

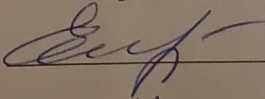
Міністерство освіти і науки України
КРИВОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Будівельний факультет
КАФЕДРА ТЕХНОЛОГІЙ БУДІВЕЛЬНИХ ВИРОБІВ, МАТЕРІАЛІВ І КОНСТРУКЦІЙ

Пояснювальна записка
до кваліфікаційної роботи бакалавра
за освітньо-професійною програмою «Будівництво та цивільна інженерія»
спеціальність G19 – Будівництво та цивільна інженерія

Тема роботи “Завод з випуску товарного декоративного бетону
заданої якості”

Виконав: студент групи БІ-22-1 Жиров Олександр Володимирович

Керівник випускної роботи  зав. каф., доц. Шишкіна О.О.

Нормоконтролер  Єгорова І.В.

Завідувачка кафедри  доц. Шишкіна О.О.

Кривий Ріг
2026 р.

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

Освітньо-кваліфікаційний рівень - **бакалавр**

Спеціальність – **G19 Будівництво та цивільна інженерія**

ОПП – «Будівництво та цивільна інженерія»

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри

СЛ

“18” *червня* 2026 року

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА СТУДЕНТУ
Жирова Олександру Володимировичу

1. Тема роботи Завод з випуску товарного декоративного бетону заданої якості

керівник роботи зав. каф., доц. Шишкіна О.О.

затверджені наказом університету від “14” квітня 2026 року № 196с

2. Строк подання студентом роботи 11 червня 2026 року

3. Вихідні дані до роботи

- Клас бетону за міцністю на стиск – С 8/10;
- Клас умов експлуатації конструкцій, які будуть виготовлені з бетону – ХС0;
- Ступінь відповідальності будівель і споруд, для виготовлення конструкцій яких призначено бетон – СС1 ;
- Розрахункова температура зовнішнього повітря при експлуатації бетону – -5...-20°C;
- Марка бетонної суміші – Р2;
- Планова потужність підприємства – 9500 м³.

4. **Зміст розрахунково-пояснювальної записки** (перелік питань, які потрібно розробити)

1. Характеристика бетонної суміші, бетону та його компонентів

2. Режим роботи підприємства

3. Визначення складу бетону

4. Організація роботи підприємства

5. Проектування споруд підприємства

5.1. Вибір технологічної схеми виробництва

5.2. Проектування головного корпусу заводу

5.3. Проектування складів компонентів бетонної суміші

6. Контроль якості

7. Охорона праці та техніка безпеки

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

- 1 Поопераційний графік виготовлення бетонної суміші
- 2 Технологічна схема виробництва
- 3 Карта контролю якості виробництва

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	зав. каф., доц. Шишкіна О.О.		
2	зав. каф., доц. Шишкіна О.О.		
3	зав. каф., доц. Шишкіна О.О.		
4	зав. каф., доц. Шишкіна О.О.		
5	зав. каф., доц. Шишкіна О.О.		
6	зав. каф., доц. Шишкіна О.О.		
7	зав. каф., доц. Шишкіна О.О.		

7. Дата видачі завдання 14 квітня 2026 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської роботи	Строк виконання етапів роботи (дів)	Примітка
	1. Характеристика бетонної суміші, бетону та його компонентів	1	
	2. Режим роботи підприємства	1	
	3. Визначення складу бетону	2	
	4. Організація роботи підприємства	3	
	5. Проектування споруд підприємства	5	
	6. Контроль якості	5	
	7. Охорона праці та техніка безпеки	4	

Студент


(підпис)

Жиров О. В.
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи


(підпис)

Шишкіна О.О.
(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

кваліфікаційної роботи бакалавра

студента групи БІ-22-1 Жирова Олександра Володимировича

на тему: “Завод з випуску товарного декоративного бетону заданої якості”

Актуальність теми. У останні роки спостерігається зростання зацікавленості важким бетоном через його властивості, що відкриває нові можливості для розвитку сучасної архітектури та інженерних рішень. Ефективна організація бетонозмішувального виробництва, автоматизація процесів дозування та впровадження раціональних схем логістики й складського господарства дозволяють суттєво підвищити конкурентоспроможність підприємств будівельної індустрії України.

Метою кваліфікаційної роботи є проєктування заводу з випуску декоративного товарного бетону заданої якості з врахуванням вимог нормативних документів та сучасних рішень та пропозицій в галузі технології бетону.

Об’єктом дослідження є завод з випуску декоративного товарного бетону заданої якості.

Завдання: 1) окреслити характеристики бетонної суміш, завод з виготовлення якої підлягає проєктуванню, характеристики бетону, характеристики компонентів, які будуть використані для виготовлення бетонної суміші; 2) встановити режим роботи підприємства; 3) визначити склад бетонної суміші; 4) проаналізувати вихідні дані для організації роботи підприємства та визначити необхідні параметри виробництва; 5) здійснити вибір технологічної схеми виробництва; 6) запроектувати головну будівлю заводу; 7) запроектувати склади компонентів бетонної суміші; 8) дослідити та описати методи та засоби контролю якості на підприємстві; 9) описати положення охорони праці та техніки безпеки на підприємстві.

Практичне значення отриманих результатів полягає у пропозиції по проєктуванню заводу з випуску декоративного товарного бетону заданої якості.

Ключові слова: декоративний бетон, виробництво бетонної суміші, бетонозмішувальний цех, вхідний контроль, логістика сировини, спосіб зберігання

Обсяг кваліфікаційної роботи: Бакалаврська кваліфікаційна робота складається з пояснювальної записки, викладеної на 43 сторінках, яка складається зі вступу, семи розділів, які містять 3 рисунки, 10 таблиць, списку використаних джерел з 25 найменувань, та графічної частини, яка складається з 3 листів формату А3.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1. ХАРАКТЕРИСТИКИ БЕТОННОЇ СУМІШІ, БЕТОНУ ТА ЙОГО КОМПОНЕНТІВ.....	7
2. РЕЖИМ РОБОТИ ПІДПРИЄМСТВА.....	11
3. ВИЗНАЧЕННЯ СКЛАДУ БЕТОНУ.....	13
4. ОРГАНІЗАЦІЯ РОБОТИ БЕТОНОЗМІШУВАЛЬНОГО ЦЕХУ.....	16
5. ПРОЕКТУВАННЯ СПОРУД ЗАВОДУ.....	21
5.1. Вибір технологічної схеми виробництва.....	21
5.2. Проектування основного (головного) корпусу заводу.....	25
5.3. Проектування складів компонентів бетонної суміші.....	27
5.3.1. Розрахунок складів в'язучих.....	27
5.3.2. Склади заповнювачів.....	28
5.3.3. Склади пігментів.....	29
6. КОНТРОЛЬ ЯКОСТІ.....	29
7. ОХОРОНА ПРАЦІ.....	33
8. СПИСОК ВИКОРИСТАННИХ ДЖЕРЕЛ.....	42

Вступ

Використання архітектурно-декоративного бетону в сучасному будівництві та дизайні є результатом постійного пошуку нових матеріалів і технологій, що поєднують у собі достатні міцнісні характеристики з високою естетичною виразністю. У останні роки спостерігається стрімке зростання зацікавленості декоративними бетонними сумішами через їхні унікальні властивості, які дозволяють забезпечити індивідуальність та художню цінність елементів архітектурного середовища. Архітектурно-декоративний бетон забезпечує необхідну довговічність і стійкість до зношування, що робить його ідеальним вибором для виготовлення об'єктів з високими вимогами до візуальних та експлуатаційних якостей, таких як елементи внутрішнього благоустрою просторів, малі архітектурні форми або ексклюзивні деталі сучасних інтер'єрів.

У майбутньому перспективи використання архітектурно-декоративного бетону в будівництві вважаються дуже обіцяючими. Завдяки своїм пластичним та художнім властивостям, цей матеріал відкриває нові можливості для розвитку сучасної архітектури, дизайну та інженерно-технологічних рішень. Він дозволяє створювати моноструктурні елементи, які одночасно виконують і конструктивну, і фінішну оздоблювальну функцію. Крім того, архітектурно-декоративний бетон має вагомий потенціал у сферах, де потрібна висока світлостійкість, точність відтворення фактур та широка кольорова гама, що є актуальним для будівництва сучасних житлових і громадських комплексів, реставраційних робіт чи об'єктів міського дизайну.

Виробництво архітектурно-декоративного бетону передбачає ретельний аналіз художньо-естетичних потреб об'єкта та суворий відбір вихідних компонентів для досягнення необхідного кольорового фону.

1.Характеристики бетонної суміші, бетону та його компонентів

Профілем продукції підприємства є спеціалізований архітектурно-декоративний бетон. Основним критерієм проєктування є гармонійне поєднання заданих фізико-механічних характеристик з його естетичними властивостями. Даний матеріал використовується переважно у виготовленні широкого спектру елементів та конструкцій, які не несуть значних конструкційних чи силових навантажень. Головним функціональним призначенням архітектурно-декоративного бетону є створення художніх деталей інтер'єрів, внутрішній благоустрій громадських і житлових просторів, а також випуск окремих дрібноштучних декоративних виробів.

Специфіка експлуатації обумовлює роботу цього бетону переважно у сухому та стабільному за температурно-вологісним режимом середовищі приміщень. Матеріал проєктується для функціонування в умовах, повністю захищених від прямого впливу атмосферних опадів, агресивних кліматичних факторів та циклів заморожування-відтаювання. Такий підхід дозволяє суттєво мінімізувати ризики капілярного винесення солей та волокісного руйнування, що забезпечує довговічність лицьової поверхні штучного каменю та тривале збереження його первинного зовнішнього вигляду [13].

Декоративний ефект бетону досягається за рахунок комплексного підходу до формування його макро- та мікроструктури на стадії підбору сировини. Використання білого портландцементу є базовою вимогою, оскільки низький вміст у його клінкері фарбувальних оксидів заліза, марганцю та хрому забезпечує високий коефіцієнт відбиття світла. У поєднанні зі світлим кварцовим піском, ретельно очищеним від пилоподібних та глинистих домішок, в'язуча матриця набуває чистого фону (рис.1.1).



1.1. Приклади декоративного кольорового бетону

Така основа є ідеальною для розкриття візуального та колористичного потенціалу при введенні дисперсних мінеральних пігментів. Барвники, що застосовуються для колорування матриці, повинні володіти високою лугостійкістю, щоб не руйнуватися під дією продуктів гідратації цементу, та світлостійкістю для запобігання фотохімічному вицвітання поверхні під дією сонячних променів [13]. Додаткова естетична виразність забезпечується введенням крупного декоративного заповнювача, в якості якого виступає мармуровий щебінь.

Візуальний потенціал заповнювача повною мірою розкривається за рахунок подальшої обов'язкової механічної обробки – шліфування та полірування поверхні готових виробів. Цей процес видаляє збагачений цементним молоком поверхневий шар, оголюючи природну текстуру та зрізи мармуру.

Характеристики бетону:

Клас бетону за міцністю - С 8/10;

Клас умов експлуатації навколишнього середовища бетону - ХС0;

Клас наслідків (відповідальності) для конструкцій з бетону - СС1;

Розрахункова температура зовнішнього повітря при експлуатації бетонної суміші - від -5°C до -20°C ;

Марка бетону за водонепроникністю - не нормується;

Марка бетону за морозостійкістю - не нормується.

Товарний декоративний бетон, що випускатиметься на даному заводі передбачається використовувати для внутрішніх приміщень.

Характеристика бетонної суміші [5, табл.2]:

Осадка конуса від 50 до 90 мм;

Марка бетонної суміші за легкоукладальністю – P2;

Характеристики компонентів:

Цемент: білий портландцемент з маркою M400 [1];

Клас по міцності 42,5N;

Ступінь білизни - не менше 80% (I сорт);

Вміст клінкеру становить 94%, вміст ДГШ - 6%;

Вміст сульфату SO_3 становить не більше 3,2%;

Вміст хлориду становить не більше 0,1%;

Насипна щільність - 1200 кг/м³;

Істинна щільність - 3100 кг/м³;

Початок тужавлення - не раніше 50 хвилин;

Пісок: світлий кварцовий [2];

Вміст Fe_2O_3 не більше 0,12%;

Насипна щільність - 1550 кг/м³;

Істинна щільність - 2650 кг/м³;

Модуль крупності - 2,2 (середній);

Вміст зерен розміром 5 мм - не більше 5%;

Вміст глинистих і пилюватих часток - не більше 0,5% (глина в грудках відсутня);

Щебінь: декоративний мармуровий із щільних карбонатних гірських порід марки M800 [2];

Насипна густина - 1480 кг/м³;

Марка за міцністю - П100;

Істинна щільність - 2600 кг/м³;

Водопоглинання за масою - не більше 0.5%;

Фракція - 10-20 мм;

Хімічний склад: CaCO₃ - 95% ; MgCO₃ - 2% ; SiO₂ - 0,5% ; Fe₂O₃ - 0,1%

Вода [3]:

Вміст розчинних солей - не більше 5000 мг/л;

Вміст іонів CO₄ - не більше 2100 мг/л;

Вміст іонів хлору - не більше 600 мг/л;

Водневий показник - 7,2;

Пігмент: сухий залізоокисний окис хрому CrO₂; світлостійкий, зеленого кольору. Технічні характеристики пігменту відповідно [25] наведені в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1

Показник	Значення
Fe ₂ O ₃ , %	-
Маслопоглинання, мл/100г	25-35
Залишок на ситі (325mesh), %	0.3 max.
Водорозчинні солі, %	3.0 max.
Вологість, %	1.0 max.
pH	6-9
Втрати при прокалюванні (1000 °C, ½ год), %	-
Насипна щільність, г/см ³	0.6-0.9
Розмір часточок, μm	-
Форма часточок	нерегулярна
Диспергованість (од. Хегмана), μm	-
Фарбуюча сила (в порівнянні зі стандартним зразком)	95-105
ΔE (в порівнянні зі стандартним зразком)	1.5 max.

Витрати пігменту: від 3 до 5% від маси цементу в залежності від бажаної насиченості кольору.

2.Режим роботи підприємства

Встановлення раціонального режиму роботи данного підприємства є необхідною умовою для ритмічного випуску продукції і буде забезпечено завдяки дотриманню норм проектування підприємств [5]. Вибір кількості змін (як правило, 1 або 2 зміни) та кількості робочих днів (зазвичай 250–260 днів для п'ятиденного робочого тижня) дозволяє забезпечити максимальну гнучкість виробництва, раціональне використання енергоресурсів, рівномірне завантаження змішувального обладнання та виконання планово-попереджувальних ремонтів без зупинки основних ліній. Робота організовується з урахуванням неминучих зупинок для ремонту обладнання (табл.2.1).

Таблиця 2.1

Технологічна лінія та основне технологічне обладнання	Тривалість планових зупинок для ремонту обладнання	Розрахункова кількість робочих днів на рік
Цехи та установки для приготування бетонних сумішей	7	253

Режим роботи заводу з випуску товарного декоративного бетону наведений в табл.2.2:

Таблиця 2.2

Номінальний фонд роботи обладнання	260
Тривалість робочих змін $t_{зм}$, год	8
Кількість робочих змін $n_{зм}$	2
Кількість робочих змін щодо прийому матеріалів	2

Річний фонд часу роботи технологічного обладнання визначають за формулою:

$$T_{\text{річ}} = T_{\text{н}} - T_{\text{рем}} = 260 - 7 = 253 \text{ днів}$$

Добовий фонд продуктивного робочого часу визначаємо за формулою:

$$T_{\text{зм}} \times n_{\text{зм}} = 8 \times 2 = 16 \text{ годин}$$

Номінальні та розрахункові показники робочого фонду часу зведені в табл.2.3.

Таблиця 2.3

Термін	Показники			
	Номінальні		Розрахункові	
	діб	годин	діб	годин
зміна	-	8	-	8
доба	1	16	1	16
місяць	22	352	21	336
рік	260	4160	253	4048

Розрахунки до табл.2.3:

Номінальні:

Робочі години за добу, обчислюю за формулою:

$$T_{\text{доб н}} = t_{\text{зм}} \times n_{\text{зм}} = 8 \times 2 = 16$$

Робочі дні на за місяць, обчислю за формулою:

$$T_{\text{м}} = T_{\text{н}}/12 = 260/12 = 21.66, \text{ приймаємо } 22$$

Робочі години за місяць, обчислюю за формулою:

$$T_{\text{м}} \times t_{\text{зм}} \times n_{\text{зм}} = 22 \times 8 \times 2 = 352$$

Робочі години за рік, обчислюю за формулою:

$$T_{\text{н}} \times t_{\text{зм}} \times n_{\text{зм}} = 260 \times 8 \times 2 = 4160$$

Розрахункові:

Робочі години за добу, обчислюю за формулою:

$$T_{\text{доб н}} = t_{\text{зм}} \times n_{\text{зм}} = 8 \times 2 = 16$$

Робочі дні на за місяць, обчислю за формулою:

$$T_{\text{м р}} = T_{\text{річ}}/12 = 253/12 = 21,1, \text{ приймаємо } 21$$

Робочі години за місяць, обчислюю за формулою:

$$T_{\text{м р}} = T_{\text{річ.год}}/12 = 4048/12 = 336$$

Робочі години за рік, обчислюю за формулою:

$$T_{\text{річ.год}} = T_{\text{річ}} \times t_{\text{доб}} = 253 \times 16 = 4048$$

3.Визначення складу бетону

Визначення раціонального складу бетону є одним із ключових етапів для початку роботи підприємства. Цей етап забезпечує досягнення заданих фізико-механічних та естетичних параметрів готових виробів. Для архітектурно-декоративного бетону, який розглядається у цьому проєкті, правильний підбір компонентів має велике значення, оскільки матеріал повинен мати бездоганну однорідність кольору та текстури. Будь-які неточності у дозуванні або невірно обране співвідношення між складовими призводять до утворення структурних дефектів, появи хімічних висолів або значного порушення відтінку цементної матриці. Спираючись на положення [13] обґрунтовано, що оптимізація макроструктури цементного каменю шляхом точного регулювання водоцементного відношення є головним інструментом запобігання усадочним тріщинам, які є абсолютно неприпустимими для інтер'єрних виробів. Щоб визначити склад бетону потрібно розуміти, яка кількість окремих його компонентів потрібна для виробництва одного кубічного метра бетонної суміші. Визначення номінального складу бетону здійснюємо розрахунково-експериментальним методом абсолютної щільності згідно з вимогами ДСТУ [6,7].

Вихідні дані:

Клас бетону за міцністю - С 8/10 (середня проектна міцність $f_{cm} = 13$ МПа);

Марка бетонної суміші за легкоукладальністю - Р2 (осадка конуса 50-90 мм);

Білий портландцемент з маркою М400 (активність $R_{ц} = 42,5$ МПа, істинна щільність $\rho_{i.ц} = 3100$ кг/м³);

Пісок світлий кварцовий (істинна щільність $\rho_{i.п} = 2650$ кг/м³);

Щебінь декоративний мармуровий із щільних карбонатних гірських порід марки М800 (фракція 10-20 мм, $D_{max} = 20$ мм, істинна щільність $\rho_{i.щ} = 2600$ кг/м³, насипна густина - 1480 кг/м³).

Визначаємо пустотність щебеню за формулою:

$$V_{пуст} = 1 - \frac{\rho_{н.щ}}{\rho_{i.щ}} = 1 - \frac{1,480}{2,600} = 0,43 [7]$$

Водоцементне відношення, яке забезпечує отримання бетону заданої міцності, розраховується за емпіричною формулою (при $f_{cm} \leq 1,2R_{ц}$):

$$B/Ц = \frac{A \times R_{ц}}{f_{cm} + 0,5 \times A \times R_{ц}} [8].$$

де А - коефіцієнт, що залежить від заповнювача бетону за показником якості [7 табл.8.1]. $A = 0,65$.

$$B/Ц = \frac{0,65 \times 42,5}{13 + 0,5 \times 0,65 \times 42,5} = 1,03$$

Згідно з технологічними вимогами до декоративних бетонів, для запобігання розшаруванню пігменту та забезпечення довговічності, максимальне В/Ц обмежується нормативними документами. Приймаємо максимально допустиме $B/Ц = 0,60$.

Витрата води при найбільшій крупності зерен заповнювача $D_{max} = 20$ мм:

$$B = 190 \text{ л/м}^3 [8 \text{ табл.А.2}].$$

Витрата цементу на 1м³ бетону складе:

$$Ц = \frac{B}{B/Ц} = \frac{190}{0,6} = 317 \text{ кг/м}^3 [6].$$

Витрата щебеню на 1м³ бетону складе:

$$Щ = \frac{1000}{\frac{\alpha \times v_{\text{пус.щ}}}{\rho_{\text{нас.щ}}} + \frac{1}{\rho_{\text{щ}}}} = \frac{1000}{\frac{1,36 \times 0,43}{1,480} + \frac{1}{2,600}} = 1283 \text{ кг/м}^3 [6].$$

Витрати піску на 1м³ складуть:

$$П = \left(1000 - \frac{Ц}{\rho_{\text{ц}}} - B - \frac{Щ}{\rho_{\text{щ}}} \right) \times \rho_n = \left(1000 - \frac{316,6}{3,100} - 190 - \frac{1282,5}{2,600} \right) \times 2,650 = 567 \text{ кг/м}^3 [7].$$

Витрати пігменту (3% від маси цементу) на 1м³ складе:

$$П_{\text{пігмент}} = 317 \times 0,03 = 10 \text{ кг/м}^3$$

Середня розрахункова густина бетонної суміші становить:

$$\rho_{\text{б.с.}} = 317 + 190 + 1283 + 587 + 10 = 2387 \text{ кг/м}^3.$$

Розрахований склад дасть можливості виготовляти товарний декоративний бетон із характеристиками, які є заданими, та відповідають вимогам нормативних документів.

4. Організація роботи бетонозмішувального цеху

Рациональна організація роботи бетонозмішувального цеху є визначальною умовою для забезпечення ритмічного, безперебійного випуску високоякісної продукції та мінімізації технологічних простоїв підприємства. Проектування просторового розташування обладнання, розрахунок виробничої потужності цеху та побудова внутрішньозаводських логістичних потоків виконані відповідно до обов'язкових вимог [5]. Вона дозволяє забезпечити ритмічність постачання суміші споживачу та гарантувати дотримання часових регламентів перемішування, що є критичним для рівномірного розподілу пігментів у декоративному бетоні. Рациональна організація праці також сприяє підвищенню довговічності обладнання за рахунок чіткого графіку технічного обслуговування.

Коефіцієнт виходу суміші важкого товарного бетону $K_v = 0,67$.

Так як вид бетонної суміші проектується як малорухомий (P2), то для заводу з її виробництва буде застосовано гравітаційні змішувачі з об'ємом готового замісу у чаші 550л. Таким чином технологічні операції по приготуванню суміші будуть тривати:

- завантаження компонентів бетонної суміші у бетонозмішувач – 2хв.
- перемішування компонентів бетонної суміші – 2,2хв
- вивантаження бетонної суміші – 1хв
- час для повернення перекинутого барабана – 1хв

Тривалість циклу готування одного замісу змішувачем:

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

де t_1 - задана тривалість перемішування, с;

t_2 - час завантаження матеріалів;

t_3 - час розвантаження суміші;

t_4 - час, необхідний для повернення перекинутого барабана у вихідне положення.

Отже, тривалість циклу готування одного замісу змішувачем:

$$t_{\text{ц}} = 2,2 + 2 + 1 + 1 = 6,2 \text{ хв}$$

б) кількість замісів, що видається за годину роботи змішувачем:

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

де $K_{\text{н}}$ - коефіцієнт нерівномірності, $K_{\text{н}} = 0,6-0,8$.

$$n_{\text{зб}} = 60 \times 0,7 / 6,2 = 6,8, \text{ шт.}$$

в) годинна продуктивність бетонозмішувача:

$$P_{\text{год}} = V_{\text{б}} \times n_{\text{зб}} \times K_{\text{в}} / 1000, \text{ куб. м/год,}$$

де $V_{\text{б}}$ - ємність барабана змішувача по об'єму матеріалів, що завантажуються, л;

$K_{\text{в}}$ - коефіцієнт виходу сумішей (у щільному тілі);

$$P_{\text{год}} = 550 \times 6,8 \times 0,67 / 1000 = 2,50 \text{ м}^3 / \text{год}$$

Число бетонозмішувачів $n_{\text{зр}}$ у цеху розраховуємо, виходячи з річної програми потреби у бетонній суміші (бетоні):

$$n_{\text{з}}^p = \frac{P_{\text{max}} \times K_{\text{н}}}{T_{\text{річ.год.}} \times P_{\text{год}}} \text{ шт.},$$

де P_{max} - річна програма випуску виробів, куб. м.;

$T_{\text{річ.год.}}$ - розрахунковий фонд часу, год.;

$K_{\text{н}}$ - коефіцієнт річного використання устаткування (0,5 - 0,8).

$$n_{\text{з}}^p = \frac{9500 \times 0,7}{4048 \times 2,5} = 0,65$$

Приймаємо кількість бетонозмішувачів $N_{\text{з}} = 1$ та 1 запасний.

Річна продуктивність:

$$P_{\text{річ}} = P_{\text{год}} \times T_{\text{річ}} \times N_{\text{з}}, \text{ м}^3.$$

$$P_{\text{річ}} = 2,5 \times 4048 \times 1 = 10120 \text{ м}^3.$$

Виробництво є економічно доцільним.

Необхідна на 1 м³ товарного бетону, на зміну та добу кількість всіх задіяних в складі компонентах зведена в таблиці 4.1:

Таблиця 4.1

Компонент	Одиниця	Потреба
-----------	---------	---------

	виміру	1 кг/м ³	Зміна	Доба
цемент	кг	317	6340	12680
пісок	кг	567	11340	22680
щебінь	кг	1283	25660	51320
пігмент	кг	10	200	400
вода	м ³	190	3800	7600

Визначаємо потребу компонентів за зміну:

$$\Pi_3 = \Pi \times P_{\text{год}} \times t_{\text{зм}};$$

$$П_3 = П \times P_{\text{год}} \times t_{\text{зм}};$$

$$\Pi_3 = \Pi \times P_{\text{год}} \times t_{\text{зм}};$$

$$В_3 = В \times P_{\text{год}} \times t_{\text{зм}};$$

$$\Pi_{(\text{пігмент})_3} = \Pi_{\text{пігмент}} \times P_{\text{год}} \times t_{\text{зм}}$$

$$\Pi_3 = 317 \times 2,5 \times 8 = 6340$$

$$П_3 = 567 \times 2,5 \times 8 = 11340$$

$$\Pi_3 = 1283 \times 2,5 \times 8 = 25660$$

$$В_3 = 190 \times 2,5 \times 8 = 3800$$

$$\Pi_{(\text{пігмент})_3} = 10 \times 2,5 \times 8 = 200$$

Визначаємо потребу компонентів за добу

$$\Pi_d = \Pi_3 \times n_{\text{зм}}$$

$$П_d = П_3 \times n_{\text{зм}}$$

$$\Pi_d = \Pi_3 \times n_{\text{зм}}$$

$$В_d = В_3 \times n_{\text{зм}}$$

$$\Pi_d = 6340 \times 2 = 12680$$

$$П_d = 11340 \times 2 = 22680$$

$$\Pi_d = 25660 \times 2 = 51320$$

$$В_d = 3800 \times 2 = 7600$$

$$\Pi_{(\text{пігмент})_d} = 200 \times 2 = 400$$

Послідовність найменування операцій та їхня тривалість наведені у поопераційному графіку (табл.4.2).

Таблиця 4.2

Процес	Операція	Обладнання	Робочі		Термін операції, сек														
			Професія	Кількість		30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	360	390	420
Виготовлення бетонної суміші	Завантаження компонентів бетонної суміші у бетонозмішувач	Дозатори	Оператор	1	120														
	Перемішування компонентів бетонної суміші	Бетонозмішувач	Оператор	1	132														
	Вивантаження бетонної суміші	Бетонозмішувач	Оператор	1	60														
	Повернення перекинутого змішувача у вихідне положення	Бетонозмішувач	Оператор	1	60														
Усього					372														

5. Проектування споруд заводу

5.1. Вибір технологічної схеми виробництва

Обрання технологічної схеми заводу здійснюється з урахуванням мінімізації площі, яку займає підприємство. Основними будівлями заводу є головний корпус, де розташована технологічна зона безпосереднього процесу отримання бетонної суміші, а також будівлі складів компонентів бетону [8].

При виборі технологічної схеми виробництва зважають на такі основні фактори:

1) Проектна потужність та обсяги виробництва: береться до уваги які обсяги товарного бетону планується видавати, чи видаватиме завод бетон стабільно щодня, чи працюватиме «піками» під графік будівельних об'єктів;

2) Номенклатура та властивості продукції: скільки різновидів товарного бетону вироблятиме завод, які компоненти входять до складу кожного з них, які особливості вихідної сировини;

3) Специфіка сировини та логістика: яких умов потребуватиме зберігання вихідних компонентів, якими способами вони будуть постачатися на завод, що є більш доцільним для конкретного випадку;

4) Специфікація обладнання: яким буде набір устаткування, що буде встановлене на заводі та буде забезпечувати випуск продукції, за якою схемою буде розташовуватися таке обладнання;

5) Географічні, топографічні та кліматичні умови: яким є рельєф місцевості розташування заводу, в якій кліматичній зоні він розташовуватиметься, яка площа є доступною під виробничі потужності;

6) Екологічні та санітарні вимоги: врахування необхідності дотримання сучасних екологічних та санітарних вимог, а отже і розташування відповідного обладнання по захисту від запиленості та шуму, для рециклінгу.

Схема роботи заводу по виготовленню товарного декоративного бетону що проектується та напрямки технологічних процесів представленні на рис.5.1.

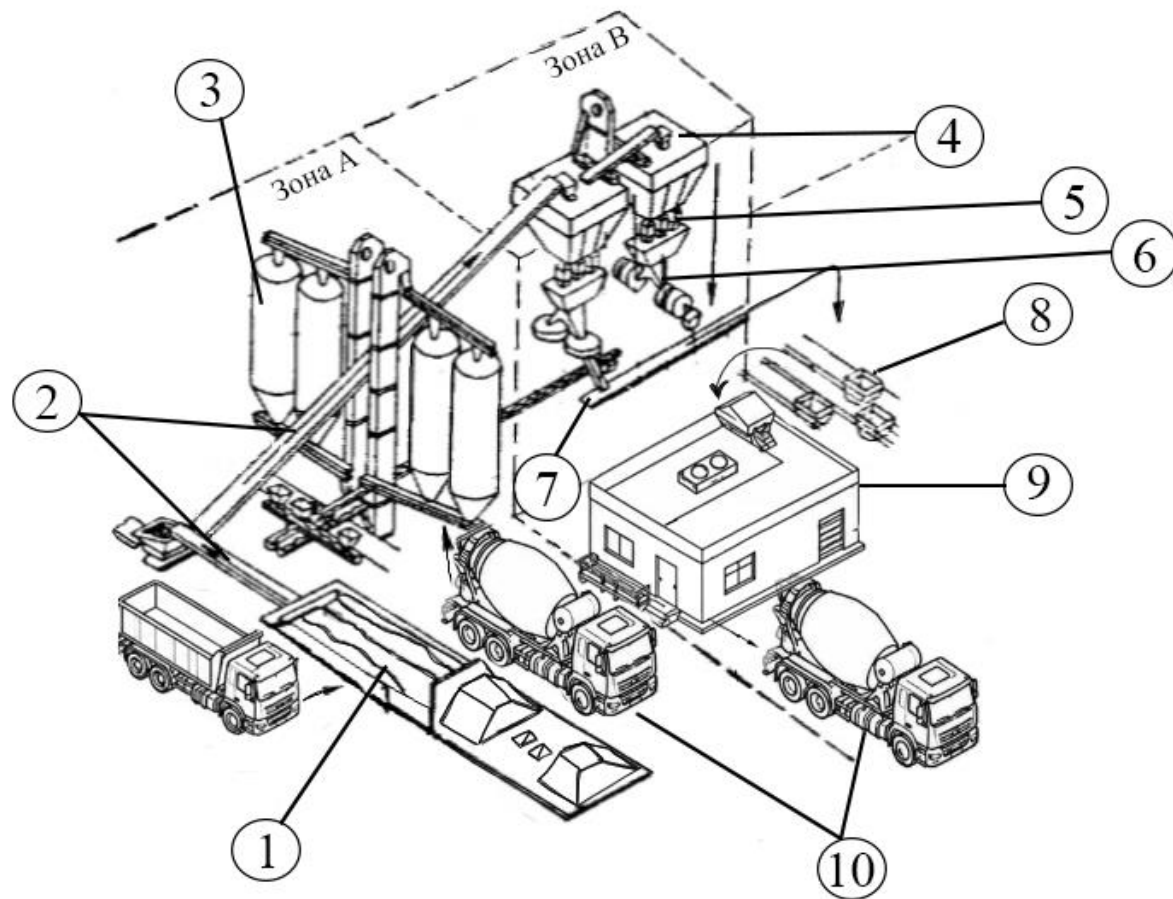


Рис.5. 1 Схема роботи заводу

1 – Склади заповнювачів, 2 – Конвеєрна система, 3 – Силоси, 4 – Накопичувальні бункери, 5 – Дозатори, 6 – Бетонозмішувачі, 7 – транспортерна стрічка, 8 – Перевантажувальні ємності, 9 – Лабораторія, 10 – Транспорт для доставки та відправки

Опис технологічного процесу роботи заводу:

1. Склади заповнювачів На відкритих та напівзакритих бункерних складах здійснюється роздільне зберігання заповнювачів. Конструкція складу захищає матеріали від змішування та забруднення, що є важливим для збереження майбутнього чистого кольорового фону декоративного бетону.

2. Конвеєрна система Комплекс стрічкових конвеєрів забезпечує безперервне транспортування матеріалів усередині цеху. Заповнювачі піднімаються конвеєрними стрічками до головного виробничого корпусу, а портландцемент подається до силосів.

3. Силоси Спеціалізовані вертикальні силоси інвентарного типу, призначені для герметичного зберігання основного в'язучого. Тут підтримуються оптимальні умови для захисту цементу від зволоження та втрати активності, а також здійснюється контроль його якості.

4. Накопичувальні бункери Розташовані у верхній точці відділення. Корисна площа цього відділення розподілена на індивідуальні відсіки для кожного компонента пропорційно добовому об'єму їх споживання. Окремо передбачено технологічні ємності для сухих лугостійких мінеральних пігментів. Вони забезпечують безперебійний запас сировини на 1 добу.

5. Дозатори У дозаторному відділенні, розташованому безпосередньо під накопичувальними бункерами, встановлено високоточні вагові дозатори. Вони виконують автоматичне відмірювання цементу, заповнювачів, пігментів та води відповідно до заданого рецепта. Точність дозування суворо контролюється, оскільки найменше відхилення вплине на міцність та відтінок готового виробу.

6. Бетонозмішувачі Гравітаційні бетонозмішувачі з об'ємом готового замісу 550 л. Віддозовані компоненти завантажуються в барабан, де відбувається їх ретельне перемішування до досягнення абсолютної однорідності, рівномірного розподілу пігментів.

Гравітаційні бетонозмішувачі працюють за принципом обертання барабана, завдяки чому бетонна суміш інтенсивно перемішується під дією ваги, сил тертя і ударів матеріалів між собою. Це забезпечує рівномірний розподіл

цементу, води, заповнювачів та добавок. Гравітаційний спосіб змішування забезпечує оптимальні умови без надмірного розшарування або утворення грудок. Гравітаційні бетонозмішувачі мають відносно простий механізм, що знижує ймовірність поломок і спрощує технічне обслуговування. Використання гравітаційного змішувача часто є більш економічним, оскільки він не потребує складних додаткових механізмів для ефективного перемішування важких сумішей.

7. Транспортна стрічка видачі Розташована під розвантажувальним отвором бетонозмішувача. Вона слугує для переміщення свіжоприготованої однорідної декоративної бетонної суміші до зони видачі або безпосередньо на пости формування виробів.

8. Перевантажувальні ємності Спеціальні роздавальні ємності, що використовуються для внутрішньоцехової логістики. Вони приймають суміш із транспортної стрічки і доставляють її до постів формування та натягу для подальшого укладання у форми.

9. Лабораторія Заводська лабораторія виконує безперервний операційний та приймальний контроль. Лаборанти перевіряють якість сировини, точність роботи дозаторів, час перемішування, консистенцію, а також випробовують контрольні зразки на міцність.

10. Транспорт для доставки та відправки Автотранспортна система підприємства забезпечує два потоки: зовнішній (вантажівки, що підвозять сировину на склади й силоси) та внутрішній (автобетонозмішувачі або спецтранспорт, який відвантажує готову товарну декоративну суміш споживачам).

В даному випадку вибір системи постачання-відправки обраний автомобільний зважаючи на невеликі обсяги матеріалів та продукції, які будуть завозити на завод та вивозити з заводу.

5.2. Проектування основного (головного) корпусу заводу

Проектування головного корпусу здійснюють у вигляді горизонтальної схеми. Зберігання заповнювачів відбувається у закритому складі для збереження декоративних властивостей матеріалів. Вихідними даними для проектування є наявність одного гравітаційного змішувача з об'ємом готового замісу 550 л, який обслуговує один напрямок транспортування бетонної суміші.

Проектування габаритів виробничої зони здійснюється з обов'язковим дотриманням таких технологічних регламентів:

1) Уздовж усіх стін приміщення передбачається вільна зона для проходу, ширина якої становить щонайменше 1,2 м.

2) Навколо бетонозмішувача облаштовується безпечний робочий простір для експлуатації та поточного догляду завширшки не менше 0,7 м.

3) З боку випускного отвору вивантажувального конуса (на ділянці, вільній від основних конструкцій змішувача) виділяється зона технічного обслуговування завширшки принаймні 0,7 м.

4) Між окремими групами обладнання для кожного з напрямків видачі готового бетону залишають роздільний прохід завширшки від 1,2 м.

Так як кількість бетонозмішувачів які обслуговують один напрямок транспортування становить 1, то обираємо схему розташування змішувачів, зображену на рис.5.2 :

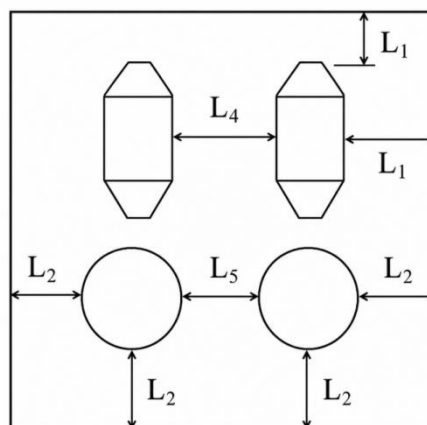


Рис.5.2 Схема розташування змішувачів

«Де:

- L1 – відстань від змішувача до стіни; не менше $(1,2+0,7)=1,9$ м;
- L2 – відстань від отвору вивантажувального конусу до стіни; не менше $(1,2+0,7)=1,9$ м;
- L3 – відстань від змішувача одного напрямку вивантаження бетонної суміші до отвору вивантажувального конусу другого напрямку вивантаження бетонної суміші; не менше $(1,2+0,7+0,7)=2,6$ м;
- L4 – відстань між змішувачами різних напрямів вивантаження бетонної суміші; не менше $(1,2+0,7+0,7)=2,6$ м;
- L5 – відстань між отворами вивантажувальних конусів; не менше $(1,2+0,7+0,7)=2,6$ м.

Необхідна конструктивна висота виробничого приміщення для змішувального відділення обчислюється за формулою:

$$H = h_1 + h_2 + h_3 + h_4 ,$$

де h_1 – висота найвищого змішувача;

h_2 – висота другого по висоті змішувача;

h_3 – висота вантажозахватних пристроїв;

h_4 – висота вантажопідіймних механізмів» [8].

$$H = 2,0 + 0 + 1,0 + 1,2 = 4,2 \text{ м.}$$

При обчисленні висоти бункерного відділення враховується корисний об'єм, необхідний для зберігання добової норми компонентів. Розрахунковий добовий об'єм матеріалів становить:

$$\cdot \text{Цемент: } V_{\text{цсм}} = 12680 / 1200 = 9,64 \text{ м}^3$$

$$\cdot \text{Пісок: } V_{\text{піс}} = 22680 / 1550 = 13,34 \text{ м}^3$$

$$\cdot \text{Щебінь: } V_{\text{щєб}} = 51320 / 1480 = 31,62 \text{ м}^3$$

$$\cdot \text{Пігмент: } V_{\text{піг}} = 400 / 800 = 0,5 \text{ м}^3$$

$$\text{Сумарний об'єм бункерів } \sum V_i = 55,10 \text{ м}^3$$

5.3. Проектування складів компонентів бетонної суміші

5.3.1. Розрахунок складів в'язучих.

Для надійного зберігання основного в'язучого матеріалу запроєктовано силосний склад. Цей склад складається з вертикальних металевих силосів інвентарного типу, конструкція яких забезпечує повну герметичність. Таке конструктивне рішення повністю унеможливило потрапляння всередину атмосферних опадів та мінімізує контакт цементу з вологим повітрям, захищаючи в'язуче від передчасних процесів гідратації та втрати активності під час тривалого зберігання [5].

«Основною характеристикою складу, є його місткість, що визначається:

$$V = (\text{Ц}_\text{д} \times n \times K_1 \times K_2 \times K_3 \times K_4 \times K_5) / \text{П}_\text{в}, \text{ м}^3 ,$$

де $\text{Ц}_\text{д}$ - добова витрата цементу конкретного виду і марки , кг;

n - нормативний запас збереження в'язучого, діб

K_1 - коефіцієнт нерівномірності надходження цементу до силосів (для автомобільного транспорту);

K_2 - коефіцієнт нерівномірності споживання цементу;

K_3 - коефіцієнт можливих утрат при розвантаженні;

K_4 - коефіцієнт використання тех-устаткування;

K_5 - коефіцієнт заповнення ємності силосів;

$\text{П}_\text{в}$ - густина цементу в насипному стані, прийнята за 1000 кг/м³.» [8]

$$V = (12680 \times 5 \times 1,2 \times 1,4 \times 1,04 \times 0,943 \times 0,9) / 1000 = 94,01 \text{ м}^3$$

5.3.2 Склади заповнювачів

Прийнята схема та класифікація складу заповнювачів безпосередньо обумовлені потужністю підприємства. Склад проєктується як постійний, стаціонарний та базисний, оскільки він розрахований на весь період експлуатації заводу і створює стабільний технологічний резерв для безперебійної роботи цеху. Через великі обсяги вантажообігу він належить до великої категорії. Доставка сировини безрейковим транспортом (самоскидами) обрана як найбільш маневрене та логістично вигідне рішення, що виключає

капітальні витрати на залізничну гілку. Враховуючи атмосферну стійкість піску та щебеню, ухвалено штабельний спосіб зберігання у відкритих чи напівзакритих засіках із розділовими стінами. Це повністю запобігає змішуванню різних фракцій, мінімізує будівельні витрати та дозволяє легко автоматизувати подачу матеріалів конвеєрами.

Склад під зберігання декоративного мармурового щебеню запроєктовано в умовах закритого складу, полягає у влаштуванні піднятих над рівнем землі сухих секцій або засіків із міцними розділовими стінами, що унеможлиблює контакт із ґрунтовою вологою та пилом, гарантуючи чистоту світлої матриці штучного каменю.

Ключовою вимогою до складу під зберігання піску є його суворе просторове відокремлення від зони складування щебеню для виключення міжфракційного перемішування, а також захист від перезволоження та розвіювання, що дозволяє підтримувати стабільну точність автоматичного вагового дозування та проектне водоцементне відношення суміші.

«Місткість складів заповнювачів розраховується за формулою:

$$V = (P_d(Щ_d) \times n \times K1 \times K2 \times K3 \times K4) / P_z, \text{ м}^3.$$

де $P_d(Щ_d)$ - добова витрата заповнювача даного виду, кг;

n - запас збереження заповнювача, діб.

$K1$ - коефіцієнт нерівномірності надходження заповнювача до складу (для автомобільного транспорту);

$K2$ - коефіцієнт нерівномірності споживання заповнювачів;

$K3$ - коефіцієнт можливих утрат заповнювача при розвантаженні;

$K4$ - коефіцієнт використання тех-устаткування;

P_z - густина заповнювача в насипному стані, кг/м^3 » [8]

Проводимо розрахунок для складу кожного заповнювача:

Розрахунок складу для щебеню:

$$V = (51320 \times 5 \times 1,2 \times 1,4 \times 1,04 \times 0,943) / 1480 = 285,65 \text{ м}^3$$

Розрахунок складу для піску:

$$V = (22680 \times 5 \times 1,2 \times 1,4 \times 1,04 \times 0,943) / 1550 = 120,54 \text{ м}^3$$

5.3.3 Склади пігментів

Склад сухих мінеральних пігментів передбачений закритого, сухого та опалювального типу. Оскільки ці барвники є тонкими дрібнодисперсними порошками з високою чутливістю до вологи, температурно-вологісний режим суворо контролюється. Відносна вологість повітря на складі не повинна перевищувати 60%, а повітряна температура в зимовий період не повинна бути нижче +5 °С, що запобігає грудкуванню пігментів та збереженню їхньої первинної фарбувальної здатності.

Розрахунок складу для пігменту:

$$V = (\Pi_d \times n \times K1 \times K2 \times K3 \times K4 \times K5) / \Pi_b, \text{ м}^3.$$

$$V_{\text{піг}} = (400 \times 5 \times 1,2 \times 1,4 \times 1,04 \times 0,943 \times 0,9) / 1000 = 2,96 \text{ м}^3.$$

6. Контроль якості

Контроль якості продукції на підприємстві здійснюється заводською лабораторією та відділом технічного контролю. Цей процес охоплює три основні етапи: вхідний контроль матеріалів, операційний контроль технологічних процесів та приймальний контроль готової продукції (товарної бетонної суміші).

Процедура вхідного контролю полягає в обов'язковій перевірці сировини та комплектувальних виробів, що постачаються на завод, шляхом зіставлення відомостей із технічних паспортів чи сертифікатів якості кожної партії з результатами їхнього візуального огляду. Додатково проводяться контрольні лабораторні випробування відібраних зразків, характер, періодичність та обсяг яких чітко регламентуються державними стандартами й технічними умовами на ці матеріали. Поряд із цим забезпечується регулярний моніторинг дотримання встановлених правил, умов безпеки та граничних термінів складського зберігання матеріальних цінностей. Білий портландцемент аналізується за

ступенем білизни, термінами тужавлення та обмеженням вмісту сульфатів і хлоридів [1]. Світлий кварцовий пісок контролюється на відповідність модулю крупності та вмісту пилоподібних часток [2]. Декоративний мармуровий щебінь оцінюється за показниками міцності, водопоглинання та хімічного складу породи [2]. Вода для замішування перевіряється на рівень pH та концентрацію розчинних солей [3], а пігмент CrO₂ тестується на лугостійкість та світлостійкість.

Операційний контроль регламентує безперервний моніторинг параметрів виготовлення суміші у бетонозмішувачі. Лаборанти та оператори цеху перевіряють точність автоматичного вагового дозування компонентів, витримують нормативний час перемішування суміші, а також контролюють технічний стан і параметри роботи формувальних віброплощадок.

Приймальний контроль забезпечує фінішну оцінку відповідності продукції проєктним маркам.

Лабораторія виконує весь комплекс робіт із забезпечення якості, що наведений у таблиці 6.1.

Таблиця 6.1

Показники матеріалів, процесів і продукції, що контролюються	Хто здійснює контроль
Перевірка відповідності вимогам нормативних документів сировини, матеріалів і напівфабрикатів, що надходять на завод	Лабораторія
Контроль якості при приготуванні бетонних і розчинних сумішей, мастик, мастил, добавок та інших складів	Лабораторія

Приймальний контроль якості проводиться відповідно до вимог відповідних нормативних документів та основні положення представлені у табл. 6.2 та табл. 6.3.

Таблиця 6.2

Приймальний контроль якості
бетонних та розчинних сумішей

Найменування контрольованого показника	Нормативний документ, що встановлює		Контролююча служба і періодичність контролю
	технічні вимоги до показника якості	методи контролю та випробувань	
1. Вид суміші	ДСТУ Б В.2.7- 221:2009	ДСТУ EN 12350-1:2022	ВТК та Лабораторія на кожну партію
2. Легкоукладальність	ДСТУ 9208:2022	ДСТУ EN 12350-2:2022	Лабораторія не рідше 1 разу на зміну
3. Середня густина	ДСТУ 9208:2022	ДСТУ ASTM C138/C138M:20 24	Лабораторія. За необхідності

Таблиця 6.3

Приймальний контроль якості бетону

Найменування контрольованого показника	Нормативний документ, що встановлює		Контролююча служба і періодичність контролю
	технічні вимоги до показника якості	методи контролю та випробувань	
Клас (марка) бетону та розчину за міцністю. Відпускна міцність бетону та розчину	ДСТУ Б В.2.7- 224:2009	ДСТУ Б В.2.7- 214:2009	Лабораторія раз на 28 діб
Якість структури бетону	ДСТУ 9208:2022	ДСТУ Б В.2.7- 224:2009	ВТК кожна партія через 28 діб
Водонепроникність бетону	ДСТУ 9208:2022	ДСТУ Б В.2.7- 170:2008	Лабораторія раз на 6 місяців
Стираність бетону	ДСТУ 9208:2022	ДСТУ Б В.2.7- 212:2009	Лабораторія раз на 6 місяців

Щільність важкого бетону	ДСТУ 9208:2022	ДСТУ Б В.2.7-170:2008	Лабораторія раз на 3 місяці
Водопоглинання бетону	ДСТУ 9208:2022	ДСТУ Б В.2.7-170	Лабораторія раз на 6 місяців

Організація контролю якості виражається в карті контролю якості (табл.6.4). В карті перелічуються основні операції що підлягають контролю, комплектація робочих креслень, нормативних документів, склад, місце та методи і засоби контролю, хто, коли і яким чином контролює якість товарного бетону. За потреби можуть бути наведені додатково інші дані, що стосуються контролю якості.

Таблиця 6.4

Карта контролю якості виробництва

Основні операції, що підлягають контролю	Комплектація робочих креслень, НД, карт	Виготовлення бетонної суміші
Склад контролю	Наявність технічної документації (НД, робочі креслення й ін.)	1. Точність дозування 2. Час перемішування 3. Консистенція 4. Температура
Місце контролю	Цех	Дозатори, Бетонозмішувачі
Метод і засоби контролю	Порівняння із проектом	1. Спостереження за приладами 2. Перевірка, тарування приладів 3. Відбір проб і випробовування 4. Термометр
Періодичність і обсяг контролю	Раз на місяць і при виготовленні нової партії виробів	1. Раз у зміну 2. Кожний заміс 3. Два рази на зміну і при

		новому складі суміші 4. Два рази на зміну і при новому складі суміші
Особа, що контролює операцію	Інженер ВТВ	1-4 Лаборант 2 Оператор
Документ, у якому реєструються результати контролю	Журнал обліку документації	Журнал лабораторних випробувань
Особа, відповідальна за забезпечення технології	Начальник ВТВ	Зав. лабораторією, Начальник бетонозмішувального цеху

7. Охорона праці

Загальні організаційно-правові положення охорони праці та характеристики персоналу

Весь комплекс технологічних операцій, починаючи від розвантаження сировинних матеріалів у бункери і закінчуючи складуванням та транспортуванням готової продукції, базується на забезпеченні конституційних прав робітників, що регламентуються [23]. Кожен працівник цеху має повне право відмовити у виконанні дорученої роботи, якщо на робочому місці трапилась виробнича ситуація, яка загрожує його безпеці, життю чи здоров'ю, або здоров'ю людей, які його оточують. На керівництво підприємства покладається повна матеріальна, адміністративна та юридична відповідальність за створення належних умов праці, обов'язкове безкоштовне фінансування заходів промислової безпеки, а також своєчасне забезпечення персоналу сертифікованим робочим одягом та засобами захисту.

Усі виробничі процеси у бетонозмішувальному комплексі організовуються з урахуванням жорстких обмежень щодо віку та фізичного стану персоналу. Допуск неповнолітніх осіб, тобто громадян віком до 18 років, до виконання будь-яких робіт на території цеху приготування сумішей та суміжних ділянок промислового майданчика категорично заборонений. Усі штатні робітники та інженерно-технічні працівники заводу зобов'язані проходити регулярні медичні огляди. Первинний медичний огляд проводиться безпосередньо під час прийому особи на роботу, а періодичні медичні огляди виконуються за чітко затвердженим графіком протягом усього часу експлуатаційної діяльності підприємства, що дозволяє своєчасно виявляти та профілактувати будь-які ознаки професійних захворювань або хронічних функціональних відхилень у здоров'ї робітників.

Санітарно-гігієнічні норми виробничого середовища

Створення та підтримання безпечного мікроклімату на робочих місцях операторів та обслуговуючого персоналу здійснюється на основі суворих санітарно-гігієнічних вимог, які зафіксовані у нормативних документах [20,19], а також базовому міжгалузевому стандарті [11]. Параметри температури повітря у виробничих приміщеннях головного корпусу диференціюються залежно від періоду року та тривалості перебування робітника на конкретній ділянці. Під час холодних місяців на постійних місцях роботи оператора змішувального відділення температура повітря не має перевищувати значення 23°C, та одночасно з цим не повинна бути значно нижчою ніж 17°C. На непостійних робочих місцях у межах цеху в аналогічний холодний період року температурна норма не має перевищувати показник 24°C, та не може бути нижчою ніж 15°C. У теплий період року, коли зовнішні теплові навантаження суттєво зростають, на постійних місцях роботи температурні показники повітря не мають перевищувати межу 27°C, та не повинні бути нижчими аніж 18°C. Для непостійних робочих місць у теплий період року встановлено ліміт, який не має перевищувати значення 29°C, та не може бути нижчим за 17°C.

Регулювання відносної вологості повітря у виробничих зонах є критично важливим для забезпечення нормального теплообміну організму робітників та запобігання утворенню конденсату на металевих конструкціях бункерів і вагових дозаторів. Відносна вологість в холодний період року, на постійних і непостійних робочих місцях, не має бути більшою ніж 75%. У теплий період року максимальний показник відносної вологості повітря не має бути більшим за 65% при температурі навколишнього середовища 26°C. Важливим чинником підтримання належного санітарного стану є швидкість руху повітряних мас у приміщеннях, яка регулює інтенсивність природного охолодження тіла та впливає на концентрацію пилу. У холодний період року швидкість руху повітря на постійних і непостійних робочих місцях має бути не більше ніж 0,3 м/с. У теплий період року швидкість руху повітря на постійних і непостійних робочих місцях має перебувати в межах значень від 0,2 до 0,4 м/с.

Постійний шумовий фон, що генерується приводами гравітаційних змішувачів, роботою вібромайданчиків та функціонуванням пневматичних систем, підлягає постійному контролю за допомогою конструктивних та ізоляційних засобів, при цьому постійний шумовий фон не має перевищувати значення 5 дБа над природним рівнем звуку у захищених зонах операторських пультів відповідно до [20]. Динамічні коливання та вібраційні навантаження, які передаються на будівельні конструкції від працюючих агрегатів, нормуються відповідно до вимог стандарту [19], згідно з яким параметри локальної та загальної виробничої вібрації мають утримуватися в межах безпечного санітарного мінімуму за рахунок використання пружних гумометалевих амортизаторів та масивних залізобетонних фундаментів під обладнанням.

Проектування та розрахунок системи промислового освітлення цеху виконується з урахуванням специфіки візуального контролю дозування кольорових пігментів та білого портландцементу, що вимагає точної передачі кольору. Для освітлення загальних і місцевих приміщень рекомендується використовувати джерела світла в межах діапазону колірної температури від

2400 К до 6800 К. При застосуванні газорозрядних або спеціальних світлодіодних світильників інтенсивність ультрафіолетового випромінювання в спектральному діапазоні від 320 до 400 нм не повинна виходити за межі 0,03 Вт/м². Будь-яке випромінювання з довжиною хвилі менше 320 нм категорично не допускається, оскільки воно є біологічно небезпечним для органів зору та шкірних покривів персоналу. Хімічний захист повітряного середовища реалізується за допомогою конструктивних та аспіраційних заходів, оскільки верхні допустимі концентрації газів і аерозолів у повітрі робочої зони регулюються міжгалузевим стандартом [21]. Для повного виключення пиловиділення під час транспортування та дозування сухих компонентів архітектурного бетону всі траси подачі матеріалів до бетоносумішувача повинні бути повністю герметичними для уникнення викидання пилу в приміщення, а самі лінії оснащуються локальними витяжними пристроями та рукавними фільтрами.

Безпека організації робочих місць та експлуатації технологічного обладнання

Рациональне просторове розміщення технологічних ліній, верстатів та допоміжних агрегатів усередині цеху виконується з урахуванням суворих геометричних параметрів безпеки, які зводять до мінімуму ризику механічного травматизму.

Ширина проходів під час розміщення устаткування має становити щонайменше: для загальних проходів — 1,5 м, простору між суміжним обладнанням — 1,2 м, проходів між стінами й агрегатами — 1,0 м, а для доступу до машин під час їх обслуговування та ремонту — 0,7 м. Ширина проходів поблизу робочих місць має бути збільшена принаймні на 0,75 м за умови їх одностороннього розташування відносно проходів і проїздів, та щонайменше на 1,5 м — у разі розміщення робочих місць з обох сторін від них [11].

При безпосередньому впровадженні технологічних процесів у бетонозмішувальному комплексі необхідно в обов'язковому порядку

враховувати комплекс інженерних правил, спрямованих на захист здоров'я персоналу. Проєктом передбачено послідовне уникнення прямого контакту працівників з матеріалами та відходами виробництва, які можуть негативно впливати на здоров'я, а також заміну небезпечних технологічних процесів безпечнішими та автоматизованими. У цеху встановлюється комплексна автоматизована система моніторингу, щоб вчасно виявляти можливі небезпеки, забезпечувати захист працівників та автоматичне відключення обладнання в разі аварії, а також вчасно видаляти та безпечно переробляти відходи виробництва. Категорично забороняється проводити чистку працюючого обладнання до його повної зупинки та знеструмлення. На діючих механізмах, верстатах та обладнанні не повинні перебувати жодні чужорідні предмети, інструменти чи сторонні речі.

Транспортні артерії цеху потребують підвищеного інженерного захисту, тому конвеєри, що розташовані над проходами, повинні бути огорожені знизу суцільними настилами, які виступають за габарити конвеєра не менш ніж на 1 м в кожен бік, що повністю виключає падіння шматків заповнювачів на робітників. У пульта управління на постійному робочому місці повинні бути налаштовані сидіння, що відповідають антропометричним даним та відповідають гігієнічним вимогам комфорту оператора. Необхідно розміщувати робочі місця поза зоною переміщення вантажів, які транспортуються підйомними механізмами, і забезпечувати їх обладнання стелажми або шафами для зберігання інструментів та приладдя, якщо вони не зберігаються централізовано. Обладнання та технологічні лінії мають бути обладнані автоматичними системами світлової та звукової сигналізації, які попереджають про запуск. Необхідно чистити виробниче обладнання, бункери та змішувачі виключно за допомогою спеціальних інструментів, таких як подовжені скребки та щітки.

Вимоги до використання уніформи та засобів індивідуального захисту

Захист персоналу від безпосереднього фізичного та хімічного контакту зі шкідливими компонентами бетону реалізується через систему жорсткого екіпірування, що відповідає вимогам [12]. Усі працівники мають бути в спецодязі в спецвзутті і рукавичках, та мати респіратор та захисні окуляри відповідного класу захисту для запобігання подразненню шкіри та слизових оболонок цементним пилом і хімічними пігментами.

Особливі вимоги безпеки висуваються до проведення профілактичних робіт у замкнених просторах та на висоті, зокрема під час обслуговування внутрішніх порожнин силосів в'язучих матеріалів. Також при опусканні в силоси, працівники мають бути екіпіровані страхувальними канатами, зафіксованими на запобіжних поясах, під обов'язковим візуальним контролем страхуючої бригади, що перебуває зовні. Контроль стану та видачі засобів захисту здійснюється службою охорони праці підприємства, при цьому категорично забороняється видавати засоби індивідуального захисту, в яких вже закінчився термін експлуатації або які мають видимі пошкодження.

Електробезпека виробничого комплексу

Експлуатація великої кількості силового електрообладнання, приводів та автоматизованих систем керування у вологому середовищі бетонозмішувального цеху вимагає впровадження суворих організаційних бар'єрів. До оперативного обслуговування електроустановок допускаються лише ті працівники, які знайомі зі схемами, інструкціями з експлуатації, конструктивними особливостями та принципами роботи обладнання, а також пройшли відповідне навчання та перевірку знань із присвоєнням належної групи з електробезпеки. У електроустановках беззаперечно забороняється, щоб люди та механізми або вантажопідіймальні машини наближалися до не перекритих або відкритих частин, які перебувають під напругою. Це обмеження необхідне для запобігання можливим нещасним випадкам та ураженню електричним струмом. Відсутність огороження навколо струмовідних частин створює високий ризик, тому дотримання цієї вимоги є критично важливим для забезпечення безпеки на підприємстві.

Усі види планових, монтажних та аварійних робіт в діючих електроустановках повинні виконуватись згідно з нарядом, розпорядженням та у відповідності до правил поточної експлуатації. У темний період доби необхідно забезпечити якісне штучне освітлення ділянок, де проводяться роботи, робочих місць, а також під'їздів та підходів до них, що важливо для гарантування безпеки працівників та ефективного виконання робіт. Корпуси всього технологічного обладнання підключаються до магістральної лінії заземлення, а величина опору вимірюється щороку і не повинна перевищувати встановлених нормами 4 Ом.

Пожежна безпека об'єкта

Комплекс протипожежних заходів на території проєктуємого об'єкта розробляється згідно з вимогами чинного [24,22]. З огляду на те, що основні компоненти архітектурно-декоративного бетону належать до негорючих речовин, приміщення цеху за вибухопожежною небезпекою класифікується як об'єкт категорії Д. Проте наявність мастильних матеріалів для редукторів та розвиненої кабельної електромережі створює потенційні локальні загрози займання, що вимагає оснащення всіх зон засобами ліквідації вогню. Всі будівельні механізми повинні мати первинні засоби пожежогасіння згідно з вимогам та також засоби пожежогасіння мають бути у вільному доступі для персоналу. Будівля цеху запроєктована з високим класом вогнестійкості будівельних конструкцій, де несучі залізобетонні колони та стінові панелі здатні чинити опір дії вогню протягом тривалого часу без втрати несучої здатності. Шляхи евакуації з усіх відміток змішувальної естакади розраховані на швидке залишення цеху персоналом, мають достатню ширину і постійно утримуються вільними від сторонніх предметів, а евакуаційні двері відкриваються виключно в напрямку виходу з будівлі. Приміщення цеху обладнується автоматичною пожежною сигналізацією з димовими та тепловими датчиками, а також забезпечується первинними засобами пожежогасіння, включаючи вуглекислотні вогнегасники біля щитів керування та пожежні пости з порошковими вогнегасниками великої місткості.

Заходи з охорони навколишнього природного середовища та благоустрій

Екологічна безпека заводу базується на запобіганні транзитному забрудненню навколишнього середовища промислового регіону за рахунок впровадження безвідхідних технологій та ефективних очисних споруд. Організація збору, утилізації та повторного використання матеріальних відходів виконується відповідно до вимог базового галузевого стандарту [11]. Головним чинником впливу на атмосферне повітря є пил, який витісняється із силосів білого цементу під час їх завантаження з автоцементовозів. Для очищення повітряних викидів на даху кожного силосу встановлюються сучасні рукавні фільтри з автоматичним імпульсним очищенням, які затримують дрібні частки цементу з ефективністю до дев'яносто дев'яти відсотків і повертають вловлений матеріал назад у бункер, що повністю виключає забруднення атмосферного повітря. Рациональне використання водних ресурсів забезпечується влаштуванням замкнутої оборотної системи водопостачання цеху. Вода, яка використовується для щозмінного промивання бетонозмішувального барабана від залишків декоративного розчину, збирається в спеціальному залізобетонному двосекційному відстійнику. Після гравітаційного осадження твердих зважених часток цементного каменю та мармурового пилу, прояснена вода насосами знову спрямовується на технологічні потреби для миття обладнання або як вода замішування для бетону низьких марок.

Важливим елементом екологічної безпеки та загальної культури виробництва є підтримання чистоти на території всього промислового майданчика. Внутрішньозаводські дороги повинні регулярно прибиратися від залишків просипаних інертних матеріалів, а взимковий період – обов'язково обсипатися піском для запобігання травматизму водіїв та пішоходів. Усі промирові та побутові відходи, виробниче сміття, браковані бетонні елементи та залишки цільних шлаків, які не підлягають повторному використанню, повинні бути в обов'язковому порядку зібрані у спеціалізовані контейнери,

своєчасно вивезені з території промислового майданчика та утилізовані на полігонах без порушення екології навколишнього середовища.

Список використаних джерел

1. ДСТУ Б EN 197-1:2015. Цемент. Частина 1. Склад, технічні умови та критерії відповідності. На заміну ДСТУ Б EN 197-1:2008 ; чинний від 2016-07-01. Київ : Мінрегіон України, 2016. 59 с.
2. ДСТУ Б EN 12620:2013 Заповнювачі для бетону (EN 12620:2002+A1:2008, IDT). Чинний від 2014-10-01. Вид. офіц. Київ : Мінрегіонбуд України, 2014. 60 с.
3. ДСТУ EN 1008:2022 Вода для замішування бетону. Технічні умови для відбирання проб, тестування та оцінювання придатності води, охоплюючи воду, відновлену під час виробництва бетону, як воду для змішування бетону (EN 1008:2002, IDT). Чинний від 2023-12-31. Чинний від 2023-12-31. Брюссель : CEN, 2002. 19 с.
4. ДСТУ 9208:2022. Бетони важкі. Технічні умови. На заміну ДСТУ Б В.2.7-43-96 ; чинний від 2023-09-01. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2022. 24 с.
5. ДСТУ-Н Б А.3.1-35:2016. Настанова з проектування підприємств з виробництва залізобетонних виробів. На заміну ДБН А.3.1-8-96 ; чинний від 2017-04-01. Київ : Мінрегіон України, 2016. 34 с.
6. ДСТУ-Н Б В.2.7-299-2013. Настанова щодо визначення складу важкого бетону. Чинний від 2014-07-01. Київ : Мінрегіон України, 2013. 91 с.
7. ДСТУ Б В.2.7-215:2009. Будівельні матеріали. Бетони. Правила підбору складу. На заміну ГОСТ 27006-86 ; чинний від 2010-09-01. Київ : Мінрегіонбуд України, 2010. 18 с.
8. Проектування заводу з випуску товарного бетону. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи бакалавра / уклад. Шишкіна О.О., Шишкін О.О. Кривий Ріг: КНУ. 2023.36 с.
9. ДСТУ Б В.2.6-2-2009. Конструкції будинків і споруд. Вироби бетонні і залізобетонні. Загальні технічні умови. На заміну ДСТУ Б В.2.6-2-95 (зі скасуванням в Україні ГОСТ 6785-80, ГОСТ 13578-68, ГОСТ 18048-80, ГОСТ 18128-82, ГОСТ 19570-74, ГОСТ 23972-80, ГОСТ 24155-80, ГОСТ 24581-81,

ГОСТ 24587-81) ; чинний від 2010-10-01. Київ : Мінрегіонбуд України, 2010. 32 с.

10. Дворкін Л. Й. Бетони спеціального призначення : навчальний посібник. Київ : Кондор, 2018. 354 с.

11. ДНАОП 6.1.00-1.10-97. Правила охорони праці для підприємств по виробництву залізобетонних і бетонних виробів. Київ : Держнаглядохропраці України, 1997. 84 с.

12. ДСТУ-Н Б А.3.1-34:2016. Настанова з виготовлення збірних залізобетонних та бетонних виробів. На заміну ДБН А.3.1-7-96 ; чинний від 2017-04-01. Київ : Мінрегіон України, 2016. 24 с.

13. ДСТУ Б В.2.7-170:2008. Будівельні матеріали. Бетони. Методи визначення стираності. На заміну ГОСТ 12730.0-78, ГОСТ 12730.2-78, ГОСТ 12730.1-78, ГОСТ 12730.3-78, ГОСТ 12730.5-78, ГОСТ 12730.4-78 ; чинний від 2009-07-01. Київ : Мінрегіонбуд України, 2008. 31 с.

14. ДСТУ Б В.2.7-212:2009. Бетони. Методи визначення деформацій усадки і повзучості. На заміну ГОСТ 13087-81 ; чинний від 2010-09-01. Київ : Мінрегіонбуд України, 2010. 19 с.

15. ДСТУ Б В.2.7-214:2009. Бетони. Методи визначення міцності за контрольними зразками. На заміну ГОСТ 10180-90 ; чинний від 2010-09-01. Київ : Мінрегіонбуд України, 2010. 43 с.

16. ДСТУ Б В.2.7-224:2009. ДСТУ Б В.2.7-224:2009 Бетони. Правила контролю міцності. На заміну ГОСТ 18105-86 ; чинний від 2010-09-01. Київ : Мінрегіонбуд України, 2010. 27 с.

17. ДСТУ EN 12350-1:2022. Випробування свіжоприготованого бетону. Частина 1. Відбір проб (EN 12350-1:2019, IDT). Чинний від 2023-12-31. Брюссель : CEN, 2009. 9 с.

18. ДСТУ EN 12350-2:2022. Випробування свіжоприготованого бетону. Частина 2. Визначення осадки конуса (EN 12350-2:2019, IDT). Чинний від 2023-12-31. Брюссель : CEN, 2009. 9 с.

19. ДСН 3.3.6.039-99. Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації. Чинний від 1999-12-01. Київ : МОЗ України, 1999. 11 с.

20. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. Чинний від 1999-12-01. Київ : МОЗ України, 1999. 9 с.

21. Перелік важких робіт і робіт із шкідливими і небезпечними умовами праці, на яких забороняється застосування праці неповнолітніх. Чинний від 1994-03-31. Київ : МОЗ України, 1994. 6 с.

22. НАПБ А.01.001-2014. Правила пожежної безпеки в Україні. На заміну НАПБ А.01.001-2004 Правила пожежної безпеки в Україні ; чинний від 2026-02-27. Київ : МВС України, 2015. 86 с.

23. Про охорону праці : Закон України від 14.10.1992 № 2694-ХІІ: станом на 21 серп. 2025 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-12#Text>

24. Кодекс цивільного захисту України : Закон України від 02.10.2012 № 5403-VI: станом на 24 лют. 2026 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/5403-17#Text>

25. Пігмент залізоокисний 835 зелений сухий URL: https://barvykrayiny.com.ua/ua/p2490094824-pigment-zhelezookisnyj-835.html?source=merchant_center&utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign=22819488120&utm_content=&utm_term=&utm_position=&utm_device=c&utm_placement=&utm_target=&gad_source=1&gad_campaignid=22825260173&gbraid=0AAAAA9fND2EDjy4WAe6PPJUV6r_elv5zx&gclid=Cj0KCQjwrZTRBhDSARIsAHidYfeifFxyONKaq87n7mfUJUIG9AzqXFp2DbWFFKsh-SN55ub1mweD4g0aAh5REALw_wcB