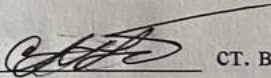


Міністерство освіти і науки України
КРИВОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Будівельний факультет
КАФЕДРА ТЕХНОЛОГІЇ БУДІВЕЛЬНИХ ВИРОБІВ, МАТЕРІАЛІВ І КОНСТРУКЦІЙ


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 жаростійкого товарного бетону заданої якості

Виконав: студент/ка групи БІ-22-2 Ферліковський Михайло Юрійович

Керівник випускної роботи  ст. вик., доц. Астахова Н.В.

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


"18" червня 2026 року

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА СТУДЕНТУ Ферліковському Михайлу Юрійовичу

1. Тема роботи Завод з випуску товарного жаростійкого бетону заданої якості
керівник роботи ст., виклад., доц. Астахова Н.В.
затверджені наказом університету від "14" квітня 2026 року № 196с

2. Строк подання студентом роботи 12 червня 2026 року

3. Вихідні дані до роботи

- Клас бетону за міцністю на стиск – С30/35;
- Клас умов експлуатації конструкцій, які будуть виготовлені з бетону – ХА1;
- Ступінь відповідальності будівель і споруд, для виготовлення конструкцій яких призначено бетон – СС1;
- Розрахункова температура зовнішнього повітря при експлуатації бетону – від -5°C до -20°C ;
- Марка бетонної суміші – Р2;
- Планова потужність підприємства – $9000 \text{ м}^3/\text{рік}$.

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	ст.. виклад., доц. Астахова Н.В.		
2	ст.. виклад., доц. Астахова Н.В.		
3	ст.. виклад., доц. Астахова Н.В.		
4	ст.. виклад., доц. Астахова Н.В.		
5	ст.. виклад., доц. Астахова Н.В.		
6	ст.. виклад., доц. Астахова Н.В.		
7	ст.. виклад., доц. Астахова Н.В.		

7. Дата видачі завдання 14 квітня 2026 року

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)

Ферліковський М. Ю.
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Астахова Н. В.
(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

кваліфікаційної роботи бакалавра

студента гр.. БІ-22-2 Ферліковського Михайла Юрійовича

на тему: «Завод з випуску товарного жаростійкого бетону заданої якості»

Актуальність теми. В умовах відновлення промислової інфраструктури України зростає попит на спеціальні види бетону, здатні витримувати вплив підвищених температур. Жаростійкий товарний бетон широко застосовується у металургійній, енергетичній, хімічній промисловості для спорудження теплових агрегатів, промислових печей, димових каналів та футерівок. Проектування спеціалізованого підприємства з виробництва такого бетону є актуальним технічним завданням.

Метою кваліфікаційної роботи є проектування заводу з випуску жаростійкого 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 жаростійкого 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 проєктуванню заводу з випуску жаростійкого товарного бетону заданої якості.

Ключові слова: жаростійкий бетон, бетонна суміш, легкоукладальність бетонної суміші, міцність бетону, виробництво бетонної суміші.

Обсяг кваліфікаційної роботи: Бакалаврська кваліфікаційна робота складається з пояснювальної записки, викладеної на 50 сторінках, яка складається зі вступу, семи розділів, які містять 1 рисунок, 19 таблиць, списку використаних джерел з ... найменувань, та графічної частини, яка складається з 3 листів формату А3.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1. ХАРАКТЕРИСТИКА БЕТОННОЇ СУМІШІ, БЕТОНУ ТА ЙОГО КОМПОНЕНТІВ	8
1.1 Характеристики бетону	8
1.2 Характеристики бетонної суміші	9
1.3 Характеристика компонентів	9
1.3.1 Цемент	9
1.3.2 Дрібний заповнювач	10
1.3.3 Крупний заповнювач.....	10
1.3.4 Вода	11
1.3.5 Хімічні добавки.....	11
2. РЕЖИМ РОБОТИ ПІДПРИЄМСТВА.....	13
3. РОЗРАХУНОК СКЛАДУ БЕТОНУ	Error! Bookmark not defined.
4. ОРГАНІЗАЦІЯ РОБОТИ ПІДПРИЄМСТВА.....	Error! Bookmark not defined.
4.1 Визначення тривалості циклу приготування бетонної суміші	20
4.2 Визначення кількості замісів за годину та годинної продуктивності змішувача	20
4.3 Визначення необхідної кількості бетонозмішувачів	21
4.4 Визначення фактичної продуктивності заводу	21
4.5 Поопераційний графік виготовлення бетонної суміші	21
4.6 Розрахунок потреби в компонентах бетонної суміші	23
5. ПРОЕКТУВАННЯ СПОРУД ПІДПРИЄМСТВА	25
5.1 Вибір технологічної схеми виробництва.....	25
5.2 Проектування головного корпусу заводу	Error! Bookmark not defined.
5.3 Проектування складів компонентів бетонної суміші.....	29
5.3.1 Розрахунок складу в'язучих речовин.....	Error! Bookmark not defined.
5.3.2 Розрахунок складів заповнювачів.....	30
5.3.3 Розрахунок ємності для зберігання суперпластифікатора	31
6. КОНТРОЛЬ ЯКОСТІ	33
7. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ	40
7.1 Загальні вимоги до охорони праці на підприємстві.....	40
7.2 Санітарно-гігієнічні умови праці	41
7.3 Вимоги безпеки при роботі з технологічним обладнанням	42
7.4 Протипожежні заходи	43
7.5 Права та гарантії працівників у сфері охорони праці	Error! Bookmark not defined.
7.6 Медичні огляди та засоби індивідуального захисту	Error! Bookmark not defined.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

Error! Bookmark not defined.

ВСТУП

Бетон є одним із найважливіших будівельних матеріалів сучасності, який широко використовується завдяки своїй міцності, довговічності та можливості отримання різноманітних експлуатаційних властивостей. До складу бетонної суміші входять в'язуча речовина, заповнювачі, вода та, за необхідності, хімічні добавки, що забезпечують покращення технологічних і фізико-механічних характеристик готового матеріалу. Залежно від призначення бетони поділяють за міцністю, морозостійкістю, водонепроникністю та стійкістю до впливу високих температур.

Виробництво бетонних сумішей відіграє важливу роль у розвитку промислового, цивільного та інфраструктурного будівництва. Їх застосовують під час зведення житлових і громадських будівель, транспортних споруд, промислових комплексів та спеціальних об'єктів. В умовах активної відбудови та модернізації виробничих потужностей зростає потреба у спеціальних видах бетонів, здатних працювати в складних умовах експлуатації.

Особливе місце серед таких матеріалів займає жаростійкий бетон, який зберігає свої експлуатаційні властивості за дії підвищених температур. Його використовують для спорудження теплових агрегатів, промислових печей, футерівок, димових каналів та інших конструкцій, що працюють у металургійній, енергетичній, хімічній і скляній промисловості. Висока термостійкість досягається завдяки використанню спеціальних в'язучих матеріалів і вогнетривких заповнювачів, зокрема глиноземистого цементу та шамотних матеріалів.

1. ХАРАКТЕРИСТИКА БЕТОННОЇ СУМІШІ, БЕТОНУ ТА ЙОГО КОМПОНЕНТІВ

1.1 Характеристики бетону

Відповідно до вхідних даних та вимог ДСТУ 9208:2022 [1] і ДБН В.2.6-98:2009 [2], для виробництва товарного жаростійкого бетону прийнято такі характеристики (таблиця 1.1.):

Таблиця 1.1

Характеристики бетону	
Характеристика	Значення
Клас бетону за міцністю	C 30/35
Клас умов експлуатації навколишнього середовища	XA1
Клас наслідків (відповідальності) для конструкцій з бетону	CC1
Розрахункова температура зовнішнього повітря при експлуатації бетонної суміші	від $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$
Марка бетону за водонепроникністю	не нормується
Марка бетону за морозостійкістю	не нормується
Клас бетону за щільністю	D2200 – D2400 (важкий бетон)

Клас умов експлуатації XA1 відповідає слабко агресивному хімічному впливу ґрунту або ґрунтових вод. Клас наслідків CC1 означає низький ступінь відповідальності конструкцій, при якому наслідки відмови несуттєві для людей та суспільства. Відповідно до Таблиці 4.1(a) ДБН В.2.6-98:2009 [2], для класу умов експлуатації XA1 та класу наслідків CC1 при розрахунковій температурі зовнішнього повітря від $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ марка бетону за морозостійкістю та водонепроникністю не нормується.

Жаростійкий бетон класу C30/35 витримує тривалий вплив підвищених температур (від $300\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $1580\text{ }^{\circ}\text{C}$ залежно від складу) зі збереженням

необхідних фізико-механічних характеристик. Нормована міцність на стиск характеристична $f_{ck} = 30$ МПа, нормована міцність на стиск циліндрична $f_{ck,cyl} = 35$ МПа.

1.2 Характеристики бетонної суміші

Для виробництва жаростійкого бетону буде використовуватися бетонна суміш з маркою за легкоукладальністю P2 (розплив конусу від 370 до 410 мм), що забезпечує задовільну укладальність при механізованому ущільненні та є оптимальною для товарного бетону, що подається до місця укладання авто бетонозмішувачами (таблиця 1.2).

Таблиця 1.2

Характеристики бетонної суміші	
Характеристика	Значення
Марка за легкоукладальністю	P2
Розплив конусу, мм	370 – 410
Вид суміші	Бетонна суміш важка
Водоцементне відношення (В/Ц)	0,45 – 0,50

1.3 Характеристика компонентів

1.3.1 Цемент

Для виготовлення жаростійкого бетону класу С30/35 в умовах експлуатації ХА1 застосовується глиноземистий цемент (ДСТУ 9183:2022 [3]), який має підвищену стійкість до хімічних впливів і забезпечує жаростійкі властивості бетону (таблиця 1.3). Клас міцності цементу — 42,5N.

Таблиця 1.3

Характеристики цементу	
Показник	Значення
Вид цементу	Глиноземистий цемент
Клас міцності	42,5N
Вміст Al_2O_3 , %	не менше 35

Вміст сульфату SO ₃ , %	не більше 3,5
Вміст хлориду, %	не більше 0,1
Насипна щільність, кг/м ³	2900 – 3100
Істинна щільність, кг/м ³	1000 – 1100
Початок тужавлення	не раніше ніж через 30 хвилин

1.3.2 Дрібний заповнювач

Як дрібний заповнювач для жаростійкого бетону застосовується шамотний пісок (відсів шамоту фракції 0–5 мм) відповідно до ДСТУ Б В.2.7-29-95 [4] та ДСТУ Б В.2.7-120-2003 [5] (таблиця 1.4). Шамотний пісок забезпечує жаростійкі властивості бетону та його стабільність при впливі високих температур.

Таблиця 1.4

Характеристики дрібного заповнювача (шамотний пісок)	
Показник	Значення
Вид матеріалу	Шамотний пісок (відсів шамоту)
Фракція, мм	0 – 5
Насипна щільність, кг/м ³	1200 – 1500
Істинна щільність, кг/м ³	300 – 2600
Модуль крупності	1,5 – 2,5
Вміст зерен розміром >5 мм, %	не більше 5
Вміст глинистих і пилюватих часток, %	не більше 2
Вогнетривкість, °С	не менше 1580

1.3.3 Крупний заповнювач

Як крупний заповнювач для жаростійкого бетону застосовується шамот фракції 5–20 мм відповідно до ДСТУ Б В.2.7-74-98 [6] та ДСТУ Б В.2.7-120-2003 [5] (таблиця 1.5). Застосування шамоту обумовлено його високою вогнетривкістю та сумісністю з глиноземистим цементом.

Таблиця 1.5

Характеристики крупного заповнювача (шамот)	
Показник	Значення
Вид матеріалу	Шамот кусковий
Фракція, мм	5 – 20
Насипна щільність, кг/м ³	2300 – 2600
Істинна щільність, кг/м ³	900 – 1200
Марка за міцністю	П 100 – П 150
Водопоглинання за масою, %	не більше 8
Вогнетривкість, °С	не менше 1580
Вміст Al ₂ O ₃ , %	30 – 42

1.3.4 Вода

Для приготування жаростійкого бетону застосовується вода питна або технічна, що відповідає вимогам ДСТУ EN 1008:2022 [7] (таблиця 1.6).

Таблиця 1.6

Характеристики води	
Показник	Значення
Вміст розчинних солей, мг/л	не більше 5000
Вміст іонів SO ₄ ²⁻ , мг/л	не більше 2700
Вміст іонів хлору Cl ⁻ , мг/л	не більше 1200
Водневий показник рН	4 – 12,5
Вміст завислих речовин, мг/л	не більше 200

1.3.5 Хімічні добавки

З метою покращення легкоукладальності бетонної суміші марки Р2, зменшення водоцементного відношення та підвищення міцності бетону застосовується суперпластифікатор на основі полікарбоксилатів (ПК), що

відповідає вимогам ДСТУ EN 934-1:2022 [8]. Дозування пластифікатора – 0,3–0,8 % від маси цементу.

Застосування суперпластифікатора дозволяє знизити В/Ц від 0,55 до 0,45, що підвищує щільність і довговічність бетону в умовах хімічно агресивного середовища класу ХА1, а також забезпечує необхідну рухомість суміші марки Р2 без збільшення водовмісту.

Для виробництва жаростійкого бетону застосовується суперпластифікатор «LitoПласт-ПКС» виробництва ТМ «Літо». Характеристики пластифікатора наведені в таблиці 1.7 (відповідно до виробника [9]).

Таблиця 1.7

Характеристики пластифікатора «LitoПласт-ПКС» (ТМ «Літо», Україна)	
Показник	Значення
Зовнішній вигляд	Рідина
Густина, кг/л	1,14
рН (20% водний розчин)	7,0
Вміст основної речовини, %	25–35
Плинність цементної пасти, мм	240
Водоредукуюча здатність, %	понад 25
Дозування, % від маси цементу	0,06–0,9
Гарантійний термін зберігання, міс.	24

2. РЕЖИМ РОБОТИ ПІДПРИЄМСТВА

Режим роботи підприємства – це сукупність організаційно-технічних параметрів, що визначають порядок функціонування виробництва протягом певного проміжку часу: кількість робочих днів на рік, кількість змін на добу, тривалість зміни та коефіцієнт використання обладнання. Встановлення раціонального режиму роботи є необхідною умовою для визначення виробничої потужності підприємства, розрахунку потреби в сировині та матеріалах, підбору технологічного обладнання і планування виробничого процесу загалом.

Правильно встановлений режим роботи забезпечує ритмічність виробництва, рівномірне завантаження обладнання, дотримання технологічних регламентів та нормативних вимог до якості продукції, а також створює умови для своєчасного проведення планово-попереджувального ремонту устаткування.

Відповідно до норм на проектування підприємств з виробництва бетонних сумішей, визначаються показники режиму роботи підприємства. Номінальний фонд часу роботи обладнання на рік – $T_n = 260$ діб, тривалість робочої зміни – $t_{зм} = 8$ год, кількість змін на добу – $n_{зм} = 2$. Тривалість планових зупинок на ремонт для цехів з приготування бетонних сумішей – $T_{рем} = 7$ діб.

Річний фонд часу роботи технологічного обладнання визначають за формулою:

$$T_{рч} = T_n - T_{рем} = 260 - 7 = 253 \text{ діб}$$

Добовий фонд продуктивного робочого часу визначають за формулою:

$$t_{доб} = n_{зм} \cdot t_{зм} = 2 \cdot 8 = 16 \text{ год/добу}$$

Розрахунок показників для кожного рядка таблиці:

Зміна. Тривалість зміни є вихідним нормативним значенням:

$$t_{зм} = 8 \text{ год (номінальне та розрахункове)}$$

Доба. Номінальний добовий фонд часу в годинах:

$$T_{доб} = t_{зм} \cdot n_{зм} = 8 \cdot 2 = 16 \text{ год}$$

Розрахунковий добовий фонд продуктивного часу:

$$t_{доб} = n_{зм} \cdot t_{зм} = 2 \cdot 8 = 16 \text{ год}$$

Місяць. Номінальний місячний фонд часу:

$$T_M = T_H / 12 = 260 / 12 = 21,7 \text{ діб}$$

$$T_M \cdot t_{зм} \cdot n_{зм} = 21,7 \cdot 8 \cdot 2 = 347 \text{ год}$$

Розрахунковий місячний фонд часу:

$$T_{Mr} = T_{рiч} / 12 = 253 / 12 = 21,1 \text{ діб}$$

$$T_{Mr} \cdot t_{доб} = 21,1 \cdot 16 = 338 \text{ год}$$

Рік. Номінальний річний фонд часу:

$$T_H = 260 \text{ діб}; \quad T_H \cdot t_{зм} \cdot n_{зм} = 260 \cdot 8 \cdot 2 = 4160 \text{ год}$$

Розрахунковий річний фонд часу:

$$T_{рiч} = T_H - T_{рем} = 260 - 7 = 253 \text{ діб}$$

$$T_{рiч.год} = T_{рiч} \cdot t_{доб} = 253 \cdot 16 = 4048 \text{ год}$$

Показники робочого фонду часу зводимо в таблицю (табл. 2.1).

Таблиця 2.1 Показники робочого фонду часу

Термін	Номінальні		Розрахункові	
	діб	годин	діб	годин
зміна	–	t_{зм} = 8	–	t_{зм} = 8
доба	1	16	1	16
місяць	21,7	347	21,1	337
рік	260	4160	253	4048

3. РОЗРАХУНОК СКЛАДУ БЕТОНУ

Розрахунок складу жаростійкого бетону класу міцності С30/35 виконано методом абсолютних об'ємів за методикою проф. Дворкіна Л.Й. [10]. Суть методу полягає в тому, що сума абсолютних об'ємів усіх компонентів бетонної суміші (цементу, дрібного та крупного заповнювачів, води) дорівнює 1 м^3 (1000 л) ущільненого бетону.

Для виготовлення жаростійкого бетону прийнято такі матеріали: глиноземистий цемент класу міцності 42,5N, шамотний щебінь фракції 5–20 мм як крупний заповнювач, шамотний пісок фракції 0–5 мм як дрібний заповнювач та питна вода. Характеристики матеріалів наведено в розділі 1 пояснювальної записки.

Визначення необхідної (нормованої) міцності бетону

Нормована міцність бетону визначається з урахуванням рівня однорідності бетонної суміші на підприємстві. Для підприємства з рівнем контролю «В» (ДСТУ Б В.2.7-215:2009 [11]) коефіцієнт варіації міцності приймається $V = 0.135$. Нормована міцність розраховується за формулою проф. Дворкіна:

$$R_H = f_{ck} / (1 - 1,64 \times V),$$

де $f_{ck} = 30 \text{ МПа}$ — характеристична кубікова міцність бетону класу С30/35;

$V = 0.135$ — коефіцієнт варіації міцності бетону.

$$R_H = 30 / (1 - 1,64 \times 0.135) = 30 / (1 - 0.221) = 30 / 0.7786 = 38.5 \text{ МПа}$$

Визначення водоцементного відношення

Водоцементне відношення (В/Ц) визначається за формулою, наведеною в [10] для важкого бетону:

$$В/Ц = А \times R_{ц} / (R_{н} + А \times В \times R_{ц}),$$

де $A = 0.6$ — коефіцієнт якості заповнювача (для шамотного щебеню рядової якості, за [10]);

$B = 0.4$ — коефіцієнт якості заповнювача;

$R_{ц} = 42.5$ МПа — активність глиноземистого цементу класу 42,5N.

$$В/Ц = 0.6 \times 42.5 / (38.5 + 0.6 \times 0.4 \times 42.5) = 25.50 / (38.5 + 10.20) = 25.50 / 48.70 = 0.52$$

Отримане значення $В/Ц = 0.52$ знаходиться в межах допустимого діапазону (0,40–0,55) для умов експлуатації ХА1, що підтверджує правильність розрахунку. Цементно-водне відношення $Ц/В = 1.92$.

Визначення водовмісту бетонної суміші

Водовміст визначається залежно від необхідної легкоукладальності (марка Р2, розплив конуса 370–410 мм) та виду крупного заповнювача. Для шамотного щебеню фракції 5–20 мм водовміст дещо вищий порівняно зі звичайним щебенем через підвищену пористість матеріалу. За таблицями проф. Дворкіна (табл. 4.2 [10]) для суміші марки Р2 з пористим жаростійким заповнювачем:

$$В = 195 \text{ л/м}^3$$

Визначення витрати цементу

Витрата цементу на 1 м^3 бетону:

$$Ц = В / (В/Ц),$$

$$Ц = 195 / 0.52 = 375 \text{ кг/м}^3$$

Мінімально допустима витрата цементу для умов ХА1 згідно з ДБН В.2.6-98:2009 [2]: $C_{\min} = 280 \text{ кг/м}^3$. Оскільки розрахункове значення 375 кг/м^3 перевищує мінімально допустиме, приймається:

$$C = 375 \text{ кг/м}^3$$

Визначення витрати крупного заповнювача

Пустотність шамотного щебеню:

$$V_{\text{пуст}} = 1 - \rho_{\text{нас}} / \rho_{\text{іст}},$$

де $\rho_{\text{нас}} = 1000 \text{ кг/м}^3$ – насипна щільність шамотного щебеню;

$\rho_{\text{іст}} = 2400 \text{ кг/м}^3$ — істинна щільність шамотного щебеню.

$$V_{\text{пуст}} = 1 - 1000/2400 = 0.583$$

Коефіцієнт розсування зерен $\alpha = 1.35$ прийнято для суміші марки Р2 з шамотним щебенем (за [10, 11]).

$$Щ = (1000 \times \rho_{\text{іст}}) / (\alpha \times V_{\text{пуст}} + 1),$$

$$Щ = (1000 \times 2,4) / (1.35 \times 0.583 + 1) = 2,400,000 / 1.787 = 1340,8 \text{ кг/м}^3$$

Приймається:

$$Щ = 1341 \text{ кг/м}^3$$

Визначення витрати дрібного заповнювача

Витрата шамотного піску визначається з умови рівності суми абсолютних об'ємів компонентів 1000 л:

$$V_{\Pi} = 1000 - V - C/\rho_{\text{іст.ц}} - Щ/\rho_{\text{іст.щ}},$$

де $C/\rho_{\text{іст.ц}} = 375/3000 \times 1000 = 125 \text{ л}$ — абсолютний об'єм цементу;

$Щ/\rho_{\text{іст.щ}} = 820/2400 \times 1000 = 341.7 \text{ л}$ — абсолютний об'єм щебеню.

$$V_{\Pi} = 1000 - 195 - 125 - 341.7 = 338.3 \text{ л}$$

Витрата шамотного піску в кілограмах:

$$\Pi = V_{\Pi} \times \rho_{\text{іст.п}} / 1000,$$

де $\rho_{\text{іст.п}} = 2450 \text{ кг/м}^3$ — істинна щільність шамотного піску.

$$\Pi = 338.3 \times 2450 / 1000 = 829 \text{ кг/м}^3$$

Перевірка методом абсолютних об'ємів

Сума абсолютних об'ємів усіх компонентів повинна дорівнювати 1000

л:

$$B + \text{Ц}/\rho_{\text{іст.ц}} + \text{Щ}/\rho_{\text{іст.щ}} + \Pi/\rho_{\text{іст.п}} = 1000 \text{ л}$$

$$195 + 125 + 341.7 + 338.4 = 1000.1 \text{ л} \approx 1000 \text{ л}$$

Визначення витрати суперпластифікатора

Дозування суперпластифікатора «LitoПласт-ПКС» приймається 0,3% від маси цементу відповідно до [9].

$$\text{СП} = \text{Ц} \times 0,003$$

$$\text{СП} = 375 \times 0,003 = 1,125 \text{ кг/м}^3.$$

Результати розрахунку складу жаростійкого бетону класу С30/35 зведено до таблиці 3.1.

Таблиця 3.1

Склад жаростійкого бетону					
№	Матеріал	$\rho_{\text{іст}}$, кг/м ³	$\rho_{\text{нас}}$, кг/м ³	Витрата, кг/м ³	Об'єм, л/м ³
1	Глиноземистий цемент 42,5N	1000	3000	375	125
2	Шамотний щебінь (5–20 мм)	2600	1000	1341	341.7

3	Шамотний пісок (0–5 мм)	2450	1500	829	338.3
4	Вода	1000	1000	195	195
5	Суперпластифікатор		1140	1,125	
Середня щільність бетонної суміші, кг/м³				2219	

Середня щільність бетонної суміші — 2219 кг/м³, що відповідає важкому бетону класу щільності D2200.

Розрахований В/Ц = 0.52 забезпечує необхідну міцність та хімічну стійкість бетону в умовах класу ХА1. Витрата цементу 375 кг/м³ перевищує мінімально допустиме значення (280 кг/м³), що гарантує необхідну щільність та довговічність конструкцій.

4. ОРГАНІЗАЦІЯ РОБОТИ ПІДПРИЄМСТВА

Правильна організація роботи бетонозмішувального заводу є одним із ключових чинників ефективного виробництва. Від того, наскільки грамотно підбрано тип і кількість змішувачів, визначено продуктивність технологічної лінії та узгоджено роботу всіх ланок виробничого процесу, залежить виконання планових показників, якість готової бетонної суміші та раціональне використання сировинних матеріалів.

Для заводу з виробництва товарного жаростійкого бетону питання організації має особливу вагу: бетонна суміш є матеріалом з обмеженим терміном придатності, тому темп виробництва повинен бути чітко узгоджений з графіком відвантаження. Перевиробництво так само небажане, як і недовиробництво, оскільки суміш, що не відвантажена вчасно, підлягає утилізації.

Розрахунок організації роботи підприємства виконано відповідно до стандартних методик з використанням вихідних даних:

планова річна потужність заводу $P = 9000 \text{ м}^3/\text{рік}$,

розрахунковий річний фонд часу $T_{рч} = 4048 \text{ год}$ (розділ 2),

кількість змін на добу $n_{зм} = 2$,

тривалість зміни $t_{зм} = 8 \text{ год}$.

4.1 Визначення тривалості циклу приготування бетонної суміші

На заводі прийнято циклічний змішувач примусової дії (без поворотного барабана). Для даного типу змішувача час повернення барабана у вихідне положення $t_4 = 0$. Тривалість одного технологічного циклу визначається за формулою:

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

де $t_1 = 2 \text{ хв}$ – задана тривалість перемішування (для примусового змішувача);

$t_2 = 2 \text{ хв}$ – час завантаження матеріалів у бетонозмішувач;

$t_3 = 1 \text{ хв}$ – час вивантаження бетонної суміші;

$t_4 = 0 \text{ хв}$ — час повернення перекинутого барабана у вихідне положення (для примусового змішувача = 0)» [12].

Тоді:

$$t_{ц} = 2 + 2 + 1 + 0 = 5 \text{ хв}$$

4.2 Визначення кількості замісів за годину та годинної продуктивності змішувача

Кількість замісів, що видається за годину роботи змішувача, визначається за формулою:

$$n_{зб} = 60 \times K_n / t_{ц}, \text{ шт/год},$$

де $K_n = 0.8$ — коефіцієнт нерівномірності видавання бетонної суміші (рекомендований діапазон 0,6–0,8).

$$n_{зб} = 60 \times 0.8 / 5 = 9.6 \text{ замісів/год}$$

Годинна продуктивність бетонозмішувача визначається за формулою:

$$P_{\text{год}} = V_{\text{б}} \times n_{\text{зб}} \times K_{\text{в}} / 1000, \text{ м}^3/\text{год},$$

де $V_{\text{б}} = 350$ л — ємність барабана змішувача по об'єму матеріалів, що завантажуються (стандартний типорозмір);

$K_{\text{в}} = 0.67$ — коефіцієнт виходу бетонної суміші у щільному тілі для важкого бетону.

$$P_{\text{год}} = 350 \times 9.6 \times 0.67 / 1000 = 2.25 \text{ м}^3/\text{год}$$

4.3 Визначення необхідної кількості бетонозмішувачів

Необхідна кількість бетонозмішувачів визначається виходячи з річної програми потреби у бетонній суміші за:

$$n_{\text{зр}} = P_{\text{max}} \times K_{\text{н}} / (\text{Тріч.год} \times P_{\text{год}}), \text{ шт},$$

$$n_{\text{зр}} = 9000 \times 0.8 / (4048 \times 2,25) = 7200 / 9108 = 0,79$$

Розрахункова кількість змішувачів становить $0.79 < 1$, тому приймається $N_{\text{з}} = 1$ робочий бетонозмішувач та 1 резервний. Наявність резервного змішувача обумовлена вимогами безперервності виробництва та необхідністю проведення планово-попереджувального ремонту.

4.4 Визначення фактичної продуктивності заводу

Річна продуктивність бетонозмішувального заводу після прийняття кількості змішувачів визначається за формулою:

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

$$P_{\text{річ}} = 2,25 \times 4048 \times 1 = 9108 \text{ м}^3/\text{рік}$$

Фактична річна продуктивність заводу ($9108 \text{ м}^3/\text{рік}$) перевищує планову ($9000 \text{ м}^3/\text{рік}$), що підтверджує достатність прийнятого рішення.

4.5 Поопераційний графік виготовлення бетонної суміші

Поопераційний графік виготовлення бетонної суміші будується для того, щоб графічно зобразити технологічний процес. Тривалість циклу $t_{\text{ц}} = 5$ хв = 300 с.

Графік наведено у таблиці 4.1.

Таблиця 4.1

Поопераційний графік виготовлення бетонної суміші (тц = 5 хв)

Процес	Операція	Обладнання	Профес.	К-сть	Тривалість операцій, с											
					0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	
Виготовлення бетонної суміші	Завантаження компонентів у бетонозмішувач	Дозатори	Оператор	1												
	Перемішування компонентів	Бетонозмішувач	Оператор	1												
	Вивантаження бетонної суміші	Бетонозмішувач	Оператор	1												

4.6 Розрахунок потреби в компонентах бетонної суміші

Розрахунок виконується за такими формулами:

$$M_3 = q \times P_{\text{год}} \times t_{\text{зм}}, \text{ кг/зміну}$$

$$M_{\text{д}} = M_3 \times n_{\text{зм}}, \text{ кг/добу}$$

де q – витрата компоненту на 1 м³ бетону, кг/м³ (розділ 3);

$P_{\text{год}} = 2.25$ м³/год – годинна продуктивність змішувача (п.4.2);

$t_{\text{зм}} = 8$ год – тривалість робочої зміни;

$n_{\text{зм}} = 2$ – кількість змін на добу.

Глиноземистий цемент ($q = 375$ кг/м³):

$$Ц_3 = 375 \times 2,25 \times 8 = 6750 \text{ кг/зміну};$$

$$Ц_{\text{д}} = 6750 \times 2 = 13500 \text{ кг/добу}$$

Шамотний щебінь ($q = 820$ кг/м³):

$$Щ_3 = 1341 \times 2,25 \times 8 = 24138 \text{ кг/зміну};$$

$$Щ_{\text{д}} = 24138 \times 2 = 48276 \text{ кг/добу}$$

Шамотний пісок ($q = 829$ кг/м³):

$$П_3 = 829 \times 2,25 \times 8 = 14922 \text{ кг/зміну};$$

$$П_{\text{д}} = 14922 \times 2 = 29844 \text{ кг/добу}$$

Вода ($q = 195$ кг/м³):

$$В_3 = 195 \times 2,25 \times 8 = 3510 \text{ кг/зміну};$$

$$В_{\text{д}} = 3510 \times 2 = 7020 \text{ кг/добу}$$

Суперпластифікатор

$$СП_3 = 3,75 \times 2,25 \times 8 = 67,5 \text{ кг/зміну};$$

$$СП_{\text{д}} = 67,5 \times 2 = 135 \text{ кг/добу}$$

Результати зведено до таблиці 4.2.

Таблиця 4.2

Відомість потреби в компонентах бетонної суміші

Компонент	Одиниця виміру	На 1 м ³	Потреба		Форм.
			змiна	доба	
Глиноземистий цемент	кг	375	6750	13500	Ц _з Ц _д
Шамотний щебінь	кг	1341	24138	48276	Щ _з Щ _д
Шамотний пісок	кг	829	14922	29844	П _з П _д
Вода	кг	195	3510	7020	В _з В _д
Суперпластифікатор	кг	3.75	67,5	135	СП _з СП _д
Розрахункові формули	кг	q	$M_3 = q \times P_{\text{год}} \times t_{\text{зм}}$	$M_д = M_3 \times n_{\text{зм}}$	

Отримані дані є вихідними для розрахунку місткості складів компонентів бетонної суміші (розділ 5).

Виконані розрахунки та прийняті значення дадуть змогу організувати роботу заводу з виготовлення товарного жаростійкого бетону не тільки з досягненням заданої потужності, але й з невеликим перевипуском продукції.

5. ПРОЕКТУВАННЯ СПОРУД ПІДПРИЄМСТВА

5.1 Вибір технологічної схеми виробництва

Відповідно до рекомендацій ДСТУ-Н Б А.3.1-34:2016 [13] для заводу з річною потужністю 9000 м³/рік прийнята партерна технологічна схема виробництва.

Опис технологічної схеми виробництва

Для виробництва товарного жаростійкого бетону класу С30/35 прийнята технологічна схема бетонозмішувального вузла партерного типу, що забезпечує механізоване транспортування, дозування та змішування компонентів бетонної суміші.

Принципова технологічна схема виробництва товарного жаростійкого бетону наведена на рисунку 5.1.

Шамотний щебінь та шамотний пісок доставляються на підприємство автомобільним транспортом (автосамоскидами) та розвантажуються у бункерну групу для заповнювачів, де зберігаються окремо за фракціями та видами. Із бункерів заповнювачі подаються на ваговий конвеєр, де здійснюється їх дозування відповідно до прийнятого складу бетонної суміші. Після дозування матеріали транспортуються стрічковим конвеєром до бетонозмішувального відділення.

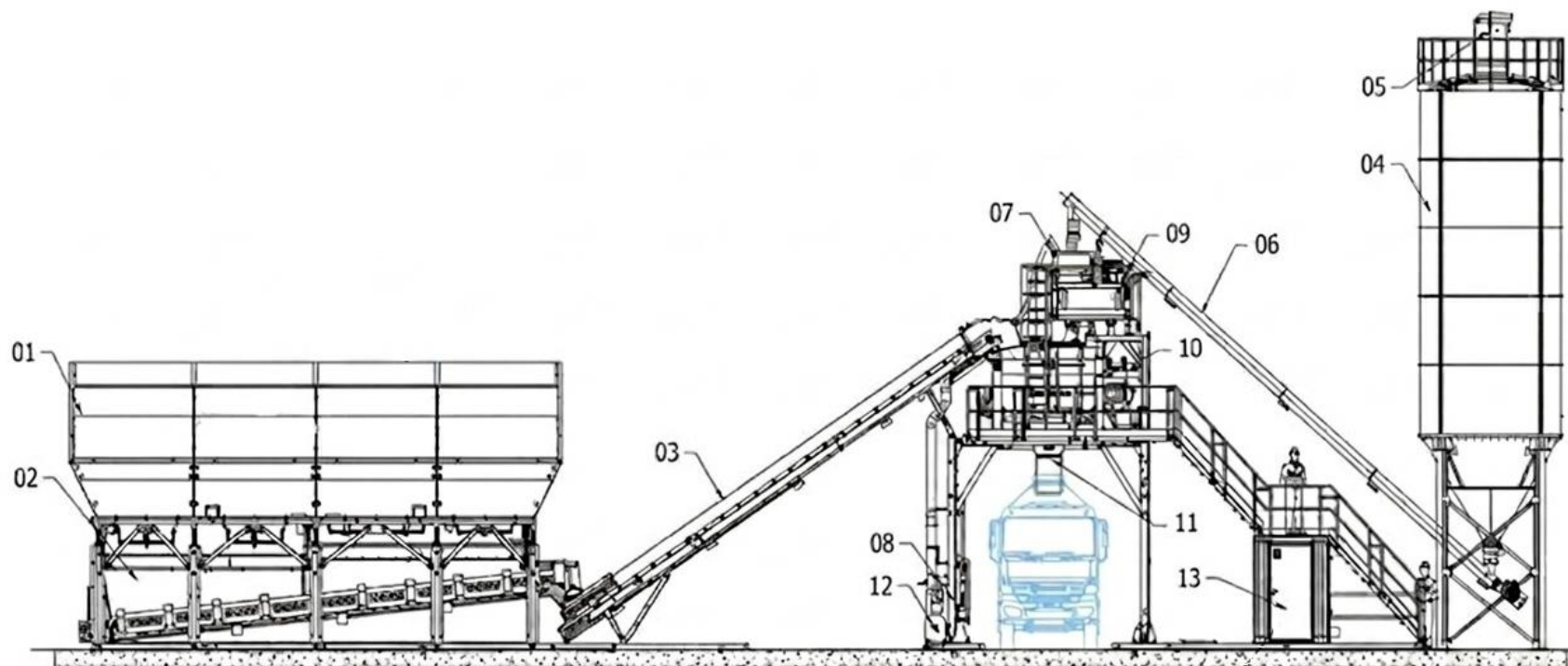
Глиноземистий цемент доставляється на підприємство автоцементовозами. За допомогою пневматичної установки цемент подається у силос для зберігання цементу. Для очищення повітря від цементного пилу силос обладнаний фільтром. Із силосу цемент за допомогою гвинтового конвеєра транспортується до дозатора ваги цементу, де здійснюється його точне дозування.

Вода надходить із системи виробничого водопостачання підприємства та через водонагрівальний насос подається до дозатора ваги води. Після дозування вода направляється до бетонозмішувача.

Суперпластифікатор «LitoПласт-ПКС» доставляється на підприємство в заводській тарі та зберігається у спеціальній ємності в закритому опалюваному приміщенні. Дозування добавки здійснюється насосом-дозатором відповідно до встановленої рецептури бетонної суміші з подачею безпосередньо до бетонозмішувача.

Віддозовані цемент, заповнювачі, вода та хімічна добавка надходять до бетонозмішувача, де здійснюється приготування товарного жаростійкого бетону. Після завершення перемішування готова бетонна суміш через вузол вивантаження завантажується в автобетонозмішувачі та транспортується споживачеві.

Керування технологічним процесом, контроль роботи обладнання та дозування компонентів здійснюються з кабіни управління. Таке автоматичне управління підвищує продуктивність, зменшує використання людських ресурсів та підвищує точність виконання технологічних операцій.



СПИСОК КОМПОНЕНТІВ		
01 БУНКЕРИ	06 ГВИНТОВИЙ КОНВЕЄР (ШНЕК) ДЛЯ ЦЕМЕНТУ	11 ВИВАНТАЖЕННЯ БЕТОНУ
02 ВАГОВИЙ КОНВЕЄР ДЛЯ ЗАПОВНЮВАЧІВ	07 ДОЗАТОР ВАГИ ЦЕМЕНТУ	12 ПНЕВМАТИЧНА УСТАНОВКА
03 ТРАНСПОРТЕРНА СТРИЧКА ДЛЯ ЗАПОВНЮВАЧІВ	08 ВОДОНАГІТАЛЬНИЙ НАСОС	13 КАБІНА ДОЗУВАННЯ ТА УПРАВЛІННЯ
04 СИЛОС ЗБЕРІГАННЯ ЦЕМЕНТУ	09 ДОЗАТОР ВАГИ ВОДИ	13 ПУЛЬТ УПРАВЛІННЯ
05 ФІЛЬТР ДЛЯ ЦЕМЕНТУ	10 БЕТОНОЗМІШУВАЧ	

Рис.5.1. Технологічна схема виробництва товарного жаростійкого бетону

5.2 Проектування головного корпусу заводу

Головний корпус заводу є основною технологічною будівлею, в якій розташовані всі відділення, пов'язані з безпосереднім виробництвом бетонної суміші. Відповідно та ДСТУ-Н Б А.3.1-35:2016 [14], корпус включає: змішувач (10), дозатори (7,9), бункерне відділення (2) відділення відвантаження готового оварного бетону (11).

Проектування починається зі змішувального відділення як найбільшого за висотою. На заводі прийнято один робочий циклічний примусовий бетонозмішувач об'ємом барабана 350 л та один резервний. Обидва змішувачі розташовуються в одному змішувальному відділенні за однорядною схемою.

Визначення мінімальних розмірів змішувального відділення в плані:

– $L1$ — відстань від змішувача до стіни: не менше $1,2 + 0,7 =$

$L1 = 1,9$ м; приймається 2,0 м;

– $L2$ — відстань від отвору вивантажувального конуса до стіни: не менше $1,2 + 0,7 =$

$L2 = 1,9$ м; приймається 2,0 м;

– $L4$ — відстань між змішувачами: не менше $1,2 + 0,7 + 0,7 = 2,6$ м; приймається 3,0 м» [12].

Мінімальна ширина змішувального відділення (для двох змішувачів у однорядному розташуванні):

$$B = L1 + d_{зм} + L4 + d_{зм} + L1$$

де $d_{зм} \approx 2,0$ м — габаритний розмір змішувача в плані.

$$B = 2,0 + 2,0 + 3,0 + 2,0 + 2,0 = 11,0 \text{ м} \rightarrow \text{уніфікований крок } 12,0 \text{ м.}$$

Довжина відділення: $L = L2 + d_{зм} + L2 = 2,0 + 2,0 + 2,0 = 6,0$ м → приймається 6,0 м.

Висота змішувального відділення визначається за формулою:

$$\langle H = h1 + h2 + h3 + h4 \rangle [12],$$

де $h1 = 2,8$ м — висота робочого змішувача;

$h2 = 2,8$ м — висота резервного змішувача;

$h_3 = 0,5$ м — висота вантажозахватного обладнання;

$h_4 = 1,2$ м — висота вантажопідіймального обладнання (тельфер).

$H = 2,8 + 2,8 + 0,5 + 1,2 = 7,3$ м; приймається 7,5 м (з урахуванням уніфікованих відміток).

Висота надбункерного та дозаторного відділень приймається не менше 2,2 м кожне. Висота бункерного відділення визначається з умови зберігання добового запасу компонентів (розраховано в розділах 5.3.1 та 5.3.2).

Загальна висота головного корпусу: $H_{\text{заг}} = 0 + 4,2 + 7,5 + 3,0 + 2,2 + 3,0 \approx 20,0$ м (з урахуванням відміток). Розміри корпусу в плані: $12,0 \times 6,0$ м.

5.3 Проектування складів компонентів бетонної суміші

Склади компонентів бетонної суміші призначені для забезпечення безперервної роботи заводу в умовах можливих перебоїв у постачанні матеріалів з використанням добових витрат матеріалів з таблиці 4.2 (розділ 4).

Доставка всіх матеріалів здійснюється автомобільним транспортом, що відповідає умовам розташування заводу та забезпечує гнучкість логістики. Для автомобільного транспорту коефіцієнт нерівномірності надходження матеріалів $K_1 = 1,1-1,2$ (приймається 1,15).

5.3.1 Розрахунок складу в'язучих речовин

Для зберігання глиноземистого цементу приймається силосний склад (приколіїний або автоприймальний). Місткість складу визначається за формулою:

$$\ll V = \text{Ц}_д \times n \times K_1 \times K_2 \times K_3 \times K_4 \times K_5 / \text{Пв}, \text{ м}^3$$

де $\text{Ц}_д = 13500$ кг/добу — добова витрата цементу (таблиця 4.2);

$n = 10$ діб — нормативний запас зберігання цементу (рекомендований діапазон 7–15 діб,);

$$K_1 = 1.15;$$

$K_2 = 1.4$ — коефіцієнт нерівномірності споживання цементу (1,3–1,5,);

$K3 = 1.04$ — коефіцієнт можливих втрат цементу при розвантаженні;

$K4 = 0.943$ — коефіцієнт використання технологічного обладнання;

$K5 = 0.9$ — коефіцієнт заповнення ємності складу;

$Pв = 1000 \text{ кг/м}^3$ — розрахункова насипна щільність глиноземистого цементу» [12].

$$V = 13500 \times 10 \times 1.15 \times 1.4 \times 1.04 \times 0.943 / (0.9 \times 1000)$$

$$V = 213134 / 900 = 237 \text{ м}^3$$

Приймається силосний склад цементу місткістю 250 м^3 . Для зберігання прийнятого об'єму встановлюється 3 силоси діаметром 3,0 м, висотою 8 м, місткістю до 100 м^3 кожен (типова конструкція). Склад обладнується пневматичним розвантажувачем та фільтром-осаджувачем для уловлювання цементного пилу.

5.3.2 Розрахунок складів заповнювачів

Для зберігання шамотних заповнювачів (щебінь та пісок) приймається естакадно-бункерний склад з роздільним зберіганням кожного виду матеріалу. Для кожного виду та кожної фракції заповнювача передбачається окрема ємність, оскільки змішування різних видів заповнювачів неприпустиме.

Місткість складу заповнювача кожного виду визначається за формулою:

$$\ll V = P_{д(Щ_{д})} \times n \times K1 \times K2 \times K3 \times K4 / Pз, \text{ м}^3$$

де $P_{д(Щ_{д})}$ — добова витрата заповнювача відповідного виду, кг (таблиця 4.2);

n — нормативний запас зберігання заповнювача, діб (рекомендований діапазон 5–10 діб,);

$K1 = 1.15$ — коефіцієнт нерівномірності надходження (автомобільний транспорт: 1,1–1,2,);

$K2 = 1.4$ — коефіцієнт нерівномірності споживання (1,3–1,5);

$K3 = 1.04$ — коефіцієнт можливих втрат при розвантаженні;

$K4 = 0.943$ — коефіцієнт використання технологічного обладнання;

ρ_3 — насипна щільність заповнювача, кг/м^3 » [12].

Склад шамотного щебеню ($\rho_{\text{щ}} = 48276$ кг/добу, $n = 7$ діб, $\rho_3 = 1000$ кг/м^3):

$$V_{\text{щ}} = 48276 \times 7 \times 1.15 \times 1.4 \times 1.04 \times 0.943 / 1000$$

$$V_{\text{щ}} = 326380 / 1000 = 326.38 \text{ м}^3$$

Склад шамотного піску ($\rho_{\text{п}} = 29844$ кг/добу, $n = 7$ діб, $\rho_3 = 1300$ кг/м^3):

$$V_{\text{п}} = 29844 \times 7 \times 1.15 \times 1.4 \times 1.04 \times 0.943 / 1300$$

$$V_{\text{п}} = 329885 / 1300 = 253,8 \text{ м}^3$$

5.3.3 Розрахунок ємності для зберігання суперпластифікатора

Суперпластифікатор «LitoПласт-ПКС» є рідкою хімічною добавкою і зберігається у закритих ємностях (резервуарах або каністрах) у закритому опалюваному приміщенні при температурі не нижче $+5^\circ\text{C}$. Місткість ємності для зберігання суперпластифікатора визначається за формулою:

$$V_{\text{доб}} = D_{\text{д}} \times n \times K1 / \rho, \text{ м}^3$$

де $D_{\text{д}} = 135$ кг/добу — добова витрата суперпластифікатора (таблиця 4.2);

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

$K1 = 0,9$ — коефіцієнт заповнення ємності;

$\rho = 1140$ кг/м^3 — густина суперпластифікатора «LitoПласт-ПКС» (таблиця 1.7).

Розрахунок ємності для зберігання суперпластифікатора:

$$V_{\text{доб}} = 135 \times 15 \times 0,9 / 1140 = 1822,5 / 1140 = 1,60 \text{ м}^3$$

Розрахована ємність для зберігання суперпластифікатора становить 1600 л. Приймається ємність об'ємом 2,0 м³ (2000 л) – стаціонарна ємність з пластику з кришкою, що щільно закривається. Ємність встановлюється у закритому опалюваному приміщенні хімічних добавок (при температурі не нижче +5°C). Для дозування суперпластифікатора в бетонозмішувач передбачається насосний дозатор для рідких добавок.

Результати розрахунку місткостей складів зведено до таблиці 5.1.

Таблиця 5.1

Зведені дані розрахунку місткостей складів компонентів

Матеріал	Добова витрата, кг	n, діб	$\rho_{нас}$, кг/м ³	V розр., м ³
Глиноземистий цемент	13500	10	1000	237
Шамотний щебінь	48276	7	1000	326
Шамотний пісок	29844	7	1300	254
суперплатифікатор	135	15	1140	1.60

На підставі розрахованих місткостей приймаються такі типи складів (таблю 5.2).

Таблиця 5.2

Прийняті типи та параметри складів

Матеріал	Тип складу	Розрах. місткість, м ³	Прийнята місткість, м ³	Конструктивне рішення	
Глиноземистий цемент	Силосний (закритий)	237	250	250	3 силоси Ø3,0м, Н=8м, V≈100м ³ кожен
Шамотний щебінь	Естакадно-бункерний (критий)	534	540	540	Бункери з перегородками, покрівля
Шамотний пісок	Естакадно-бункерний (критий)	254	260	260	Окремий відсік, покрівля

6. КОНТРОЛЬ ЯКОСТІ

Загальні положення та система контролю якості

Контроль якості виробництва товарного жаростійкого бетону є невід'ємною складовою технологічного процесу та здійснюється лабораторією підприємства-виготовлювача відповідно до вимог ДСТУ 9208:2022 [1], ДСТУ-Н Б А.3.1-34:2016 [13]. Система контролю якості охоплює три взаємопов'язаних види контролю: вхідний, операційний та приймальний.

Вхідний контроль спрямований на перевірку якості сировинних матеріалів та компонентів, що надходять на підприємство. Операційний контроль забезпечує відстеження дотримання технологічних параметрів безпосередньо в процесі приготування бетонної суміші. Приймальний контроль засвідчує відповідність готової продукції нормативним вимогам перед її відвантаженням споживачу.

Вхідний контроль матеріалів

Вхідний контроль матеріалів і комплектувальних елементів, що надходять на підприємство, проводиться шляхом порівняння даних, наведених у паспортах або сертифікатах якості на ці матеріали, з результатами їх зовнішнього огляду та контрольних випробувань відібраних проб. Вид, періодичність і обсяг контрольних випробувань встановлюються стандартами і технічними умовами на відповідні матеріали.

Вхідному контролю підлягають усі компоненти жаростійкого бетону (табл.. 6.1)

Таблиця 6.1

Вхідний контроль компонентів жаростійкого бетону

Матеріал	Контрольовані показники	Нормативний документ	Періодичність контролю
Глиноземистий цемент	Клас міцності, нормальна густина, початок тужавлення, вміст Al_2O_3 , питома поверхня	ДСТУ Б В.2.7-46-2010, ДСТУ EN 14647:2022	При кожній надходженні партії; при зміні постачальника
Шамотний щебінь (5–20 мм)	Марка міцності, фракційний склад, насипна та справжня щільність, водопоглинання, вміст пилу та глини	ДСТУ Б В.2.7-74-98	При кожній надходженні партії; при зміні кар'єру
Шамотний пісок (0–5 мм)	Модуль крупності, насипна щільність, вміст пилу та глинистих часток, зерновий склад	ДСТУ Б В.2.7-29-95	При кожній надходженні партії
Вода	pH, вміст розчинних солей, вміст іонів SO_4^{2-} та Cl^- , вміст завислих речовин	ДСТУ EN 1008:2022	При зміні джерела водопостачання; не рідше 1 разу на квартал
Суперпластифікатор	Зовнішній вигляд, щільність, ефект від застосування	Технічні умови виробника	При кожній надходженні партії

Операційний контроль технологічного процесу

Операційний контроль здійснюється безпосередньо під час приготування бетонної суміші та включає контроль таких параметрів:

Точність дозування компонентів – дозатори перевіряються перед початком кожної зміни та тарувальними випробуваннями не рідше одного разу на 6 місяців. Допустима похибка дозування: цемент $\pm 1\%$, заповнювачі $\pm 2\%$, вода та добавки $\pm 1\%$ (ДСТУ-Н Б А.3.1-34:2016 [13]).

Час перемішування – контролюється оператором при кожному замісі за показниками автоматизованої системи управління змішувачем. Нормативний час перемішування – 2 хв (у примусовому змішувачі).

Температура компонентів і суміші – вимірюється термометром 2 рази за зміну і при кожній зміні складу суміші. Температура бетонної суміші при видачі не повинна перевищувати 35 °С.

Стан та робота обладнання – перевіряється механіком на початку кожної зміни; планово-попереджувальний огляд — щомісяця.

Приймальний контроль якості бетонної суміші та бетону

Приймальний контроль якості готової бетонної суміші та затверділого бетону здійснюється лабораторією підприємства відповідно до вимог ДСТУ 9208:2022 [1]. Результати контролю заносяться до журналу лабораторних випробувань та відображаються у паспорті якості, що видається споживачу разом з кожною партією бетонної суміші.

Нижче наведено таблиці приймального контролю якості бетонних сумішей (таблиця 6.2) та затверділого бетону (таблиця 6.3) Заповнено лише ті рядки, які стосуються важкого жаростійкого бетону класу С30/35.

Таблиця 6.2

Приймальний контроль якості бетонної суміші

Найменування контролюваного показника	Нормативний документ, що встановлює		Контролююча служба і періодичність контролю
	технічні вимоги до показника якості	методи контролю та випробувань	
1. Вид суміші	ДБН В.2.6-98:2009		Лабораторія. Кожна партія перед відвантаженням
2. Легкоукладальність (рухливість чи жорсткість)	ДБН В.2.6-98:2009	ДСТУ EN 12350-2:2022	Лабораторія. Не менше 2 разів на зміну та при кожній зміні складу суміші
3. Середня температура суміші (за необхідності)	ДБН В.2.6-98:2009		Лабораторія/оператор. 2 рази на зміну та при зниженні температури зовнішнього повітря нижче +5°C

Таблиця 6.3

Приймальний контроль якості затверділого бетону

Найменування контролюваного показника	Нормативний документ, що встановлює		Контролююча служба, періодичність та обсяг контролю
	технічні вимоги до показника якості	методи контролю та випробувань	
Клас (марка) бетону за міцністю. Відпускна міцність бетону	ДСТУ 9208:2022	ДСТУ Б В.2.7-214:2009	Лабораторія. Відбір проб не рідше 1 разу на зміну з кожних 50 м ³
Якість структури бетону	ДСТУ 9208:2022	ДСТУ Б В.2.7-224:2009	Лабораторія. Кожна партія

Щільність бетону	ДСТУ 9208:2022	ДСТУ Б В.2.7-170:2008	Лабораторія. Разом із визначенням міцності, не рідше 1 разу на зміну
Водопоглинання бетону	ДСТУ 9208:2022	ДСТУ Б В.2.7-170:2008	Лабораторія. За необхідності
Стійкість бетону до температурних впливів	ДСТУ 9208:2022	Спеціальні випробування згідно нормативної документації	Лабораторія. Під час освоєння складу та періодично

Карта контролю якості виробництва

Карта контролю якості є організаційно-технологічним документом, який встановлює порядок здійснення контролю на всіх етапах виробництва товарного жаростійкого бетону. Її призначення полягає у забезпеченні стабільності технологічного процесу, своєчасному виявленні відхилень від встановлених вимог та попередженні випуску продукції, що не відповідає нормативним показникам якості.

Карта контролю визначає перелік контрольованих операцій, показників якості, методів і засобів контролю, періодичність проведення перевірок, а також відповідальних осіб за виконання контрольних заходів. Контроль охоплює всі стадії виробництва: вхідний контроль сировинних матеріалів, операційний контроль процесу приготування бетонної суміші та приймальний контроль готової продукції.

На підставі прийнятої технологічної схеми виробництва та вимог нормативної документації розроблено карту контролю якості виробництва товарного жаростійкого бетону класу С30/35, наведену нижче (табл.. 6.4).

Таблиця 6.4

Карта контролю якості виробництва товарного жаростійкого бетону класу С30/35

Основні операції, що підлягають контролю	Комплектація робочих креслень, НД, карт	Виготовлення бетонної суміші	Вхідний контроль матеріалів	Відвантаження готової бетонної суміші
Склад контролю	Наявність технічної документації (НД, паспорти, карти контролю)	1. Точність дозування 2. Час перемішування 3. Консистенція (P2) 4. Температура суміші 5. Коефіцієнт виходу	1. Наявність сертифікатів / паспортів 2. Зовнішній огляд 3. Контрольні випробування проб	1. Клас міцності (відпускна) 2. Щільність 3. Легкоукладальність 4. Оформлення паспорту якості
Місце контролю	Лабораторія	Дозатори, бетонозмішувач	Прийомний майданчик складів матеріалів	Місце завантаження автобетонозмішувача
Метод і засоби контролю	Порівняння із вимогами НД та проектом	1. Спостереження за приладами автоматики 2. Таймер / автоматика 3. Конус Абрамса 4. Термометр 5. Розрахунок	Аналіз документів, відбір проб та лабораторні випробування згідно з НД	Випробування контрольних зразків; конус Абрамса; термометр; ваги
Періодичність і обсяг контролю	1 раз на місяць та при надходженні	1. Щозмінно 2. Кожний заміс	При кожній надходженні партії; при зміні	Не рідше 1 разу на зміну; з кожних 50 м ³ суміші

<p>Особа, що контролює операцію</p> <p>Документ, у якому реєструються результати</p> <p>Особа, відповідальна за забезпечення технології</p>	нових НД	<p>3. 2 рази на зміну</p> <p>4. 2 рази на зміну</p> <p>5. При зміні складу</p>	постачальника	
	Інженер ВТК	<p>1–4: Лаборант</p> <p>5: Оператор БЗУ</p>	Лаборант, інженер ВТК	Лаборант, майстер зміни
	Журнал обліку документації	Журнал лабораторних випробувань, журнал виробництва бетонної суміші	Журнал вхідного контролю матеріалів	Журнал відвантаження; паспорт якості (форма ДСТУ 9208:2022)
	Начальник ВТК	Зав. лабораторією, начальник БЗУ	Начальник ВТК, зав. лабораторією	Начальник ВТК, зав. лабораторією

Розроблена система контролю якості виробництва товарного жаростійкого бетону класу С30/35 охоплює всі етапи технологічного процесу — від вхідного контролю сировинних матеріалів до приймального контролю готової продукції перед її відвантаженням споживачу. Система забезпечує виконання вимог нормативних документів.

Основними контрольованими показниками бетонної суміші є марка за легкоукладальністю (Р2, розплив конуса 370–410 мм) та температура суміші при видачі (не вище +35 °С). Для затверділого бетону контролюються клас міцності (С30/35, $f_{ck} = 30$ МПа) та середня щільність (2100–2400 кг/м³). Морозостійкість та водонепроникність бетону для умов експлуатації ХА1 та класу наслідків СС1 не нормуються відповідно до ДБН В.2.6-98:2009 [2], тому відповідні рядки в таблицях 6.2 та 6.3 не заповнюються.

Відповідальність за виконання системи контролю якості покладається на завідувача лабораторії та начальника відділу технічного контролю підприємства.

7. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ

7.1 Загальні вимоги до охорони праці на підприємстві

Охорона праці на заводі з виробництва товарного жаростійкого бетону організовується відповідно до вимог Закону України «Про охорону праці» [15], НПАОП 26.6-1.02-00 [16], а також ДСТУ-Н Б А.3[13].

Роботодавець зобов'язаний створити на робочих місцях умови праці, що відповідають нормативно-правовим актам з охорони праці, забезпечити працівників засобами індивідуального та колективного захисту, проводити інструктажі з охорони праці та атестацію робочих місць за умовами праці.

Усі працівники підприємства повинні пройти вступний інструктаж (при прийнятті на роботу), первинний інструктаж на робочому місці, а також

повторні інструктажі не рідше одного разу на 6 місяців. До самостійної роботи допускаються лише особи, які пройшли медичний огляд, навчання та перевірку знань з охорони праці відповідно до НПАОП 0.00-4.12-05 [17].

7.2 Санітарно-гігієнічні умови праці

Санітарно-гігієнічні умови праці на заводі регламентуються ДСН 3.3.6.042-99 [18], ДСН 3.3.6.037-99 [19] та ДСН 3.3.6.039-99 [20]. Узагальнені дані наведені в таблиці 7.1.

Таблиця 7.1

Основні санітарно-гігієнічні нормативи умов праці

Показник	Нормативне значення	Одиниця	Нормативний документ
Температура повітря в робочій зоні (холодний період)	17–19	°С	ДСН 3.3.6.042-99
Температура повітря в робочій зоні (теплий період)	18–27	°С	ДСН 3.3.6.042-99
Відносна вологість повітря	40–70	%	ДСН 3.3.6.042-99
Швидкість руху повітря (холодний період)	не більше 0,3	м/с	ДСН 3.3.6.042-99
Освітленість на робочому місці (загальне освітлення)	не менше 200	лк	ДБН В.2.5-28:2018
Рівень шуму на постійних робочих місцях	не більше 80	дБА	ДСН 3.3.6.037-99
Загальна вібрація на робочих місцях	не більше 92	дБ	ДСН 3.3.6.039-99
Гранично допустима концентрація пилу цементу у повітрі	не більше 6	мг/м ³	НПАОП 26.6-1.02-00

Гранично допустима концентрація пилу шамоту у повітрі	не більше 4	мг/м ³	НПАОП 26.6-1.02-00
---	-------------	-------------------	--------------------

Для захисту від пилу цементу та шамоту всі технологічні вузли пилоутворення (дозатори, місця пересипання матеріалів, вивантаження цементу) обладнуються аспіраційними установками та місцевою витяжною вентиляцією відповідно до вимог ДСТУ-Н Б А.3.1-34:2016 [13]. Загальнообмінна вентиляція виробничих приміщень повинна забезпечувати кратність повітрообміну не менше 3 год⁻¹ згідно з ДБН В.2.5-67:2013 [21].

Працівники, зайняті на операціях з підвищеним пилоутворенням (завантаження цементу, обслуговування дозаторів), зобов'язані використовувати засоби індивідуального захисту органів дихання (респіратори типу РПГ-67 або аналогічні), захисні окуляри та спецодяг відповідно до НПАОП 26.6-1.02-00 [16].

7.3 Вимоги безпеки при роботі з технологічним обладнанням

Вимоги безпеки при роботі з бетонозмішувальним та дозувальним обладнанням регламентуються НПАОП 26.6-1.02-00 [16] та ДСТУ-Н Б А.3.1-34:2016 [13].

Бетонозмішувач. До роботи на бетонозмішувачі допускаються особи, які пройшли спеціальне навчання та мають посвідчення оператора. Перед пуском змішувача оператор зобов'язаний переконатися у відсутності сторонніх предметів у барабані, справності блокувань та захисних кристів. Забороняється завантажувати матеріали в барабан під час його роботи, проводити технічне обслуговування та чищення без зупинки двигуна і фіксації барабана від мимовільного обертання (НПАОП 26.6-1.02-00, §38–45 [16]). Чищення барабана здійснюється лише за допомогою спеціального інструменту через завантажувальний отвір після повної зупинки.

Дозатори. Перевірка та тарування дозаторів здійснюється при зупиненому технологічному процесі. Ремонт і налагодження дозаторів

проводяться лише після відключення їх від системи електроживлення з вивішуванням попереджувального плаката «Не вмикати — працюють люди» (НПАОП 0.00-1.21-98 [22]).

Транспортне та підйомне обладнання. Стрічкові конвеєри та елеватори повинні бути обладнані аварійними стоп-тросами по всій довжині, двосторонньою сигналізацією та захисними кожухами на рухомих частинах. Забороняється перебувати під конвеєром під час його роботи та виправляти стрічку вручну без зупинки (НПАОП 26.6-1.02-00, §55–62 [16]).

Пневматичне обладнання складів цементу. Система пневматичного транспортування цементу (силоси, аерозолоби, компресори) повинна бути обладнана запобіжними клапанами та манометрами. Тиск у системі не повинен перевищувати паспортне значення. Огляд і ремонт силосів проводяться лише після їх повного спорожнення та провітрювання (НПАОП 26.6-1.02-00, §70–78 [16]).

Усе електричне обладнання повинно бути заземлено відповідно до ПУЕ (Правила улаштування електроустановок). Класи захисту електроустановок у вологих та запилених приміщеннях — не нижче IP54. Технічне обслуговування електрообладнання здійснюється лише персоналом з групою електробезпеки не нижче III відповідно до [22].

7.4 Протипожежні заходи

Протипожежний захист підприємства організовується відповідно до ДБН В.1.1-7:2016 [23] та НАПБ А.01.001-2014 [24].

Виробничі приміщення бетонозмішувального заводу відносяться до категорії В (пожежонебезпечні) за пожежною небезпекою відповідно до ДСТУ Б В.1.1-36:2016 [25], оскільки в них застосовуються полімерні добавки та мастильні матеріали. У приміщеннях забороняється зберігати легкозаймисті рідини понад добову норму. Шляхи евакуації повинні бути вільними та позначеними знаками безпеки відповідно до ДСТУ ISO 7010:2019 [26].

На видних і доступних місцях виробничих приміщень розміщуються первинні засоби пожежогасіння: вогнегасники порошкові ВП-6 або вуглекислотні ВВК-5 з розрахунку один вогнегасник на 200 м² площі приміщення, але не менше двох на кімнату. Протипожежний водопровід повинен забезпечувати витрату води не менше 10 л/с для внутрішнього пожежогасіння згідно з ДБН В.2.5-64:2012 [27].

7.5 Права та гарантії працівників у сфері охорони праці

Відповідно до статті 6 Закону України «Про охорону праці» [15], кожен працівник має право на:

- роботу на підприємстві, яке відповідає вимогам законодавства про охорону праці;
- отримання від роботодавця достовірної інформації про умови праці на робочому місці, наявність небезпечних і шкідливих виробничих факторів, можливі наслідки їх впливу та засоби захисту;
- відмову від виконання роботи у разі виникнення небезпечної ситуації, що загрожує його здоров'ю або здоров'ю інших людей, до усунення такої небезпеки;
- позачерговий медичний огляд у разі погіршення стану здоров'я у зв'язку з умовами праці;
- пільги та компенсації за важкі та шкідливі умови праці відповідно до законодавства.

Працівники, зайняті на роботах зі шкідливими та важкими умовами праці (оператори бетонозмішувача, слюсарі, машиністи пневмотранспорту), мають право на додаткову відпустку тривалістю 4–7 календарних днів, скорочений робочий день та безкоштовне лікувально-профілактичне харчування відповідно до Постанови КМУ № 1290 від 17.11.1997 р. «Про перелік виробництв, цехів, професій і посад зі шкідливими умовами праці, робота в яких дає право на скорочену тривалість робочого тижня».

Роботодавець зобов'язаний проводити атестацію робочих місць за умовами праці не рідше одного разу на 5 років відповідно до Постанови

КМУ № 442 від 01.08.1992 р. «Про порядок проведення атестації робочих місць за умовами праці». За результатами атестації розробляються заходи щодо покращення умов праці, встановлюються пільги та компенсації.

7.6 Медичні огляди та засоби індивідуального захисту

Усі працівники підприємства проходять обов'язкові попередні (при прийнятті на роботу) та періодичні (1 раз на рік) медичні огляди відповідно до Наказу МОЗ України № 246 від 21.05.2007 р. «Про затвердження Порядку проведення медичних оглядів працівників певних категорій».

Роботодавець за рахунок підприємства забезпечує працівників такими засобами індивідуального захисту (ЗІЗ) відповідно до НПАОП 26.6-1.02-00, Додаток 1 [16]:

Таблиця 7.2

Засоби індивідуального захисту працівників заводу

Посада / професія	Засоби індивідуального захисту	Термін носіння / норма видачі
Оператор бетонозмішувача	Комбінезон бавовняний, каска захисна, чоботи гумові, рукавиці, окуляри захисні, респіратор РПГ-67	Комбінезон — 12 міс.; каска — 24 міс.; чоботи — 12 міс.; рукавиці — 1 міс.
Машиніст установки пневмотранспорту цементу	Комбінезон, напівмаска фільтруюча FFP3, окуляри захисні закриті, рукавиці, каска	Комбінезон — 12 міс.; респіратор — 1 зміна; рукавиці — 1 міс.
Лаборант	Халат бавовняний, рукавиці, окуляри захисні, фартух прогумований	Халат — 12 міс.; рукавиці — 1 міс.
Слюсар-ремонтник	Костюм бавовняний, каска, рукавиці, окуляри, чоботи шкіряні, пояс запобіжний (при роботі на висоті)	Костюм — 12 міс.; рукавиці — 1 міс.; каска — 24 міс.
Водій	Комбінезон, рукавиці,	Комбінезон — 12 міс.;

автобетонозмішувача	взуття із захисним підноском	рукавиці — 1 міс.
---------------------	------------------------------	-------------------

Дотримання наведених вимог охорони праці та техніки безпеки на заводі з виробництва товарного жаростійкого бетону забезпечує безпечні та здорові умови праці для всіх категорій працівників, запобігає виробничому травматизму та професійним захворюванням, а також відповідає чинному законодавству України у сфері охорони праці.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. 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.
2. 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.
3. ДСТУ 9183:2022 Цементи. Загальні технічні умови. На заміну ДСТУ Б.В.2.7-112-2002 ; чинний від 2023-01-01. Київ : ДП «УкрНДНЦ». 36 с.
4. ДСТУ Б В.2.7-29-95 Будівельні матеріали. Дрібні заповнювачі природні, із відходів промисловості, штучні для будівельних матеріалів, виробів, конструкцій та робіт. Класифікація. З Поправкою. На заміну ГОСТ 25137-82 (СТ СЭВ 5445-85) у частині вимог до дрібних заповнювачів ; чинний від 1996-01-01. Вид. офіц. Київ : Держкоммістобудування України. 21 с.
5. ДСТУ Б В.2.7-120-2003 Добавки енергозберігаючі для керамічних будівельних виробів. Загальні технічні вимоги. Чинний 2003-07-01. Київ : Держбуд України, 2003. 12 с.
6. ДСТУ Б В.2.7-74-98 ДСТУ Б В.2.7-74-98 Будівельні матеріали. Крупні заповнювачі природні, із відходів промисловості, штучні для будівельних матеріалів, виробів, конструкцій та робіт. Класифікація. З Поправкою. На заміну ГОСТ 25137-82 (СТ СЭВ 5445-85) у частині вимог до великих заповнювачів : чинний від 1999-01-01. Київ : Держбуд України, 1998. 24 с.
7. 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.

8. ДСТУ EN 934-2:2019 Добавки для бетонів і будівельних розчинів. Частина 2. Добавки для бетонів. Визначення, вимоги, відповідність, маркування та етикетування (EN 934-2:2009+A1:2012, IDT). На заміну ДСТУ Б В.2.7-171:2008 (EN 934-2:2001, NEQ) ; чинний від 2025-02-01. Київ : ДП «УкрНДНЦ». 28 с.

9. Пластифікатор полікарбоксилатний для бетону та цементно-піщаних розчинів – «LitoПласт-ПКС». URL: https://tm-lito.com.ua/product/pks_/

10. Дворкін Л. Й. Проектування складів бетонів (методи, приклади, вправи) : навчальний посібник. Київ : Кондор, 2018. 613 с.

11. 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.

12. 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.

13. 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.

14. 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.

15. 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>

16. 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.

17. НПАОП 0.00-4.12-05 Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці. Чинний від 2024-10-25. Київ: Держнагляд охорони праці, 2005. 43 с.

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

19. ДСН 3.3.6.037-99. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. Чинний від 1999-12-01. Київ: МОЗ, 1999. 38 с.

20. 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.

21. ДБН В.2.5-67:2013 Опалення, вентиляція та кондиціонування. На заміну СНиП 2.04.05-91 Опалення, вентиляція и кондиціонування. Крім розділу 5 та додатка 22 ; чинний від 2014-01-01. Київ : Мінрегіон України, 2013. 239 с.

22. НПАОП 40.1-1.21-98 (ДНАОП 0.00-1.21-98) Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів. На заміну ДНАОП 0.00.1.21-84 ; чинний від 1998-02-29. Київ : Держнагляд охорони праці, 1998. 36 с.

23. 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.

24. 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, 2014. 42 с.

25. ДСТУ Б В.1.1-36:2016 Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою. На заміну НАПБ Б.03.002-2007 Норми визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою ; чинний від 2017-01-01. Київ : УкрНДНЦ, 2016. 34 с.

26. ДСТУ EN ISO 7010:2022 Графічні символи. Кольори та знаки безпеки. Зареєстровані знаки безпеки. Чинний від 2023-12-31. Брюссель : CEN, 2020. 29 с.

27. ДБН В.2.5-64:2012 Внутрішній водопровід та каналізація. Частина I. Проектування. Частина II. Будівництво. Зі Зміною № 1. Чинний від 2019-03-01. Київ : Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2018. 10 с.

28. Шишкін О.О., Хільченко О.П. Технологія бетону : підручник. Кривий Ріг : Видавничий дім, 2007. 376 с.