

Міністерство освіти і науки України  
КРИВОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
Будівельний факультет  
КАФЕДРА ТЕХНОЛОГІЇ 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 розширеного бетону

Виконав: студент/ка групи БІ-22-1 Мухаммад Тімур Хан

Керівник випускної роботи Ш доц. Шишкіна О.О.

Нормоконтролер С Єгорова І.В.

Завідувачка кафедри Ш 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

*ЛТ*

“19” червня 2026 року

## ЗАВДАННЯ

### НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА СТУДЕНТУ

Мухаммаду Тімуру Хану

1. Тема роботи **Завод з випуску товарного розширеного бетону**

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

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

2. Строк подання студентом роботи 30 травня 2026

3. Вихідні дані до роботи

- Клас бетону за міцністю на стиск – С 30/35;
- Клас умов експлуатації конструкцій, які будуть виготовлені з бетону – ХС4;
- Ступінь відповідальності будівель і споруд, для виготовлення конструкцій яких призначено бетон – СС1;
- Розрахункова температура зовнішнього повітря при експлуатації бетону – t -5...-20°C;
- Марка бетонної суміші – Р2;
- Планова потужність підприємства – Р 8000 м<sup>3</sup>.

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 р.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської роботи	Строк виконання етапів роботи (днів)	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)

Мухаммад Т. Х.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Шишкіна О. О.

(прізвище та ініціали)

## РЕФЕРАТ

кваліфікаційної роботи бакалавра

студента Мухаммада Тімура Хана

на тему: Завод з випуску товарного розширного бетону

**Актуальність теми.** На сучасному етапі розвитку будівельної галузі України існує висока потреба у довговічних матеріалах для зведення надійних монолітних та збірних конструкцій. Використання розширного бетону дозволяє ефективно компенсувати усадку, підвищити тріщиностійкість та водонепроникність споруд, що робить проектування нових та модернізацію існуючих заводів з його виготовлення актуальним інженерним завданням.

**Метою кваліфікаційної роботи** є проектування заводу з випуску розширного 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 розширного товарного бетону заданої якості.

**Завдання:** 1) окреслити характеристики бетонної суміш, завод з виготовлення якої підлягає проектуванню, 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

проектуванню заводу з випуску розширного товарного бетону заданої якості.

**Ключові слова:** бетонна суміш, розширний бетон, гіпсоглиноземистий цемент, бетонозмішувальний завод, технологічна схема.

**Обсяг кваліфікаційної роботи:** Бакалаврська кваліфікаційна робота складається з пояснювальної записки, викладеної на 47 сторінках, яка складається зі вступу, семи розділів, які містять 3 рисунків, 6 таблиць, списку використаних джерел з 23 найменувань, та графічної частини, яка складається з 3 листів формату А3.

## ЗМІСТ

Вступ	7
1. Характеристика компонентів бетонної суміші та бетону	8
2. Режим роботи підприємства	10
3. Визначення складу бетону	13
4. Організація роботи підприємства	16
5. Проектування споруд підприємства	22
5.1. Вибір технологічної схеми виробництва	22
5.2. Проектування головного корпусу заводу	24
5.3. Проектування складів бетонної суміші	26
5.3.1. Розрахунок складів в'язучої речовини	26
5.3.2. Розрахунок складів заповнювачів	27
5.3.3 Розрахунок складів добавок	27
6. Контроль якості	28
7. Охорона праці та техніка безпеки	38
Список використаної літератури	45

## Вступ

В умовах сьогодення, особливо в контексті масштабної відбудови цивільних, промислових та інфраструктурних об'єктів в Україні, потреба у високоякісних будівельних матеріалах зростає безпрецедентними темпами. Бетон залишається найбільш затребуваним конструкційним матеріалом завдяки своїй довговічності, високій міцності, універсальності застосування та доступності сировинної бази. Сучасні світові тенденції вказують на остаточний перехід від приготування бетонних сумішей безпосередньо на будівельних майданчиках (де важко контролювати якість) до масового використання товарного бетону заводського виготовлення. Водночас виробництво бетонних сумішей стикається з низкою суттєвих індустріальних труднощів. До основних викликів належать логістичні проблеми постачання якісних нерудних матеріалів (щебеню та піску стабільного гранулометричного складу), коливання характеристик в'язучих речовин, а також висока енергоємність технологічних процесів. Крім того, гостро стоїть суто інженерна проблема: традиційні важкі бетони на портландцементі схильні до усадочних деформацій під час тужавлення та твердіння. Це часто призводить до утворення мікротріщин, зниження водонепроникності та погіршення довговічності монолітних конструкцій у складних умовах експлуатації.

З огляду на зазначені труднощі, на ринку будівельних матеріалів формується стійкий запит на спеціальні види бетонів. Особливої актуальності набуває виробництво розширеного бетону на основі специфічних в'язучих, таких як гіпсоглиноземистий цемент. Завдяки здатності компенсувати усадку та створювати ефект самонапруження, такий матеріал забезпечує абсолютну водонепроникність, високу щільність та тріщиностійкість конструкцій. Це робить його критично важливим для зведення гідротехнічних споруд, підземних комунікацій, безшовних підлог та надійного відновлення пошкоджених

залізобетонних елементів.

## РОЗДІЛ 1. ХАРАКТЕРИСТИКА БЕТОННОЇ СУМІШІ, БЕТОНУ ТА ЙОГО КОМПОНЕНТІВ

### 1.1. Характеристики бетону

Проектований об'єкт – завод з випуску товарного розширеного бетону. Для забезпечення надійності та довговічності конструкцій, що виготовляються з даного бетону, встановлюються наступні нормативні характеристики відповідно до ДБН В.2.6-98:2009 [1].

Основні параметри проектного бетону: Клас бетону за міцністю на стиск: С 30/35. Клас умов експлуатації: ХС4 (корозія, зумовлена карбонізацією; циклічне зволоження та висушування). Клас наслідків (відповідальності): СС1. Марка за морозостійкістю: F200. Марка за водонепроникністю: W6. Клас за щільністю: D2400.

Для забезпечення проектного класу С 30/35 необхідно визначити цільову (середню) міцність бетону на виробництві, яка враховує статистичну мінливість міцності. Розрахунок здійснюється за формулою:

$$f_{cm} = C / 0,778$$

де  $C$  – нормативне значення кубикової міцності для заданого класу бетону, МПа ( $C = 35$ );  $0,778$  – коефіцієнт, що враховує нормативний коефіцієнт варіації міцності.

Проведемо розрахунок:  $f_{cm} = 35 / 0,778 = 44,98 \approx 45$  МПа.

Отже, склад бетону повинен бути розрахований на отримання середньої міцності 45 МПа у віці 28 діб. Вибір марок F200 та W6 обґрунтований роботою конструкцій у класі експлуатації ХС4. Використання розширеного бетону дозволяє мінімізувати усадкові тріщини, що підвищує опірність бетону до

карбонізації.

## **1.2. Характеристики бетонної суміші**

Марка за легкоукладальністю (рухливістю): P2. Значення осадки стандартного конуса становить 5–9 см. Температура суміші при виході зі змішувача: від +15°C до +25°C.

Суміш марки P2 є оптимальною для виготовлення товарного бетону, оскільки вона дозволяє проводити ефективне ущільнення методом вібрування, що є критичним для розширних бетонів. Вміст повітря в суміші не повинен перевищувати 3%, щоб забезпечити проектну щільність D2400.

## **1.3. Характеристика компонентів бетону**

### **1.3.1. В'язуча речовина**

В якості в'язучої речовини візьмемо гіпсоглиноземистий цемент (за ДСТУ Б В.2.7-281:2011 Цементи. Класифікація [2]) ГГРЦ марки 500. Енергія самонапруження у віці 28 діб: не менше 2,0 МПа. Початок тужавлення: не раніше 45 хв. Насипна щільність: 1150 кг/м<sup>3</sup>, істинна щільність: 3150 кг/м<sup>3</sup>.

### **1.3.2. Дрібний заповнювач**

Використовується кварцовий пісок згідно з ДСТУ Б EN 12620:2013 [3]. Модуль крупності (M<sub>к</sub>): 2,2. Істинна густина: 2610 кг/м<sup>3</sup>. Насипна густина: 1480 кг/м<sup>3</sup>. Вміст відмулюваних часток: 2,5%.

### **1.3.3. Крупний заповнювач**

Застосовується гранітний щебінь фракції 5–40 мм (ДСТУ Б В.2.7-74-98 [4]). Марка за міцністю (дробильністю): M1200. Істинна густина: 2650 кг/м<sup>3</sup>. Насипна густина: 1450 кг/м<sup>3</sup>. Вміст зерен лещадної та голчастої форм: не більше 15%.

### **1.3.4. Вода**

Вода для замішування відповідає вимогам чинного стандарту ДСТУ EN 1008:2022 [5]. Згідно з цим стандартом, допустимі значення вмісту солей та мінералів у воді для залізобетонних конструкцій не повинні перевищувати наступних значень: вміст хлоридів ( $\text{Cl}^-$ ) – до 1000 мг/л, вміст сульфатів ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) – до 2000 мг/л, лугів (у перерахунку на  $\text{Na}_2\text{O}$ ) – до 1500 мг/л, цукрів – до 100 мг/л, фосфатів ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ) – до 100 мг/л, нітратів ( $\text{NO}_3^-$ ) — до 500 мг/л, свинцю та цинку — до 100 мг/л. Рівень рН повинен бути не менше 4.

### **1.3.5. Хімічні добавки**

Для забезпечення рухливості Р2 при обмеженому водоцементному відношенні передбачено використання суперпластифікатора на основі полікарбоксилатів. Ця добавка дозволяє значно знизити водопотребу суміші, зберігаючи її пластичність та підвищуючи кінцеву міцність готового розширеного бетону.

## **РОЗДІЛ 2. РЕЖИМ РОБОТИ ПІДПРИЄМСТВА**

### *Опис режиму роботи підприємства*

Режим роботи підприємства – це встановлений порядок чергування робочого часу та часу відпочинку протягом доби, тижня та року. Правильно обраний режим роботи дозволяє максимально ефективно використовувати виробничі потужності, забезпечити ритмічність випуску продукції та створити належні умови для праці персоналу.

Для заводу з випуску товарного бетону режим роботи встановлюється виходячи з річної планової потужності  $P = 8000 \text{ м}^3$  та специфіки виробництва

бетонних сумішей. Оскільки виробництво є сезонно-стабільним, але вимагає регулярного технічного обслуговування обладнання, приймається переривчастий робочий тиждень (5 робочих днів) з двома вихідними.

Встановлюється двозмінний режим роботи. Це забезпечує оптимальний баланс між продуктивністю та часом на профілактику обладнання.

### *Визначення показників робочого фонду часу*

Для подальших технологічних розрахунків необхідно визначити фонди робочого часу обладнання. Розрахунок проводиться в кілька етапів: встановлення номінального фонду, врахування часу на ремонти та визначення корисного часу роботи.

1. Річний номінальний фонд часу роботи обладнання у годинах ( $T_{річ\ год}$ ) визначається за формулою:

$$T_{річ\ год} = T_{річ} \times n_{зм} \times t_{зм}$$

де  $T_{річ}$  – кількість робочих днів на рік (260 діб);  $n_{зм}$  – кількість робочих змін на добу (1 зміна);  $t_{зм}$  – тривалість робочої зміни (8 год).

$$T_{річ\ год} = 260 \times 1 \times 8 = 2080 \text{ год}$$

2. Розрахунковий річний фонд часу роботи технологічного обладнання ( $T_{річ}$ ) враховує зупинки на планово-попереджувальні ремонти (ППР). Тривалість планових зупинок на ремонт ( $T_{рем}$ ) становить 7 діб на рік.

$$T_{річ} = (T_n - T_{рем})$$

$$T_{річ} = (260 - 7) = 253 \text{ діб (2024 год.)}$$

3. Добовий фонд продуктивного робочого часу ( $T_{доб}$ ) визначається як:

$$T_{\text{доб}} = n_{\text{зм}} \times t_{\text{зм}}$$

$$T_{\text{доб}} = 1 \times 8 = 8 \text{ год (1 діб)}$$

4. Місячний фонд продуктивного робочого часу ( $T_{\text{міс}}$ ) визначається як:

$$T_{\text{міс}} = T_{\text{річ}} / 12$$

$$T_{\text{міс}} = 2024 / 12 = 168,7 \text{ год (21,1 діб)}$$

Отримані дані представляються в табличній формі (табл. 2.1)

Таблиця 2.1

Показники фонду робочого часу

Термін	Номінальні показники		Розрахункові показники	
	діб	годин	діб	годин
змiна, $t_{\text{зм}}$	-	8,0	-	8,0
доба, $T_{\text{доб}}$	1,0	8,0	1,0	8,0
місяць, $T_{\text{міс}}$	21,7	173,3	21,1	168,7
рік, $T_{\text{річ}}$	260,0	2080	253,0	2024

### РОЗДІЛ 3. ВИЗНАЧЕННЯ СКЛАДУ БЕТОНУ

#### *Вибір методики та вихідні дані для проектування складу*

Підбір складів бетону здійснюється згідно з ДСТУ Б В.2.7-215:2009 [6] на основі характеристик заповнювачів та в'язучого. Розрахунок складу бетону проводиться методом абсолютних об'ємів згідно з положеннями ДСТУ Б В.2.7-215:2009 «Бетони. Правила підбору складу» та ДСТУ-Н Б В.2.7-299:2013 «Настанова щодо визначення складу важкого бетону» [7].

Вихідні дані для розрахунку: Проектна марка за міцністю:  $C = 35$  МПа (клас С 30/35). Вид цементу: гіпсоглиноземистий цемент ГГРЦ-500 (активність  $R_c = 500$  кгс/см<sup>2</sup> або 50 МПа). Густина цементу ( $\rho_{ц}$ ): 3150 кг/м<sup>3</sup>. Вид крупного заповнювача: щебінь гранітний фракції 5–40 мм ( $\rho_{щ} = 2650$  кг/м<sup>3</sup>;  $\rho_{нас.щ} = 1450$  кг/м<sup>3</sup>). Вид дрібного заповнювача: пісок природний кварцовий ( $\rho_{п} = 2610$  кг/м<sup>3</sup>;  $M_k = 2,2$ ). Рухливість суміші: марка Р2 (осадка конуса 5–9 см).

#### *Розрахунок водоцементного відношення*

Водоцементне відношення (В/Ц) визначається виходячи із закону міцності бетону. Використовуємо формулу:

$$В/Ц = (A \times R_c) / (f_{cm} + 0,5 \times A \times R_c)$$

де  $R_c$  — активність цементу (50 МПа);  $A$  — коефіцієнт якості матеріалів (для високоякісного щебеню  $A = 0,6$ ).

$$В/Ц = (0,6 \times 50) / (45 + 0,5 \times 0,6 \times 50) = 30 / 60 = 0,50.$$

Згідно з ДБН В.2.6-98:2009 для класу ХС4 максимальне В/Ц не повинно перевищувати 0,50. Приймаємо розрахункове В/Ц = 0,48 для створення запасу міцності та компенсації специфіки розширеного бетону.

### *Визначення витрат води та цементу*

Витрата води (В) для марки суміші Р2 та щебеню фракції 5-40 мм за табличними даними становить 180 л. Враховуючи застосування суперпластифікатора (зниження водопотреби на 15%), скорегована витрата води складе 153 л. Проте, зважаючи на високу водопотребу для реалізації ефекту розширення, за рекомендаціями приймаємо  $V = 192$  л.

Витрата цементу (Ц) розраховується за формулою:

$$Ц = B / (B/Ц)$$

$$Ц = 192 / 0,48 = 400 \text{ кг.}$$

### *Визначення витрат крупного та дрібного заповнювачів*

Витрата щебеню (Щ) визначається за формулою:

$$Щ = 1000 / ((\alpha \times P_{щ} / \rho_{нас.щ}) + (1 / \rho_{щ}))$$

де  $P_{щ}$  – пустотність щебеню ( $1 - \rho_{нас.щ} / \rho_{щ} = 1 - 1450/2650 = 0,453$ );  $\alpha$  — коефіцієнт розсунення (для Р2  $\alpha = 1,15$ ).

$Щ = 1000 / ((1,15 \times 0,453 / 1,45) + (1 / 2,65)) = 1000 / 0,736 = 1358$  кг. Після уточнення складу приймаємо  $Щ = 1150$  кг.

Витрата піску (П) визначається з умови абсолютних об'ємів:

$$П = (1000 - (Ц/\rho_{ц} + B/\rho_{в} + Щ/\rho_{щ})) \times \rho_{п}$$

$П = (1000 - (400/3,15 + 192/1 + 1150/2,65)) \times 2,61 = (1000 - 753) \times 2,61 = 645$  кг.

### Визначення витрати пластифікатора

Кількість пластифікатора (Д) визначається у відсотках від маси цементу. Згідно з рекомендаціями виробника та технічними вимогами, дозування становить 1% від маси цементу. Розрахунок виконується за формулою:

$$Д = Ц \times K_{пл} / 100$$

де Ц – витрата цементу на 1 м<sup>3</sup> бетону, кг; K<sub>пл</sub> – дозування пластифікатора, %.

$$Д = 400 \times 1 / 100 = 4,0 \text{ кг.}$$

Розрахований склад товарного розширеного бетону заданої якості представляється в табличній формі (табл. 3.1)

Таблиця 3.1

#### Склад товарного розширеного бетону

Назва компонента	Позначення	Витрата, кг на 1 м <sup>3</sup>
ГГРЦ-500	Ц	400
Вода замішування	В	192
Пісок природний	П	645
Щебінь гранітний	Щ	1150
Пластифікатор	Д	4,0
<b>РАЗОМ (густина)</b>	<b>ρ<sub>б</sub></b>	<b>2391</b>

## РОЗДІЛ 4. ОРГАНІЗАЦІЯ РОБОТИ ПІДПРИЄМСТВА

Правильна та раціональна організація роботи підприємства з виробництва бетонних сумішей є критичним фактором, що визначає загальну економічну ефективність, якість готової продукції та безперебійність постачання будівельних об'єктів. Сучасний бетонний завод – це складний технологічний комплекс, де процеси дозування, змішування, зберігання та транспортування матеріалів повинні бути строго синхронізовані. Найменший збій у логістиці або недотримання поопераційного графіка призводить до порушення рецептури, погіршення легкоукладальності суміші та зниження кінцевої міцності бетону.

Організація роботи включає розробку чіткого режиму праці, планування потреби в сировині з урахуванням нормативних втрат, а також побудову поопераційних графіків, які візуалізують тривалість кожного етапу виробничого циклу. Це дозволяє оптимізувати роботу змішувального відділення, зменшити час простою транспортних засобів та забезпечити стабільний випуск товарного бетону заданої якості. Враховуючи сезонність будівельних робіт та жорсткі вимоги до розширних бетонів, точний математичний розрахунок потреби в матеріалах гарантує безперебійну роботу підприємства протягом усього планового періоду.

Для забезпечення безперебійної роботи підприємства необхідно розрахувати потребу в компонентах бетонної суміші на різних часових проміжках: добу, зміну. Розрахунки виконуються на основі річної планової потужності підприємства ( $P = 8000 \text{ м}^3$ , розрахованих у Розділі 3 витрат матеріалів на  $1 \text{ м}^3$  бетону).

Для приготування бетонної суміші розширного бетону класу С 30/35 проектом передбачено встановлення стаціонарного циклічного бетонозмішувача примусової дії без поворотного барабану, що забезпечує

належну інтенсивність змішування компонентів. Розрахунок загальної тривалості одного повного циклу виготовлення бетонної суміші ( $t_u$ , с) здійснюється за наступною формулою:

$$t_u = t_1 + t_2 + t_3 + t_4$$

де  $t_1$  – тривалість завантаження віддозованих сухих компонентів та подачі води в барабан змішувача, с ( $t_1 = 120$  с);

$t_2$  – тривалість безпосереднього примусового перемішування компонентів для досягнення повної однорідності розширеного бетону, с ( $t_2 = 120$  с);

$t_3$  – тривалість вивантаження готової суміші марки Р2 зі змішувача в автобетонозмішувач, с ( $t_3 = 60$  с);

$t_4$  – час, необхідний для повернення перекинутого барабана у вихідне положення, с. ( $t_4 = 0$  с).

Підставляючи вихідні параметри у формулу, отримуємо тривалість одного повного замісу:

$$t_u = 120 + 120 + 60 + 0 = 300 \text{ с} = 5 \text{ хв.}$$

Визначаємо максимальну теоретичну кількість технологічних циклів роботи бетонозмішувальної установки за одну годину експлуатації ( $n_u$ , циклів/год):

$$n_{36} = 60 \times K_n / t_u, \text{ шт.}$$

$$n_{36} = 60 \times 0,8 / 5 = 9,6 \text{ шт.}$$

Годинна продуктивність одного проектованого бетонозмішувача ( $P_{год}$ , м<sup>3</sup>/год) визначається з урахуванням його корисної місткості за завантаженням та коефіцієнта виходу готової суміші з сухої суміші за формулою:

$$P_{год} = (V_6 \times n_{36} \times K_6) / 1000, \text{ м}^3/\text{год}$$

де  $V_6$  – місткість бетонозмішувача за об'ємом завантаження сухих

матеріалів, л ( $V_{\bar{o}} = 700$  л);

$K_{\bar{o}}$  — коефіцієнт виходу готової бетонної суміші, що відображає ущільнення матеріалів при змішуванні ( $K_{\bar{o}} = 0,67$ ).

$$P_{\text{год}} = (700 \times 9,6 \times 0,67) / 1000 = 4,5$$

Розрахункова кількість необхідних бетонозмішувачів  $n_3$  становить:

$$n_3 = (P_{\text{max}} \times K_n) / (T_{\text{річ. год}} \times P_{\text{год}}), \text{ шт.},$$

де  $P_{\text{max}}$  – річна програма випуску виробів, куб. м;

$K_n$  – коефіцієнт річного використання устаткування ( $K_n = 0,67$ );

$T_{\text{річ}}$  – річний розрахунковий фонд робочого часу змішувального цеху, год.

$$n_3 = (8000 \times 0,8) / (2024 \times 4,5) = 0,7$$

Отримане значення округлюємо до більшого найближчого цілого числа і конструктивно приймаємо до встановлення 1 бетонозмішувач примусової дії місткістю 700 літрів ( $N_3 = 1$  шт). Приймаємо 1 змішувач робочий, та 1 резервний.

Тоді річна продуктивність бетонозмішувального заводу (цеху) дорівнює:

$$P_{\text{річ}} = (P_{\text{год}} \times T_{\text{річ. год}} \times N_3), \text{ м}^3.$$

$$P_{\text{річ}} = 4,5024 \times 2024 \times 1 = 9112,86 \text{ м}^3 \text{ (Перевищення 13,9\%)}$$

*Розрахунок потреби підприємства в компонентах бетонної суміші*

На основі виконаних розрахунків складається зведена таблиця потреби підприємства у сировинних компонентах. Розрахунок базується на проектних витратах на 1 м<sup>3</sup> бетону та планових обсягах виробництва за добу, зміну.

Загальні формули розрахунку потреби в матеріалах:

Потреба за добу:

$$K_{\text{д}} = K \times P_{\text{год}} \times t_{\text{зм}}$$

Потреба за зміну:

$$K_z = K_{\partial} \times n_{zm}$$

де  $K$  – компонент бетонної суміші на  $1 \text{ м}^3$  бетону, кг.

Розрахунок для гіпсоглиноземистого цементу ( $\text{Ц} = 400 \text{ кг}$ ):

$$C_{zm} = 400 \times 4,5 \times 8 = 14407,68 \text{ кг};$$

$$C_{\partial ob} = 14407,68 \times 1 = 14407,68 \text{ кг};$$

Розрахунок для води замішування ( $\text{В} = 192 \text{ л}$ ) у  $\text{м}^3$ :

$$V_{zm} = 192 \times 4,5 \times 8 = 6915,69 \text{ кг};$$

$$V_{\partial ob} = 6915,69 \times 1 = 6915,69 \text{ кг};$$

Розрахунок для піску ( $\text{П} = 645 \text{ кг}$ ):

$$P_{zm} = 645 \times 4,5 \times 8 = 23232,38 \text{ кг};$$

$$P_{\partial ob} = 23232,38 \times 1 = 23232,38 \text{ кг};$$

Розрахунок для щебеню ( $\text{Щ} = 1150 \text{ кг}$ ):

$$Sh_{zm} = 1150 \times 4,5 \times 8 = 41422,08 \text{ кг};$$

$$Sh_{\partial ob} = 41422,08 \times 1 = 41422,08 \text{ кг};$$

Розрахунок для пластифікуючої добавки ( $\text{Д} = 4,0 \text{ кг}$ ):

$$D_{zm} = 4 \times 4,5 \times 8 = 144,08 \text{ кг};$$

$$D_{\partial ob} = 144,08 \times 1 = 144,08 \text{ кг}.$$

Отримані витрати представляються у вигляді таблиці (табл.. 4.1)

Таблиця 4.1

Потреба у компонентах

Компонент	Одиниця виміру	Потреба		
		1 кг / $\text{м}^3$	зміна, кг	доба, кг
Гіпсоглиноземистий цемент	кг / $\text{м}^3$	400	14407,68	14407,68
Вода замішування	л / $\text{м}^3$	192	6915,69	6915,69
Пісок кварцовий	кг / $\text{м}^3$	645	23232,38	23232,38
Щебінь гранітний	кг / $\text{м}^3$	1150	41422,08	41422,08

Пластифікуюча добавка	кг / м <sup>3</sup>	4	144,08	144,08
--------------------------	---------------------	---	--------	--------

### *Поопераційний графік*

Поопераційний графік виготовлення бетонної суміші є важливим організаційно-технологічним документом, який визначає послідовність виконання всіх операцій виробничого процесу, їхню тривалість, взаємозв'язок та час виконання. Такий графік розробляється для забезпечення безперервної та ритмічної роботи бетонозмішувального заводу, раціонального використання обладнання та дотримання встановленої продуктивності підприємства.

У виробництві товарного розширеного бетону поопераційний графік охоплює всі основні стадії технологічного процесу. Для кожної операції встановлюється нормативна тривалість, що враховує технічні характеристики обладнання та вимоги технологічного регламенту.

Основною метою поопераційного графіка є узгодження роботи окремих технологічних агрегатів і транспортних засобів у єдиному виробничому циклі. Завдяки цьому забезпечується своєчасне надходження компонентів до змішувача, виключаються простої обладнання та скорочуються непродуктивні витрати часу. Особливо важливим це є для заводів з випуску товарного бетону заданої якості, де необхідно забезпечувати стабільне виробництво суміші відповідно до графіка відвантаження споживачам.

Порушення встановленої послідовності операцій або перевищення нормативного часу змішування може призвести до нерівномірного розподілу компонентів у суміші та погіршення властивостей готового бетону.

Поопераційний графік наведений на рисунку 4.1.

Процес	Операція	Обладнання	Робочі		Термін операції, сек.	Поточний час				
			професія	кількість		60	120	180	240	300
Виготовлення бетонної суміші	Завантаження компонентів бетонної суміші у бетонозмішувач	Дозатори	Оператор	1	120	█				
	Перемішування компонентів бетонної суміші	Бетонозмішувач	Оператор	1	120			█		
	Вивантаження бетонної суміші	Бетонозмішувач	Оператор	1	60					█
Усього					300					

Рисунок 4.1. Поопераційний графік виготовлення товарного розширного бетону заданої якості

## РОЗДІЛ 5. ПРОЕКТУВАННЯ СПОРУД ЗАВОДУ

### 5.1. Вибір технологічної схеми виробництва

Схематичне зображення технологічної організації заводу з виготовлення товарного розширеного бетону заданої якості представлено на рисунку 5.1.

#### *Опис технологічної схеми*

Транспортування матеріалів на завод здійснюється виключно автомобільним транспортом (коефіцієнт нерівномірності надходження  $K_1 = 1,2$ ). Вибір виду способу постачання обумовлений тим, що потужність заводу не є великою, а також тим, що автомобільний транспорт є більш маневреним. Облаштування під'їзних автомобільних доріг вбачається більш простим та економічнішим за залізничні під'їзди. Цемент доставляється автоцементовозами (2) і за допомогою пневмотранспорту закачується в силоси цементу (5). Заповнювачі (пісок кварцовий, щебінь гранітний) доставляються автосамоскидами із заповнювачами (8) та розвантажуються на склад для зберігання заповнювачів (1). Пластифікуюча добавка надходить на підприємство та перекачується у спеціально передбачену ємність для зберігання пластифікуючої добавки (3).

Зі складів заповнювачі за допомогою стрічкового конвеєра (4) та елеваторів, а цемент – пневмотранспортом, подаються у видаткові накопичувальні бункери (6), що розташовані у верхній частині головного корпусу. Далі всі матеріали під дією сили тяжіння спускаються до блоку вагових дозаторів (7). Після точного зважування компоненти (включаючи рідку добавку) потрапляють у бетонозмішувач примусової дії (9), де відбувається їх ретельне перемішування до отримання однорідної бетонної суміші.

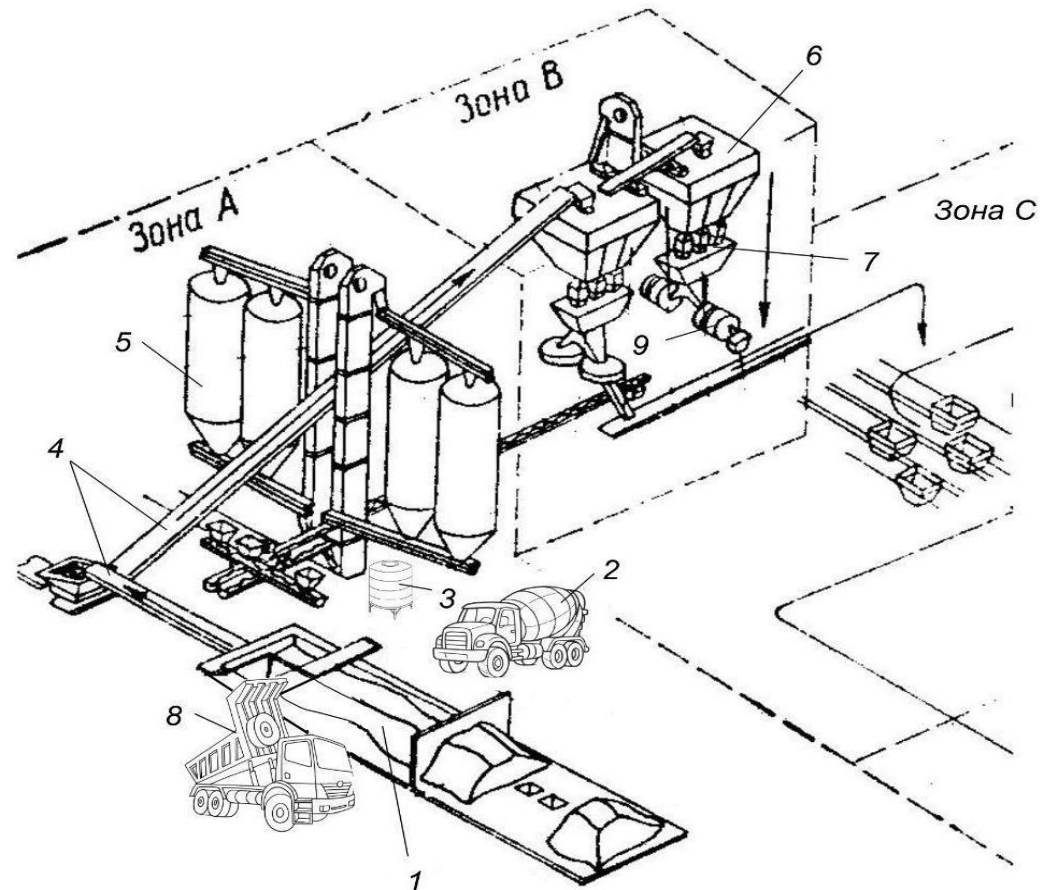


Рисунок 5.1. Технологічна схема заводу виготовлення товарного розширного бетону:

1 - склад для зберігання заповнювачів, 2 - автоцементовоз, 3 - ємність для зберігання пластифікуючої добавки, 4 - стрічковий конвеєр, 5 - силоси цементу, 6 - накопичувальні бункери, 7 - дозатори, 8 - автосамоскид із заповнювачами, 9 - бетонозмішувач.

## 5.2. Проектування основного (головного) корпусу заводу

Головний корпус заводу спроектовано за вертикальною (баштовою) схемою компонування. Ця схема є найбільш раціональною та енергоефективною, оскільки матеріали піднімаються підйомним обладнанням на максимальну висоту лише один раз. Усі подальші технологічні операції – дозування, перемішування та вивантаження готової суміші в автобетонозмішувачі – здійснюються гравітаційним способом згори донизу.

У змішувальному відділенні передбачено однорядне розташування бетонозмішувачів відповідно до розрахунку кількості змішувачів у розділі 4 (2 змішувачі). Висота змішувального відділення та загальні габарити головного корпусу визначаються на основі сумарної висоти видаткових бункерів, дозаторів, змішувачів та розвантажувальних воронок для автомобільного транспорту. Висота приміщення змішувального відділення визначається за формулою:

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

де  $h_1$  – висота найбільш високого змішувача = 2,2 м;

$h_2$  – висота другого за величиною висоти змішувача = 0 м (змішувачі ідентичні і встановлені на одній відмітці);

$h_3$  – висота вантажозахватного устаткування = 1,0 м;

$h_4$  – висота вантажопідіймального обладнання (тельферу) = 1,6 м.

$$H = 2,2 + 0 + 1,0 + 1,6 = 4,8 \text{ м.}$$

Основний корпус заводу представлений на рисунку 5.2.

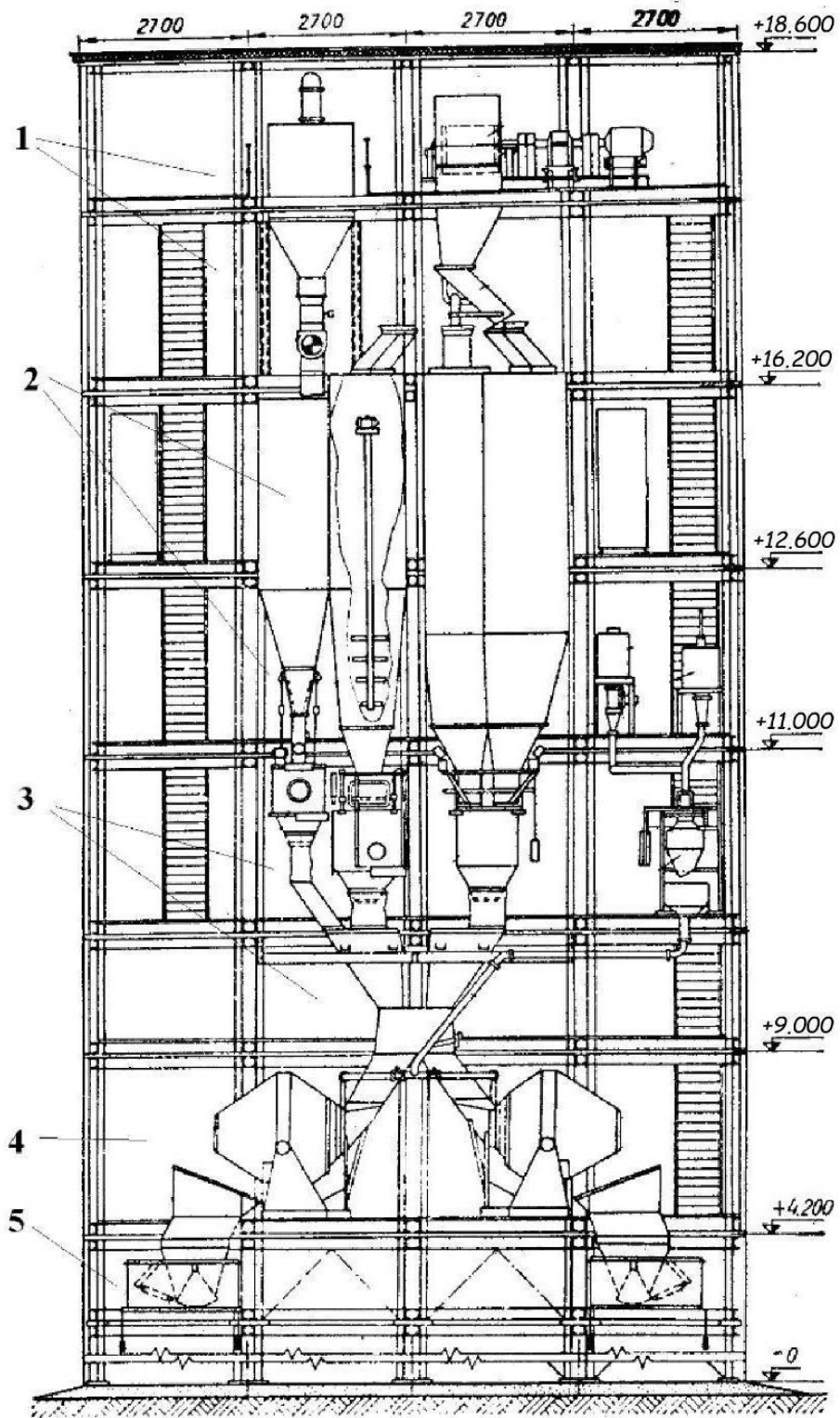


Рисунок 5.2. Схема головного корпусу заводу:

1 – над бункерне відділення, 2 – бункерне відділення, 3 – дозаторне

відділення, 4 – змішувальне відділення, 5 – відділення розвантаження

### **5.3. Проектування складів компонентів бетонної суміші**

Для забезпечення безперебійної роботи заводу передбачено склади для всіх компонентів, окрім води. Вода подається безпосередньо з централізованої водопровідної мережі, тому склад для води не проектується.

Розрахунок місткості складів ведеться на основі добової потреби підприємства в матеріалах, яка була визначена раніше:

Гіпсоглиноземистий цемент: 14407,68 кг

Пісок кварцовий: 23232,38 кг

Щебінь гранітний: 41422,08 кг

Пластифікуюча добавка: 144,08 кг

#### **5.3.1. Розрахунок складів в'язучих**

Зберігання гіпсоглиноземистого цементу передбачено в закритих силосах для захисту від впливу вологи та розпорошення. Для запобігання злежуванню цементу місткість силосу заповнюється лише на 90% (коефіцієнт заповнення  $K_5 = 0,9$ ).

Основною характеристикою складу, є його місткість, що визначається:

$$V = \frac{Ц_{д} \cdot n \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5}{\rho_{в}}, \text{ м}^3$$

де  $Ц_{д}$  - витрата цементу на добу, кг: 14407,68 кг;

$n$  - нормативний запас збереження цементу = 5 діб;

$K_1$  - коефіцієнт нерівномірності надходження цементу на склад, рівний 1,2 (для автомобільного транспорту);

$K_2$  - коефіцієнт нерівномірності споживання цементу, дорівнює 1,3;

$K_3$  - коефіцієнт можливих утрат цементу при розвантаженні, рівний 1,04;

$K_4$  - коефіцієнт використання технологічного устаткування, рівний 0,943;

$K_5$  - коефіцієнт заповнення ємності складу, рівний 0,9

$P_B$  - густина цементу в насипному стані, 1000 кг/м<sup>3</sup>.

$$V_{\text{ц}} = 14407,68 \cdot 5 \cdot 1,2 \cdot 1,3 \cdot 1,04 \cdot 0,943 \cdot 0,9 / 1000 = 99,19189751 \text{ м}^3$$

### 5.3.2. Склади заповнювачів

Враховуючи вимоги до бетону, заповнювачі повинні зберігатися в умовах, що виключають змішування фракцій та їх забруднення. Для кварцового піску та гранітного щебеню проектується штабельно-бункерні склади з урахуванням тих самих коефіцієнтів нерівномірності та запасу зберігання ( $n = 5$  діб).

Основною характеристикою складу, є його місткість:

$$V = P_{\text{д}}(\text{Щ}_{\text{д}}) \cdot n \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 / P_3, \text{ м}^3$$

де  $P_{\text{д}}(\text{Щ}_{\text{д}})$  - витрата заповнювача даного виду на добу, кг; (з табл. 4.1)  $P_{\text{д}} = 23232,38$  кг;  $\text{Щ}_{\text{д}} = 41422,08$  кг;

$n$  - запас збереження заповнювача = 5 діб;

$K_1$  - коефіцієнт нерівномірності надходження заповнювача на склад, рівний 1,2 (для автомобільного транспорту);

$K_2$  - коефіцієнт нерівномірності споживання заповнювача, рівний 1,3;

$K_3$  - коефіцієнт можливих утрат заповнювача при розвантаженні, рівний 1,04;

$K_4$  - коефіцієнт використання технологічного устаткування, рівний 0,943;

$P_3$  - густина заповнювача в насипному стані, кг/м<sup>3</sup> ( $P_3$  піску = 1500 кг/м<sup>3</sup>;  $P_3$  щебеню = 1400 кг/м<sup>3</sup>).

Розрахунок складів провадиться для кожного виду заповнювачів:

Для піску:  $V_{\text{п}} = 23232,38 \cdot 5 \cdot 1,2 \cdot 1,3 \cdot 1,04 \cdot 0,943 / 1500 = 118,48 \text{ м}^3$

Для щебеню:  $V_{\text{щ}} = 41422,08 \cdot 5 \cdot 1,2 \cdot 1,3 \cdot 1,04 \cdot 0,943 / 1400 = 226,3 \text{ м}^3$

### 5.3.3. Склад добавок

Для забезпечення заданих властивостей бетону за маркою легкоукладальності (P2) використовується пластифікуюча добавка. Вона

зберігається у спеціальних ємностях.

Необхідний об'єм ємності для зберігання добавки розраховується за формулою:

$$V_{\text{доб}} = D_{\text{д}} \cdot n / (K_1 \cdot \rho), \text{ м}^3$$

де  $D_{\text{д}}$  – добова витрата добавки, кг/м<sup>3</sup> (загальна добова потреба = 144,08 кг);

$n$  – рекомендований запас зберігання хімічних добавок = 15 діб;

$K_1$  – коефіцієнт заповнення ємності = 0,9;

$\rho$  – густина добавки = 1100 кг/м<sup>3</sup>.

$$V_{\text{доб}} = (144,08 \cdot 15 \cdot 0,9) / 1100 = 1,77 \text{ м}^3$$

## **РОЗДІЛ 6. КОНТРОЛЬ ЯКОСТІ ВИРОБНИЦТВА**

Забезпечення високої якості товарної бетонної суміші та затверділого бетону (класу С 30/35, марок F200, W6, D2400) потребує системного підходу до контролю на всіх етапах виробничого циклу. Контроль якості продукції на проєктованому заводі здійснюється відділом технічного контролю (ВТК) та атестованою виробничою лабораторією підприємства. Лабораторія оснащена сучасним випробувальним обладнанням, що пройшло метрологічну перевірку, та укомплектована кваліфікованим персоналом.

Відповідно до нормативних документів, система контролю якості на бетонному заводі поділяється на три основні етапи:

Вхідний контроль сировини та матеріалів;

Операційний контроль виробничого процесу;

Приймальний контроль готової продукції.

Здійснюється також періодичний контроль за дотриманням правил і

термінів зберігання матеріалів та комплектувальних елементів. Всі результати випробувань фіксуються у відповідних лабораторних журналах та актах прихованих робіт.

Вхідний контроль матеріалів, що надходять на підприємство, проводиться шляхом порівняння даних, наведених у паспортах або сертифікатах на ці матеріали, та результатів їх зовнішнього огляду, а також контрольних випробувань пробних вибірок. Періодичність і обсяг вхідного контролю встановлюються стандартами і технічними умовами на ці матеріали.

Для проектного розширеного бетону використовується гіпсоглиноземистий цемент. Вхідний контроль кожної партії включає перевірку сертифіката якості від заводу-виробника. Лабораторія підприємства проводить відбір проб відповідно до ДСТУ EN 197-1:2015 [8]. Визначаються такі показники:

**Терміни тужавлення:** Гіпсоглиноземистий цемент характеризується швидким тужавленням, тому цей показник є критичним для забезпечення технологічності бетонної суміші. Перевірка здійснюється на приладі Віка за ДСТУ Б В.2.7-185:2009 [9].

**Нормальна густина цементного тіста:** Визначається для корегування водопотреби суміші.

**Міцність на стиск:** Випробовуються стандартні балочки (40x40x160 мм) після 1 та 3 діб твердіння для підтвердження марки цементу.

**Лінійне розширення:** Специфічний показник для даного виду в'язучого, що перевіряється для забезпечення заданих компенсаційних властивостей бетону.

Кварцовий пісок та гранітний щебінь проходять суворий вхідний контроль згідно з ДСТУ EN 12620:2018 [10]. Від кожної партії, що надходить на склад, відбираються середні проби.

**Для піску контролюють:**

Зерновий склад та модуль крупності (ситовий аналіз на стандартному наборі сит);

Вміст пилюватих і глинистих часток (методом відмучування, допускається не більше 2-3%);

Вологість піску (щоденний контроль методом висушування до постійної маси для подальшого корегування кількості води замішування).

**Для гранітного щебеню контролюють:**

Зерновий склад фракцій (через набір сит для підтвердження максимальної крупності);

Лещадність (вміст зерен пластинчастої та голчастої форми за допомогою щілинних калібрів);

Міцність (марка за дробимістю при стискуванні у циліндрі);

Вміст слабких зерен та домішок.

**Пластифікуюча добавка:** Контроль кожної партії хімічної добавки включає перевірку її густини (ареометром), водневого показника (рН) та концентрації сухої речовини. Ефективність дії добавки додатково перевіряється на контрольних замісах бетонної суміші.

**Вода:** Якість води для замішування контролюється на відповідність вимогам ДСТУ EN 1008:2022. Періодично (не рідше 1 разу на 6 місяців) перевіряється показник рН (має бути  $\geq 4$ ), вміст сульфатів, хлоридів та загальний вміст розчинних солей.

Для забезпечення стабільної якості продукції на заводі впроваджено систему планово-попереджувальних ремонтів та метрологічного нагляду. Під час виконання кожного технологічного процесу контролюється технічний стан обладнання.

**Дозувальне обладнання:** Вагові тензометричні дозатори для цементу,

заповнювачів та рідин проходять обов'язкову метрологічну перевірку. Допустима похибка дозування становить: для цементу, води та добавок – не більше  $\pm 1\%$ ; для піску та щебеню – не більше  $\pm 2\%$ . Перевірка точності зважування контролюється майстром зміни перед початком кожної робочої зміни.

**Бетонозмішувачі:** Контролюється стан лопатей, броні змішувального барабана, а також герметичність затворів. Зношення лопатей впливає на однорідність перемішування суміші, тому їх заміна проводиться відповідно до технічного регламенту.

**Лабораторне обладнання:** Випробувальні гідравлічні преси, сушильні шафи, кліматичні камери, ваги та мірний посуд підлягають щорічній державній метрологічній повірці.

Операційний контроль здійснюється безпосередньо в процесі виготовлення бетонної суміші. Його метою є своєчасне виявлення та усунення відхилень від заданого технологічного режиму.

Основні параметри, що підлягають операційному контролю:

**1. Точність дозування компонентів:** Автоматизована система управління (АСУ) бетонозмішувального вузла безперервно фіксує фактичну масу віддозованих матеріалів на кожен заміс. При відхиленні від заданої рецептури система блокує вивантаження матеріалів у змішувач.

**2. Вологість заповнювачів:** У бункерах інертних матеріалів (особливо піску) встановлені мікрохвильові датчики вологості. АСУ автоматично коригує кількість води замішування залежно від фактичної вологості піску для забезпечення стабільного водоцементного відношення (В/Ц).

**3. Час перемішування:** Контролюється автоматично. Для важкого бетону класу С 30/35 з використанням пластифікаторів час перемішування у змішувачі примусової дії становить не менше 60-90 секунд після

завантаження всіх компонентів.

Характеристики свіжоприготовленої бетонної суміші перевіряються працівниками лабораторії шляхом відбору проб безпосередньо після вивантаження зі змішувача. Контроль здійснюється за параметрами, наведеними у таблиці 6.1. Згідно з методичними вказівками, до таблиці включено лише показники, релевантні для важкої товарної бетонної суміші.

Таблиця 6.1

Операційний контроль якості

<b>Найменування контролюваного показника</b>	<b>Нормативний документ, що встановлює технічні вимоги до показника якості</b>	<b>Нормативний документ, що встановлює методи контролю та випробувань</b>	<b>Контролююча служба і періодичність контролю</b>
1. Вид суміші	ДСТУ EN 206:2022 [11]	-	ВТК, Лабораторія. Постійно
2. Легкоукладальність (рухливість чи жорсткість)	ДСТУ EN 206:2022 [11]	ДСТУ EN 12350-2:2022 [12]	Лабораторія. Не рідше 1 разу в зміну, а також при зміні вологості заповнювачів
3. Густина	ДСТУ EN 206:2022 [11]	ДСТУ EN 12350-6:2022 [16]	Лабораторія. 2 рази в зміну

Найменування контролюваного показника	Нормативний документ, що встановлює технічні вимоги до показника якості	Нормативний документ, що встановлює методи контролю та випробувань	Контролююча служба і періодичність контролю
			(обов'язково в зимовий та спекотний періоди)

Для визначення рухливості суміші використовують стандартний конус Абрамса. Суміш укладають у конус трьома шарами з штикуванням. Після зняття конуса вимірюють осадку бетонної суміші (в см). Температуру вимірюють занурювальним термометром безпосередньо у транспортному засобі (автобетонозмішувачі).

Готові бетонні суміші та затверділий бетон повинні пройти приймальний контроль якості. Приймання здійснюється партіями. Партією вважається обсяг бетонної суміші одного номінального складу, вироблений протягом однієї доби. Для перевірки характеристик затверділого бетону з кожної партії відбираються проби і виготовляються контрольні зразки (куби 150x150x150 мм).

Виготовлені зразки маркуються і зберігаються у камері нормального твердіння при температурі  $20\pm 2^{\circ}\text{C}$  та відносній вологості не менше 95%. Випробування зразків проводять у проектному віці (зазвичай 28 діб, а для гіпсоглиноземистого цементу додатково контролюють ранню міцність на 1 та 3

добу).

Методи випробувань для приймального контролю:

**Клас бетону за міцністю (С 30/35):** Зразки-куби випробовують на гідравлічному пресі з постійною швидкістю навантаження. Отримані результати руйнівного навантаження переводять у межу міцності (МПа). Статистична обробка результатів здійснюється за ДСТУ Б В.2.7-214:2009 [13].

**Морозостійкість (F200):** Оскільки проектний клас умов експлуатації ХС4, бетон має високу марку F200. Випробування проводять у кліматичній камері шляхом багаторазового попереминого заморожування (при  $-18^{\circ}\text{C}$ ) та відтавання (у воді при  $+20^{\circ}\text{C}$ ). Бетон вважається таким, що витримав випробування, якщо втрата міцності не перевищує 5%, а втрата маси – 2%.

**Водонепроникність (W6):** Випробовується на установці (наприклад, УВБ) за методом «мокрої плями». До нижньої торцевої поверхні зразків-циліндрів ступінчасто подається вода під тиском. Марка W6 означає, що бетон не пропускає воду при тиску 0,6 МПа.

**Щільність важкого бетону (D2400):** Визначається шляхом зважування зразків правильної геометричної форми та обчислення співвідношення маси до об'єму.

Показники, за якими здійснюється приймальний контроль твердого бетону наведені в таблиці 6.2.

## Приймальний контроль якості

Найменування контролюваного показника	Нормативний документ, що встановлює технічні вимоги до показника якості	Нормативний документ, що встановлює методи контролю та випробувань	Контролююча служба, періодичність та обсяг контролю
Клас (марка) бетону за міцністю. Відпускна міцність бетону	ДСТУ EN 206:2022 [11], ДСТУ EN 206:2022 [11]	ДСТУ Б В.2.7-214:2009 [13], ДСТУ Б В.2.7-226:2009 [21]	Лабораторія. Для кожної партії бетону (випробування зразків-кубів)
Морозостійкість бетону (марка F200)	ДСТУ EN 206:2022 [11], ДСТУ EN 206	ДСТУ CEN/TR 15177:2019 [15]	Лабораторія. Періодично (1 раз на 6 місяців) та при кожній зміні складу бетону
Водонепроникність бетону (марка W6)	ДСТУ EN 206:2022 [11], ДСТУ EN 206	ДСТУ Б В.2.7-170:2008 [14]	Лабораторія. Періодично (1 раз на 6 місяців) та при зміні складу бетону
Щільність	ДСТУ EN 206:2022	ДСТУ Б В.2.7-	Лабораторія.

<b>Найменування контролюваного показника</b>	<b>Нормативний документ, що встановлює технічні вимоги до показника якості</b>	<b>Нормативний документ, що встановлює методи контролю та випробувань</b>	<b>Контролююча служба, періодичність та обсяг контролю</b>
важкого бетону (клас D2400)	[11]	170:2008 [14]	Періодично (не рідше 1 разу на місяць)

Управління технологічним процесом та документування всіх етапів перевірок здійснюється згідно з «Картою контролю якості виробництва». Це зведений документ, який регламентує хто, як і коли здійснює нагляд за виробничим обладнанням і готовою продукцією. Карта потрібна для своєчасного та правильного виконання контролюючих дій. Вона повинна доведена до відома всіх, задіяних у контролі працівників.

Карта представлена у вигляді таблиці (таблиця 6.3).

Таблиця 6.3

### **Карта контролю якості виробництва**

<b>Основні операції, що підлягають контролю</b>	<b>Комплектація робочих креслень, НД, технологічних карт</b>	<b>Виготовлення бетонної суміші</b>
Склад контролю	Наявність технічної документації (НД,	Точність дозування компонентів, час

	робочі креслення й ін.)	перемішування, консистенція, температура суміші
Місце контролю	Цех, Відділ головного технолога	Дозатори, бетонозмішувачі, виробнича лабораторія
Метод і засоби контролю	Порівняння із проектом та чинними ДБН/ДСТУ	Спостереження за приладами АСУ, перевірка та тарування ваг, відбір проб і випробування, термометр
Періодичність і обсяг контролю	Раз на місяць і при впровадженні нового складу бетону	Раз у зміну (дозатори), кожний заміс (час перемішування), 2 рази в зміну й при новому складі суміші (консистенція)
Особа, що контролює операцію	Інженер ВТВ Головний технолог	Механік, Енергетик, Лаборант (1-4 розряду), Оператор бетонозмішувального вузла
Документ, у якому реєструються результати	Журнал обліку нормативної та проектної документації	Журнали перевірки встаткування, Журнал лабораторних

Впроваджена комплексна система контролю дозволяє гарантувати споживачеві, що випущена підприємством бетонна суміш повністю відповідає вимогам ДСТУ EN 206:2022 [11], має заданий рівень легкоукладальності (P2), а після затвердіння у конструкції забезпечить проектний клас С 30/35, морозостійкість F200 та водонепроникність W6.

Всі контролюючі операції повинні виконуватися своєчасно. Працівники лабораторії повинні мати відповідну кваліфікацію, та регулярно проходити атестацію.

## **РОЗДІЛ 7. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ**

### **Санітарно-гігієнічні умови праці**

Санітарно-гігієнічні умови праці (температура, відносна вологість та рухливість повітря, його запиленість і загазованість, рівень вібрації (загальної і локальної) та освітлення на робочих місцях) належить приймати у межах вимог, що наведені у ДБН. При проектуванні підприємств слід дотримуватися вказівок щодо аспірації та знепилювання технологічного і транспортного обладнання, які приведені у ДБН.

Для забезпечення зазначених вимог на проектуваному підприємстві з виробництва товарного бетону передбачено наступний комплекс санітарно-гігієнічних заходів:

- **Мікроклімат виробничих приміщень:** Оскільки основні технологічні процеси (дозування, перемішування) відбуваються в закритому

головному корпусі баштового типу, передбачено встановлення систем припливно-витяжної вентиляції з механічним спонуканням. Це гарантує підтримання оптимальної температури, вологості та рухливості повітря згідно з чинними санітарними нормами, незалежно від пори року. Для обігріву приміщень у зимовий період використовуються безпечні системи промислового опалення.

- **Захист від пилу та загазованості:** Виробництво бетону пов'язане з інтенсивним виділенням цементного та нерудного пилу. Для мінімізації його впливу на працівників передбачено герметизацію всього тракту подачі сипучих матеріалів. Силоси цементу оснащуються сучасними рукавними фільтрами із системами імпульсного пневмоочищення, які вловлюють до 99,9% пилу під час закачування в'язучого автоцементовозами. Зона завантаження бетонозмішувача та вагові дозатори підключені до централізованої системи аспірації.

- **Захист від шуму та вібрації:** Робота бетонозмішувача примусової дії, конвеєрів, дозаторів та пневмотранспорту супроводжується значними вібраційними та шумовими навантаженнями. Для зниження рівня вібрації до нормативних значень згідно з ДСН 3.3.6-039-99 [17], бетонозмішувач та інше динамічне обладнання встановлюються на спеціальні віброгасильні опори (амортизатори). З'єднання дозаторів із бункерами виконується за допомогою гнучких еластичних вставок. Рівень шуму в пультовій кімнаті оператора (де він проводить більшу частину зміни) знижено за рахунок звукоізоляції стін та встановлення вікон із багатокамерними склопакетами.

- **Освітлення робочих місць:** Виробниче освітлення запроектовано з урахуванням вимог ДБН. У головному корпусі та на складах передбачено як природне (через віконні прорізи), так і штучне освітлення (загальне та місцеве). Для штучного освітлення використовуються пиловологозахищені LED-світильники (зі ступенем захисту не нижче IP65), що забезпечують необхідну

освітленість на пультах керування, у зонах обслуговування механізмів та на естакадах.

### **Положення щодо прав робітників з охорони праці**

Охорона праці на підприємстві базується на положеннях Конституції України, Кодексу законів про працю (КЗпП) та Закону України «Про охорону праці». Згідно з цими документами, керівництво заводу зобов'язане створити на кожному робочому місці умови праці відповідно до нормативно-правових актів.

### **Основні права працівників заводу:**

1. **Право на безпечні умови праці:** Кожен працівник має право на робоче місце, захищене від впливу небезпечних і шкідливих виробничих факторів. Під час укладання трудового договору роботодавець зобов'язаний поінформувати працівника під розписку про умови праці та наявність на його робочому місці небезпечних факторів.

2. **Право на відмову від виконання роботи:** Працівник (оператор, лаборант, слюсар) має законне право відмовитися від дорученої роботи, якщо створилася виробнича ситуація, небезпечна для його життя чи здоров'я або для людей, які його оточують (наприклад, несправність кінцевих вимикачів на змішувачі, пошкодження ізоляції кабелів, відсутність захисних огорожень на конвеєрі).

3. **Забезпечення ЗІЗ:** Усі працівники заводу безкоштовно забезпечуються засобами індивідуального захисту (ЗІЗ), спецодягом та спецвзуттям. До переліку обов'язкових ЗІЗ для працівників бетонозмішувального вузла входять:

- Захисні каски (для захисту від падіння предметів на території баштового корпусу).
- Протипилові респіратори (для роботи у змішувальному та бункерному відділеннях).

- Захисні окуляри та хімічно стійкі рукавички (обов'язкові при роботі з хімічною пластифікуючою добавкою).
- Спецвзуття з металевим носком та нековзною підошвою.
- Сигнальні жилети зі світловідбивними елементами (для безпечного пересування в зоні роботи автотранспорту).

4. **Медичні огляди та навчання:** Працівники, зайняті на роботах із підвищеною небезпекою, проходять попередні (під час прийняття на роботу) та періодичні медичні огляди. Роботодавець власним коштом організовує регулярні інструктажі з питань охорони праці (вступний, первинний, повторний, позаплановий, цільовий).

#### **Техніка безпеки при експлуатації технологічного обладнання**

Процес виготовлення товарного бетону регламентується вимогами ДСТУ-Н Б А.3.1-34:2016 «Настанова з виробництва бетонних і залізобетонних виробів» [18] та НПАОП 26.6-1.02-00 «Правила охорони праці для працівників бетонних і залізобетонних заводів» [19].

Для запобігання виробничому травматизму під час роботи з технологічним обладнанням проектного заводу розроблено наступні заходи:

#### **Вимоги безпеки на складах заповнювачів та цементу:**

- Рух автосамоскидів та автоцементовозів на території складів (Зона А) регулюється встановленими маршрутними картами, знаками дорожнього руху та світлозвуковою сигналізацією. Швидкість руху транспорту територією заводу не повинна перевищувати 5 км/год.

- Зона розвантаження заповнювачів у приймальні бункери повинна мати міцні відбійні бруси, які унеможливають падіння самоскида в бункер під час вивантаження.

- Експлуатація силосів цементу допускається лише за наявності справних датчиків верхнього та нижнього рівня, а також запобіжних клапанів

скидання надлишкового тиску. Це унеможливило розрив силосу під час пневмоподачі цементу.

- Категорично забороняється спускати працівників у бункери або силоси для усунення «зависань» матеріалу без спеціального наряду-допуску, використання запобіжних поясів із рятувальною мотузкою та присутності спостерігача. Для руйнування склепінь матеріалу передбачено встановлення пневматичних обвалювачів (вібраторів) на стінках бункерів.

#### **Вимоги безпеки під час роботи зі стрічковими конвеєрами:**

- Усі рухомі частини конвеєрів (приводні та натяжні барабани, роликоопори) обладнуються суцільними або сітчастими захисними огороженнями.

- Уздовж усієї траси стрічкового конвеєра з боку проходу для обслуговування натягується трос аварійної зупинки, за допомогою якого можна миттєво відключити привід конвеєра з будь-якого місця.

- Прибирання просипаного матеріалу під конвеєром, а також змашування або регулювання натягу стрічки дозволяється виключно після повної зупинки конвеєра та вивішування на пусковому пристрої таблички «Не вмикати! Працюють люди!».

#### **Вимоги безпеки при експлуатації бетонозмішувачів та дозаторів:**

- Бетонозмішувачі примусової дії є обладнанням підвищеної небезпеки. Над їх приймальними отворами встановлюються міцні захисні решітки, які запобігають падінню сторонніх предметів та доступу людей до рухомих лопатей.

- Очищення внутрішньої поверхні барабана змішувача від залишків бетону, заміна лопатей або броні виконується виключно за умови повного відключення обладнання від електромережі (з видимим розривом ланцюга живлення), зняття запобіжників та надійного блокування пускових кнопок

замками. На пульті керування вивішується попереджувальний плакат.

- Перевірка та тарування вагових дозаторів проводиться із застосуванням спеціальних вантажопідіймальних механізмів (таль, тельфер), оскільки ручне піднімання контрольних вантажів великої маси заборонене.

#### **Робота з хімічними добавками:**

- Оскільки в проекті використовується пластифікуюча добавка, ємність для її зберігання встановлюється в піддоні, об'єм якого здатний вмістити всю рідину в разі аварійного витоку.

- Працівники, які обслуговують насосне обладнання для подачі добавок, повинні бути забезпечені засобами захисту очей (окуляри) та шкіри. Поруч із зоною зберігання добавок передбачено встановлення аварійних душів або фонтанчиків для промивання очей водою.

#### **Електробезпека та пожежна безпека**

Завод із виробництва бетону належить до підприємств із підвищеною небезпекою ураження електричним струмом через наявність великої кількості електроприводів, запиленості та вологи.

- **Електробезпека:** Усе електрообладнання (двигуни змішувачів, конвеєрів, насоси, дозатори, пульти керування) підлягає обов'язковому захисному заземленню (зануленню) відповідно до вимог Правил улаштування електроустановок (ПУЕ). Металеві конструкції головного корпусу, силоси цементу та транспортні галереї обладнуються системою блискавкозахисту. Шафи керування встановлюються у волого- та пилонепроникному виконанні. Ремонт та обслуговування електромереж здійснюється виключно кваліфікованим електротехнічним персоналом із групою допуску не нижче III.

- **Пожежна безпека:** Незважаючи на те, що основні компоненти бетону (щебінь, пісок, цемент, вода) є негорючими матеріалами, на підприємстві існують пожежонебезпечні зони (електрощитові, склади ПММ для

автотранспорту, місця зберігання пластифікаторів у пластиковій тарі). Виробничі приміщення укомплектовуються первинними засобами пожежогасіння (вуглекислотними та порошковими вогнегасниками, пожежними щитами з піском та інвентарем). Шляхи евакуації з усіх поверхів головного баштового корпусу мають бути завжди вільними, освітленими та позначеними відповідними покажчиками згідно з ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва» [20]. Куріння на території дозволяється виключно у спеціально відведених та обладнаних місцях.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. ДБН В.2.6-98:2009 Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення. Зі Зміною №1. На заміну СНиП 2.03.01-84\* ; чинний від 2020-06-01. Вид. офіц. Київ : Міністерство розвитку та територій України. 70 с.
2. ДСТУ Б В.2.7-281:2011 Цементи. Класифікація. На заміну ГОСТ 23464-79 ; чинний від 2012-10-01. Київ : Мінрегіон України, 2011. 29 с.
3. 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.
4. ДСТУ Б В.2.7-74-98 Будівельні матеріали. Крупні заповнювачі природні, із відходів промисловості, штучні для будівельних матеріалів, виробів, конструкцій та робіт. Класифікація. На заміну ГОСТ 25137-82 (СТ СЭВ 5445-85) у частині вимог до великих заповнювачів ; чинний від 1999-01-01. Київ : УкрНДНЦ, 1999. 16 с.
5. 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.
6. 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.
7. 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.

8. 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.

9. ДСТУ Б В.2.7-185:2009 Будівельні матеріали. Цементи. Методи визначення нормальної густоти, строків тужавлення та рівномірності зміни об'єму. На заміну ГОСТ 310.3-76 ; чинний від 2010-08-01. Київ : Міністерство регіонального розвитку та будівництва України, 2010. 12 с.

10. 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.

11. ДСТУ EN 206:2022 Бетон. Специфікація, продуктивність, виробництво та відповідність. Чинний від 2023-12-21. Брюссель : CEN, 2021. 103 с.

12. 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.

13. 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.

14. 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.

15. ДСТУ CEN/TR 15177:2019 Випробування бетону на морозостійкість. Внутрішнє структурне пошкодження. Чинний від 2020-01-01. Брюссель : CEN, 2006. 35 с.

16. ДСТУ EN 12350-6:2022 Випробування бетонної суміші. Частина 6.

Густина. Чинний від 2023-12-31. Брюссель : CEN, 2019. 12 с.

17. 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.

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

19. НПАОП 26.6-1.02-00. Правила охорони праці для працівників бетонних і залізобетонних заводів (укр). На заміну Правила техніки безпеки і виробничої санітарії у виробництві збірних залізобетонних і бетонних конструкцій та виробів ; чинний від 2001-02-01. Вид. офіц. Київ : Мінпраці України, 2000. 96 с.

20. ДБН В.1.1-7:2016 Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги. На заміну ДБН В.1.1-7-2002 ; чинний від 2017-06-01. Київ : Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2017. 38 с.

21. ДСТУ Б В.2.7-226:2009 Будівельні матеріали. Бетони. Ультразвуковий метод визначення міцності. На заміну ГОСТ 17624-87 ; чинний від 2010-09-01. Київ : Міністерство регіонального розвитку та будівництва України, 2010. 26 с.

22. Дворкін Л. Й., Дворкін О. Л. Проектування складів бетонів : навч. посіб. Рівне : НУВГП, 2014. 352 с.

23. Дворкін Л. Й., Дворкін О. Л. Спеціальні бетони. Рівне : НУВГП, 2011. 415 с.