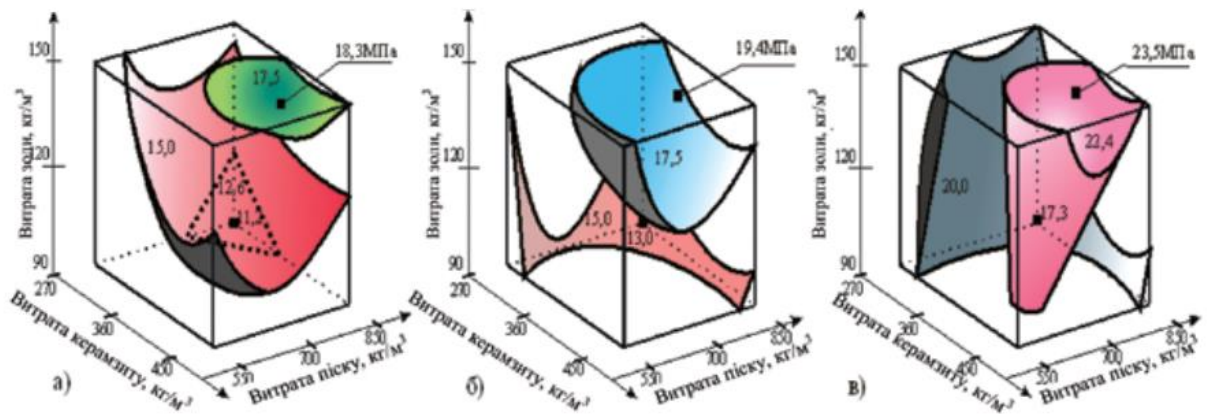


Рис. 4. Вплив факторів складу на кубикову міцність у віці бетону 28 діб (а, б, в) у разі витрати цементу відповідно 250, 300, 350 кг/м³

Як видно з рисунків 3 та 4 видно, що при застосуванні комбінованого в'язучого, яке складається зі звичайного портландського цементу та золи-виносу ТЕС, для виготовлення керамзитобетону вдається досягти міцності в діапазоні від 15,2 МПа до 26,2 МПа.

Інше дослідження вивчало вплив введення до складу керамзитобетону полікарбоксилатного суперпластифікатору та кремнеземистого компоненту у вигляді подрібненого трепелу [11]. Для досліджень використовувався цемент марки 500.

Дослідники порівнювали міцність керамзитобетону без будь яких добавок, пластифікованого полікарбоксилатним суперпластифікатором, з використанням наповнювача-трепелу та модифікованого комплексно

суперпластифікатором та трепелом. В таблиці 12 наведений розподіл міцності модифікованого таким чином керамзитобетону в залежності від його складу та віку.

Таблиця 12

Зміна міцності при стиску зразків керамзитобетону в часі

Номер складу	Склад керамзитобетонної суміші, кг/м³						Міцність при стиску, МПа, після твердіння, діб					Середня густина, кг/м³
	Портландцемент ПЦ І-500Р, кг	Пісок кварцовий (Мк=1,21), кг	Керамзитовий гравій (М600) фр. 5-10, кг	Тонкомелений трепел, кг	Суперпластифікатор, кг		3	7	28	180	365	
					SikaPlast 555W (1,5%)	Power Flow 3100 (1%)						
1	330	940	410	-	-	-	21,6	23,3	27,6	32,8	33,6	1853
2	330	940	410	-	4,95	-	22,7	26,1	34,9	35,8	37,4	1858
3	330	940	410	-	-	3,3	22,8	26,3	33,8	35,2	36,7	1840
4	300	940	410	33	4,5	-	29,8	34,1	38,2	40,5	44,2	1859
5	300	940	410	33	-	3	30,9	33,7	37,7	40	43,8	1880

Як видно з таблиці 12, найбільшу міцність в межах експериментів вдалося досягти саме комплексним підходом до модифікування керамзитобетону – отримана міцність в проектному віці становить 37,7 МПа та 38,2 МПа в залежності від марки пластифікатора [11].

Вивчення питання покращення механічних та інших властивостей керамзитобетону є актуальним напрямком не тільки в Україні, але і в світі. Так, в роботі [12] вивчали, як додавання мікрокремнезему до складу керамзитобетону може змінити його властивості, зокрема міцність.

В дослідженнях був застосований портландцемент, який можна віднести за чинними українськими нормативами до класу по міцності 42,5.

Мікрокремнезем вводили як замітник частини цементу – у кількості 4,8 та 12 % від маси цементу.

За обробленими результатами виконаних досліджень було виявлено, що додавання мікрокремнезему може збільшити міцність керамзитобетону з 18 МПа (без використання мікрокремнезему) до 30,5 МПа (з використанням

мікрокремнезему). Була побудова залежність «напруження-деформації» для такого модифікованого бетону (рис. 5).

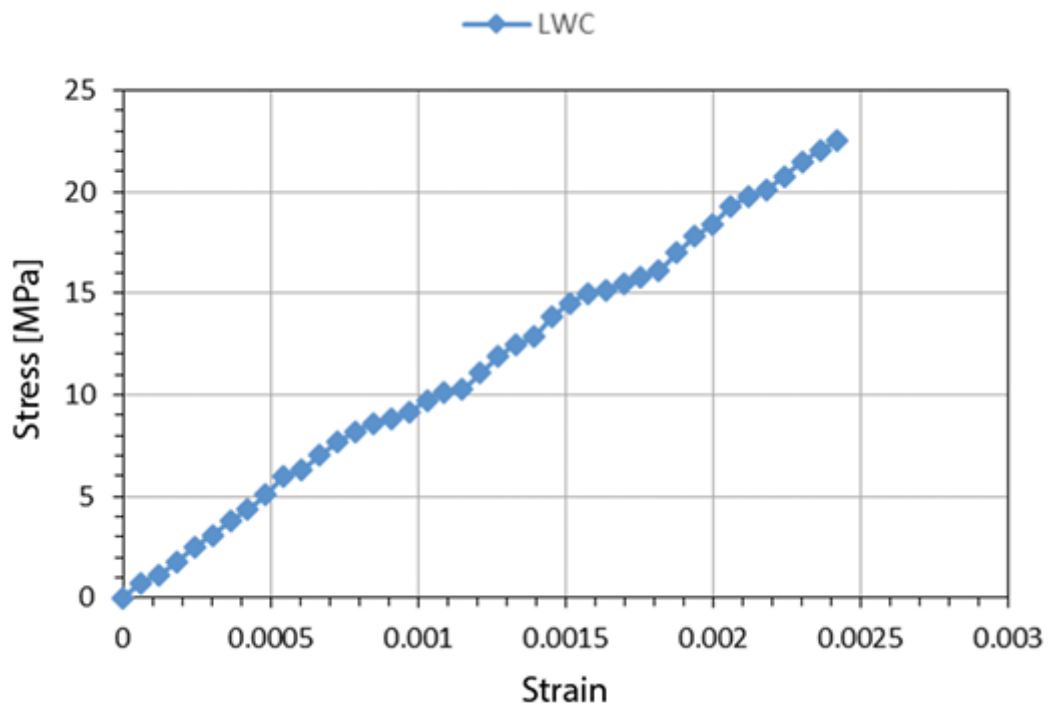


Рис. 5. Експериментальна крива «напруження-деформація» для легкого бетону з додаванням мікрокремнезему

Висновок

Співставивши результати наведених досліджень, видно, що пропозиція по регулюванню та поліпшенню властивостей керамзитобетону шляхом модифікації його комплексної добавки з полікарбоксилатного суперпластифікатору та трепелу дають найефективніший результат серед проаналізованих даних. Міцність в рамках досліджень підвищувалася на 37,6%. Так як трепел є значно дешевшим матеріалом за мікрокремнезем, а отримані показники міцності в [11] є значними, а для конструкції, яка буде випускатися заводом, що проєктується, немає високих вимог по міцності, вбачається за доцільне застосування саме такого способу поліпшення механічних властивостей керамзитобетону.

5. Організація виробництва конструкцій

5.1. Технологічні процеси і операції

Чітка послідовність виконання технологічних операцій є важливою передумовою для успішної та економічно ефективної роботи заводу з випуску зовнішніх залізобетонних стінових панелей з легкого бетону.

Налагодження суворої технологічної дисципліни та послідовності операцій дає змогу досягти таких результатів:

1) Забезпечення якості продукції та відповідність проекту. Кожна операція (дозування, змішування, армування, укладання, вібрація, ТВО) впливає на кінцеві властивості бетону та геометрію виробу. Порушення послідовності, наприклад, неправильний режим теплового оброблення (ТВО) або неналежне ущільнення легкого бетону, може призвести до зниження міцності, тріщиноутворення, розшарування суміші або невідповідності захисного шару арматури.

2) Дотримання ритмічності виробництва (обіг форм). При використанні агрегатно-потокowego методу робота організована за принципом потоку. Будь-яка затримка на одному посту порушує ритм і призводить до простою форм та обладнання на наступних постах, знижуючи загальну продуктивність заводу.

3) Економічна ефективність та зниження собівартості. Чітко вибудована послідовність виконання операцій дозволяє максимально ефективно використовувати сировину, електроенергію, робочий час та, найголовніше, форми. Мінімізація браку, спричиненого порушеннями технології, безпосередньо знижує собівартість кінцевого виробу.

4) Дотримання якості легкого бетону. Керамзитобетон вимагає особливих підходів в технології: попереднє зволоження заповнювачів, м'який режим вібрації та спеціальні параметри ТВО. Ці особливості вимагають жорсткого контролю послідовності, оскільки відхилення можуть призвести

до незворотного погіршення теплотехнічних та міцнісних характеристик панелі.

Основна функція БЗЦ це забезпечення формувального цеху необхідною кількістю бетонної суміші заданого складу та якості. Оскільки панель виготовляється з керамзитобетону, це вимагає особливої уваги до дозування легких заповнювачів.

Перелік та опис технологічних операцій БЗЦ наведений в таблиці 13.

Таблиця 13

Перелік та опис технологічних операцій БЗЦ

Етап	Операція	Опис
Приймання та зберігання матеріалів	Складування компонентів	Кожен компонент повинен бути розвантажений та переміщений у відповідний склад
Підготовка матеріалів	Сушіння, підігрів, дозування	У холодну пору року інертні матеріали та вода підігріваються для забезпечення необхідної температури бетонної суміші. Забезпечення вологості легких заповнювачів для запобігання відтягуванню води замішування з розчину та забезпечення стабільності властивостей бетону
Дозування компонентів	Відважування необхідної кількості	Всі компоненти (цемент, заповнювачі, вода, хімічні та мінеральні добавки) зважуються дозаторами

		з високою точністю
Приготування суміші	Приготування однорідної суміші	Використовуються змішувачі, які забезпечують інтенсивне перемішування легкого бетону без руйнування пористої структури заповнювача. Спочатку змішування цементу та заповнювачів, потім додавання води та добавок. Час змішування має бути достатнім
Транспортування суміші	Подача готової суміші	Готова бетонна суміш подається до формуального цеху за допомогою стрічкових конвеєрів, баддів (через кран)

Функцією арматурного цеху є вироблення виробів з арматури. Як і у випадку з БЗЦ, від ефективності організації робіт в цьому виробничому підрозділі суттєво залежить можливість досягнення заводом наміченого рівня потужності та належного рівня якості.

Перелік та опис технологічних операцій арматурного цеху наведений в таблиці 14.

Таблиця 14

Перелік та опис технологічних операцій АЦ

Етап	Операція	Опис
Приймання та зберігання матеріалів	Складування арматурної сталі	Арматура постачається у бухтах (дрібні діаметри) або стрижнях (великі діаметри). Зберігається у критих складах, розділено за марками та діаметрами
Випрямлення та очищення	Підготовка арматури	Бухтова арматура проходить через правильно-відрізні верстати для випрямлення та нарізки на мірні стрижні. Поверхня арматури очищається від іржі та бруду, які може погіршити зчеплення з бетоном
Різання та гнуття	Надання форми	Стрижні нарізаються на необхідну довжину. На гнучких верстатах виготовляють окремі стрижні та просторові елементи згідно з кресленнями
Виготовлення арматурних сіток	Зварювання плоских елементів	На спеціалізованих багатоточкових зварювальних машинах (автоматичних або напівавтоматичних)

		зварюються плоскі арматурні сітки
Виготовлення просторових каркасів	Збирання об'ємних елементів	Просторові каркаси збираються із сіток та окремих стрижнів у кондукторах і зварюються контактним або дуговим зварюванням
Виготовлення та збирання закладних деталей	Металеві елементи для монтажу	Виготовляються (ріжуться, зварюються) закладні деталі згідно зі специфікацією. Вони необхідні для підйому, транспортування та кріплення панелей під час монтажу на об'єкті

Головним виробничим відділом є цех формування зовнішніх стін з легкого бетону. Тут власне створюються стінові панелі з напівфабрикатів – арматурних елементів та легкобетонної суміші. Як було визначено раніше, формуватися панелі ПЦС 30.33.2.5-Л будуть поточно-агрегатним методом. Склад технологічних операцій та їх послідовність будуть відповідними до обраного способу формування.

Перелік та опис технологічних операцій цеху формування наведений в таблиці 15.

Таблиця 15

Перелік та опис технологічних операцій ФЦ

Пост	Операція	Опис
Підготовка форм	Розбирання, очищення, змащення, збирання	Форма після розпалубки надходить на пост. Виконується ретельне очищення від залишків бетону, а також змащення внутрішньої поверхні спеціальними мастилами для запобігання зчепленню бетону з формою та забезпечення якісної поверхні виробу
Армування	Встановлення арматури та закладних виробів	У форму закладають просторові каркаси та арматурні сітки. Встановлюються фіксатори захисного шару (пластикові або бетонні), які забезпечують проектну товщину шару бетону до арматури. Встановлюються та фіксуються закладні деталі та монтажні петлі
Бетонування	Укладання та ущільнення бетонної суміші	Спочатку укладається зовнішній шар. Далі укладається основний шар: подача керамзитобетону з бетонозмішувального

		цеху. Вібрація: використовуються поверхневі або майданчикові вібратори для ущільнення суміші. Вібрація повинна бути достатньою для ущільнення, але обережною, щоб не спричинити спливання легкого заповнювача та розшарування
Обробка поверхні	Вирівнювання та затирання	Поверхня панелі вирівнюється віброрейками або віброприставками. Виконується затирання (для гладкої поверхні) або нанесення декоративних покриттів/фактури (за необхідності)
Теплова обробка	Прискорення твердіння	Форма з виробом переміщується краном або візком у спеціальну пропарювальну камеру. Для легких бетонів застосовуються м'якіші режими пропарювання з поступовим підйомом і зниженням температури для запобігання руйнуванню структури

		та утворення тріщин
--	--	---------------------

5.2. Характеристика матеріалів та комплектуючих

Згідно прийнятого рішення щодо поліпшення властивостей керамзитобетону для виготовлення зовнішніх залізобетонних стін, на заводі, проектування якого здійснюється, буде використовуватися керамзитобетон класу по міцності С8/10 та із середньою щільністю у сухому стані 1860 кг/м³.

Склад керамзитобетону прийнятий наступним:

Найменування компоненту	Матеріал	Витрата, кг/м ³
В'язуча речовина	Портландцемент	330
Дрібний заповнювач	Природний пісок	940
Крупний заповнювач	Керамзитовий гравій	410
Мінеральна складова добавки	Трепел	33
Органічна складова добавки	Суперпластифікатор	4,5

Перелік виробів для армування:

- каркас просторовий КПЦ-2.25;
- сітка арматурна С-1;
- 2 вироби закладні МН-1;
- 2 петлі для строповки СП-4;
- 2 стрижні зі сталі АІІ діаметром 6 мм. довжиною 390 мм.;
- 2 стрижні зі сталі АІІ діаметром 8 мм. довжиною 220 мм.

Керамзитобетон буде виготовлятися на портландському цементі ПЦ І-500Р або за європейськими позначеннями СЕМ І. Показники основних властивостей такого цементу (за [13, 14, 15]) вказані в таблиці 16.

Таблиця 16

Характеристики цементу

Показник	Значення
Вміст клінкеру в цементі	95-100%
Вміст MgO в клінкері	<5%
Вміст SO ₃	<3,5%
Вміст іонів Cl ⁻	<0,1%
Втрати маси при прожарюванні цементу	<5%
Вміст нерозчинного залишку	<5%
Питома поверхня (залишок на ситі)	<15%
Клас по міцності	52,5N
Міцність при стиску у віці 2 доби	≥20 МПа
Міцність стиску у віці 28 діб	≥52,5 МПа
Початок тужавлення	≥45 хвилин
Рівномірність зміни об'єму	≤10 мм
Насипна густина	1300 кг/м ³
Істинна густина	3200 кг/м ³

Заповнювачем дрібного виду в керамзитобетоні буде застосований природний пісок з кварцу, видобутий з річки Дніпро. Його властивості нормуються документом [16]. Показники основних властивостей такого піску вказані в таблиці 17.

Так як бетон для зовнішніх стін марки ПЦС 30.33.2.5-Л має бути легким, для забезпечення належної теплопровідності огорожуючої конструкції, в якості крупного заповнювача прийняте використання керамзиту у вигляді гравію. Він повинен відповідати вимогам, викладених в [17]. Опис характеристик керамзитового гравію приведені в таблиці 18.

Для замішування керамзитобетонної суміші має використовуватися вода, яка володіє певними показниками, що звіряються з [18]. Характеристичні показники води замішування керамзитобетонної суміші відображені в таблиці 19.

Модифікуюча комплексна добавка, яку було прийнято вводити до складу керамзитобетону для поліпшення його міцності при стиску складається з полікарбоксилатного суперпластифікатору SikaPlast 555W та трепелу походженням з Коноплянського родовища.

SikaPlast 555W має хімічну основу з полікарбоксилату, володіє густиною 1,07 кг/л та водневим показником 6 [19].

Трепел характеризується такими показниками:

- насипна густина – 1250 кг/м³;
- пористість – 70%;
- вологість – 20%;
- вміст піску – не більше 10%;
- вміст глинистих часток – не більше 8%.

Характеристики піску

Показник	Значення
Вміст аморфних різновидів діоксиду кремнію, що розчиняються у лугах	< 50 ммоль/л
Вміст сірки, сульфідів, сульфатів, у перерахунку на SO ₃	< 4% за масою
Вміст галоїдних сполук, що містять водорозчинні хлориди, у перерахунку на іон хлору	< 0,15% за масою
Вміст слюди	< 2% за масою
Вміст вугілля	< 1% за масою
Насипна густина	2610 кг/м ³
Істина густина	1370 кг/м ³
Пустотність	42%
Модуль крупності	1,28
Вміст глинистих і пилоподібних часток	3,8% за масою
Вміст зерен розміром від 5 мм до 10 мм	< 10% за масою
Вміст зерен розміром більше 10 мм	< 0,5% за масою
Вміст у піску зерен, що проходять крізь сито № 016	< 20% за масою

Таблиця 18

Характеристики керамзитового гравію

Показник	Значення
Фракція	5-10 мм
Втрата маси при визначенні стійкості проти силікатного розпаду	< 5% за масою
Вміст водорозчинних сірчаних і сірчаноокислих сполук у перерахуванні на SO ₃	< 1% за масою
Втрата маси при кип'ятінні	< 5% за масою
Водопоглинання	10% за масою
Насипна щільність	600 кг/м ³
Пористість	55%
Пустотність	35%
Марка міцності	П125
Марка по морозостійкості	F50
Вміст глиняних і пилоподібних частинок	0,91%
Коефіцієнт розм'якшення	0,77

Таблиця 19

Характеристика води замішування

Показник	Значення
вміст органічних ПАР, фенолів, цукрів	кожного <10%
вміст розчинних солей	<2000 мг/л
Вміст SO ₄	<600 мг/л
Вміст Cl	<350 мг/л
Вміст зважених часток	<200 мг/л
окислюваність	<15 мг/л

Каркас просторовий КПЦ-2.25 виконується з 13 каркасів КР-3 та 30 стрижнів зі сталі АІІ діаметром 6 мм довжиною 2960 мм. В свою чергу каркас КР-3 з двох стрижнів Ø6АІІ довжиною 320 мм та 12 відрізків дроту Ø4ВрІ довжиною 320 мм.

Сітка С1 складається з 16 стрижнів Ø6АІІ довжиною 2040 мм та сімох відрізків дроту Ø4ВрІ довжиною 2960 мм.

Закладні деталі МН-1 та петель для строповки СП-4 використовувимуться стрижні зі сталі АІ діаметром 14 мм та АІІ діаметром 10 мм.

Зображення арматурних виробів приведені на рис. 6-9.

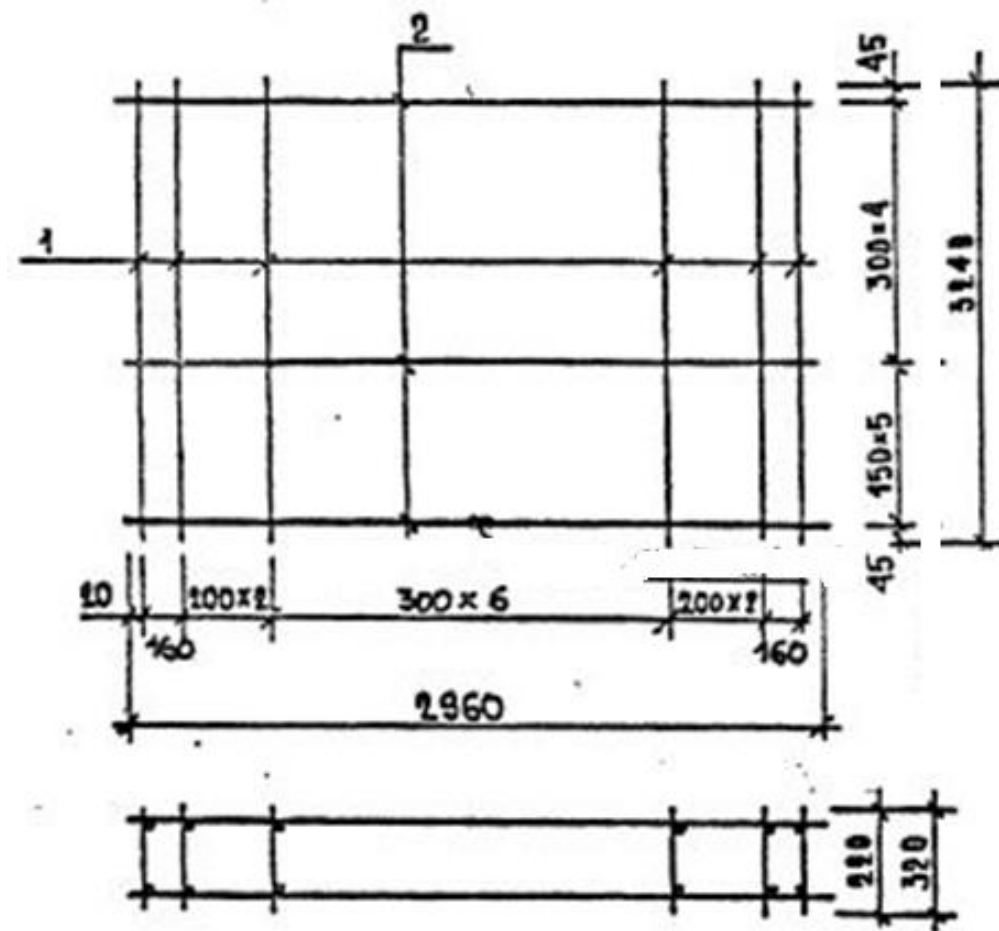


Рис. 6 Каркас КПЦ-2.25

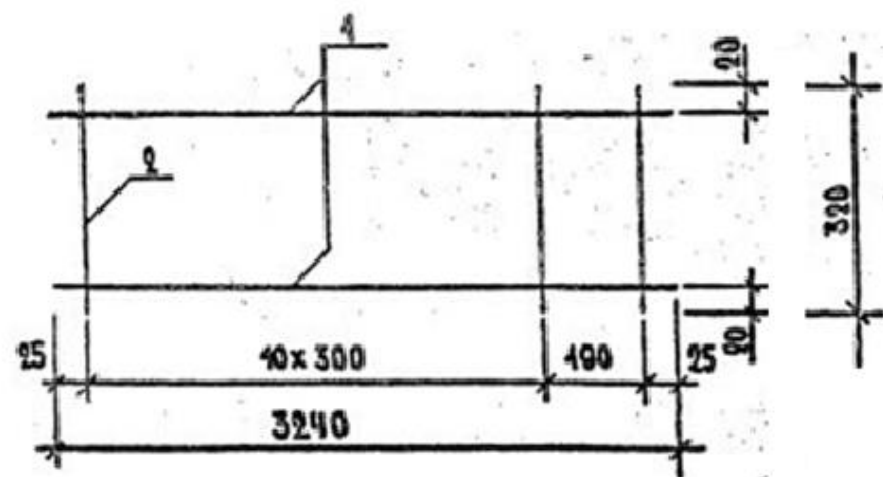


Рис. 7. Каркас КР-3

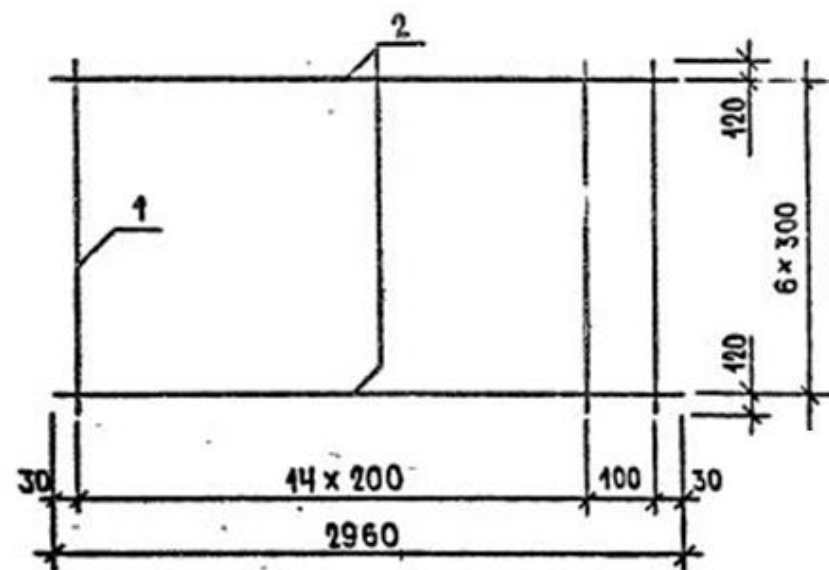


Рис. 8. Сітка С1

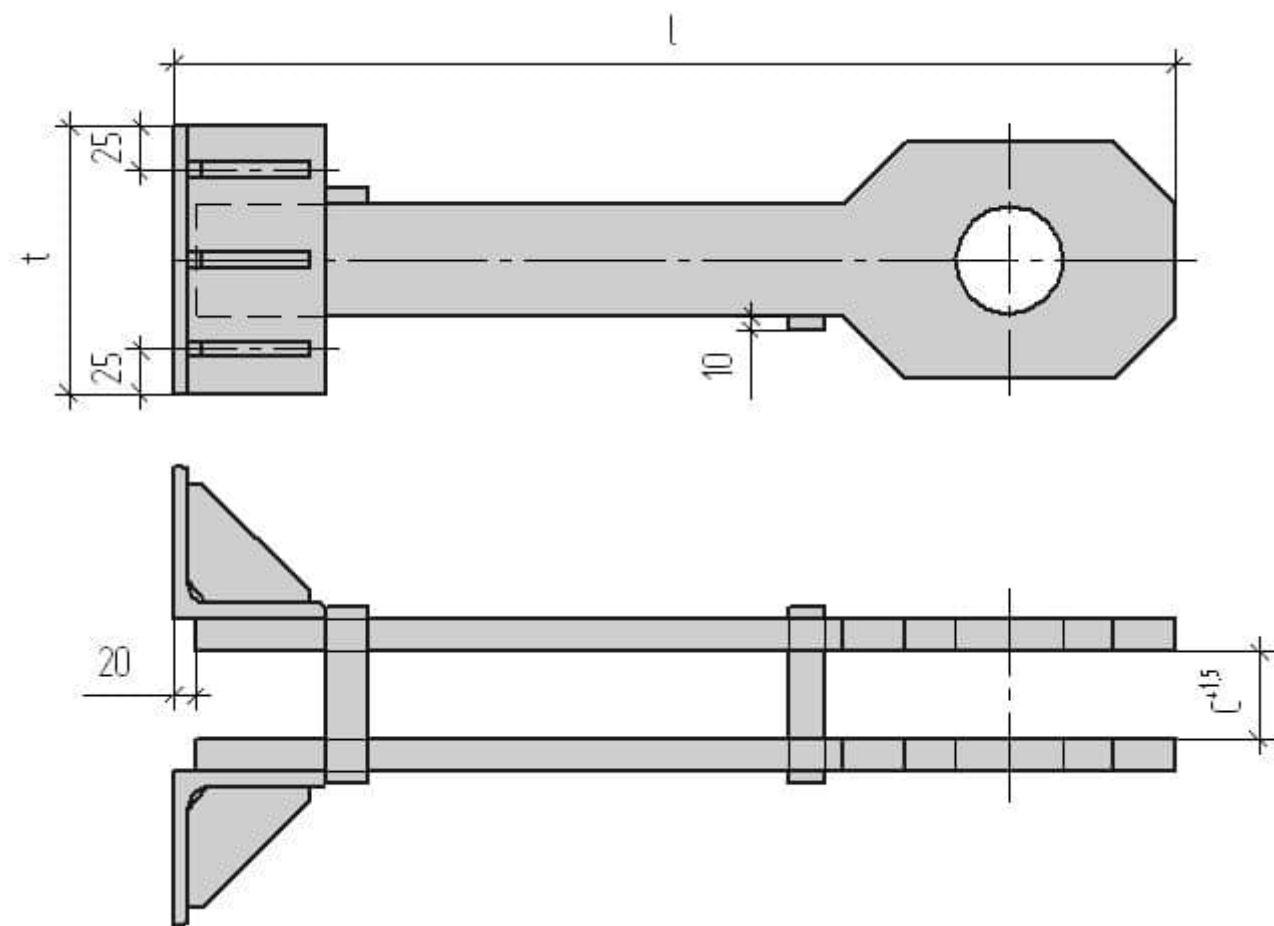


Рис. 9. Виріб закладний МН-1

5.3. Бетонозмішувальний цех

Ефективна робота агрегатно-потокowego виробництва стінових панелей неможлива без ритмічної та безперебійної подачі якісної керамзитобетонної суміші, тому планування бетонозмішувального цеху є одним із ключових розділів технологічного проєкту.

Спочатку обирається тип і ємність бетонозмішувача. Для керамзитобетону застосовуються тільки примусові двовальні змішувачі, оскільки вони забезпечують рівномірне змочування легкого заповнювача й запобігають розшаруванню.

Далі розраховується тривалість одного замісу. Для якісного керамзитобетону необхідне попереднє змочування керамзиту. Далі будується поопераційний графік для циклу виготовлення керамзитобетонної суміші, який дає змогу виробничникам контролювати проходження процесу.

На основі тривалості замісу визначається кількість замісів за годину, продуктивність змішувачів та Визначається необхідна кількість змішувачів

Нарешті розраховується фактична продуктивність цеху.

Час виготовлення одного замішування легкобетонної суміші на керамзиті:

$$t_{\text{ц}} = t_1 + t_2 + t_3 + t_4,$$

t_1 – час змішування компонентів, с

t_2 – час засипання компонентів в міксер, с;

t_3 – розвантаження готової суміші, с;

t_4 – час, за який ємність міксера вертається у початкове положення, с.

$$t_{\text{ц}} = 120 + 60 + 30 + 30 = 240 \text{ с.}$$

Кількість замішувань за годину:

$$n_{36} = 60 \times K_{\text{н}} / t_{\text{ц}}, \text{ шт.,}$$

$K_{\text{н}}$ – показник нерівномірності видачі суміші, приймається 0,7;

$t_{\text{ц}}$ – час виготовлення одного замішування у хвилинах.

$$n_{36} = 60 \times 0,7 / 4 = 10,5$$

Продуктивність міксера у 1 годину часу:

$$P_{\text{год}} = V_6 \times n_{36} \times K_v / 1000, \text{ м}^3/\text{год},$$

V_6 – об'єм міксера, приймаємо 400 л;

K_v – показник виходу суміші, приймаємо 0,75.

$$P_{\text{год}} = 450 \times 10,5 \times 0,75 / 1000 = 3,5 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Потрібна кількість міксерів бетону:

$$n_3^p = \frac{P_{\text{max}} \times K_u}{T_{\text{річ}} \times P_{\text{год}}}$$

P_{max} – потужність підприємства, м^3 ;

$$n_3^p = \frac{12000 \times 0,7}{3238 \times 3,5} = 0,7 \approx 1$$

До основного міксера ставлять один додатковий на випадок поломок чи інших обставин.

Фактична продуктивність цеху за календарний рік:

$$P_{\text{річ}} = P_{\text{год}} \times T_{\text{річ}} \times n_3^p, \text{ м}^3$$

$$P_{\text{річ}} = 3,5 \times 3238 \times 1 = 11333$$

План буде досягнуто за 1,06 року.

Бетонозмішувальний цех матиме вертикальну схему за розташуванням устаткування (рис. 10).

Найвищою на д рівнем землі секцією є надбункерне відділення. Туди поступають всі складові керамзитобетону. Вони переміщуються зі складів транспортерами та цементоводом. Нижче розташовується бункерна секція. Тут відбувається накопичення компонентів. Наступним рівнем йде дозаторне відділення – тут відважують компоненти за дозаторів. Нижче стоять бетонозмішувачі, куди з дозаторів висипаються компоненти. Найнижчий рівень – відділення розвантаження. Тут керамзитобетонну суміш завантажують у транспортні засоби для доставки в у цех формування конструкцій.

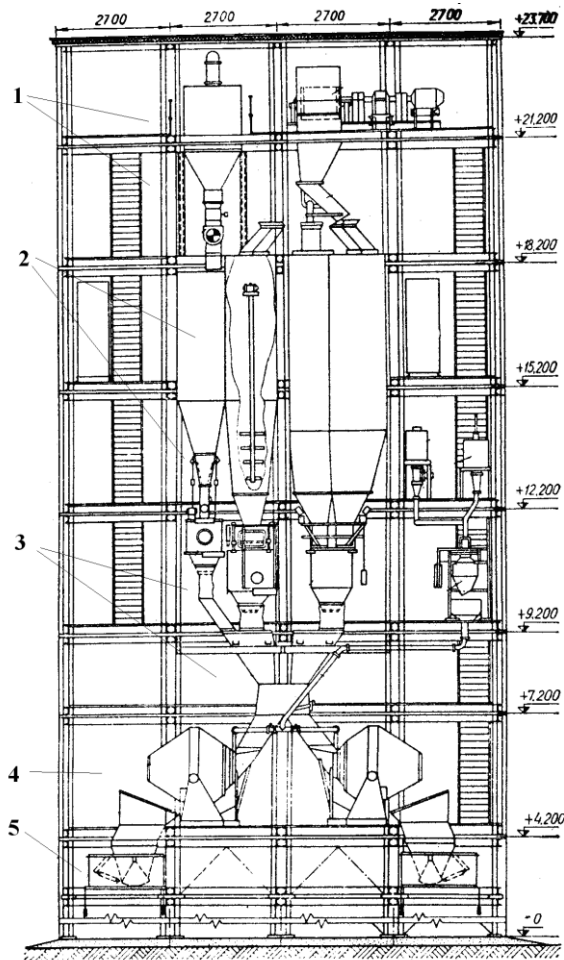


Рис. 10. Схема цеху виготовлення керамзитобетону:

1 – надбункерна секція, 2 – бункерна секція, 3 – дозаторна секція, 4 – змішувальна секція, 5 – розвантажувальна секція.

Для ефективного контролю виготовлення керамзитобетонної суміші та самоконтролю працівників цеху виготовлення суміші бетонної, складають поопераційний графік (рис.11). В ньому графічно зображена тривалість кожного етапу виготовлення керамзитобетонної суміші, які саме операції здійснюють, хто їх здійснює та за допомогою якого устаткування.

Процес	Операція	Обладнання	Виконавці		Термін виконання	Час виконання, сек							
			проф.	кільк.		30	60	90	120	150	180	210	240
Виготовлення бетонної суміші	Завантаження компонентів бетонної суміші в бетонозмішувач	Дозатори	оператор	1	120								
	Перемішування компонентів бетонної суміші в бетонозмішувачі	Бетонозмішувач	оператор	1	60								
	Вивантаження бетонної суміші з бетонозмішувача	Бетонозмішувач	оператор	1	30								
	Повернення бетонозмішувача у вихідне положення	Бетонозмішувач	оператор	1	30								
				Усього	240								

Рис. 11. Поопераційний графік виготовлення керамзитобетонної суміші на заводі з випуску зовнішніх стінових панелей ПЦС 30.33.2.5-Л

5.4. Арматурний цех

Мета даного цеху – виготовлення всіх виробів з арматурної сталі, які будуть застосовані для армування зовнішніх керамзитобетонних стін ПЦС 30.33.2.5-Л, а саме:

- каркасів,
- сіток
- закладних деталей,
- окремих стрижнів.

Цех має свою організацію. Ефективність цеху визначається його спроможністю забезпечити формувальний цех такою кількістю арматурних елементів, яка дасть змогу формувати стіни зі швидкістю, яка забезпечить вихід на плановані потужності.

Робочі пости та послідовність виконуваних операцій наведена на рис. 12.

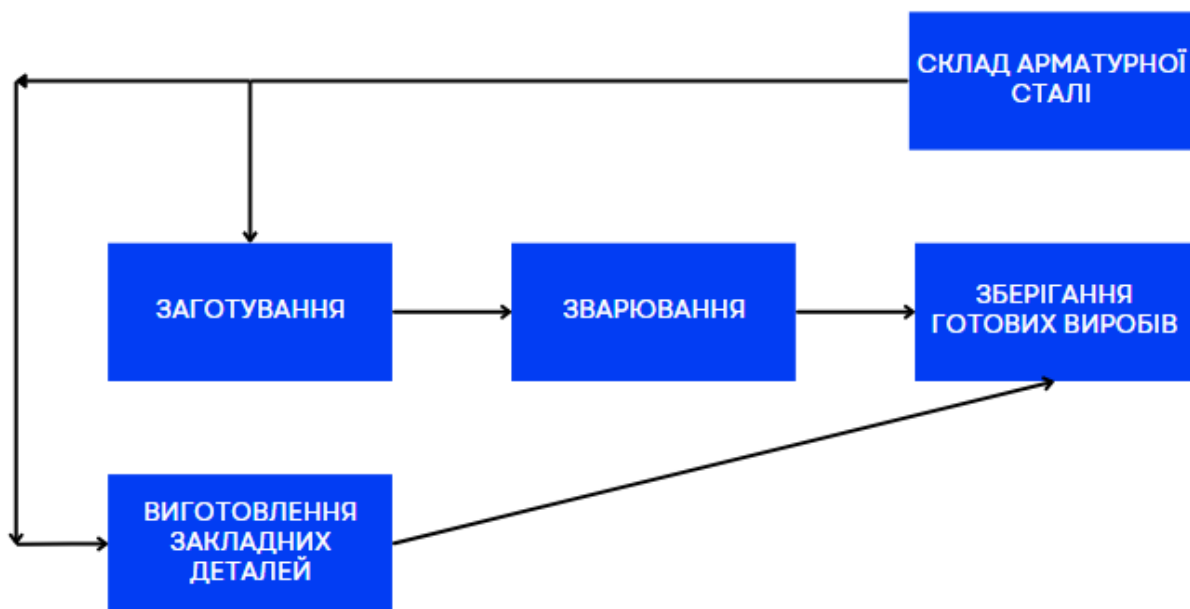


Рис. 12. Організація арматурного цеху

Поопераційний графік відображено на рис. 13. Обладнання наведене в таблиці 20.

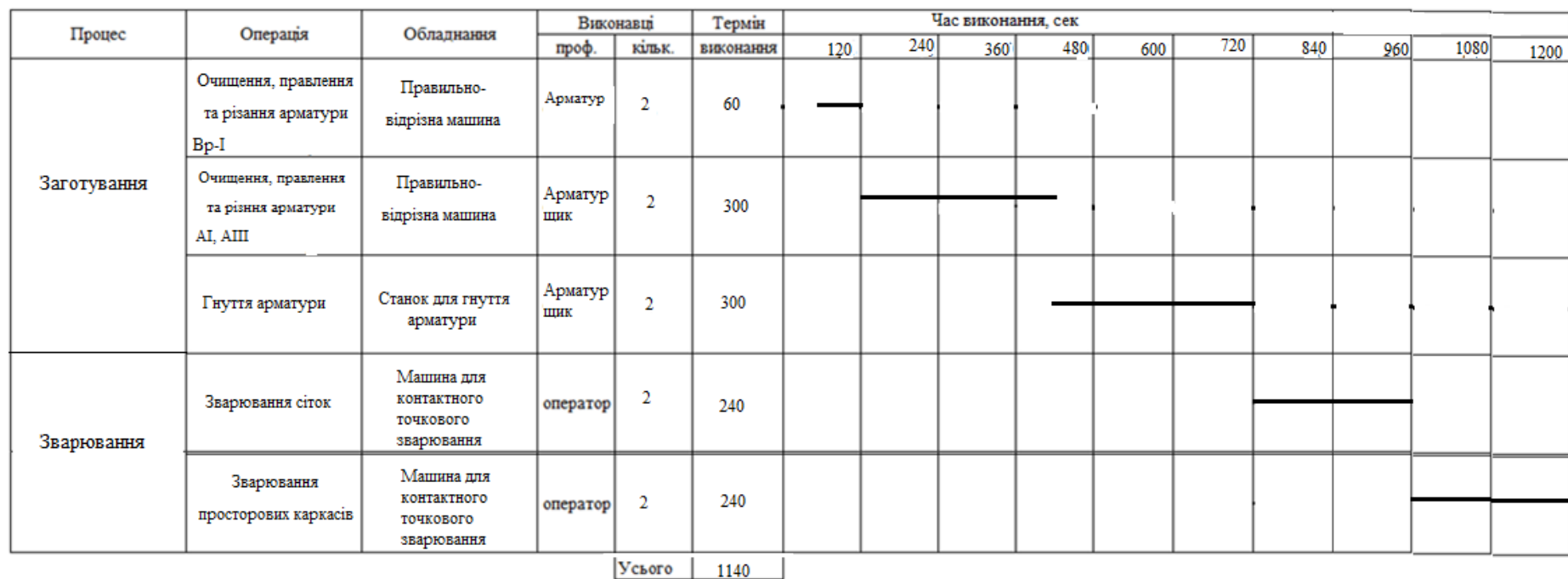


Рис. 13. Поопераційний графік арматурного цеху

Таблиця 20

Устаткування арматурного цеху

Відділення	Марка обладнання	Кількість	Продуктивність	Електрична потужність, кВт	Витрати стислого повітря
Заготування	Правильно-відрізна машина И-6022А	2	31,5 м/хв	13	-
	Станки для заготівлі коротких стрижнів СМЖ-192	2	70-400 відрізів/хв	5,2	-
	Станки для різання арматурної сталі СМЖ-172А	2	33 ходів ножа/хв	3	-
	- Механізовані ручні ножиці для різки сіток СМЖ-214	1	-	-	-
	Станки для гнуття стрижневої арматури СГА-40Б	2	3-14 об/хв	3	-
	Станки для гнуття арматурних сіток СМЖ-353	1	120 відгибів/год	-	-
	Машина для контактного точечного зварювання плоских сіток і каркасів МТМ-33	1		120	-
	Одноточечні машини загального призначення МТ-1210	1		54	-
	Контактна стикова машина МС-1202	1		70	-
Зварювання	Зварювальні трансформатори	1		120	-
Укрупнювальне збирання	ТД-500	2		105	-
	ТДФ-1001	2		120	-

5.5. Формувальний цех

Організація цеху, де будуть формуватися панелі з керамзитобетону (формувальний) повинен враховувати особливості обраного методу формування. Агрегатно-поточковий метод передбачає, що формувальні пости (агрегати) розміщуються стаціонарно, а форми переміщуються від одного поста до іншого (від агрегату до агрегату) за допомогою транспортних засобів (переважно мостових або козлових кранів).

Організація робіт у формувальному цеху повинна відповідати вимогам безпеки праці, якості продукції та технологічної дисципліни, регламентованим ДСТУ [4,20].

Агрегатно-поточкова лінія, згідно з ДСТУ, вимагає чіткої циклічності, жорсткого контролю якості на кожному стаціонарному посту та забезпечення високої культури безпеки праці, особливо в умовах роботи з великогабаритними формами та підймальними механізмами.

Виконання кожного технологічного етапу формування займає певний час та має свої технічні та безпекові вимоги. Все це відображається у таблицях поопераційних нормалей. Завдяки таким документам всі працівники на кожному пості чітко знають що, як, за допомогою яких засобів вони мають виконувати.

Поопераційні нормалі технологічних етапів формування керамзитобетонних зовнішніх стінових панелей марки ПЦС 30.33.2.5-Л наведені нижче.

5.5.1. Поопераційний графік

Поопераційний графік формування конструкцій – це один з основних документів технологічного та організаційного планування на заводах залізобетонних виробів, зокрема при використанні поточкових методів виробництва.

По суті, це детальна циклограма, що відображає послідовність, тривалість та часову прив'язку виконання кожної окремої технологічної операції на всіх постах (агрегатах) формувальної лінії. Графік встановлює чіткий такт потоку – інтервал часу, через який готова форма (або виріб) переміщується з одного посту на наступний, і відповідно, через який випускається готовий виріб.

Поопераційний графік виконує такі функції:

- синхронізація виробництва: він забезпечує узгоджену роботу всіх постів (операцій). Оскільки час роботи на кожному посту (очищення, армування, бетонування, ущільнення) може бути різним, графік встановлює таку тривалість операцій (через розподіл робітників чи вибір обладнання), щоб вони були кратні або дорівнювали такту потоку.

- визначення продуктивності: графік дозволяє розрахувати теоретичну та фактичну потужність лінії та цеху, виходячи з найдовшої операції.

- організація праці: він є основою для розрахунку необхідної кількості робітників (бригад), їхньої кваліфікації та розподілу на робочих місцях, забезпечуючи максимальне завантаження персоналу та обладнання.

- контроль дисципліни: служить інструментом для диспетчерського контролю за дотриманням технологічного регламенту та уникненням простоїв.

Поопераційним графіком користується головний технолог на стадії проектування заводу та при зміні номенклатури виробів чи технології. Начальник формувального цеху та майстри користаються ним щоденно, для планування змінних завдань, розстановки бригад та контролю за виконанням робіт. Контролерам він потрібен для відстеження ритмічності роботи лінії, виявлення «вузьких місць» та забезпечення дотримання технологічних вимог. Поопераційний графік формування зовнішніх стінових панелей марки ПЦС 30.33.2.5-Л наведений на рисунку 14.

5.5.2. Тижнево-добовий графік

Тижнево-добовий графік є другим основним плановим документом, який деталізує виробничу програму заводу (або цеху) на певний період — зазвичай на тиждень з розбивкою по добах (змінах). Він встановлює послідовність та тривалість всіх видів робіт, допоміжних процесів та перерв протягом зміни.

Тижнево-добовий графік є прямим інструментом оперативного планування. Він переводить загальні плани (місячні, квартальні) у конкретні, вимірні завдання для кожної зміни, забезпечуючи ритмічність роботи всього заводу.

Тижнево-добовий графік спрямовує на вирішення таких завдань оперативного управління виробництвом:

- визначення асортименту та обсягу: встановлює точний план випуску продукції, необхідний для забезпечення поточного будівельного об'єкта або плану продажів. Це особливо важливо для агрегатно-потокowego методу, де асортимент може бути гнучким..

- управління запасами: дозволяє оптимізувати запаси сировини та готової продукції на складі, запобігаючи дефіциту чи надлишковому накопиченню.

- ресурсне забезпечення: на його основі відділ постачання планує закупівлю матеріалів, а бетонозмішувальний цех графік приготування бетонних сумішей на кожен день.

- синхронізація цехів: забезпечення злагодженої роботи — арматурний цех готує каркаси до певного дня, формувальний цех випускає панелі, а транспортний відділ планує відвантаження.

Тижнево-добовий графік міститься на рисунку 15.

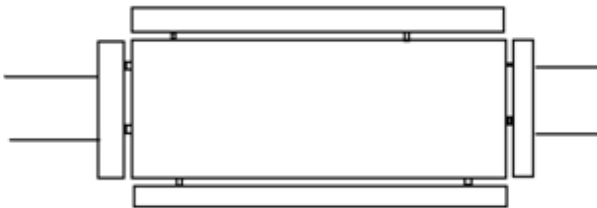
Поопераційна нормаль №1

Найменування операцій – розкриття форм						
I Схема організації робочого місця				II Технічні умови виконання		
				Борти форми повинні бути повністю розкритими та знаходитися у горизонтальному положенні		
				III Умови безпеки праці		
				Працівники мають знаходитися на безпечній відстані при опусканні бортів форми у горизонтальне положення		
IV Елементи операції	Виконавці			Трудомісткість, чол-хв.	Обладнання й інструмент	Контроль
	Кількість	Професія	Розряд			
1.Розкріпити борти 2.Опустити борти	2	Формувальник	3	5	Гайковий ключ, кран	

Поопераційна нормаль №2

Найменування операцій - Очищення форми						
I Схема організації робочого місця				II Технічні умови виконання		
				На поверхні форми не повинно бути залишків бетону		
				III Умови безпеки праці		
				Працівники повинні бути одягнені у спец. одяг, спец. взуття та працювати у захисних окулярах.		
IV Елементи операції	Виконавці			Трудомісткість , чол-хв.	Обладнання й інструмент	Контроль
	Кількість	Професія	Розряд			
1.Очистка форми вручну від залишків бетону 2.Збірка відходів у контейнер	2	Формувальник	3	4,4	Шкребки, металеві щітки	Візуально перевіряють наявність залишків бетону

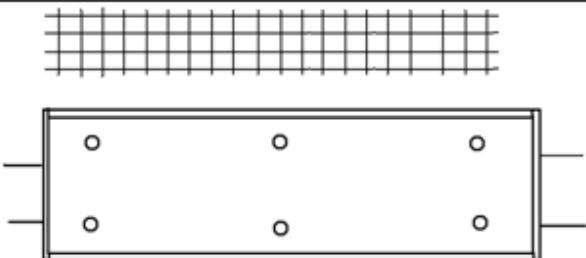
Поопераційна нормаль №3

Найменування операцій - Змащування форм						
I Схема організації робочого місця				II Технічні умови виконання		
				Форма має бути ретельно, повністю змащена		
				III Умови безпеки праці		
				Робітники мають бути одягнені у спец. одяг, рукавиці, працювати у захисних окулярах.		
IV Елементи операції	Виконавці			Трудовісткість , чол-хв.	Обладнання й інструмент	Контроль
	Кількість	Професія	Розряд			
1.Заправка розпилювача 2.Змащування форми	1	Формувальник	3	0,76	Розпилювач	Візуально перевіряють щоб не було ділянок поверхні не змащених маслом

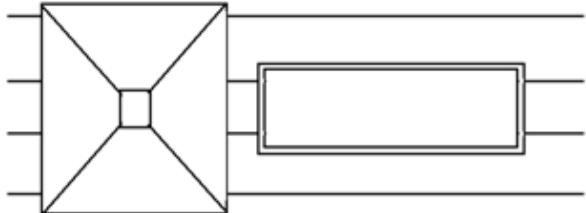
Поопераційна нормаль №4

Найменування операцій - Збирання форми						
I Схема організації робочого місця				II Технічні умови виконання		
				Борти форми повинні бути повністю закритими та знаходитися у вертикальному положенні		
				III Умови безпеки праці		
				Працівники мають знаходитися на безпечній відстані при підйманні бортів форми у вертикальне положення, бути одягнені у спец. одяг, рукавиці.		
IV Елементи операції	Виконавці			Трудовісткість , чол-хв.	Обладнання й інструмент	Контроль
	Кількість	Професія	Розряд			
1.Підймання бортів форми 2.Установлення їх у проектне положення 3. Закріплення за допомогою крану	2	Формувальник	3	5	Гайковий ключ кран	Контроль замків форми, наявності щілин між бортами та між бортами і піддоном, геометричні форми

Поопераційна нормаль №5

Найменування операцій - Укладання арматури у форму						
I Схема організації робочого місця				II Технічні умови виконання		
				Сітки повинні встановлюватися згідно з проектом		
				III Умови безпеки праці		
				Робітники мають бути одягнені у спец. одяг, рукавиці, не знаходитися у зоні руху сіток.		
IV Елементи операції	Виконавці			Трудомісткість , чол-хв.	Обладнання й інструмент	Контроль
	Кількість	Професія	Розряд			
1.Підвезення краном арматури до робочого місця 2.Установка арматурних сіток у форму 3. Закріплення арматурних елементів	1	Формувальник	3	2	Мостовий кран	Контролюють розташування сіток

Поопераційна нормаль № 6

Найменування операцій - Укладання та ущільнення бетонної суміші						
I Схема організації робочого місця				II Технічні умови виконання		
				Бетонна суміш повинна бути укладена так, щоб вона не розшаровувалась.		
				III Умови безпеки праці		
				Робітники мають бути одягнені у спец. одяг, рукавиці, мають знаходитися на безпечній відстані від форми		
IV Елементи операції	Виконавці			Трудомісткість чол-хв.	Обладнання й інструмент	Контроль
	Кількість	Професія	Розряд			
1. Керування бетоноукладачем з пульту керування 2. Подавання бетоноукладача до форми 3. Укладання бетонної суміші у форму бетоноукладачем та розрівнювання її по формі 4. установка бетоноукладача у вихідне положення	1	Машиніст формувального агрегату	5	3	Бетоноукладач гладилки	Контроль за розшаруванням бетонної суміші, за заповненням бетонною сумішшю форми.

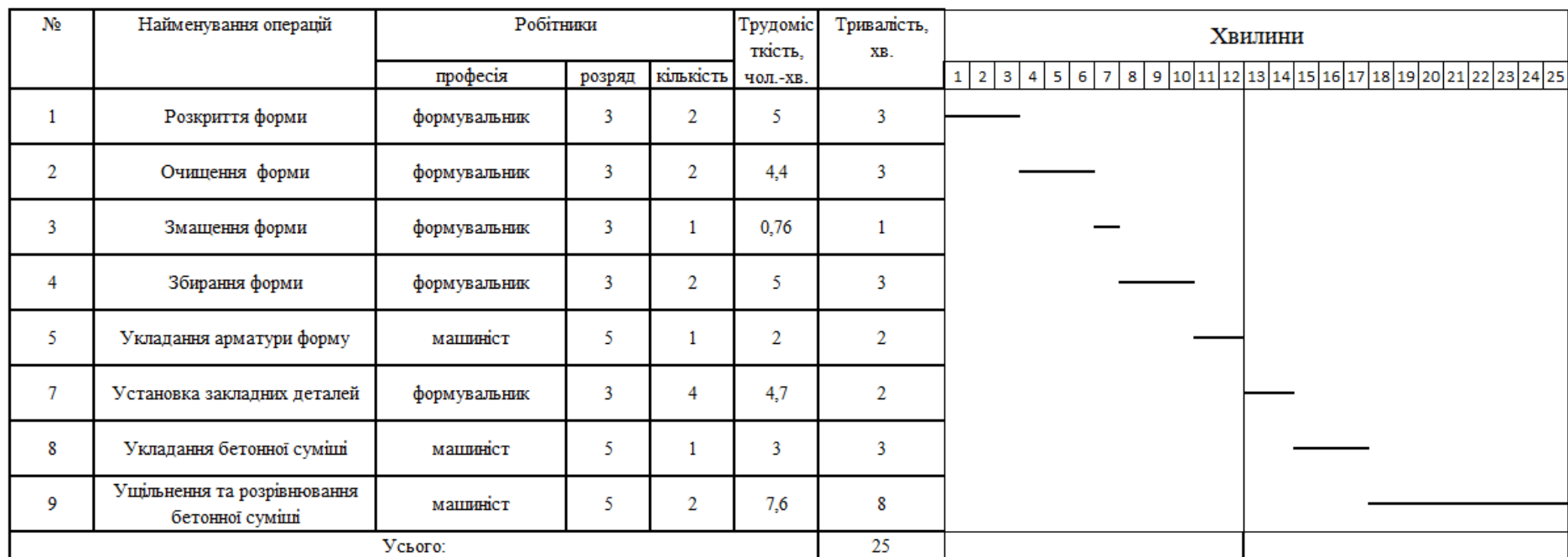


Рис. 14. Поопераційний графік формування зовнішніх стінових панелей марки ПЦС 30.33.2.5-Л

Виріб (робота)	тривалість	12	24	49	12*12=144	193	198	257	262	25+12*12+25	456	468	480
Підгот	12												
ОБСЛ	12												
1	25												
2	12*12=144												
3-12													
13													
ТЕХН	5												
ОБІД	59												
ТЕХН	5												
14	25												
15-26	12*12=144												
27	25												
ОБСЛ	12												
ЗР	12												

Усього 27 виробів за добу

Рисунок 15. Тижнево-добовий графік

5.5.3 Розрахунок потужності технологічної лінії

Одна формувальна лінія матиме таку потужність на добу:

$$N_{\text{вир}}^3 = N^3 / T_{\text{річ}} \cdot n_{\text{зм}}$$

де N^3 – це планована кількість конструкцій на рік, шт./рік

$T_{\text{річ}}$ – річний час роботи устаткування діб;

$n_{\text{зм}}$ – кількість робочих змін на одну добу.

$$N_{\text{вир}}^3 = 5597/253 \cdot 2 = 11 \text{ панелей}$$

Так як згідно тижнево-добового графіка одна лінія спроможна формувати 27 панелей, достатньо буде однієї лінії.

5.5.4. Розрахунок загального часу виготовлення планового об'єму продукції

Фактична виробнича потужність у кількості одиниць виробів з виробництва одного виду (марки) виробів визначається як:

$$N_{\text{іл}} = N_{\text{вир}} \cdot n_{\text{зм}} \cdot n_{\text{л}}^p \cdot T_{\text{річ}},$$

де $N_{\text{вир}}$ – кількість виробів в одну зміну згідно тижнево-добового графіку;

$n_{\text{зм}}$ – кількість робочих змін;

$n_{\text{л}}^p$ – кількість технологічних ліній;

$T_{\text{річ}}$ – річний фонд часу роботи устаткування, діб

$$N_{\text{іл}} = 11 \cdot 2 \cdot 1 \cdot 253 = 5566 \text{ панелей}$$

Тож плановий обсяг буде досягнуто за 0,8 року.

6. Складське господарство

6.1. Розрахунок потреби компонентів

Необхідна кількість всіх складників керамзитобетону наведена в таблиці 21. Потрібна кількість керамзитобетонної суміші відображена в таблиці 22. Витрати арматурної сталі містяться в таблиці 23.

Таблиця 21

Потреба в компонентах бетону

Найменування компоненту	Витрати компонентів бетону, кг				
	на 1 м ³	у зміну	у добу	у місяць	на рік
цемент	330	7392	14784	311696	3740352
керамзитовий гравій	410	9184	18368	387259	4647104
пісок	940	21056	42112	887861	10654336
вода	140	3136	6272	13225	1586816
трепел	33	739	14784	31170	374035
суперпластифікатор	4,5	101	202	4250	51005

Таблиця 22

Потреба в керамзитобетонній суміші

Клас бетону	Необхідна кількість в зміну, м ³	Необхідна кількість в добу, м ³	Необхідна кількість в місяць, м ³	Необхідна кількість на рік, м ³
С 8/10	3,5	7	148	1771

Таблиця 23

Потреба в арматурній сталі

Арматурна сталь	Потреба у арматурній сталі, кг			
	у зміну	у добу	у місяць	на рік
Арматурна сталь Вр-I Ø4	105,57	211,14	4451,54	53418,42
Арматурна сталь АІ Ø14	106,92	213,84	4508,46	54101,52
Арматурна сталь АШ Ø6	871,56	1743,12	36750,78	441009,36
Арматурна сталь АШ Ø10	8,64	17,28	364,32	4371,84

6.2. Склади в'язучих

Цемент і трепел (як активна мінеральна добавка) є порошкоподібними, гігроскопічними матеріалами і вимагають захисту від вологи. Тож оптимальним видом складу для цементу та трепелу є вертикальні металеві силоси. Вони мають вигляд циліндричних ємностей, які обладнанні необхідним устаткуванням та механізмами. Вимог до зберігання цементу та трепелу наведені в таблиці 24.

Таблиця 24

Умови зберігання в'язучого та активної добавки

Матеріал	Тип складу	Умови
Цемент	Силосний	Зберігання в окремому відсіку або силосі, відповідно до паспорта якості та типу (марки)

		Оберігання від дії вологи Підтримка температурного режиму
Трепел	Силосний	Зберігання в силосі. Оберігання від дії вологи Підтримка температурного режиму

Місткість складу цементу:

$$V = Ц \cdot n \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 / Пв, м^3$$

де Ц – витрата в'язучого в бетоні на добу, кг/м³;

n – нормативний запас зберігання в'язучого (приймаємо 10 діб);

K₁ – коефіцієнт нерівномірності надходження цементу на склад,
(приймаємо 1,4);

K₂ – коефіцієнт нерівномірності споживання цементу (приймаємо 1,4);

K₃ – коефіцієнт можливих втрат цементу при розвантаженні
(приймаємо 1,04);

K₄ – коефіцієнт використання технологічного устаткування
(приймаємо 0,943);

K₅ – коефіцієнт заповнення ємності складу (дорівнює 0,9);

П_в – щільність цементу в насипному стані (приймаємо 1000 кг/м³)

$$V = 14784 \cdot 10 \cdot 1,4 \cdot 1,4 \cdot 1,04 \cdot 0,943 \cdot 0,9 / 1000 = 256 \text{ м}^3$$

Місткість складу трепелу:

$$V = 739 \cdot 10 \cdot 1,4 \cdot 1,4 \cdot 1,04 \cdot 0,943 \cdot 0,9 / 1300 = 10 \text{ м}^3$$

6.3 Склади заповнювачів

Для зберігання керамзитового гравію влаштовується критий склад, оскільки він інтенсивно вбирає вологу з навколишнього середовища.

Умови складування: контроль вологості (вимірювати перед подачею в змішувач); не дозволяти накопичення води/бруду; розміщувати з можливістю завантаження автотранспортом (лотки/завантажувальні лотки).

Для штабелювання піску буде влаштований критий навіс, так як цей матеріал теж варто оберегати від дії атмосферної вологи, так як він може змінити свою об'ємну масу.

Склади повинні бути обладнані під'їзними шляхами для фронтальних навантажувачів, які подають матеріали до дозувальних бункерів БЗЦ

Визначення місткості складу заповнювачів ведеться по ємності матеріалу, що зберігається:

$$V = 3 \cdot n \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 / \Pi_3, \text{ м}^3$$

де 3 – витрата крупного заповнювача у бетоні на добу, кг ;

n – нормативний запас збереження заповнювача (приймаємо 10 діб);

K_1 – коефіцієнт нерівномірності надходження заповнювача на склад (приймаємо 1,4);

K_2 – коефіцієнт нерівномірності споживання заповнювача (приймаємо 1,4);

K_3 – коефіцієнт можливих утрат заповнювача при розвантаженні (приймаємо 1,04);

K_4 – коефіцієнт використання технологічного устаткування (приймаємо 0,943);

K_5 – коефіцієнт заповнення ємності складу (дорівнює 0,9);

Π_3 – щільність заповнювача в насипному стані.

$$V_{\text{гравій}} = 18368 \cdot 10 \cdot 1,4 \cdot 1,4 \cdot 1,04 \cdot 0,943 / 600 = 588 \text{ м}^3$$

$$V_{\text{пісок}} = 42112 \cdot 10 \cdot 1,4 \cdot 1,4 \cdot 1,04 \cdot 0,943 / 1300 = 623 \text{ м}^3$$

6.4. Склади арматури та арматурних виробів

Арматура повинна зберігатися роздільно за марками, класами та діаметрами. Під штабелі арматури обов'язково встановлюються підкладки (дерев'яні бруски) для забезпечення вентиляції та захисту від ґрунту та бруду. Арматура (особливо готові каркаси) повинна бути захищена від корозії та деформації. Не допускається зберігання арматури безпосередньо на землі. Арматурні сітки та каркаси, що постачаються від субпідрядників, проходять вхідний контроль на геометричні розміри та якість зварних швів.

Площа, призначена для зберігання певного виду арматури або арматурного виробу розраховується як:

$$S_{ai} = Q_c \cdot K_n \cdot N_{xp} / P_i,$$

де Q_c – добова витрата арматури або арматурного виробу конкретного виду, кг;

K_n – коефіцієнт, який враховує збільшення площі складу на проходи при збереженні арматури на стелажах (приймаємо 1,5);

N_{xp} – термін зберігання арматури на складі (приймаємо 25 діб).

P_i – маса металу, розміщеної на 1 м² площі (приймаємо 1200 кг).

Площа під складування Вр-I Ø4:

$$S_{ai} = 25 \cdot 2 \cdot 211,14 / 1200 = 8,8 \text{ м}^2$$

Площа для збереження AI Ø14:

$$S_{ai} = 25 \cdot 2 \cdot 213,84 / 3200 = 3,34 \text{ м}^2$$

Площа для збереження AIII Ø6:

$$S_{ai} = 25 \cdot 2 \cdot 1743,12 / 3200 = 27,24 \text{ м}^2$$

Площа для збереження AIII Ø10:

$$S_{ai} = 25 \cdot 2 \cdot 17,28 / 3200 = 0,27 \text{ м}^2$$

Загальна площа складу, визначається як сума площ S_{ai} з врахуванням коефіцієнта збільшення загальної площі складу для проходів та проїздів. Він приймається рівним 1,5.

$$S_a = (8,8 + 3,34 + 27,24 + 0,27) \cdot 1,5 = 60 \text{ м}^2$$

6.5 Склад готової продукції

Для зовнішніх панелей з легкого бетону необхідно забезпечити захист від атмосферних опадів, щоб зберегти їхні теплоізоляційні характеристики.

Тип складу: напівзакритий склад (майданчик під навісом) або великий закритий, але неопалювальний склад. Використання навісів (естакад) є обов'язковим. Навіси повинні мати достатню висоту для роботи мостових чи козлових кранів та ефективно захищати штабелі панелей від прямого попадання дощу та снігу. Підлога складу має бути бетонована або асфальтована з ефективною системою водовідведення, щоб виключити контакт нижніх частин панелей із накопиченою водою.

Склад має бути розміщений зручно для роботи кранів, які переміщують панелі з формувального цеху, та для вантаження на автомобільний транспорт.

Зберігання панелей має виключати їхнє пошкодження, деформацію та перезволоження.

Панелі зберігаються у вертикальному положенні або під невеликим кутом (близько 10° - 15°) у спеціальних інвентарних опорних елементах (касетах або пірамідах). Це мінімізує деформації, які можуть виникнути в керамзитобетонних виробах через їхню відносно нижчу міцність у молодому віці.

Використовуються інвентарні металеві піраміди або касети, які забезпечують стійкість і запобігають падінню.

Висота штабеля встановлюється відповідно до безпеки та стійкості та обмежується технічними характеристиками кранового обладнання та інвентарних підставок.

Обов'язкове використання інвентарних дерев'яних або полімерних прокладок (завтовшки не менше 30 мм). Критично важливо, щоб прокладки розміщувалися лише у місцях, передбачених робочими кресленнями, і були розташовані на одній вертикалі. Це запобігає концентрації напружень, яка може спричинити тріщини в легкому бетоні [4].

Навіси повинні бути достатньо широкими, щоб захищати штабелі від косого дощу. Не допускається тривале зберігання безпосередньо в зоні потрапляння води.

Навісний склад має забезпечувати достатню циркуляцію повітря для запобігання застою вологи та надмірного зволоження повітря, що сприяє природному висиханню панелей після ТВО.

Площа складу готових зовнішніх стінових панелей марки ПЦС 30.33.2.5-Л:

$$S = S_p \cdot T_{xp} \cdot K_1 \cdot K_2, \text{ м}^2$$

де S_p - площа, яку займає один виріб;

T_{xp} - нормативний запас збереження;

K_1 – коефіцієнт збільшення площі складу;

K_2 – коефіцієнт збільшення площі складу, який враховує проїзди й площу під коліями мостового крану, візків, а також площі для проїзду автомашин та під залізничні колії

K_1 приймаємо 1,5, K_2 – 1,3

Панелі будуть зберігатися з запасом на 14 діб.

$$S = 9,68 \cdot 14 \cdot 1,5 \cdot 1,3 = 265 \text{ м}^2$$

6.6. Матеріально-технічні склади та склади комплектуючих

Матеріально-технічні склади призначені для зберігання допоміжних матеріалів, необхідних для підтримки роботи обладнання та технологічного процесу.

Вони повинні бути закритими, сухими, вентильованими. Часто поділяються на кілька секцій з різними умовами зберігання.

Вимоги до організації таких складів наведені в таблиці 25.

Таблиця 25

Вимоги до матеріально-технічних складів

Категорія матеріалу	Матеріал	Вимоги до зберігання
Паливно-мастильні матеріали	Мастила для бетонозмішувачів, трансмісійні рідини, гідравлічні олії	Зберігання в окремих приміщеннях, обладнаних витяжною вентиляцією та засобами пожежогасіння. Необхідно дотримуватись правил екологічної безпеки (захист від витоків)
Експлуатаційні матеріали	Запасні частини (змінні лопатки змішувачів, деталі дозаторів), гумові ущільнювачі, елементи транспортерів.	Зберігання на стелажах за номенклатурою та маркуванням. Забезпечення захисту від вологи та пилу
Хімічні та допоміжні речовини	Мастила для форм, антикорозійні суміші, матеріали для ремонту	Зберігання в спеціально відведених зонах з обмеженим доступом. Мастила для форм (якщо вони не є ПММ) вимагають сухого зберігання

Склад комплектуючих забезпечує постачання готових елементів, які вмонтовуються в панелі на етапі армування та бетонування. Склад повинен

бути закритий, сухий, з наявністю вантажопідіймальних засобів (наприклад, тельфер або кран-балка) для переміщення пачок.

Усі матеріали та комплектуючі, що надходять на склад, повинні пройти вхідний контроль (перевірку супровідних документів, сертифікатів, візуальний огляд, вимірювання). Матеріали без належних документів не можуть бути прийняті та використані.

Кожен штабель, стелаж або відсік повинен бути чітко маркований із зазначенням номенклатури, кількості та, за необхідності, номера партії. Це забезпечує можливість швидкої ідентифікації та відстеження використання матеріалів у виробництві.

Умови зберігання повинні відповідати вимогам технічних умов (ТУ) або стандартів (ДСТУ) на відповідний матеріал. Наприклад, металеві закладні деталі, що зберігаються тривалий час, повинні бути захищені від корозії.

Складування має здійснюватися з урахуванням гранично допустимих навантажень на підлогу та стелажі. Штабелі повинні бути стійкими, висота штабелю не повинна перевищувати допустимої норми.

Складські приміщення повинні мати достатні проїзди для навантажувачів та проходи для персоналу (ширина проходів не менше 1 м).

Обов'язкове обладнання складів засобами пожежогасіння, особливо у секціях зберігання ПММ. Склади повинні мати евакуаційні виходи.

Працівники, які виконують вантажно-розвантажувальні роботи, повинні бути належним чином навчені та забезпечені засобами індивідуального захисту (ЗІЗ).

7. Лабораторія і контроль якості

Для виробництва зовнішніх стінових панелей з керамзитобетону належний контроль якості є критично важливим з таких причин:

- забезпечення міцності та довговічності: міцність панелей повинна відповідати проєктним вимогам протягом усього терміну експлуатації.
- теплотехнічні характеристики: керамзитобетон використовується через його ізоляційні властивості. Надмірне водопоглинання або відхилення від проєктної густини (через неправильний склад чи ущільнення) можуть звести нанівець енергоефективність будівлі.
- геометрична точність: недотримання допусків у розмірах панелей призводить до труднощів при монтажі, збільшення витрат на оздоблювальні роботи та утворення "містків холоду".
- відповідність нормам: продукція має відповідати вимогам ДСТУ, ДБН та технічним умовам, що є обов'язковою умовою її реалізації та експлуатації.

На заводі ЗБВ прийнято розрізняти три основні види контролю, які охоплюють увесь виробничий цикл (від сировини до готового виробу):

А. Вхідний контроль – здійснюється до початку виробничого процесу.

Мета: перевірка відповідності сировинних матеріалів (цемент, керамзит, трепел, пластифікатор, арматура, закладні) вимогам стандартів (ДСТУ) та технічним умовам (ТУ).

Що перевіряється: наявність та відповідність сертифікатів/паспортів якості, фактична якість (наприклад, активність цементу, фракційний склад та вологість керамзиту, хімічні властивості добавок).

Б. Операційний (технологічний) контроль – здійснюється під час виробничого процесу на кожному технологічному етапі (посту).

Мета: забезпечення дотримання технологічного регламенту.

Що перевіряється: точність дозування компонентів (особливо вологості керамзиту), рухомість бетонної суміші (осадка конуса), правильність

встановлення арматури та закладних, ефективність віброущільнення, дотримання режимів ТВО.

В. Приймальний контроль – здійснюється після завершення виробничого циклу, перед відвантаженням або передачею на склад.

Мета: прийняття готового виробу.

Що перевіряється: фактична міцність бетону (клас), геометричні розміри панелі, якість поверхні, наявність та ширина тріщин, відповідність маркування.

На заводі підрозділом, який відповідальний за контроль якості є заводська лабораторія. Вона підпорядковується, як правило, безпосередньо керівництву заводу для забезпечення об'єктивності рішень.

Напрямки роботи лабораторії:

- розробка та корегування складу керамзитобетону з комплексною добавкою;
- випробування бетонної суміші та бетону, арматурних виробів;
- аналіз якості сировинних компонентів (складників керамзитобетону та сталі для арматури)
- контроль температурного режиму в камерах ТВО.

Контроль проводиться для різних об'єктів контролю з різною періодичністю – постійно, періодично, циклічно.

Карта контролю якості (ККЯ) – це важливий елемент операційного контролю, який є складовою системи управління якістю. Вона представляє собою графічний або табличний документ, що детально описує процедуру контролю для конкретного виробу або операції.

ККЯ стандартизує процес контролю, виключає суб'єктивність, слугує робочим інструментом для майстрів та лаборантів і забезпечує прозорість дотримання технологічної дисципліни. Вона є первинним документом, який підтверджує, що операція була виконана з дотриманням нормативних вимог. ККЯ в табличній формі наведена нижче (табл. 26).

Таблиця 26

Карта контролю якості

Основні операції, що підлягають контролю	Комплектація робочих креслень, НД, карт	Стан формувального устаткування, вібраторів	Арматурні роботи	Зварювальні роботи	Установка й закріплення сіток, строповочних петель, фіксаторів	Виготовлення бетонної суміші	Підготовка й змащення форм	Укладання бетонної суміші	Умови твердіння	Розпалубка. Підготовка до здачі продукції, складування
Склад контролю	Нааявність технічної документації (НД, робочі креслення й ін.)	1. Коливання віброплощадки 2. Технічний стан устаткування	1. Марка сталі 2. Відповідність розмірів арматури робочим кресленням 3. Зварювання стрижнів і сіток 4. Антикорозійний захист	1. Механічна міцність 2. Розміри швів 3. Стійкість стрижнів 4. Наявність дефектів	1. Відповідність робочим кресленням 2. захисний шар 3. Укладання ліщовального шару 4. Положення арматурного каркаса	1. Точність дозування 2. Час перемішування 3. Консистенція 4. Температура	1. Відповідність форм проектним розмірам 2. Якість очищення й змащення форм 3. Якість емульсії	1. Товщина шару 2. Час віброуцільнення 3. Щільність укладання 4. Міцність бетону 5. Об'ємна маса	Дотримання заданого тепло-вологісного режиму	1. Зовнішній вигляд 2. Наявність дефектів 3. Відповідність розташування виробів схемі складування
Місце контролю	Цех	Пости формування й натягу. Лабораторія	Арматурний цех	Зварювальний пост. Лабораторія	Пост формування	Дозатори. Бетонозмішувачі	1. Пост розпалубки 2. Місце збірки перед укладанням бетонної суміші 3. Ємність	1—3. Пост формування 4—5. Лабораторія	Цех	Пост розпалубки, склад готової продукції
Метод і засоби контролю	Порівняння із проектом	Віброграф. Паспорт	1. Порівняння з еталоном 2. Вимірювання рулеткою, лінійкою, штангенциркулем 3. Візуальний відбір проб і випробування	Відбір проб і випробування	Вимірювання сталевим рулеткою, мірною лінійкою. Візуальний	1. Спостереження за приладами 2. Перевірка, тарування приладів 3. Відбір проб і випробування 4. Термометр	1. Вимірювання рулеткою й рівнем 2. Огляд 3. Відбір проб і випробування	1. Вимір лінійкою 2. Секундомір 3. Щільномір 4—5. Відбір проб і наступне випробування	Прилади автоматизації й регулювання	1, 2. Візуальний 3. Сталева рулетка, схема
Періодичність і обсяг контролю	Раз на місяць і при виготовленні нової партії виробів	1. Щодня 2. Через 6 місяців кожний прилад	2 рази в зміну, вибірка	Раз на місяць 2—4. Постійно 1—4. Вибірка	Раз зміну. Вибірка	1. Раз у зміну 2. Кожний заміс 3. 4, 2 рази в зміну й при новому складі суміші	1. Раз у квартал. Поштучно 2. Раз у зміну. Вибірка 3. Раз на місяць	1, 2. Поштучно 3, 5. Раз у зміну. Партія 4, 5. Серія контрольних кубів	У процесі обробки через 2 год. Партія в камері	1, 2. Поштучно 3, 2 рази в зміну. Партія
Особа, що контролює операцію	Інженер ВТБ	1. Майстер ВТК 2. Механік. Енергетик	1-2. Майстер 3. Лаборант	1. Лаборант 2-4 майстер	Майстер, ВТК	1-4 Лаборант 2 Оператор	1. Майстер, ВТК 2. Майстер 3. Лаборант	1, 2. Майстер 3—5. Лаборант	Лаборант	Майстер Бригадир
Документ, у якому реєструються результати контролю	Журнал обліку документації	Журнали перевірки устаткування	Журнал арматурних робіт	Журнал зварювальних робіт	Акти на сходові роботи	Журнал лабораторних випробувань	Журнал стану форм	Журнал лабораторних випробувань	Журнал теплової обробки	Журнал здачі готової продукції
Особа, відповідальна за забезпечення технології	Начальник ВТБ	Начальник ВТК, головний механік, головний енергетик	Начальник арматурного цеху	Начальник цеху	Начальник цеху	Зав. лабораторією, Начальник бетонозмішувального цеху	начальник цеху	Начальник цеху, зав. Лабораторією	Зав. лабораторією, начальник паросилового цеху	Начальник цеху

8. Розрахунок потреби в електроенергії, стислому повітрі, парі, воді

Кількість електроенергії, що споживається заводом, розраховується виходячи з того типу устаткування, яке працює на заводі та його кількості з розподілом по цехам, підрозділам та загалом по підприємству.

Споживачі електроенергії з їх встановленою потужністю наведені в таблиці 27.

Таблиця 27

Розподіл споживання електроенергії

Цех	Устаткування	Кількість	Встановлена потужність кВт
Склад цементу	Розвантажувально-передавальне обладнання	1	42,8
Склад заповнювачів	Розвантажувально-передавальне обладнання	1	231
Бетонозмішувальний цех	1) Пневматичний гвинтовий насос	1	30
	2) Стрічковий конвеєр	1	5
	3) Бетонозмішувачі	2	3

Арматурний цех	1) Станок для нарізання арматурної сталі	1	3
	2) Правильно-відрізний станок	1	29
	3) Підвісний зварний апарат МТПГ-150-2	2	165 кВ·А
	4) Мостовий кран вантажопідйомністю до 10 т	2	25
	5) Візок для вивозу готової продукції	1	7,3
Формувальний цех	1) Формувальна лінія	2	400
	2) Візок для вивозу готової продукції СМЖ-151А	1	5,5
Склад готової продукції	Мостовий кран вантажопідйомністю до 10 т	2	20
Лабораторія	Випробувальне обладнання	1	4,3
Адміністративно-побутовий комплекс	Освітлювальні прилади		124,45
Усього			1095,35

Потреба у стиснутому повітрі складає 44,4 м³ на одну хвилину.

Для теплової обробки панелей питомі витрати складатимуть 170 кг/м³. Додатково пара витрачається на побутові потреби (10% від технологічних потреб). Загалом витрати пари будуть становити 187 кг/м³.

Загальні витрати води складаються з технологічних витрат, побутових та для пожежної безпеки. Загалом потреба у воді становить 2184 м³.

9. Організація вантажопотоків

Під вантажопотоком на заводі розуміють сукупність переміщуваних матеріальних ресурсів, спрямованих від місця постачання до точки споживання в межах технологічного процесу або за його межі. Організація вантажопотоків на підприємстві з виготовлення зовнішніх стінових панелей є ключовим чинником ефективної роботи заводу, адже забезпечує ритмічність виробництва, мінімізує простої технологічного обладнання, оптимізує використання транспорту та складських площ. Ураховуючи, що всі види сировини доставляються автомобільним транспортом і готова продукція також відвантажується автомобілями, особливого значення набувають питання пропускної здатності в'їзних маршрутів, організація логістичних зон та мінімізація перехрещення потоків.

У виробництві збірного залізобетону розрізняють декілька видів вантажопотоків, які відрізняються за напрямом руху, номенклатурою матеріалів та способом переміщення. На заводі панельного типу виділяють такі основні групи вантажопотоків:

- 1) зовнішні вантажопотоки, що пов'язані з надходженням матеріалів на підприємство та відвантаженням готових панелей споживачам.
- 2) внутрішні вантажопотоки, що забезпечують рух матеріалів, напівфабрикатів і готових виробів між технологічними цехами.
- 3) допоміжні вантажопотоки, пов'язані з обслуговуванням виробництва: переміщення тари, паливно-мастильних матеріалів, ремонтних матеріалів, відходів тощо.

Кожен із цих вантажошляхів має свою специфіку, швидкість руху, періодичність і вимоги до транспортних засобів та шляхів переміщення.

До підприємства всі сировинні компоненти доставляються автомобільним транспортом

Особливістю зовнішніх вантажопотоків є чітка циклічність та необхідність синхронізації поставок з виробничим графіком, щоб уникнути

як дефіциту, так і надлишку матеріалів. Завод повинен мати окремі зони для розвантаження кожного виду матеріалу, щоб уникнути змішування потоків та простоїв на в'їзді.

Готові керамзитобетонні зовнішні стінові панелі є габаритними та масивними виробами, що вимагають використання спеціалізованих автопоїздів – низькорамних платформ або автомобільних панелевозів. Вивезення здійснюється безпосередньо зі складу готової продукції. Потрібна роздільна схема в'їзду та виїзду для запобігання перехресним маршрутам із сировинними потоками. Вантажопотік є періодичним, залежить від графіка монтажних робіт, погоди та відвантажувальних заявок. Тривалість завантаження одного автомобіля може становити 30–60 хвилин, що вимагає достатньої кількості навантажувальних майданчиків та мостових/козлових кранів.

Внутрішні вантажопотоки є найпотужнішими, оскільки забезпечуть ритмічність основного виробництва. До внутрішніх переміщень належать:

- подавання керамзиту з відкритих складів у бункери дозаторів;
- подавання цементу й трепелу із силосів у витратні бункери;
- транспортування води, хімічних добавок у змішувальні вузли;
- передача готової бетонної суміші у формувальний цех бетононасосами, бетонолітними кранами або мобільними бетонозмішувачами;
- транспортування арматури зі складу в арматурний цех,
- переміщення готових каркасів у формувальний цех,
- повернення бракованих каркасів на переробку.

Транспортні засоби: вилкові навантажувачі, мостові крани, кран-балки. Потік має циклічний характер, прив'язаний до формувального циклу.

У виробництві панелей напівфабрикатами є зібрані форми з армуванням і закладними деталями, форми з уже залитою бетонною сумішшю, вироби на стадії твердіння або тепло-вологісної обробки.

Переміщення між зонами відбувається за допомогою формовозів, рольгангів, мостових кранів або автономних візків. Цей вантажопотік є складним, оскільки потребує уважної синхронізації між операціями формування, витримки, теплообробки та складування.

До допоміжних потоків належать:

- доставка запасних частин та ремонтних матеріалів у ремонтно-механічний цех,
- підвезення енергетичних ресурсів (за потреби – паливо для котельні),
- переміщення інструменту, контейнерів для хімічних добавок, ручного обладнання.

Вони мають невелику інтенсивність, але впливають на загальну організацію логістичних шляхів на території підприємства.

Для забезпечення безперебійної роботи виробництва і безпеки транспорту необхідно:

- розділити транспортні маршрути сировини і готової продукції, щоб уникнути заторів.
- організувати кільцеву схему руху автомобілів, що дозволяє виключити зустрічні потоки.
- визначити окремі пункти розвантаження:
- цементу та трепелу – біля силосів,
- керамзиту – біля відкритих складів чи бункерів,
- хімічних добавок – біля хімічного складу,
- арматури – біля арматурного складу.

Зробити ізольований майданчик для завантаження панелевозів, розташований поруч зі складом готових виробів. Забезпечити чітку диспетчеризацію прибуття автотранспорту для мінімізації простоїв.

10. Структура, організація і управління підприємством

Організаційна структура заводу з виробництва зовнішніх стінових панелей з легкого бетону (керамзитобетону) формується таким чином, щоб забезпечити безперервність технологічного процесу, високу якість продукції, ефективне використання ресурсів та чітку взаємодію між усіма підрозділами. Завод є комплексним виробничим підприємством, яке включає декілька основних і допоміжних цехів, а також управлінські, логістичні та сервісні підрозділи.

Завод складається з трьох основних груп підрозділів, які забезпечують повний цикл від проєктування до відвантаження.

А. Основні Виробничі Підрозділи

Це ті цехи, що безпосередньо створюють продукцію:

- бетонозмішувальний цех: відповідає за приймання, зберігання та дозування цементу, керамзиту, піску, трепелу та добавок, а також за приготування керамзитобетонної суміші заданого складу.
- арматурний цех: здійснює різання, згинання арматури та зварювання арматурних каркасів і сіток, а також виготовлення закладних деталей.
- формувальний цех: центральний цех, де відбувається укладання арматури, бетонування, віброущільнення, ТВО та розпалублення панелей.
- склад готової продукції: зберігання панелей під навісом, контроль якості перед відвантаженням та операції навантаження.

Б. Допоміжні Підрозділи

Забезпечують функціонування основного виробництва:

- ремонтно-механічний цех: здійснює поточний та капітальний ремонт обладнання (змішувачів, кранів, вібростолів), виготовляє нестандартне обладнання та інвентар.
- енергетичний цех: відповідає за постачання всіх видів енергії (електрика, тепло, вода, стиснене повітря) та обслуговування енергомереж.

- транспортний цех: обслуговування власного автотранспорту (якщо є) та забезпечення внутрішньозаводського переміщення вантажів (крани, навантажувачі, візки).

В. Управлінські та Функціональні Відділи

Забезпечують планування, контроль та адміністрування:

- дирекція: генеральний директор та його заступники.
- планово-економічний відділ: розробка виробничих планів (тижнево-добових графіків), розрахунок собівартості, економічний аналіз.
- виробничо-технічний відділ: технологічний нагляд, розробка робочих креслень, контроль якості будівельно-монтажних робіт.
- відділ постачання та збуту: закупівля сировини, матеріалів, продаж та відвантаження готової продукції.
- бухгалтерія, відділ кадрів, відділ охорони праці.

Для заводу з відносно стабільним, хоча й гнучким асортиментом, який використовує відпрацьовані технології (агрегатно-потоківий метод), лінійно-функціональний тип управління є найбільш ефективним.

Лінійність: забезпечує чітку єдиноначальність. Кожен підрозділ (цех) підпорядковується безпосередньо його керівнику (начальнику цеху), а той – директору чи його заступнику. Це забезпечує швидке прийняття рішень та відповідальність.

Функціональність: забезпечує залучення висококваліфікованих фахівців (інженерів ВТВ, економістів ПЕВ, фахівців лабораторії) для вирішення специфічних завдань та розробки технічних рішень.

Така структура дозволяє поєднати чітку виконавчу ієрархію з якісним інженерним та економічним забезпеченням.

На вершині структури стоїть генеральний директор заводу. Директор керує всією діяльністю заводу. Технічний директор (головний інженер): підпорядковується директору і керує всіма основними та допоміжними виробничими підрозділами (начальники цехів), а також лабораторією та ВТВ. Він відповідає за технологію, якість та експлуатацію обладнання.

Комерційний директор (заступник з економіки): підпорядковується директору і керує ПЕВ, ОПЗ та бухгалтерією. Він відповідає за фінанси, постачання та збут. Лабораторія: підпорядковується безпосередньо головному інженеру. Взаємозв'язки підрозділів: взаємозв'язки є ключовими для потокового виробництва:

Лабораторія → БЗЦ: Лабораторія надає БЗЦ скоригований склад керамзитобетону та контролює якість вхідних матеріалів. Без дозволу лабораторії БЗЦ не може використовувати сировину. ВТВ → арматурний цех → формувальний цех: ВТВ видає арматурному цеху робочі креслення каркасів, які потім надходять у формувальний цех. Формувальний цех приймає каркаси лише після підтвердження їхньої якості (операційний контроль). ПЕВ → формувальний цех → ОПЗ: ПЕВ розробляє тижнево-добовий графік виробництва. Формувальний цех його виконує. ОПЗ отримує інформацію від формувального цеху про готовність панелей для планування відвантаження. РМЦ → усі цехи: РМЦ отримує заявки від усіх виробничих цехів на планово-попереджувальні та аварійні ремонти обладнання. Лабораторія → склад готової продукції: лабораторія видає висновок про досягнення панелями відпускної міцності, дозволяючи їхнє відвантаження.

11. Розрахунок потреби робочих

Кількість працівників, яка знадобиться для забезпечення виробничого процесу наведена в таблиці 28.

Таблиця 28

Потреба у працівниках виробничих підрозділів

Цех або підрозділ	Професія	Кількість на 1 зміну
Бетонозмішувальний цех	- моторист транспортних засобів, галерей та бункерів	1
	- оператор надбункерного відділення	1
	- дозувальник	1
	- оператор бетонозмішувача	1
	- електрик	1
	- змінний майстер	1
Арматурний цех	- арматурник	3
	- оператор зварювальної машини	2
	- зварювальник	1
	- стропальник	2
	- машиніст крану	2
	- електрик	1
	- змінний майстер	1
Формувальний цех	- машиніст крану	1
	- формувальник	2
	- машиніст формувального агрегату	1
	- електрик	1
	- змінний майстер	1
Склад цементу та хімічних добавок	- робітник складу	3
	- оператор по прийманню матеріалів	1
	- комірник	1

Склад заповнювачів	- робітник складу	3
	- оператор по прийманню матеріалів	1
	- комірник	1
Склад арматурної сталі	- такелажник	2
	- комірник	1
Склад готової продукції	- такелажник	2
	- комірник	1
Матеріальний склад	- робітник складу	1
	- комірник	1
Ремонтно-механічний цех	- слюсар	1
	- токар	1
	- механік	1
Паросиловий цех	- машиніст насосів	2
	- оператор паропроводу	1
Електроділеньця	- електрик	1
	- електрослюсар	1
Лабораторія	- лаборант	2
Усього на 1 зміну	52	
Усього на добу	104	
Керівники виробничих підрозділів	- начальник бетонозмішувального цеху	1
	- начальник арматурного цеху	1
	- начальник формувального цеху	1
	- спеціаліст з якості	1

Адміністративного персоналу на заводі повинно бути не більше 15% від виробників. В даному випадку це 16 працівників.

12. Об'ємно-планувальне рішення

Об'ємно-планувальне рішення промислового підприємства — це сукупність просторової організації будівель і споруд, що забезпечує оптимальне розміщення виробничих процесів у відповідності з технологічною схемою, вимогами безпеки та санітарно-гігієнічних норм. Воно охоплює взаємне розташування цехів, будівель і дільниць, їх габаритні розміри, вертикальні та горизонтальні зв'язки, а також забезпечує раціональну логістику матеріальних потоків.

Основні цілі об'ємно-планувального рішення:

- забезпечити безперервність і послідовність технологічного процесу, мінімізувати непотрібні переміщення матеріалів і напівфабрикатів;
- створити належні умови праці, природне та штучне освітлення, вентиляцію, безпечні маршрути руху персоналу і техніки;
- розмістити обладнання таким чином, щоб забезпечити його ефективну роботу, можливість ремонту та модернізації;
- забезпечити відповідність будівель вимогам нормативних документів щодо проектування промислових підприємств, включно з нормами площі, висоти, протипожежних розривів, санітарних зон та логістичних підходів;
- оптимізувати внутрішньозаводський транспорт, включаючи рух сировини автомобільним транспортом, мостовими кранами та візками.

Таким чином, об'ємно-планувальне рішення є фундаментом для ефективної організації роботи заводу, впливає на продуктивність, енергоефективність та якість кінцевої продукції.

Бетонозмішувальний цех

Призначення: підготовка бетонної суміші з керамзитом, цементом, піском, водою і добавками.

Орієнтовна висота: 8–12 м, з урахуванням встановлення силосів для цементу та бункерів для керамзиту.

Площа: залежить від продуктивності, орієнтовно 800–1200 м².

Передбачаються козлові або мостові крани для переміщення сировини.

Має бути передбачено розділення потоків сировини та готової суміші, окремі ворота для в'їзду самоскидів і виходу бетонотransпортних засобів.

Лінія дозування та змішування розташовується вздовж однієї із стін.

Бетонопроводи або самохідні візки забезпечують передачу суміші у формувальний цех.

Зона складування керамзиту має бути ізольована від вологи та передбачати навіси.

Арматурний цех

Призначення: виготовлення та складання арматурних каркасів і сіток для панелей.

Висота: 7–9 м, достатня для роботи мостового крана вантажопідйомністю 5–10 т.

Площа: 1000–1500 м².

Цех поділяється на функціональні зони:

- зона складування арматури;
- зона правки та різання;
- зварювально-монтажна дільниця;
- зона готових каркасів з прямим виходом до формувального цеху.

Планування передбачає лінійність, тобто рух металу від складу до місця встановлення каркасів у форми має бути мінімальним.

Формувальний цех

Функції: формування панелей, установка арматури, заливання суміші, віброущільнення, початкове тверднення.

Висота: 10–14 м, згідно з нормами для каркасних будівель з мостовими кранами.

Площа: 3000–6000 м² (залежно від кількості форм та виробничої потужності).

Передбачено монтаж мостових кранів (10–20 т), формувальних ліній, площадок для складальних столів.

Зонування:

- ділянка встановлення арматурних каркасів;
- ділянка заливки та вібрування;
- зона попереднього тверднення або передача на ТВО;
- транспортні коридори шириною не менше 4,5–6 м.

У плані цех орієнтується уздовж напрямку руху потоків: від встановлення каркасу → до отримання сирової панелі → до камер пропарювання.

Склад готової продукції

Оскільки панелі мають великі габарити (до 3–6 м довжини та 2,5–3 м висоти), склад виконується переважно відкритого типу з твердим покриттям (бетон, асфальт).

Планувальні характеристики:

Площа: 2000–5000 м².

Можливість роботи автокранів або навантажувачів.

Виїзд вантажного транспорту без перетину з потоками сировини.

13. Охорона праці і техніка безпеки

На заводі заводу, який буде займатися виготовленням зовнішніх стінових панелей з легкого бетону повинні бути організовані заходи з охорони праці та дотримуватися правила техніки безпеки відповідно до НПАОП 26.6-1.02-00.

Організаційні вимоги

Виробничі процеси повинні здійснюватися відповідно до затверджених технологічних карт та інструкцій з охорони праці.

Працівники допускаються до роботи лише після проходження навчання, інструктажу та перевірки знань з техніки безпеки.

На підприємстві має бути організований контроль за дотриманням правил охорони праці, пожежної та електробезпеки.

Робочі місця повинні бути обладнані засобами колективного та індивідуального захисту.

Вимоги до обладнання та механізмів

Усе технологічне обладнання (бетонозмішувачі, формувальні машини, крани, транспортери) повинно мати захисні огороження, блокування та сигналізацію.

Машини та механізми допускаються до експлуатації лише після технічного огляду та випробувань.

Забороняється експлуатація обладнання з несправними системами безпеки, гальмами чи електроізоляцією.

Переміщення вантажів кранами здійснюється тільки за наявності справних стропів та під керівництвом відповідальної особи.

Вимоги до технологічних процесів

Приготування бетонної суміші повинно проводитися у герметичних змішувачах із системами пилопригнічення та вентиляції.

Формування виробів здійснюється у формах, що мають справні замки, упори та пристрої для безпечного відкривання.

Теплова обробка бетону проводиться у камерах із автоматичним регулюванням температури та тиску, обладнаних запобіжними клапанами.

Небезпеки, пов'язані з використанням комплексної добавки

Проведений аналіз сучасних досліджень з питання підвищення міцності керамзитобетону, з якого на даному заводі будуть випускатися зовнішні стінові панелі, дозволив зробити висновок, що підвищення міцнісних показників легкого бетону на основі керамзиту можливе шляхом використання в складі бетону комплексної добавки з трепелу та суперпластифікатору.

Тонкомолотий трепел – це природна крем'яниста осадова порода з високим вмістом діоксиду кремнію (SiO_2), яка характеризується дрібнопористою структурою, низькою щільністю та високими сорбційними властивостями. Його отримують шляхом видобутку, наприклад, у Коноплянському родовищі (Кіровоградська область), подальшого сушіння, механічного подрібнення та класифікації до стану тонкодисперсного порошку.

Робота з тонкомолотим трепелом пов'язана з небезпеками, які в основному обумовлені його високою дисперсністю та хімічним складом (високий вміст аморфного кремнезему).

Трепел має дуже дрібні частки, які легко утворюють пил у повітрі. Це створює ризик забруднення робочої зони. Вдихання пилу може призвести до подразнення слизових оболонок, кашлю, бронхіту. При тривалому контакті можливий розвиток професійних захворювань органів дихання (силікоз, пневмоконіоз). Дрібні частки можуть викликати сухість, мікротравми шкіри, а при потраплянні в очі – кон'юнктивіт чи механічне подразнення.

При неправильному зберіганні трепел утворює грудки, які при руйнуванні знову пилять, збільшуючи ризик інгаляції. Зависання матеріалу в силосах, що створює небезпеку обвалу грудок на працівників при спробі ручного розпушування. Дрібний пил осідає на електричних контактах,

електронних компонентах, фільтрах та рухомих частинах машин, що може призвести до їхнього перегріву, зносу та коротких замикань.

Іншою складовою застосовуваної комплексної добавки є суперпластифікатор SikaPlast 555W. Це пластифікатор полікарбоксилатного типу. При контакті зі шкірою може викликати подразнення, а при потраплянні в очі – кон'юнктивіт. У випадку утворення аерозолі чи випаровувань можливе подразнення слизових оболонок дихальних шляхів. Випадкове ковтання може викликати нудоту, подразнення травного тракту. Даний суперпластифікатор не є високотоксичним, але його потрапляння у ґрунт чи воду небажане, оскільки може впливати на мікроорганізми та якість води.

Загальні вимоги з техніки безпеки при застосуванні комплексної добавки
При роботі з трепелом:

- Використання респіраторів класу FFP2–FFP3, захисних окулярів та рукавичок.

- Робота у приміщеннях із системами аспірації та вентиляції.
- Герметизація обладнання для транспортування та дозування.
- Заборона ручного пересипання без локальної витяжки.
- Регулярний контроль концентрації пилу у робочій зоні.

При роботі з полікарбоксилатним суперпластифікатором:

- Використання захисних рукавичок, окулярів та спецодягу.
- Робота у добре вентильованих приміщеннях.
- Заборона прийому їжі та напоїв у зоні використання.
- Наявність засобів для промивання очей та шкіри.
- При розливі негайно зібрати абсорбентом (пісок, вермикуліт), уникати потрапляння у каналізацію.

- Зберігати у герметичних контейнерах при рекомендованій температурі (+5...+35 °C), захищати від сонячних променів.

Використання означеної комплексної добавки не потребує переобладнання стандартних технологічних ліній.

Список використаної літератури

1. Шишкін О.О., Іванов Є.Г., Хільченко О.П. Проектування підприємств з виробництва залізобетонних виробів : навч. посібник. Кривий Ріг : Мінерал, 2002. 115 с.
2. ДСТУ Б В.2.6-64:2008 Конструкції будинків і споруд. Панелі стінові зовнішні бетонні і залізобетонні для житлових і громадських будівель. Технічні умови. На заміну ГОСТ 11024-84 ; чинний від 2010-01-01. Вид. офіц. Київ : Мінрегіонбуд, 2009. 16 с.
3. Дворкін Л.Й. Будівельне матеріалознавство : підручник. 2-ге вид. Київ : Кондор. 2024. 448 с.
4. ДСТУ Б А.1.1-35-94 Система стандартизації та нормування в будівництві. Бетон легкий на пористих заповнювачах. Терміни та визначення. Чинний від 1995-01-01. Київ : НДІБМВ, 1994, 11 с.
5. Influence of Lightweight Aggregate Concrete Materials on Building Energy Performance by Tara L. Cavalline, Jorge Gallegos, Reid W. Castrodale, Charles Freeman, Jerry Liner and Jody Wall Buildings 2021, 11(3)
6. ДСТУ Б А.1.1-35-94 Система стандартизації та нормування в будівництві. Бетон легкий на пористих заповнювачах. Терміни та визначення. Чинний від 1995-01-01. Київ : НДІБМВ, 1994, 11 с.
7. ДСТУ Б В.2.7-18-95 Будівельні матеріали. Бетони легкі. Загальні технічні умови. На заміну ГОСТ 25820-83 ; чинний від 1995-07-01. Вид. офіц. Київ : Держкоммістобудування України, 1995. 25 с.
8. Dematerialization of Concrete: Meta-Analysis of Lightweight Expanded Clay Concrete for Compressive Strength by İlbüke Uslu, Orkun Uysal, Can B. Aktaş, Byungik Chang, Ismail Özgür Yaman Sustainability 2024, 16(15), 6346
9. Alaa M. Rashad Lightweight expanded clay aggregate as a building material – An overview. Construction and Building Materials Volume 170, 10 May 2018, Pages 757-775

10. С.А. Кравченко, О.О. Постернак, С.В. Зінченко, О.А. Агаєва, І.А. Столевич Дослідження міцнісних і деформативних властивостей керамзитобетону на цементно-зольному в'язучому. Нові технології в будівництві № 39 2021 с. 54-60

11. К.К.Пушкарьова, Каверин К.О. Дослідження експлуатаційних властивостей високоміцних легких керамзитобетонів, модифікованих комплексною органо-кремнеземистою добавкою. Зб. наукових праць УДУЗТ, Харків, 2017, вип.169. С.88-95

12. Atheer Saber, Ali Alasadi Mechanical properties of lightweight expanded clay aggregate (LECA) concrete. Scientific Review Engineering and Environmental Sciences (2022), 31 (3), 161–175

13. ДСТУ Б В.2.7-46:2010 Будівельні матеріали. Цементи загальнобудівельного призначення. Технічні умови. На заміну ДСТУ Б В.2.7-46-96 ; чинний від 2011-09-01. Вид. офіц. Київ : Міністерство регіонального розвитку та будівництва України, 2011. 20 с.

14. ДСТУ 9183:2022 Цементи. Загальні технічні умови. На заміну ДСТУ Б.В.2.7-112-2002 ; чинний від 2023-01-01. Вид. офіц. Київ : УкрНДНЦ, 2022. 36 с.

15. ДСТУ Б EN 197-1:2015. Цемент. Частина 1. Склад, технічні умови та критерії відповідності для звичайних цементів (EN 197-1:2011, IDT). На заміну ДСТУ Б EN 197-1:2008 ; чинний від 2016-07-01. Вид. офіц. Київ : Мінрегіон України, 2016. 59 с.

16. ДСТУ Б В.2.7-32-95 Будівельні матеріали. Пісок щільний природний для будівельних матеріалів, виробів, конструкцій і робіт. Технічні умови. На заміну ГОСТ 8736-85, ОСТ 21-1-80, ТУ 218 УРСР 438-92 ; чинний від 1996-01-01. Вид. офіц. Київ : Мінрегіон України, 1995. 32 с.

17. ДСТУ Б В.2.7-17-95 Будівельні матеріали. Гравій, щебінь і пісок штучні пористі. Технічні умови. На заміну ГОСТ 9757-90 ; чинний від 1995-07-01. Вид. офіц. Київ : Держкоммістобудування України, 1995. 19 с.

18. ДСТУ Б В.2.7-273:2011. Вода для бетонів і розчинів. Технічні умови (ГОСТ 23732-79, MOD). На заміну ГОСТ 23732-79 ; чинний від 2012-12-01. Вид. офіц. Київ : Міністерство регіонального розвитку будівництва, та житлово-комунального господарства України, 2012. 5 с.

19. Технічна карта матеріалу SikaPlast®-555 W. SikaPlast-555W-uk-UA-(05-2018)-1-1.pdf