

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 радіаційно-захисного бетону
заданої якості

Виконав: студент/ка групи БІ-23ск Шевченко Георгій Вадимович

Керівник випускної роботи ШТ доц. Шишкіна О.О.

Нормоконтролер Сторова І.В. Сторова І.В.

Завідувачка кафедри ШТ 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



«19» червня 2026 року

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА СТУДЕНТУ Шевченку Георгію Вадимовичу

1. Тема роботи Завод з випуску товарного радіаційно-захисного бетону заданої якості
керівник роботи доц. Шишкіна О.О.

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 – ХА2;
- 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 – Ж1;
- Планова потужність підприємства – 6000 м³/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

РЕФЕРАТ

кваліфікаційної роботи бакалавра
студента групи БІ-23ск, Шевченка Георгія Вадимовича
на тему: «Завод з випуску товарного
радіаційно-захисного бетону
заданої якості»

Актуальність теми. Після пошкодження значної частини промислових та цивільних об'єктів в Україні виникла потреба у відновленні, а також у будівництві нових захисних споруд – сховищ, пунктів управління, радіологічних центрів. Звичайні бетони на гранітному щебені мають густину до 2400 кг/м^3 , чого недостатньо для ефективного екранування іонізуючого випромінювання. Радіаційно-захисний бетон на баритових заповнювачах забезпечує густину понад 3500 кг/м^3 , що робить його затребуваним для атомної енергетики, медицини та промисловості. Тому розробка проєкту заводу з випуску такого матеріалу є актуальним завданням.

Мета роботи – спроектувати завод з виробництва товарного радіаційно-захисного важкого бетону заданої якості, врахувавши чинні нормативні документи та сучасні технологічні рішення.

Об'єкт дослідження – завод з випуску товарного радіаційно-захисного важкого бетону заданої якості.

Основні завдання:

1. Охарактеризувати компоненти бетонної суміші (цемент, баритовий пісок, баритовий щебінь, воду) та задані властивості бетону (клас С 30/35, водонепроникність W6, морозостійкість F200, консистенція Ж1, клас середовища ХА2).
2. Встановити режим роботи підприємства (однозмінний, номінальний фонд 260 діб, розрахунковий 253 доби, фонд часу 2024 год/рік).
3. Розрахувати склад бетону методом абсолютних об'ємів, забезпечивши густину не менше 2500 кг/м^3 (фактично 3508 кг/м^3).

4. Визначити параметри бетонозмішувального цеху: обрати змішувач примусової дії СБ-138Б (600 л), розрахувати тривалість циклу (5,5 хв), годинну продуктивність (3,071 м³/год), необхідну кількість змішувачів (один основний + один резервний), річну продуктивність (6215,7 м³).

5. Обрати технологічну схему (вежова з гравітаційним переміщенням матеріалів) та описати її роботу.

6. Запроектувати головний корпус (п'ять технологічних поверхів з відмітками від 0,000 до +18,000 м) та визначити розміри змішувального відділення (довжина 10,8 м, ширина 4,2 м, висота 7,8 м).

7. Розрахувати склади компонентів: цемент – силос 70 м³ (запас 7 діб), баритовий пісок – відкритий штабель 38 м³ (запас 5 діб), баритовий щебінь – 178 м³ (запас 5 діб).

8. Розробити систему контролю якості (вхідний, операційний, приймальний) з посиланням на чинні ДСТУ (EN 206:2022, 9208:2022, EN 12350-3:2022, Б В.2.7-214:2009, Б В.2.7-170:2008).

9. Викласти основні положення охорони праці згідно з НПАОП 26.6-1.02-00, ДСТУ-Н Б А.3.1-34:2016, ДБН А.3.2-2-2009, включаючи санітарно-гігієнічні норми, безпеку обладнання, засоби індивідуального захисту.

Практичне значення. Запропоновані технологічні та архітектурно-планувальні рішення можуть бути використані при будівництві реального заводу. Розраховані параметри дозволяють уникнути вузьких місць: фактична продуктивність (6215,7 м³) перевищує завдання лише на 3,6%, об'єми складів забезпечують безперебійну роботу протягом 5–7 діб. Густина бетону 3508 кг/м³ гарантує високі екрануючі властивості.

Структура роботи. Пояснювальна записка складається зі вступу, семи розділів, висновків (узагальнених після кожного розділу) та списку літератури. У розділах послідовно розглянуто: характеристики сировини (1), режим роботи (2), розрахунок складу бетону (3), організацію бетонозмішувального цеху (4), технологічну схему та проектування споруд (5), контроль якості (6), охорону

праці (7). Графічна частина містить 3 аркуші формату А3: поопераційний графік, технологічну схему, карту контролю якості.

Ключові слова: радіаційно-захисний бетон, баритовий заповнювач, важкий бетон, клас С 30/35, бетонозмішувач СБ-138Б, вежова схема, жорсткість Ж1, контроль якості, охорона праці.

Обсяг кваліфікаційної роботи: бакалаврська кваліфікаційна робота складається з пояснювальної записки, викладеної на 46 сторінках, яка складається зі вступу, семи розділів, які містять 3 рисунки, 14 таблиць, списку використаних джерел з 19 найменувань, та графічної частини, яка складається з 3 листів формату А3.

Зміст

Вступ.....	Error! Bookmark not defined.
Розділ 1. Характеристика бетонної суміші, бетону та його компонентів	Error! Bookmark not defined.
Розділ 2. Режим роботи підприємства	Error! Bookmark not defined.
Розділ 3. Визначення складу бетону	Error! Bookmark not defined.
Розділ 4. Організація роботи бетонозмішувального цеху	Error! Bookmark not defined.
Розділ 5. Проектування споруд заводу	25
5.1. Вибір технологічної схеми виробництва	25
5.2. Проектування головного корпусу заводу	30
5.3. Проектування складів компонентів бетонної суміші.....	34
5.3.1. Розрахунок складів в'язучих.	34
5.3.2 Склади заповнювачів	34
Розділ 6. Контроль якості.....	35
Розділ 7. Охорона праці та техніка безпеки.....	40
Література.....	Error! Bookmark not defined.

ВСТУП

Будівельна галузь в Україні з початку війни поступово відновлюється але, аналізуючи статистику за останні роки, вона ще не досягла довоєнних показників. Велика частина будівельних робіт зараз підпадає на відбудову пошкодженої інфраструктури, житла та захисних споруд. Відновлення потребує великих обсягів якісних матеріалів, зокрема бетонних сумішей спеціального призначення. Особливо це стосується будівельних сумішей, які є основою більшості конструкцій.

Якісні бетонні суміші є важливою і невід'ємною складовою бетонних конструкцій. Якщо вибрати не той компонент (з підвищеними або зниженими характеристиками), можна отримати бетон не проєктованого класу та марки. А це є великим ризиком, який може призвести до зниження довговічності споруд.

Радіаційно-захисні бетони використовують там де потрібний захист іонізуючого випромінювання. Це різноманітні галузі: атомна енергетика, медицина, наукові установи. А зважаючи на складне становище, в якому перебуває наша держава через повномасштабне вторгнення, це ще й протирадіаційні укриття.

Тому проєктування заводу з випуску товарного радіаційно-захисного бетону є актуальним і своєчасним завданням. Такий завод зможе забезпечити не лише відбудову, але і створення нових захисних споруд, які відповідають сучасним вимогам безпеки. Такий завод зможе забезпечити будівельний ринок якісним матеріалом, який відповідає сучасним нормам.

1. Характеристика бетонної суміші, бетону та його компонентів

Радіаційно-захисні бетони – це спеціальні види важких або особливо важких бетонів, призначені для послаблення потоку іонізуючого випромінювання (γ -випромінювання, рентгенівського випромінювання та нейтронів). Їх основне завдання полягає у створенні захисних конструкцій, які забезпечують безпеку персоналу та населення під час експлуатації ядерних установок, радіаційних лабораторій і медичних об'єктів.

Головною особливістю таких бетонів є підвищена густина та спеціально підібраний склад заповнювачів. Для ефективного поглинання гамма-випромінювання до складу вводять важкі мінеральні матеріали з високою густиною та великим атомним номером: барит, магнетит, гематит, лімоніт, іноді металевий скрап, чавунний або сталевий дрібняк. Густина радіаційно-захисних бетонів зазвичай становить від 2800 до 5000 кг/м³ і більше, тоді як у звичайних важких бетонів вона знаходиться в межах 2200–2500 кг/м³.

Характеристики бетону:

Клас бетону за міцністю – С 30/35 відповідає вимогам [1];

Клас умов експлуатації навколишнього середовища бетону –ХА2, що відповідає умовам середньої хімічної агресії середовища (сульфатна корозія) згідно [2];

Клас наслідків (відповідальності) – СС1, що відповідає об'єктам із незначними соціальними та економічними наслідками руйнування згідно [3];

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

Марка бетону за водонепроникністю W6 [4];

Марка бетону за морозостійкістю F200 [4];

Характеристики бетонної суміші:

Бетонна суміш з маркою за консистенцією Ж1.

Жорсткість бетонної суміші становить 5–10 с згідно [5];

Характеристики компонентів:

Вихідні компоненти мають бути підібрані таким чином, щоб в результаті їх змішування був отриманий товарний радіаційно-захисний бетон – тобто була забезпечена в першу чергу не тільки задана міцність при стиску майбутнього бетону, але й визначена середня щільність – не менше 2800 кг/м^3 , що буде означати особливо щільну структуру і буде запорукою набуття радіаційно-захисних властивостей.

В якості заповнювачів були обрані щебінь та пісок з бариту. Баритовий щебінь та пісок мають вдвічі підвищену густину ніж звичайний гранітний щебінь а саме $4200\text{-}4300 \text{ кг/м}^3$. Крім того, барит хімічно стійкий, не реагує з цементом і не боїться сульфатної агресії, що дозволяє використовувати такий бетон у складових умовах (клас ХА2), Завдяки цьому бетон набирає густину 3500 і більше. Його радіаційно-захисні властивості відомі давно – баритовий бетон однакове добре послабляє гамма та нейтронне випромінювання.

Цемент: портландцемент СЕМ І 42,5N, що відповідає вимогам [6]:

вміст клінкеру – 95 %,

вміст доменного гранульованого шлаку – 5%,

вміст сульфату SO_3 – не більше 3,5%,

вміст хлориду – не більше 0,1%,

насипна щільність – $1100\text{-}1300 \text{ кг/м}^3$,

істинна щільність – 3100 кг/м^3

початок тужавлення – не раніше 60 хв

Пісок: баритовий, що відповідає вимогам [7]

Істинна густина: 4300 кг/м³.

Насипна густина: 2500 кг/м³.

Модуль крупності: 2

Вологість: не більше 1%

Щебінь: баритовий, що відповідає вимогам [7]:

Істинна густина: 4200 кг/м³.

Насипна густина: 2600 кг/м³.

Вміст BaSO₄ : не менше 80–90%.

Міцність: марка М600.

Фракція: 10–20 мм.

Вода: для приготування бетонної суміші повинна відповідати вимогам [8]:

вміст розчинних солей - не більше 5000 мг\л;

вміст іонів SO₄ —не більше 2700 мг\л;

вміст іонів хлору - не більше 1200 мг\л;

водневий показник(рН) – 6-8.

2. Режим роботи підприємства

Режим роботи заводу – це фактично календарний графік запуску обладнання. Він визначає, скільки діб на рік, змін на добу та годин на зміну ми будемо використовувати бетонозмішувач, конвеєри, дозатори. Від цього залежить головне: чи встигнемо виробити заплановані 6000 м³ бетону без авралів.

Наші вихідні умови такі: однозмінна робота (8 год) – це типовий режим для невеликого спеціалізованого виробництва. Більша кількість змін підвищила б завантаження, але й збільшила б витрати на персонал та освітлення. Кількість робочих днів на рік приймаємо 260 діб. На планований ремонт та обслуговування відведено 7 діб. Тоді чистих робочих днів залишиться 253.

Звідси два показники:

- Номінальний фонд – максимально можливий час: 260 діб, або 2080 годин.
- Розрахунковий фонд – з урахуванням ремонтів: 253 доби, або 2024 години.

Різниця між ними це той самий резерв, який ми закладаємо на випадок заміни лопатей змішувача або профілактики конвеєра. Без цього будь яка поломка зірвала б план.

Далі розраховуємо місячні показники.

Номінальний місячний фонд:

$260 / 12 = 21,67$ доби, помноживши на 8 год/зміну – 173,36 год.

Розрахунковий місячний фонд: $2024 \text{ год} / 12 = 168,67$

Добова продуктивність нам потрібна 23,72 м³ (6000/253). Це орієнтир для підбору змішувача – якщо він видаватиме менше, доведеться збільшувати змінність.

Таким чином, режим однозмінний, 260/253 діб, фонд часу 2024 год/рік – це база, на якій ми будемо всі подальші розрахунки (кількість замісів, витрату компонентів, розмір складів). Без неї не визначити ні продуктивність змішувача, ні запас цементу.

Наступні розрахунки будемо вести за формулами, наведеними в таблиці 2.1.

Табл.2.1

Показники робочого фонду часу

Термін	Показники			
	Номінальні		Розрахункові	
	діб	годин	діб	годин
Зміна	–	$T_{зм} = 8$	–	$T_{зм} = 8$
Доба	1	$T_{доб\ н} = t_{зм} \cdot n_{зм}$	1	$t_{доб} = t_{зм} \cdot n_{зм}$
Місяць	$T_m = \frac{T_n}{12}$	$T_m \cdot t_{зм} \cdot n_{зм}$	$T_{мп} = \frac{T_{річ}}{12} = 21.1$	$T_{м\ р} = \frac{T_{річ}}{12}$
Рік	$T_n = 260$	$T_n \cdot t_{зм} \cdot n_{зм}$	$T_{річ} = T_n - T_{рем}$	$T_{річ.год} = T_{річ} \cdot t_{доб}$

Річний фонд часу роботи обладнання:

$$T_{річ} = T_n - T_{рем}$$

- T_n — номінальний фонд часу (260 діб);
- $T_{рем}$ — тривалість планових зупинок (7 діб).

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

Розрахунок добового фонду продуктивного часу:

$$t_{доб} = n_{зм} \cdot t_{зм} = 1 \cdot 8 = 8 \text{ год.}$$

Розрахунковий річний фонд часу у годинах:

$$T_{\text{річгод}} = T_{\text{річ}} \cdot t_{\text{доб}} = 253 \cdot 8 = 2024 \text{ год.}$$

Номінальний річний фонд часу в годинах:

$$T_{\text{річн}} = T_{\text{н}} \cdot t_{\text{зм}} \cdot n_{\text{зм}} = 260 \cdot 8 \cdot 1 = 2080 \text{ год}$$

Річна програма заводу - 6000 м³ бетону.

Розрахунковий місячного фонду часу:

$$T_{\text{мр}} = \frac{12}{T_{\text{річ}}} = \frac{2024}{12} = 168,67 \text{ год/місяць,}$$

- $T_{\text{мр}}$ — розрахунковий місячний фонд часу,
- $T_{\text{річ}}$ — розрахунковий річний фонд часу в годинах.

Номінальний місячний фонд часу:

$$T_{\text{мн}} = T_{\text{м}} \cdot t_{\text{зм}} \cdot n_{\text{зм}} = 21,67 \cdot 8 \cdot 1 = 173,36 \text{ год/місяць,}$$

- $T_{\text{мн}}$ — номінальний фонд часу за місяць,
- $T_{\text{м}}$ — кількість робочих днів у місяці,
- $t_{\text{зм}}$ — тривалість однієї зміни (год),
- $n_{\text{зм}}$ — кількість змін на добу.

Обчислені фонди часу – не просто цифри в таблиці. Номінальний (2080 год/рік) показує максимальний ресурс, який ми могли б використати за ідеальних умов. Але реальний розрахунковий фонд (2024 год/рік) менший на 56 годин – це саме той час, який ми закладаємо на ремонт та переналагодження змішувача. Без цього запасу будь-яка випадкова зупинка зірвала б виробничий графік.

Далі ці цифри працюють як вихідні дані. На них спирається розрахунок кількості замісів за годину ($n_{\text{зб}} = 7,64$), годинна продуктивність змішувача (3,071 м³/год) та річна програма (6215,7 м³). Тому фіксуємо: однозмінний режим, 2024 год/рік – це база для всіх наступних розділів.

Отримані характеристики робочого фонду часу зводяться для зручності у таблицю (табл.2.2).

Табл.2.2

Обчислені показники робочого фонду часу

Термін	Показники			
	Номінальні		Розрахункові	
	діб	годин	діб	годин
Зміна	–	$T_{зм} = 8$	–	$T_{зм}=8$
Доба	1	ТДОБ Н = 8	1	$t_{доб}= 8$
Місяць	$T_m = 21.67$	$T_m = 173,36$	$T_{мр} = 21.1$	$T_{M P} = 168,67$
Рік	$T_n = 260$	$T_n = 2080$	$T_{річ.} = 253$	$T_{річ.год} = 2024$

3. Визначення складу бетону

Розраховуємо склад важкого бетону класу С 30/35. Використовуємо методику згідно з [9].

Враховуємо три групи факторів: умови експлуатації (середовище ХА2, помірна хімічна агресія), вимоги до міцності та рухливості (жорстка суміш Ж1), а також довговічність (морозостійкість F200, водонепроникність W6). Додатково – експлуатація при мінусових температурах (до $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$).

Завдання проектування вимагає густини бетону не менше 2500 кг/м³. Це категорія особливо важких бетонів. Тому використовуємо баритові заповнювачі – пісок (істинна густина 4300 кг/м³) та щебінь (4200 кг/м³).

Розрахунок виконуємо у два етапи: спочатку орієнтовний склад, потім уточнення методом абсолютних об'ємів.

Водоцементне відношення. Для цементу СЕМ І 42,5N і класу С 30/35 діапазон В/Ц – 0,45...0,55. Щоб забезпечити міцність і водонепроникність (W6), приймаємо В/Ц = 0,50 – це компроміс між міцністю та технологічністю суміші.

Водопотреба. Суміш Ж1 (жорсткість 5–10 с) зазвичай потребує 160–180 кг води на кубометр. Баритові заповнювачі мають більшу питому поверхню, ніж звичайні, тому збільшуємо витрату до верхньої межі: В = 180 кг/м³. Це дасть змогу отримати рухливу, але все ще жорстку суміш, придатну для укладання.

При розрахунках приймаємо такі позначення:

- В – вода
- Ц – цемент
- Щ – баритовий щебінь
- П – баритовий пісок

Визначення витрати цементу:

$$\text{Ц} = \frac{\text{В}}{\text{В/Ц}}$$

$$\text{Ц} = \frac{\text{В}}{\text{В/Ц}} = \frac{180}{0,50} = 360 \text{ кг/м}^3$$

Приймаємо: Ц = 360 кг/м³

Визначення витрати крупного заповнювача (баритового щебню)

Пустотність баритового щебеню:

$$\alpha_{\text{пуст}} = 1 - \frac{\rho_{\text{нас.щ}}}{\rho_{\text{іст.щ}}}$$

- $\rho_{\text{щ}}$ – істина густина = 4200 кг/м³
- $\rho_{\text{нас.щ}}$ – насипна густина = 2600 кг/м³

$$\alpha_{\text{пуст}} = 1 - \frac{2600}{4200} = 0,381$$

Коефіцієнт розсунення зерен для жорсткої суміші (Ж1) приймаємо $\alpha = 1,15$.

$$\text{Щ} = \frac{1}{\frac{\alpha \cdot \alpha_{\text{пуст}}}{\rho_{\text{нас.щ}}} + \frac{1}{\rho_{\text{іст.щ}}}}$$

$$\text{Щ} = \frac{1}{\frac{1,15 \cdot 0,381}{2600} + \frac{1}{4200}} = \frac{1,15 \cdot 0,381}{2600} = \frac{0,43815}{2600} = 0,0001685$$

$$\frac{1}{4200} = 0,0002381$$

$$\text{Щ} = \frac{1}{0,0001685 + 0,0002381} = \frac{1}{0,0004066} = 2459 \text{ кг/м}^3$$

Приймаємо: Щ = 2460 кг/м³

Визначення витрати дрібного заповнювача (баритового піску)

Кількість піску визначаємо з рівняння абсолютних об'ємів ($1 \text{ м}^3 = 1000$ л):

$$\frac{\text{Ц}}{\rho_{\text{ц}}} + \frac{\text{В}}{\rho_{\text{в}}} + \frac{\text{П}}{\rho_{\text{п}}} + \frac{\text{Щ}}{\rho_{\text{щ}}}$$

$$\frac{360}{3100} + \frac{180}{1000} + \frac{\text{П}}{4300} + \frac{2460}{4200} = 1000$$

$$0,1161 + 0,180 + \frac{\text{П}}{4300} + 0,5857 = 1000$$

$$0,8818 + \frac{\text{П}}{4300} = 1000 \Rightarrow \frac{\text{П}}{4300} = 0,1182$$

$$\text{П} = 0,1182 * 4300 = 508,3 \text{ кг/м}^3$$

Приймаємо: П = 508,3 кг/м³.

Загальна густина бетонної суміші:

$$\rho_{\text{б}} = 360 + 180 + 508 + 2460 = 3508 \text{ кг/м}^3$$

Відносне співвідношення компонентів за масою

На основі отриманих витрат матеріалів визначено співвідношення складових бетонної суміші за масою (цемент прийнято за одиницю):

$$\Pi = \frac{\Pi}{\text{Ц}} = \frac{508}{360} = 1,41$$

$$\text{Щ} = \frac{\text{Щ}}{\text{Ц}} = \frac{2460}{360} = 6,83$$

$$\text{Ц} : \Pi : \text{Щ} = 1 : 1,41 : 6,83$$

Водоцементне відношення: В/Ц = 0,50

Таке значення забезпечує достатню кількість цементного тіста для обволікання зерен важкого заповнювача. В результаті отримуємо щільну структуру без раковин. Фактична густина бетону – 3508 кг/м³, що майже на 40% вище мінімальної вимоги (2500 кг/м³). Цей запас необхідний для надійного радіаційного захисту.

Отриманий склад не суперечить [9] і забезпечує проектувальні характеристики: міцність С 30/35, водонепроникність W6, морозостійкість F200. Експериментальне коригування може уточнити цифри, але розрахункова база – коректна.

Отриманий склад бетону на 1 м³ суміші представляємо у вигляді таблиці (табл.3.1).

Табл. 3.1

Склад бетону на 1 м³

Компонент	Витрат а, кг/м ³	Вміст за масою, %	Примітка
Цемент СЕМ І 42,5N	360	10,3	В/Ц = 0,50
Баритовий пісок	508	14,5	Істина густина 4300 кг/м ³
Баритовий щебінь	2460	70,1	Істина густина 4200 кг/м ³
Вода	180 (л)	5,1	Густина 1000 кг/м ³

Разом	3508	100	Середня густина бетонної суміші
-------	------	-----	---------------------------------

4. Організація роботи бетонозмішувального цеху

Цех – центральна ланка всього заводу. Будь-який збій у подачі сировини зупиняє змішувач. Тому послідовність операцій має бути чіткою, а переміщення матеріалів – максимально самопливним. Це знижує витрати електроенергії та ризик помилок оператора. Помилки в організації ведуть до зростання собівартості. Часте переналагодження обладнання під різні склади збільшує час циклу.

Окремий ризик – несвоєчасна подача заповнювачів. Коли бункер над дозатором порожній, агрегат чекає. У разі баритового щебню з його високою густиною це особливо критично – конвеєр фізично не встигає досипати матеріал.

Тому розрахунок фондів часу, кількості змішувачів та їхнього завантаження виконують так, щоб виключити черги.

Підбір змішувача з відповідною продуктивністю

Організація роботи цеху базується на вимогах [10], що визначає загальні правила специфікації, виробництва бетону та оцінки відповідності.

Для приготування особливо важкого радіаційно-захисного товарного бетону на баритових заповнювачах обрано бетонозмішувач циклічної (примусової) дії з об'ємом готового замісу $V_6 = 600 \text{ л.} = 0,6 \text{ м}^3$.

Розрахунок тривалості циклу змішувача

Для важких баритових заповнювачів час перемішування збільшено до 2,5 хв, а об'єм замісу зменшено згідно з рекомендаціями [10];

Загальна тривалість циклу:

$$t_{\text{ц}} = t_{\text{зав.}} + t_{\text{пер.}} + t_{\text{вив.}} + t_{\text{пов}}$$

- $t_{\text{зав.}}$ - завантаження компонентів суміші у бетонозмішувач – **2,0 хв**;
- $t_{\text{пер.}}$ – перемішування компонентів – **2,5 хв**;
- $t_{\text{вив.}}$ – вивантаження суміші – **1,0 хв**;
- $t_{\text{пов.}}$ - повернення барабана у вихідне положення – **0 хв**.

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

Кількість замісів на годину

Кількість циклів (замісів) за годину роботи одного змішувача з урахуванням коефіцієнта нерівномірності

$$n_{\text{зб}} = \frac{60 \cdot K_n}{t_{\text{ц}}}$$

- K_n – коефіцієнт нерівномірності – 0,7.

$$n_{\text{зб}} = \frac{60 \cdot 0,7}{5,5} = \frac{42}{5,5} \approx 7,64 \text{ шт/год}$$

Приймаємо $n_{\text{зб}} = 7,64$ замісів на годину

Година продуктивності одного бетонозмішувача об'ємом 600 л.

Продуктивність одного бетонозмішувача за годину:

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

- $V_{\text{б}}$ – ємність барабана змішувача – 600л.;
- $K_{\text{в}}$ – коефіцієнт виходу сумішей – 0,67

$$P_{\text{год}} = \frac{600 \cdot 7,64 \cdot 0,67}{1000} = \frac{3071,28}{1000} = 3,071 \text{ м}^3/\text{год}$$

Приймаємо: $P_{\text{год}} = 3,071 \text{ м}^3/\text{год}$.

Число бетонозмішувачів

Необхідна кількість основних змішувачів для використання річної програми:

$$n_{\text{зр}} = \frac{P_{\text{мах}} \cdot K_{\text{и}}}{T_{\text{річ.год}} \cdot P_{\text{год}}}$$

- $P_{\text{мах}}$ – річна програма випуску виробів – 6000 куб. м.;
- $T_{\text{річ.год}}$ – розрахунковий фонд часу – 2024 год.;

- K_u – коефіцієнт річного використання устаткування – 0,7.

$$n_{зр} = \frac{6000 \cdot 0,7}{2024 \cdot 3,071} = \frac{4200}{6215,70} \approx 0,676$$

- N_3 – кількість змішувачів з округленням

Приймаємо один основний змішувач і один резервний для забезпечення ремонтних та технічних обслуговувань.

Річна продуктивність цеху

При роботі одного основного змішувача фактична річна продуктивність становитиме:

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

$$P_{річ} = 3,071 \cdot 2024 \cdot 1 = 6215,7 \text{ м}^3$$

Визначення потреби в вихідних компонентах товарного радіаційно-захисного бетону

Для того, щоб розуміти як організувати постачання та зберігання компонентів, необхідно мати дані щодо того, скільки ж кожного компоненту буде витрачатися в певний проміжок часу. Адже на складах компоненти зберігають з певним запасом на випадки ситуацій, коли може перерватися доставка. До того ж щодобова, а тим паче щозмінна доставка сировини є економічно не вигідною.

Розрахунки щодо визначення необхідної кількості сировинних компонентів у зміну та добу ведуться за формулами, наведеними в таблиці 4.1.

Табл.4.1

Відомість в потребі компонентів бетонної суміші (бетону):

Компонент	Одиниця виміру	Потреба		
		1 кг/м ³	зміна	доба
цемент	кг	Ц	$Цз = Ц \cdot P_{год} \cdot t_{зм}$	$Цд = Цз \cdot n_{зм}$
пісок	кг	П	$Пз = П \cdot P_{год} \cdot t_{зм}$	$Пд = Пз \cdot n_{зм}$
щебінь	кг	Щ	$Щз = Щ \cdot P_{год} \cdot t_{зм}$	$Щд = Щз \cdot n_{зм}$

вода	м^3	В	$\text{В}_3 = \text{В} \cdot P_{\text{год}} \cdot t_{\text{зм}}$	$\text{В}_д = \text{В}_3 \cdot n_{\text{зм}}$
------	--------------	------------	--	---

де:

- $P_{\text{год}}$ – продуктивність бетонозмішувача за годину – 3,071 $\text{м}^3/\text{год}$;
- $t_{\text{зм}}$ – тривалість зміни – 8 год.;
- $n_{\text{зм}}$ – кількість змін на добу – 1 доб.;
- Ц – цемент – 360 кг.;
- П – пісок – 508 кг.;
- Щ – щебінь – 2460 кг.;
- В – вода – 0,18 м^3

Розрахунки:

Визначення потреби компонентів на зміну:

$$\text{Ц}_3 = \text{Ц} \cdot P_{\text{год}} \cdot t_{\text{зм}}$$

$$\text{Ц}_3 = 360 \cdot 3,071 \cdot 8 = 8844,48 \text{ кг}$$

$$\text{П}_3 = \text{П} \cdot P_{\text{год}} \cdot t_{\text{зм}}$$

$$\text{П}_3 = 508 \cdot 3,071 \cdot 8 = 12481,34 \text{ кг}$$

$$\text{Щ}_3 = \text{Щ} \cdot P_{\text{год}} \cdot t_{\text{зм}}$$

$$\text{Щ}_3 = 2460 \cdot 3,071 \cdot 8 = 60437,28 \text{ кг}$$

$$\text{В}_3 = \text{В} \cdot P_{\text{год}} \cdot t_{\text{зм}}$$

$$\text{В}_3 = 0,18 \cdot 3,071 \cdot 8 = 4,422 \text{ м}^3$$

Визначення потреби компонентів на добу:

$$\text{Ц}_д = \text{Ц}_3 \cdot n_{\text{зм}}$$

$$\text{Ц}_д = 8844,48 \cdot 1 = 8844,48 \text{ кг}$$

$$\text{П}_д = \text{П}_3 \cdot n_{\text{зм}}$$

$$\text{П}_д = 12481,34 \cdot 1 = 12481,34 \text{ кг}$$

$$\text{Щ}_д = \text{Щ}_3 \cdot n_{\text{зм}}$$

$$\text{Щ}_д = 60437,28 \cdot 1 = 60437,28 \text{ кг}$$

$$\text{В}_д = \text{В}_3 \cdot n_{\text{зм}}$$

$$\text{В}_д = 4,422 \cdot 1 = 4,422 \text{ м}^3$$

Отримані величини необхідної кількості складників бетону зводимо в таблицю (табл..4.2).

Табл.4.2

Компонент	Одиниця виміру	Потреба		
		1 кг/м ³	змiна	доба
цемент	кг	360	Ц _з = 8844 кг	Ц _д = 8844 кг
пісок	кг	508	П _з = 12481 кг	П _д = 12481 кг
щебiнь	кг	2460	Щ _з = 60437 кг	Щ _д = 60437 кг
вода	м ³	0,18	В _з = 4,422 м ³	В _д = 4,422 м ³

Наступний крок – створення поопераційного графіку.

Поопераційний графік – це послiдовнiсть дiй обладнання та тривалiсть часу, витраченого на кожну операцiю. За його допомогою можна контролювати, коли i який механiзм працює або простоює. Для товарного радiацiйно-захисного бетону, де кожен компонент має свою густину i сипкiсть, це особливо важливо. Тому пооперацiйний графік є дуже важливим для контролю продуктивностi. Наведений в таблицi 4.3.

5. Технологічна частина

5.1 Вибір технологічної схеми виробництва

При виборі технологічної схеми заводу з виробництва бетонних сумішей враховують комплекс технічних, економічних, логістичних та експлуатаційних факторів. Метою є забезпечення стабільного випуску бетонних сумішей необхідної якості за мінімальних витрат ресурсів та з дотриманням вимог безпеки й екології.

Насамперед визначальним фактором є виробнича потужність підприємства. Залежно від необхідного обсягу випуску бетонної суміші обирають тип і кількість змішувального обладнання, місткість складів цементу та заповнювачів, продуктивність транспортних систем і дозувальних пристроїв. Для невеликих обсягів виробництва можуть застосовуватися компактні бетонозмішувальні установки, тоді як великі підприємства оснащуються високопродуктивними автоматизованими бетонними вузлами безперервної або циклічної дії.

Важливе значення має номенклатура продукції. Якщо завод виробляє широкий асортимент бетонів різних класів міцності, рухливості, морозостійкості або спеціального призначення (наприклад, радіаційно-захисні), технологічна схема повинна забезпечувати високу точність дозування компонентів, можливість швидкого переналагодження та мінімізацію взаємного забруднення сумішей.

Одним із ключових критеріїв є спосіб компонування обладнання. У практиці проектування поширені вертикальні та горизонтальні схеми. Перший тип схеми передбачає розташування обладнання за ходом технологічного процесу зверху вниз, що дозволяє максимально використовувати силу тяжіння для переміщення матеріалів і зменшувати енерговитрати. Водночас такі установки характеризуються значною висотою споруд і більшими капітальними вкладеннями. Другий тип схем мають меншу будівельну висоту

та простіше обслуговування, однак потребують більшої кількості транспортного обладнання (конвеєрів, елеваторів, шнеків).

При виборі схеми враховують характер постачання сировини. Важливими є вид транспорту (автомобільний, залізничний, водний), відстань до кар'єрів заповнювачів, цементних заводів та постачальників хімічних добавок. Від цих умов залежать конструкції приймальних пристроїв, типи складів та організація внутрішньозаводської логістики.

Суттєвий вплив мають вимоги до якості товарного бетону. Для сучасного виробництва перевага надається схемам із автоматизованими системами дозування та керування технологічним процесом. Автоматизація забезпечує високу точність дозування цементу, води, заповнювачів і добавок, що безпосередньо впливає на стабільність властивостей бетону.

Не менш важливими є кліматичні умови експлуатації. У регіонах із холодним кліматом передбачають системи підігріву води та заповнювачів, утеплені склади, закриті транспортні галереї та заходи щодо запобігання змерзання матеріалів. У спекотних районах можуть використовуватися системи охолодження води або інертних матеріалів для контролю температури бетонної суміші.

При проєктуванні обов'язково враховують екологічні вимоги. Сучасні бетонні заводи оснащуються аспіраційними системами, пиловловлювачами на цементних силосах, системами очищення стічних вод та вузлами рециклінгу залишків бетонної суміші. Це дозволяє зменшити негативний вплив виробництва на навколишнє середовище та відповідати чинним природоохоронним нормам.

Важливим критерієм є також економічна ефективність. Порівнюються капітальні витрати на будівництво, вартість обладнання, витрати на енергію, ремонт, обслуговування та чисельність персоналу. Часто вибір здійснюється на основі техніко-економічного порівняння кількох альтернативних схем.

Таким чином, вибір технологічної схеми виробництва бетонних сумішей є багатофакторним інженерним завданням. Оптимальна схема повинна забезпечувати необхідну продуктивність, високу якість продукції, раціональне використання ресурсів, екологічну безпеку та економічну доцільність роботи підприємства протягом усього терміну його експлуатації.

Для нашого заводу було обрано типову технологічну схему яка поділена на зони (рис.5.1): «Зона А – Склади заповнювачів і цементу» та «Зона В – Бетонозмішувальне відділення».

Опис роботи схеми бетонозмішувального заводу

Надходження компонентів, таких як пісок та щебінь, здійснюється автомобільним транспортом, і потім за допомогою крану (1) пересипається до відкритого складу інертних заповнювачів (2). Цемент також постачається автотранспортом (9), перевантаження відбувається пневматично – одразу до силосів (8). З силосів цемент подається до витратних бункерів (4), а звідти до дозатора (5) за допомогою шнекової системи (7). Вода подається одразу до дозаторів за допомогою водопостачання від підприємства. Подача заповнювачів із відкритого складу транспортується до витратних бункерів (4) бетонозмішувального відділення за допомогою стрічкового конвеєра (3). У дозаторах (5) для отримання потрібного нам радіаційно-захисного бетону відбувається точне дозування всіх компонентів до бетонозмішувача. Після точного дозування всі складові направляються у бетонозмішувач (6), де відбувається перемішування компонентів та виготовлення однорідної бетонної суміші необхідної марки. Готова суміш після приготування завантажується в автобетонозмішувач з періодичним перемішуванням (10) для подальшого транспортування до місця використання та для запобігання легкого розшарування.

У таблиці 5.1 подана специфікація устаткування, задіяного в процесі виробництва товарного радіаційно-захисного бетону.

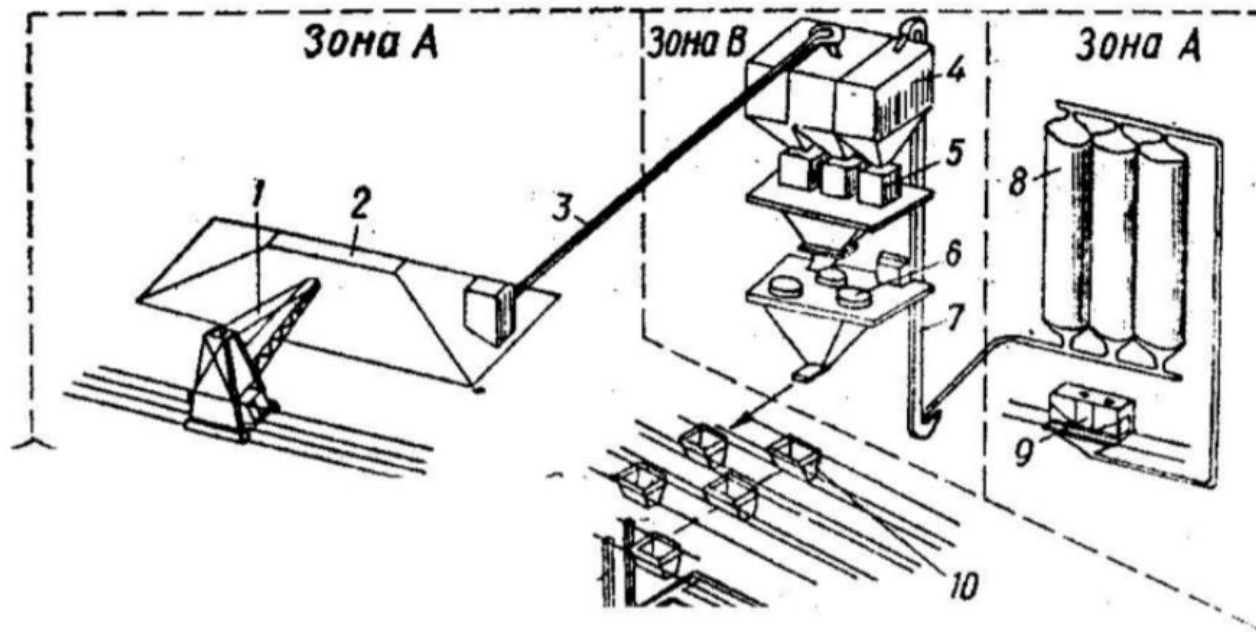


Рис.5.1. Технологічна схема випуску особливо важкого радіаційно-захисного товарного бетону:

1. Кран.
2. Склад інертних заповнювачів.
3. Стрічковий конвеєр.
4. Витратні бункери заповнювачів
5. Дозатори цементу та води.
6. Бетонозмішувач.
7. Шнекова система.
8. Силоси цементу.
9. Автотранспортний засіб доставки цементу.
10. Площадка відвантаження готової суміші.

Специфікація основного обладнання

Найменування обладнання	Тип / марка	Кількість	Основні технічні характеристики
Бетонозмішувач	Примусовий (циклічний), СБ-138Б	2 (1 осн. + 1 рез.)	Об'єм завантаження 600 л, 22 кВт, маса 2200 кг
Дозатор цементу	Ваговий, автоматичний	1	Межі зважування 0–500 кг, точність $\pm 0,5\%$
Дозатор води	Ваговий	1	Межі зважування 0–200 л, точність $\pm 0,5\%$
Дозатор баритового піску	Ваговий, стрічковий	1	Межі зважування 0–800 кг, точність $\pm 1\%$
Дозатор баритового щебеню	Ваговий, стрічковий	1	Межі зважування 0–2500 кг, точність $\pm 1\%$
Силос цементу	Вертикальний з аерацією	1	Місткість 70 м ³ , діаметр 3,5 м, висота циліндричної

			частини 7 м
Стрічковий конвеєр	Стаціонарний	1	Ширина стрічки 500 мм, довжина 15 м, швидкість 1,25 м/с
Бункер готової суміші	Проміжний, з конусним днищем	1	Об'єм 0,5 м ³

5.2 Проектування основного (головного) корпусу заводу

Вибір схеми головного корпусу

З існуючих варіантів схем головного корпусу при тому що ми розрахували необхідну кількість змішувачів – 2 змішувачі по 0,6 м³, обираємо варіант з однорядною схемою розташування, для зручного обслуговування транспортувального напрямку (рис.5.2).

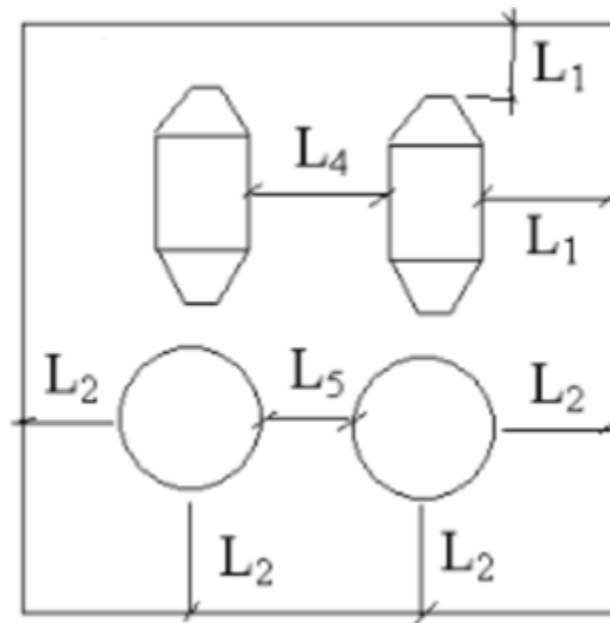


Рис.5.2. Розташування бетонозмішувачів в головному корпусі заводу з виготовлення товарного радіаційно-захисного бетону заданої якості

Основними габаритними розмірами змішувального відділення є:

- L_1 – відстань від змішувача до стіни;
- L_2 – відстань від отвору вивантажувального конусу до стіни;
- L_3 – відстань від змішувача одного напрямку вивантаження бетонної суміші до отвору вивантажувального конусу другого напрямку вивантаження бетонної суміші;
- L_4 – відстань між змішувачами різних напрямів вивантаження бетонної суміші;
- L_5 – відстань між отворами вивантажувальних конусів.

$$L_1 = 1,2 + 0,7 = 1,9 \text{ м}$$

$$L_2 = 1,2 + 0,7 = 1,9 \text{ м}$$

$$L_3 = 1,2 + 0,7 + 0,7 = 2,6 \text{ м}$$

$$L_4 = 1,2 + 0,7 + 0,7 = 2,6 \text{ м}$$

$$L_5 = 1,2 + 0,7 + 0,7 = 2,6 \text{ м}$$

Формула для визначення висоти змішувального відділення:

$$\ll H = h_1 + h_2 + h_3 + h_4$$

- h_1 – висота найбільш високого змішувача – 2,2 м;
- h_2 – висота другого за величиною висоти змішувача – 2,2 м;
- h_3 – висота вантажозахватного устаткування – 1,2 м;
- h_4 – висота вантажопідіймального обладнання – 1,8 м» [18].

$$H = 2,2 + 2,2 + 1,2 + 1,8 = 7,8 \text{ м.}$$

Вигляд основного корпусу заводу з виготовлення товарного радіаційно-захисного бетону наведений на рисунку 5.3.

У таблиці 5.3 поданий узагальнений опис конструкційного рішення головного корпусу даного заводу.

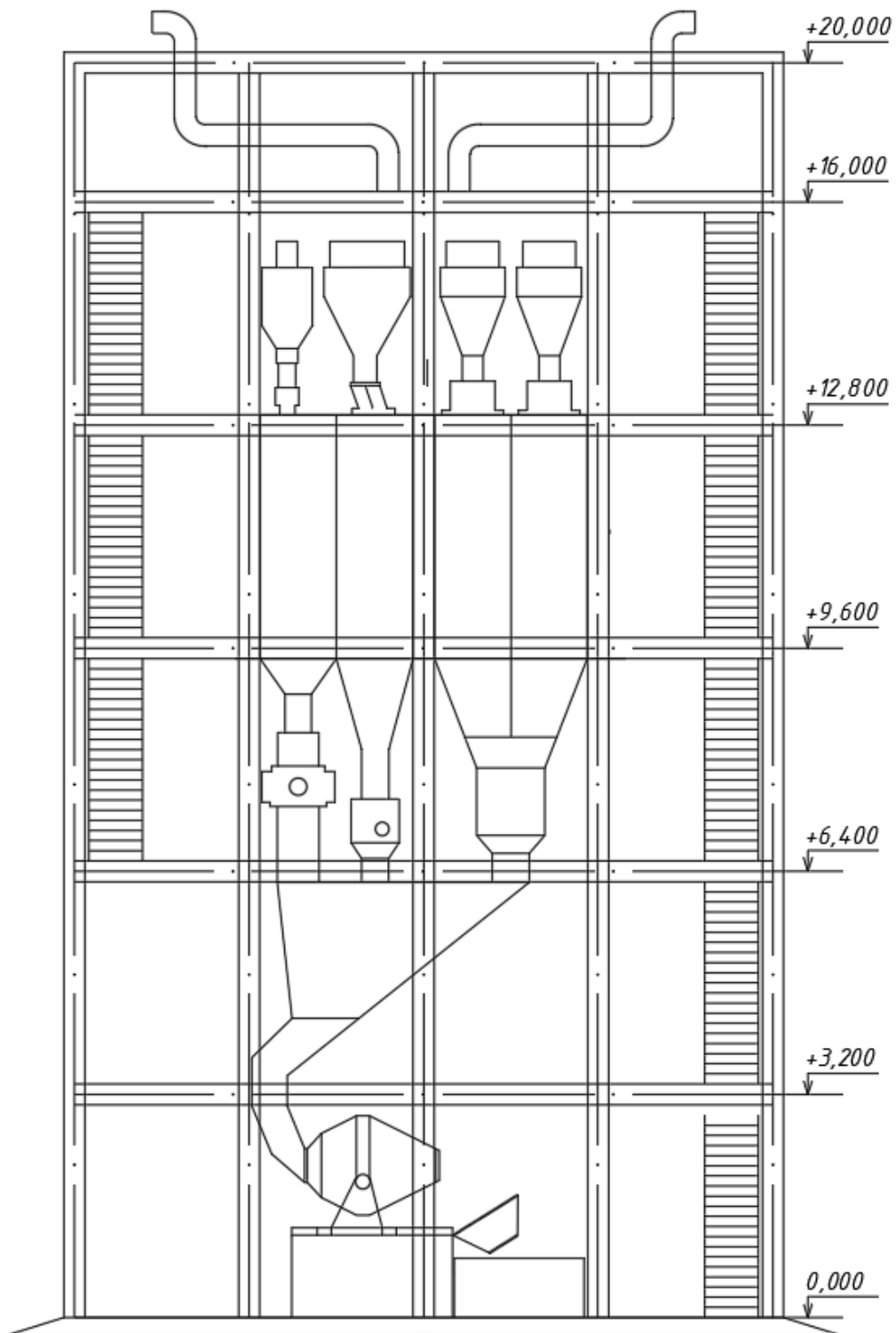


Рис.5.3. Схема головного корпусу заводу

Табл.5.2

Опис схеми головного корпусу

Поверх	Відмітка, м	Функціональне призначення
1	0,000 ... +3,200	Змішувальне відділення та розвантажувальна зона
2 та 3	+3,200 ... +9,600	Дозаторне відділення
4	+9,600 ... +12,800	Бункерне відділення
5	+12,800 ... +16,000	Над бункерне відділення
Технічний дах	+16,000 ... +18,000	Майданчик обслуговування і вентиляція

5.3 Проектування складів компонентів бетонної суміші

5.3.1 Розрахунок складів в'язучих.

Формула для визначення місткості складу цементу:

$$V = C_{Д} \cdot n \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 / P_{в}, \text{ м}^3$$

- « $C_{Д}$ – витрата цементу за добу – 8844 кг (з табл. 4.1);
- n – нормативний запас зберігання – 7 діб;
- K_1 – коефіцієнт нерівномірності надходження – для автотранспорту 1,2;
- K_2 – коефіцієнт нерівномірності споживання – 1,3;
- K_3 – коефіцієнт втрат в'язучого при розвантаженні – 1,04 ;
- K_4 – коефіцієнт використання обладнання – 0,943;
- K_5 – коефіцієнт заповнення ємності – 0,9;
- $P_{в}$ – насипна густина цементу – 1000 кг/м³» [18].

Тоді добова потреба:

$$V = \frac{8844 \cdot 7 \cdot 1,2 \cdot 1,3 \cdot 1,04 \cdot 0,943 \cdot 0,9}{1000} = \frac{85243}{1000} = 85,24 \text{ м}^3$$

5.3.2 Розрахунок складів заповнювачів (баритовий пісок та щебінь)

Формула для визначення місткості складу піску:

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

- « $P_{Д}$ – витрата заповнювача піску на добу – 12481 кг (з табл. 4.1);
- $Щ_{Д}$ – витрата заповнювача щебеню на добу – 60437 кг (з табл. 4.1);
- n – нормативний запас зберігання – 7 діб;
- K_1 – коефіцієнт нерівномірності надходження – «для автотранспорту 1,2;»
- K_2 – коефіцієнт нерівномірності споживання – 1,3;
- K_3 – коефіцієнт втрат в'язучого при розвантаженні – 1,04 ;
- K_4 – коефіцієнт використання обладнання – 0,943;
- $P_{з}$ – насипна густина піску та щебеню – 2500 кг/м³ та 2600 кг/м³» [18] .

Склад піску:

$$V = \frac{12481 \cdot 7 \cdot 1,2 \cdot 1,3 \cdot 1,04 \cdot 0,943}{2500} = \frac{133664,8}{2500} = 53,47 \text{ м}^3$$

Склад щебню:

$$V = \frac{Ш_{Д} \cdot n \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4}{Пз}, \text{ м}^3$$

$$V = \frac{60437 \cdot 7 \cdot 1,2 \cdot 1,3 \cdot 1,04 \cdot 0,943}{2600} = \frac{647247,8}{2600} = 248,9 \text{ м}^3$$

6. Контроль якості виробництва бетонної суміші

Загальні положення контролю якості

Контроль якості є невід'ємно важливою частиною процесу виготовлення бетонної суміші, оскільки при дотриманні всіх процесів можна уникнути багатьох дефектів продукції, зниження міцності бетону та погіршення його експлуатаційних властивостей. Якісний контроль забезпечує відповідність бетонної суміші вимогам нормативних документів, а також гарантує отримання бетону необхідної марки, щільності та довговічності.

На підприємстві він здійснюється на всіх етапах виробництва:

- Вхідний контроль – перевірка сировини яка постачається до складу, лабораторія порівнює паспортні данні з фактичними властивостями кожних компонентів: цемент – «ДСТУ Б В.2.7-46:2010» [6]; Для баритового піску та щебню «ДСТУ Б EN 12620:2013» [7]; Вода «ДСТУ EN 1008:2022» [8]
- Оперативний контроль – перевірка під час виробництва, яка перевіряє точність дозування, тривалість перемішування та жорсткість суміші.
- Приймальний контроль – контроль після завершення процесу, перевіряють основні показники: рухливість або жорсткість бетонної суміші,

середню густину та однорідність, а також задані параметри затверділого бетону.

В таблиці 6.1 наведені підрозділи заводу, відповідальні за проведення контролю якості

Табл.6.1

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

Приймальний контроль якості товарного бетону (бетонних сумішей) – підтверджує, що свіжа бетонна суміш відповідає рецептурі. Випробування проводяться до початку тужавіння, одразу після вивантаження зі змішувача.

Відомості про здійснення приймального контролю товарного бетону подані в таблиці 6.2.

Табл.6.2

Приймальний контроль товарного бетону (бетонної суміші)

Найменування контрольованого показника	Нормативний документ, що встановлює		Контролююча служба і періодичність контролю
	Технічні вимоги до показника якості	Методи контролю та випробувань	
1. Вид суміші	ДСТУ 9208:2022		Лабораторія, кожна партія

2. Жорсткість	ДСТУ 9208:2022	ДСТУ EN 12350-3:2022	Лабораторія, не рідше 1 разу на зміну
3. Середня густина	ДСТУ 9208:2022	ДСТУ Б В.2.7- 170:2008	Лабораторія, кожна партія

Приймальний контроль якості бетону – завершальний етап контролю. Він показує, чи відповідає матеріал замовленим характеристикам. Зразки відбирають від кожної партії, коли бетон набрав міцність (стандартно – через 28 діб). Тут чітко прописано: які показники перевіряють, якими методами, як часто і які результати вважаються нормою. Відомості щодо такого контролю подані в таблиці 6.3.

Табл.6.3

Приймальний контроль якості

Найменування контрольованого показника	Нормативний документ, що встановлює		Контролююча служба і періодичність контролю
	Технічні вимоги до показника якості	Методи контролю та випробувань	
1.Клас бетону за міцністю	ДСТУ 9208:2022	ДСТУ Б В.2.7- 214:2009	Лабораторія, 28 діб, 3 зразки на партію
2.Відпускна міцність бетону	ДСТУ 9208:2022	ДСТУ Б В.2.7- 214:2009	Лабораторія, 7 діб, 3 зразки
3.Середня густина	ДСТУ 9208:2022	ДСТУ Б В.2.7- 170:2008	Лабораторія, кожна партія
4.Якість структури бетону	ДСТУ 9208:2022	ДСТУ Б В.2.7- 224:2009	Лабораторія, 1 раз на 500 м ³

5.Морозостійкість бетону	ДСТУ 9208:2022	ДСТУ CEN/TR 15177:2019	Лабораторія, не рідше 1 разу на 2000 м ³
6.Водонепроникність бетону	ДСТУ 9208:2022	ДСТУ Б В.2.7-170:2008	Лабораторія, 1 раз на місяць
7.Водопоглинання бетону	ДСТУ 9208:2022	ДСТУ Б В.2.7-170:2008	Лабораторія, 1 раз на 1000 м ³
8.Показники пористості бетону	ДСТУ 9208:2022	ДСТУ Б В.2.7-170:2008	Лабораторія, періодично

Карта контролю якості – це документ, що фіксує, хто, коли і як перевіряє кожну операцію. У ній зазначають місце контролю, методи, періодичність, відповідальних осіб та форму реєстрації. Для нашого виробництва карта охоплює три етапи: комплектацію документації, стан обладнання та приготування суміші. Такий підхід унеможлиблює пропуски в перевірках. Приведена у вигляді таблиці 6.4.

Табл.6.4

Карта контролю якості виробництва

Основні операції, що підлягають контролю	Комплектація робочих креслень, НД, карт	Виготовлення бетонної суміші
Склад контролю	Наявність технічної документації (НД, робочі креслення, рецептура)	1. Точність дозування компонентів 2. Час перемішування 3. Консистенція (жорсткість) за Ж1 4. Температура суміші (взимку)
Місце контролю	Техвідділ, цех	Дозатори, бетонозмішувач
Метод і засоби контролю	Порівняння з реєстром, візуальна перевірка	1. Спостереження за приладами, контроль ваг 2. Секундомір (контроль циклу 2,5 хв) 3. Віскозиметр (відбір проби за ДСТУ EN 12350-3:2022) 4. Термометр контактний
Періодичність і обсяг контролю	Перед запуском виробництва, при зміні рецептури	1. Кожен заміс 2. Кожний заміс 3. 2 рази в зміну та при новому складі 4. 2 рази в зміну взимку
Особа що контролює операцію	Інженер-технолог (ВТВ)	Лаборант (пп. 1,3,4), оператор БЗЦ (п.2)
Документ у якому реєструється результати контролю	Журнал обліку документації	Журнал лабораторних випробувань, змінний технологічний журнал
Особа, відповідальна за забезпечення технології	Головний технолог	Зав. лабораторією, начальник бетонозмішувального цеху

7. Охорона праці та безпеки виробництва

Охорона праці на бетонному заводі – це комплекс заходів, що забезпечують захист людей під час роботи. Обладнання (дозатори, змішувачі, конвеєри, силоси) створює шум, вібрацію та пил. Основні небезпечні фактори: цементний і баритовий пил, рухомі механізми, шум, вібрація, електричний струм. Баритовий пил ($BaSO_4$) осідає в легенях, тому контроль запиленості є пріоритетним.

Правова база охорони праці базується на Конституції та законах України. На підприємстві обов'язковими до виконання є наступні нормативні документи:

- **НПАОП 26.6-1.02-00** «Правила охорони праці для працівників бетонних і залізобетонних заводів» [13] – основний документ, який встановлює вимоги безпеки для всього персоналу.
- **ДБН А.3.2-2-2009** «Охорона праці і промислова безпека у будівництві» [14] – встановлює загальні вимоги безпеки на будівельних майданчиках.
- **ДСТУ-Н Б А.3.2-1:2007** «Система стандартів безпеки праці. Настанова щодо визначення небезпечних і шкідливих факторів» [15] – допомагає виявити та оцінити ризики на виробництві будівельних матеріалів.
- **ДСТУ-Н Б А.3.1-34:2016** «Настанова з виробництва бетонних і залізобетонних виробів» [16] – містить вимоги до технологічних процесів на всіх етапах, включаючи приготування та транспортування бетонних сумішей.

Санітарно-гігієнічні норми, яких повинні дотримуватися на заводі з виготовлення товарного радіаційно-захисного бетону подані в таблиці 7.1.

Санітарно-гігієнічні норми

Параметр	Нормативне значення	Нормативний документ
Температура повітря в холодний період	+16...+22 °С	ДСН 3.3.6.042-99
Температура повітря в теплий період	+18...+26 °С	ДСН 3.3.6.042-99
Відносна вологість повітря	40...60 %	ДСН 3.3.6.042-99
Швидкість руху повітря	≤0,3 м/с	ДСН 3.3.6.042-99
Рівень шуму	≤80 дБА	ДСН 3.3.6.037-99
Рівень загальної вібрації	≤0,56 м/с ²	ДСН 3.3.6.039-99
ГДК баритового пилу	Гранично допустима концентрація – ≤2 мг/м ³	МОЗ №1192
Освітленість на робочих місцях	200–300 лк	ДБН В.2.5-28:2018
Освітленість на відкритих складах	50–100 лк	ДБН В.2.5-28:2018
Кратність повітрообміну (вентиляція)	4–6 обмінів/год	ДБН В.2.5-67:2013

Безпека роботи з обладнанням

Бетонозмішувач, конвеєри та дозатори – це джерела підвищеної небезпеки через рухомі частини та електроприводи. Для безпечної роботи передбачено наступне:

- Усі рухомі елементи (приводи конвеєрів, ремінні передачі) закриті суцільними або сітчастими кожухами.
- Бетонозмішувач обладнано блокуванням: двигун вимикається, якщо відкрито завантажувальний люк.
- Дозатори, бункери та силоси заземлені – це відводить статичну електрику (згідно з ПУЕ).
- Стрічкові конвеєри мають аварійні тросові вимикачі вздовж стрічки та кінцеві вимикачі.
- Персонал, який працює з обладнанням, проходить медогляд, навчання та стажування безпосередньо на робочому місці.

Згідно з ДСТУ-Н Б А.3.1-34:2016 [16], під час приготування бетонної суміші система автоматичного дозування повинна забезпечувати точність: для цементу та води – не більше $\pm 0,5\%$, для заповнювачів – не більше $\pm 1\%$. Дозування добавок – тільки автоматичними дозаторами. Якщо виявлено несправність дозувального обладнання, роботу негайно зупиняють.

Пожежна та електробезпека

Категорія пожежної небезпеки бетонозмішувального цеху – Д (помірна). Горючі матеріали: мастила, ізоляція кабелів. Заходи:

- У цеху встановлено порошкові вогнегасники – не менше двох на поверх.
- Біля складів розташовані пожежні щити з інструментом та ящики з піском.
- Розроблено плани евакуації, затверджено керівництвом.
- Персонал проходить протипожежний інструктаж.

Електробезпека. Усі металеві частини електрообладнання мають захисне заземлення (опір не більше 4 Ом). Кабелі прокладають у металевих трубах або коробах. Персонал, який обслуговує електроустановки, повинен мати відповідну групу з електробезпеки.

Права та обов'язки працівників

Згідно із Законом України «Про охорону праці» [17], працівник має право на:

- безпечні умови праці;
- безоплатне забезпечення засобами індивідуального захисту (ЗІЗ);
- відмову від роботи в разі загрози життю чи здоров'ю.

У свою чергу, працівник зобов'язаний дотримуватись інструкцій з охорони праці, правильно користуватися ЗІЗ та проходити періодичні медичні огляди.

Контроль за дотриманням вимог охорони праці здійснює адміністрація підприємства та уповноважені особи. Види інструктажів: вступний, первинний, повторний, позаплановий, цільовий. Їх періодичність встановлена законодавством. Відповідальність за порушення норм охорони праці несуть посадові особи згідно з Кодексом України про адміністративні правопорушення.

Засоби індивідуального та колективного захисту

Для різних категорій працівників передбачено наступні засоби індивідуального захисту «ЗІЗ» відповідно до типових норм (табл.. 7.2).

ЗІЗ для працівників заводу з виготовлення товарного радіаційно-захисного бетону

Професія	Респіратор	Окуляри	Навушники	Рукавиці	Спецвзуття	Каска	Спецодяг
Оператор змішувача	FFP3	+	+	+	Металоносок	+	Пилозахисний костюм
Лаборант	FFP2	+	-	+	Шкіряне	-	Лабораторний халат
Робітник складу	FFP3	+	+	+	Металоносок	+	Пилозахисний костюм

Список використаних джерел

1. ДСТУ 9208:2022. Бетони важкі. Технічні умови; чинний від 2023-09-01.
2. ДБН В.2.6-98:2009. Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення; чинний від 2011-06-01.
3. ДБН В.1.2-14:2018. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель і споруд; чинний від 2019-01-01.
4. ДСТУ Б В.2.7-170:2008. Бетони. Методи визначення середньої густини, вологості, водопоглинання, пористості і водонепроникності. Зміна №1; чинний від 2010-03-01.
5. ДСТУ EN 206:2022. Бетон. Специфікація, продуктивність, виробництво та відповідність; чинний від 2023-12-31.
6. ДСТУ Б В.2.7-46:2010. Цементи загальнобудівельного призначення. Технічні умови; чинний від 2011-09-01.
7. ДСТУ Б EN 12620:2013. Заповнювачі для бетону (EN 12620:2002+A1:2008, IDT); чинний від 2014-10-01.
8. 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; чинний від 2023-12-31.
9. ДСТУ Б В.2.7-215:2009. Бетони. Правила підбору складу; чинний від 2010-09-01.
10. ДСТУ EN 206:2022 Бетон. Специфікація, продуктивність, виробництво та відповідність; чинний від 2023-12-31.

11. ДСТУ Б В.2.7-214:2009. Бетони. Методи визначення міцності за контрольними зразками; чинний від 2010-09-01.
12. ДСТУ СЕН/TR 15177:2019. Методи випробування морозостійкості бетону. (Технічний звіт, чинний); чинний від 2020-01-01.
13. НПАОП 26.6-1.02-00. Правила охорони праці для працівників бетонних і залізобетонних заводів; чинний від 2001-02-01.
14. ДБН А.3.2-2-2009. Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення; чинний від 2009-01-27.
15. ДСТУ-Н Б А.3.2-1:2007. Система стандартів безпеки праці. Настанова щодо визначення небезпечних і шкідливих факторів та захисту від їх впливу при виробництві будівельних матеріалів і виробів; чинний від 2007-12-1.
16. ДСТУ-Н Б А.3.1-34:2016. Настанова з виробництва бетонних і залізобетонних виробів; чинний від 2017-04-01.
17. Законом України «Про охорону праці»
18. Шишкіна О.О., Шишкін О.О. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи бакалавра. Проектування заводу з випуску товарного бетону. Кривий Ріг: КНУ. 2023. 36 с.
19. Дворкін Л.Й. Бетони спеціального призначення: Навчальний посібник. Київ: «Кондор», 2018. 354 с.