

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 високоміцного бетону»

Виконав: студентка групи БІ-22-1 Сусллова А.С.

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

Нормоконтролер С Єгорова І.В.

Завідувачка кафедри Ш доц. Шишкіна О.О.

Кривий Ріг
2026 р.

РЕФЕРАТ

кваліфікаційної роботи бакалавра

студентки групи БІ-22-1

Сулової Ангеліни Сергіївни

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

Актуальність теми. Сучасні темпи відновлення та розвитку інфраструктури України призводять до швидкого зростання потреби у якісних будівельних матеріалах, які виробляються в Україні. Зокрема, важливу роль у цьому процесі відіграє товарний високоміцний бетон, який є необхідним для будівництва важливих об'єктів: мостів, шляхопроводів, захисних споруд та висотних будівель. Актуальність цієї теми полягає в потребі вдосконалення технологій виготовлення таких бетонних сумішей, щоб забезпечити їхню необхідну якість, довговічність та відповідність сучасним стандартам безпеки.

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

Об'єктом дослідження є завод з випуску товарного високоміцного бетону заданої якості.

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

контролю якості на підприємстві; 9) описати положення охорони праці та техніки безпеки на підприємстві.

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

Ключові слова: високоміцний бетон, бетонна суміш, проектування заводу, якість, організація виробництва бетонної суміші.

Обсяг кваліфікаційної роботи: Бакалаврська кваліфікаційна робота складається з пояснювальної записки, викладеної на 45 сторінках, яка складається зі вступу, семи розділів, які містять 2 рисунка, 7 таблиць, списку використаних джерел з 24 найменувань, та графічної частини, яка складається з 3 листів формату А3.

Зміст

Вступ.....	7
Розділ 1. Характеристика бетонної суміші, бетону та його компонентів	14
Розділ 2. Режим роботи підприємства	17
Розділ 3. Визначення складу бетону	19
Розділ 4. Організація роботи бетонозмішувального цеху	22
Розділ 5. Проектування споруд заводу	7
5.1. Вибір технологічної схеми виробництва.....	7
5.2. Проектування головного корпусу заводу	9
5.3. Проектування складів компонентів бетонної суміші.....	12
5.3.1. Розрахунок складів в'язучих.	12
5.3.2 Склади заповнювачів.....	13
5.3.3. Склади добавок.....	29
Розділ 6. Контроль якості	15
Розділ 7. Охорона праці та техніка безпеки	7
Література	11

Вступ

Наразі перед будівельною галуззю стоїть масштабне завдання відновлення, капітального ремонту та будівництва критично важливих об'єктів, таких як інфраструктура, мости, хмарочоси та оборонні споруди в Україні. Ключовим фактором надійності цих об'єктів є використання новітніх будівельних матеріалів, зокрема високоміцного товарного бетону.

Відбудова українських міст та промислових гігантів потребує впровадження прогресивних конструктивних рішень, що неможливе без стабільного постачання модифікованих матеріалів. Саме високоміцний товарний бетон є основою для зведення довговічних та стійких до навантажень об'єктів. Створення проектів інтелектуальних автоматизованих заводів для синтезу таких бетонів дозволяє вивести вітчизняну будівельну індустрію на європейський рівень.

Метою цієї кваліфікаційної роботи є проектування сучасного заводу, який буде виготовляти високоміцний товарний бетон класу C90/105 з річним обсягом виробництва 18 000 м³.

У роботі обґрунтовано вибір вихідних матеріалів (включаючи гіперпластифікатори та хімічні добавки), розраховано компонентний склад, визначено параметри функціонування та менеджменту цеху.

Всі проектні розрахунки виконані відповідно до чинних норм України та європейських стандартів (EN).

Розділ 1. Характеристика бетонної суміші, бетону та його компонентів

Високоміцний бетон – це конструкційний матеріал із класом міцності зазвичай вище (марки М500 і вище), що вирізняється підвищеною стійкістю до стиску (понад 60-100 МПа), підвищеною щільністю, довговічністю та збільшеною стійкістю до агресивних середовищ. Він використовується для зведення відповідальних конструкцій, де звичайний бетон не забезпечує необхідної надійності.

Характеристики бетону та бетонної суміші:

Клас міцності бетону за міцністю – С90/105:

1. Клас умов експлуатації навколишнього середовища бетону - XF1;
2. Ступінь відповідальності будівель і споруд, для виготовленого високоміцного бетону заданої якості – II
3. Згідно вихідних даних, розрахункова температура зовнішнього повітря при експлуатації бетонної суміші - від -20°C до -40°C;
4. Згідно вихідних даних та умов експлуатації:
 - Марка бетону за водонепроникністю не нормується
 - Марка бетону за морозостійкістю - F100
 - Максимальне водоцементне відношення (В/Ц) – 0,55

Бетонна суміш з маркою за консистенцією - P1 (осадка конуса від 10 мм до 40 мм)

Характеристики компонентів:

Цемент: Згідно нормативних документів: [1, 2], цемент повинен володіти такими основними характеристиками для приготування бетонної суміші заданої якості:

- портландцемент з маркою М500
- клас по міцності 52,5N (згідно [2] – «основне призначення: для бетонів класів В40 та більше».)
- вміст портландцементного клінкеру становить 95-100 % (згідно таблиці 1 – Типи і склад цементів з [1]),

- вміст сульфату SO_3 становить не більше 3,5% (згідно таблиці 3 [1] – Масова частка SO_3 в цементі.),

- згідно пункту 5.6.9 [1] – вміст хлорид-іонів Cl^- в цементах не повинен перевищувати 0,10% за масою,

- насипна щільність – 1300 кг/м^3 та істинна щільність – 3100 кг/м^3

- початок тужавлення – не раніше 50 хвилин

Пісок: для високоміцного бетону заданої якості та маркою цементу М500, потрібен кварцовий пісок з модулем крупності 2,5 мм.

Вміст Fe_2O_3 потрібен бути не більше 0,1%, а вміст SiO_2 (оксиду кремнію) – 95-99,8%.

Вміст глинистих і пилюватих часток потрібен бути не більше 1%. Насипна щільність кварцового піску складає 1500 кг/м^3 , а істинна щільність – 2610 кг/м^3 .

Вміст зерен розміром 5 мм – не більше 5%. (згідно [3])

Щебінь: для високоміцного бетону потрібен гранітний дроблений щебінь марки М1200. Група крупного заповнювача по щільності – важкі з насипною густиною 1500 кг/м^3 (згідно [4]). Істинна густина щебеню - 2600 кг/м^3

Розмір фракції щебеню 10-20 мм, тому група крупного заповнювача по зерновому складу – середня. Згідно вихідних даних, клас умов експлуатації навколишнього середовища бетону - XF1, тобто заморожування-відтавання. Для таких умов, потрібен щебінь з високою морозостійкістю марки F300.

Вміст глинистих і пилюватих часток – 0,8%, тому група крупного заповнювача по вмісту – низька. (згідно з [4])

Вода: вміст розчинних солей – не більше 3000 мг\л, вміст іонів SO_4 – не більше 2000 мг\л, вміст іонів хлору – не більше 500 мг\л водневий показник – 6 (згідно з [5])

Гіперпластифікатор: для високоміцного бетону потрібен пластифікатор для більшої рухливості, для забезпечення скорочення тривалості та зниження температури тепло-вологісної обробки та інше. Для даної бетонної суміші, обрано STACHEMENT 2597 з відповідними характеристиками (згідно офіційного сайту виробника [6]):

- Форма гіперпластифікатора – світло-коричнева рідина
- Щільність – $1\,070 \pm 10$ кг/м³
- Рівень рН – 5-9
- Вміст Cl-іонів - $\leq 0,1\%$

Морозостійка добавка: Добавка MICROPORAN в бетонній суміші або в будівельному розчині утворює систему повітряних мікропор з діаметром 10-300 μм, (так зване ефективне повітря). Ці мікропори в свіжоприготовленій суміші діють як пластифікатор, в затверділому бетоні підвищують його морозостійкість і стійкість проти впливу солей. Застосовується при виробництві всіх видів довговічних бетонів, насамперед дорожніх і мостових конструкцій.

Властивості:

- Зовнішній вигляд – темно-коричнева рідина
- Щільність – 1200 ± 20 кг/м³
- рН – 8-11
- Вміст Cl - $\leq 0,1\%$

Розділ 2. Режим роботи підприємства

Режим роботи підприємства є важливою частиною організації виробничого процесу. Під цим поняттям розуміють встановлений порядок роботи підприємства в часі, який включає тривалість робочого дня, кількість змін, графік роботи працівників, час початку та закінчення роботи, а також перерви і вихідні дні.

Правильно встановлений режим роботи має велике значення для ефективної діяльності підприємства. Він дозволяє забезпечити злагоджену роботу всіх підрозділів, раціонально використовувати обладнання та ресурси, а також підтримувати безперервність або ритмічність виробничого процесу.

Необхідність встановлення режиму роботи пояснюється кількома важливими причинами. По-перше, це дає змогу підвищити продуктивність праці завдяки правильному чергуванню роботи і відпочинку. По-друге, режим роботи допомагає дотримуватися вимог законодавства щодо тривалості робочого часу і умов праці. По-третє, він сприяє створенню безпечних і комфортних умов для працівників, що позитивно впливає на їхню працездатність.

Крім того, чітко визначений режим роботи допомагає уникнути простоїв у виробництві, покращує організацію праці та дозволяє ефективно планувати всі процеси на підприємстві.

Отже, встановлення раціонального режиму роботи є необхідною умовою для стабільної та ефективної роботи підприємства, а також важливим фактором забезпечення його розвитку.

Річний фонд часу роботи технологічного обладнання визначають за наступною формулою:

$$T_{\text{РІЧ}} = T_{\text{н}} - T_{\text{рем}}, \text{ дїб,}$$

де, $T_{\text{н}}$ – номінальний фонд часу роботи обладнання, добу;

$T_{\text{рем}}$ – тривалість планових зупинок устаткування ремонт, дїб;

Добовий фонд продуктивного робочого часу визначають за такою формулою:

$$t_{\text{доб}} = n_{\text{зм}} \cdot t_{\text{зм}}, \text{ ГОД}$$

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

$t_{\text{зм}}$ – тривалість робочої зміни, год.

Показники робочого фонду часу зводимо до таблиці.

Таблиця 2.1. Показники робочого фонду часу

Термін	Показники			
	Номінальні		Розрахункові	
	діб	годин	діб	годин
Зміна	-	$t_{\text{зм}} = 8$	-	$t_{\text{зм}} = 8$
Доба	1	$T_{\text{доб н}} = 16$	1	$t_{\text{доб}} = 16$
Місяць	$T_{\text{м}} = 21,67$	346,72	$T_{\text{мр}} = \frac{T_{\text{річ}}}{12} = 21,1$	$T_{\text{мр}} = 337,3$
Рік	$T_{\text{н}} = 260$	4160	$T_{\text{річ}} = 253$	$T_{\text{річ.год}} = 4048$

Розрахунки:

Номінальні:

$$T_{\text{м}} = \frac{T_{\text{н}}}{12}, \text{ діб}$$

$$T_{\text{м}} = \frac{260}{12} = 21,67 \text{ доби}$$

$$T_{\text{доб н}} = t_{\text{зм}} \cdot n_{\text{зм}}$$

$$T_{\text{доб н}} = 8 \cdot 2 = 16 \text{ годин}$$

$$T_{\text{м}} \cdot t_{\text{зм}} \cdot n_{\text{зм}}$$

$$21,67 \cdot 8 \cdot 2 = 346,72 \text{ години}$$

$$T_{\text{н}} \cdot t_{\text{зм}} \cdot n_{\text{зм}}$$

$$260 \cdot 8 \cdot 2 = 4160 \text{ годин}$$

Розрахункові:

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

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

$$T_{\text{річ.год}} = T_{\text{річ}} \cdot t_{\text{доб}}$$

$$T_{\text{річ.год}} = 253 \cdot 16 = 4048 \text{ годин}$$

$$T_{\text{МР}} = T_{\text{річ.год}} / 12$$

$$T_{\text{МР}} = 4048 / 12 = 337,3 \text{ годин}$$

Розділ 3. Визначення складу бетону

Визначення складу бетону – це процес, який поєднує розрахунки та експерименти для підбору найкращого співвідношення чотирьох основних складових: цементу, піску, щебеню, добавок та води. Мета цього процесу – отримати штучний камінь з потрібними характеристиками міцності, рухливості і довговічності.

За національними стандартами України ([7] та [8]) та інженерною практикою, цей процес складається з кількох послідовних етапів.

1. Визначення водоцементного відношення, яке забезпечує отримання бетону заданої міцності:

$$f_{\text{cm}} > 1,2R_{\text{ц}}, \frac{B}{C} = \frac{A_1 R_y}{f_{\text{cm}} - 0,5 A_1 R_y}$$

$R_{\text{ц}}$ – активність цементу, для бетону з класом міцності С90/105, яка дорівнює 60 МПа.

f_{cm} – проектна середня міцність бетону, яка дорівнює 98 МПа.

$$f_{cm} > 1,2R_{ц} = 98 > 72$$

$$\frac{B}{Ц} = \frac{A_1 R_{ц}}{f_{cm} - 0,5 A_1 R_{ц}}$$

Так як бетон високоміцний, якість заповнювача висока, тому коефіцієнт A_1 дорівнює 0,43. Максимальне значення В/Ц – 0,55.

$$\frac{B}{Ц} = \frac{0,43 \cdot 60}{98 - 0,5 \cdot 0,43 \cdot 60};$$

$$\frac{B}{Ц} = 0,3.$$

2. Визначаємо витрату води бетонної суміші, л/м³. Так як крупний заповнювач – щебінь з фракцією 10-20 мм та осадка конуса дорівнює від 1 до 4 см, визначаємо:

Витрата води бетонної суміші – 190 л/м³.

3. Визначаємо витрату цементу(кг/м³):

$$Ц = \frac{B}{B/Ц}$$

$$Ц = \frac{190}{0,3} = 633,3 \text{ кг/м}^3$$

4. Витрата крупного заповнювача – щебеню (кг/м³):

$$Щ = \frac{1000}{\frac{1000}{\rho_{i,2}^{щ}} + \alpha \frac{1000}{\rho_{c,2}^{щ}} \cdot V_{пуст}},$$

Коефіцієнт розсування зерен α при В/Ц – 0,3 та витратою цементу 633,3 кг/м³ дорівнює: $\alpha = 1,52$.

$\rho_{i,2}^{щ}$ – істинна густина зерен щебеню, кг/м³

$\rho_{c,2}^{щ}$ – середня густина щебеню, кг/м³

Визначаємо $V_{пуст}$ для того, щоб визначити витрату щебеню:

$$V_{пуст} = 1 - \frac{\rho_{c,2}^{щ}}{\rho_{i,2}^{щ}}; V_{пуст} = 1 - \frac{1500}{2600} = 1 - 0,577 = 0,423 \approx 0,42$$

Тому:

$$Щ = \frac{1000}{\frac{1000}{\rho_{i,2}^{щ}} + \alpha \frac{1000}{\rho_{c,2}^{щ}} \cdot V_{пуст}} = \frac{1000}{\frac{1000}{2600} + 1,52 \frac{1000}{1500} \cdot 0,42} = 1234,2 \text{ кг/м}^3$$

5. Визначаємо витрату піску у кг/м³:

$$П = [1000 - (\frac{Ц}{\rho^{щ}} + \frac{Щ}{\rho^{щ}} + B)] \cdot \rho^п;$$

Ц – витрата цементу, яка дорівнює 633,3 кг/м³ та ρ^u – істинна густина цементу, яка дорівнює 3,1 кг/дм³;

Щ – витрата щебеню, яка дорівнює 1234,2 кг/м³ та ρ^u – істинна густина щебеню, яка дорівнює 2,6 кг/дм³;

В – витрата води, яка дорівнює 190 л/м³;

$$\Pi = [1000 - (\frac{633,3}{3,1} + \frac{1234,2}{2,6} + 190)] \cdot 2,65 = [1000 - (867)] \cdot 2,65 = 133 \cdot 2,65 = 352,5 \text{ кг/м}^3$$

6. Визначаємо витрату гіперпластифікатора STACHEMENT 2597:

Для бетонів В50 і вище додають 0,8-1,7% від маси цементу, не зважаючи на добавки. Для заданого бетону заданої якості: беру 1,3% від маси цементу:

$$633,3 \cdot 1,5\% = 8,2 \text{ кг/м}^3.$$

Та протиморозна добавка 0,2% також від маси цементу.

Тому:

$$633,3 \cdot 0,2\% = 1,3 \text{ кг/м}^3.$$

Розділ 4. Організація роботи бетонозмішувального цеху

Правильна організація роботи підприємства є ключовою умовою його ефективного функціонування та сталого розвитку в сучасних економічних умовах.

Вона забезпечує узгодженість усіх виробничих і управлінських процесів, що дозволяє досягати високих результатів при оптимальному використанні ресурсів. Раціонально побудована структура управління та чіткий розподіл обов'язків сприяють зниженню втрат часу, уникненню дублювання функцій і підвищенню продуктивності праці.

Крім того, належна організація роботи позитивно впливає на якість продукції або послуг, оскільки передбачає впровадження ефективного контролю на всіх етапах діяльності підприємства. Важливим аспектом є також забезпечення належних умов праці та дотримання вимог безпеки, що знижує ризики виробничого травматизму.

У результаті підприємство отримує можливість своєчасно реагувати на зміни зовнішнього середовища, підвищувати свою конкурентоспроможність і досягати стабільних економічних показників.

Розраховуємо та визначаємо вихідні дані для високоміцного бетону заданої якості:

1. Перш за все приймаємо коефіцієнт виходу сумішей K_v для важких бетонів, який становить 0,67.

2. Визначаємо, що для високоміцного бетону потрібно брати змішувач примусової дії, тому що така суміш зазвичай має низьке водоцементне відношення ($V/C - 0,3$) та підвищений вміст мінеральних і хімічних добавок. А в свою чергу, змішувачі примусової дії забезпечують рівномірний розподіл цементного тіста, заповнювачів і добавок, що позитивно впливає на формування щільної структури бетону та його міцність і довговічність.

3. Приймаємо годинний коефіцієнт нерівномірності K_H , який становить 0,65.

Розрахунки:

1. Визначаємо необхідну кількість бетонозмішувачів:

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

де t_1 - задана тривалість перемішування, яка становить 120 с;

t_2 - час завантаження матеріалів – 120 с;

t_3 - час розвантаження суміші – 60 с; Тому:

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

Поопераційний графік наведений у вигляді таблиці 4.1.

2. Визначаємо кількість замісів, що видається за годину роботи змішувачем:

$$n_{36} = 60 \cdot K_H / t_{ц}, \text{ шт.}$$

$$n_{36} = 60 \cdot 0,65 / 5 = 7,8 \text{ шт.}$$

3. Визначаємо годинну продуктивність бетонозмішувача:

$$P_{год} = V_6 \cdot n_{36} \cdot K_B / 1000, \text{ м}^3/\text{Год},$$

де V_6 - ємність барабана змішувача по об'єму матеріалів, що завантажуються, л. Для високоміцного бетону ємність барабану дорівнює 450 л.

$$P_{год} = 450 \cdot 7,8 \cdot 0,67 / 1000 = 2,4 \text{ м}^3/\text{Год}.$$

4. Розраховуємо число бетонозмішувачів n_3 у цеху, завдяки минулому розрахунку $T_{річ.год}$.

$$n_3^p = \frac{P_{max} \cdot K_u}{T_{річ.год} \cdot P_{год}}, \text{ шт.}$$

де P_{max} – річна програма випуску виробів, яка дорівнює 18 000 м³.

$T_{річ.год}$ – розрахунковий фонд часу, який дорівнює 4048 год.

K_u – коефіцієнт річного використання устаткування, який дорівнює 0,7.

$$n_3^p = \frac{18\,000 \cdot 0,7}{4048 \cdot 2,4} = \frac{12\,600}{9\,715,2} = 1,3 \approx 2 \text{ шт.}$$

5. Річна продуктивність бетонозмішувального цеху:

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

$$P_{річ} = 2,4 \cdot 4048 \cdot 2 = 19\,430,4 \text{ м}^3.$$

Розрахунки потреби компоненту на зміну, кг/м³, до таблиці 4.2:

$$\Pi_3 = \Pi \cdot P_{\text{год}} \cdot t_{\text{зм}} = 633,3 \cdot 2,4 \cdot 8 = 12159,36 \text{ кг/м}^3$$

$$\Pi_3 = \Pi \cdot P_{\text{год}} \cdot t_{\text{зм}} = 352,5 \cdot 2,4 \cdot 8 = 6768 \text{ кг/м}^3$$

$$\Pi_3 = \Pi \cdot P_{\text{год}} \cdot t_{\text{зм}} = 1234,2 \cdot 2,4 \cdot 8 = 23696,64 \text{ кг/м}^3$$

$$\Pi_3 = \Pi \cdot P_{\text{год}} \cdot t_{\text{зм}} = 190 \cdot 2,4 \cdot 8 = 3648 \text{ кг/м}^3$$

$$\Pi_3 = \Pi \cdot P_{\text{год}} \cdot t_{\text{зм}} = 8,2 \cdot 2,4 \cdot 8 = 157,44 \text{ кг/м}^3$$

$$\Pi_3 = \Pi \cdot P_{\text{год}} \cdot t_{\text{зм}} = 1,3 \cdot 2,4 \cdot 8 = 24,96 \text{ кг/м}^3,$$

де $t_{\text{зм}}$ – тривалість робочої зміни, год.

Розрахунки потреби компоненту на добу, кг/м³:

$$\Pi_{\text{д}} = \Pi_3 \cdot n_{\text{зм}} = 12159,36 \cdot 2 = 24318,72 \text{ кг/м}^3$$

$$\Pi_{\text{д}} = \Pi_3 \cdot n_{\text{зм}} = 6768 \cdot 2 = 13536 \text{ кг/м}^3$$

$$\Pi_{\text{д}} = \Pi_3 \cdot n_{\text{зм}} = 23696,64 \cdot 2 = 47393,28 \text{ кг/м}^3$$

$$\Pi_{\text{д}} = \Pi_3 \cdot n_{\text{зм}} = 3648 \cdot 2 = 7296 \text{ кг/м}^3$$

$$\Pi_{\text{д}} = \Pi_3 \cdot n_{\text{зм}} = 157,44 \cdot 2 = 314,88 \text{ кг/м}^3$$

$$\Pi_{\text{д}} = \Pi_3 \cdot n_{\text{зм}} = 24,96 \cdot 2 = 49,92 \text{ кг/м}^3,$$

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

Таблиця 4.2. Відомість в потребі компонентів бетону

Компонент	Одиниця виміру	Потреба		
		1 кг/м ³	зміна	доба
цемент	кг	633,3	12159,36	24318,72
пісок	кг	352,5	6768	13536
щебінь	кг	1234,2	23696,64	47393,28
вода	м ³	190	3648	7296
гіперпластифікатор	кг	8,2	157,44	314,88
протиморозна добавка	кг	1,3	24,96	49,92

Розділ 5. Проектування споруд заводу

5.1. Вибір технологічної схеми виробництва

Технологічний план виготовлення є важливою частиною організації виробничого процесу, оскільки він показує послідовність етапів технології — від отримання сировини до виготовлення готового продукту. Його створення допомагає організувати всі етапи виробництва, зрозуміти взаємозв'язки між різними кроками, обладнанням та переміщенням матеріалів.

Маючи технологічний план, можна ефективно планувати виробничий процес, правильно розташовувати обладнання, а також розраховувати потребу в сировині, матеріалах і трудових ресурсах. Крім того, це допомагає виявити можливі втрати, критичні моменти та резерви для підвищення ефективності виробництва.

Подана схема цього заводу (рис. 1) показує технологічний процес виготовлення бетонної суміші на змішувальному вузлі, розділяючи його на основні функціональні зони: бункери для цементу, блок для підготовки рідких складників, секцію подачі заповнювачів та відділення змішування. Вся система організована так, щоб забезпечити безперебійну роботу, точність у вимірюванні інгредієнтів та високу якість кінцевого продукту.

У лівій частині схеми розташовані силоси для цементу, які використовуються для зберігання в'язучих матеріалів. Наявність двох окремих бункерів дозволяє використовувати різні види цементу або продовжувати роботу, якщо один з них потрібно заповнити. Цемент з силосів через механізми подачі надходить до ваг для цементу, де його точно зважують відповідно до розрахованого складу суміші. Щоб матеріал рухався рівномірно та не злежувався, застосовуються допоміжні системи, такі як вібратори чи пневматичні молотки. Після зважування цемент через систему засувок і клапанів надходить безпосередньо до міксерів.

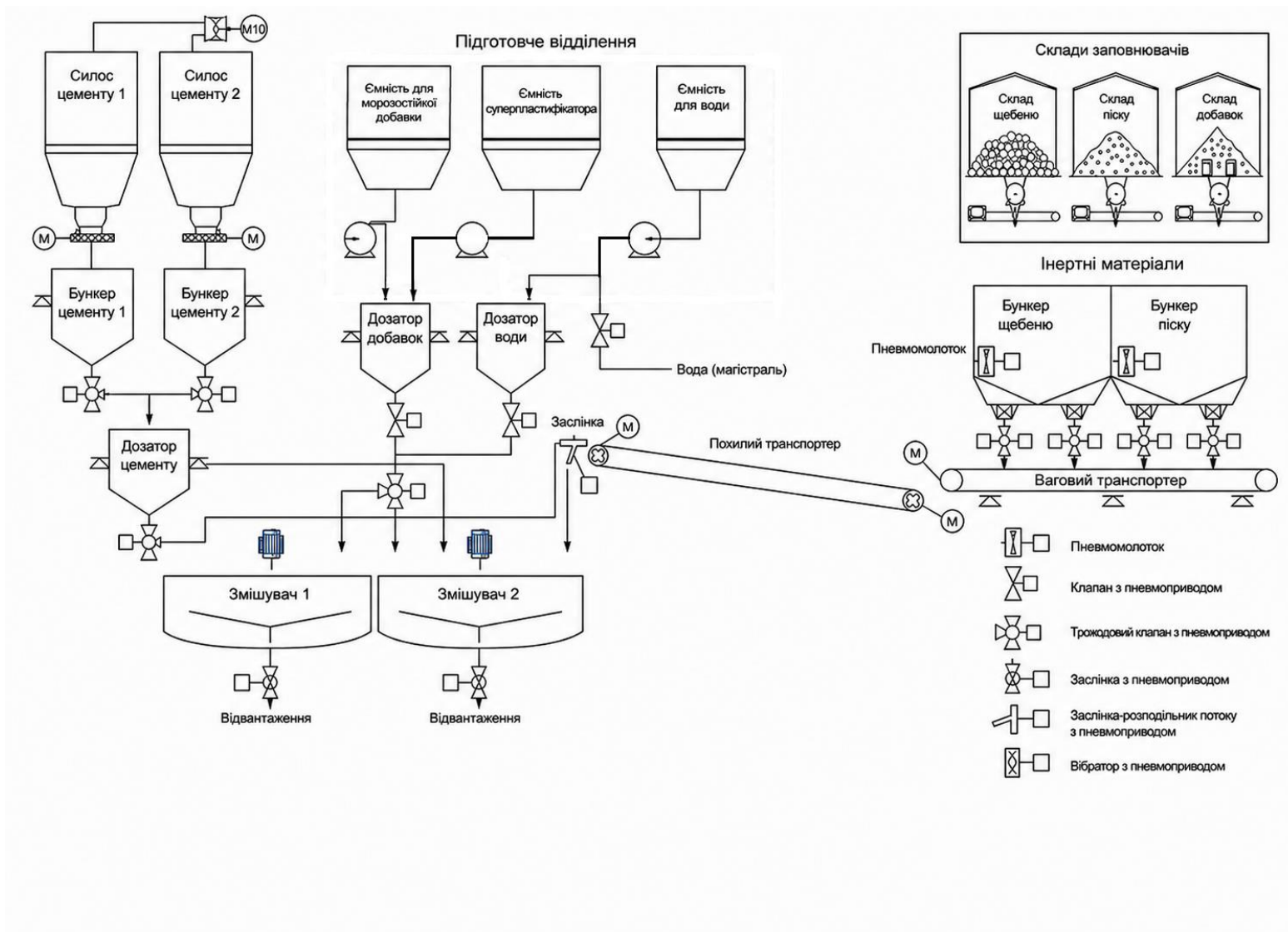


Рис. 1. Технологічна схема виробництва заводу з випуску товарного високоміцного бетону

Середню частину схеми займає зона підготовки, яка призначена для роботи з рідкими компонентами бетонної суміші. Сюди входять ємності для води, пластифікатора та протиморозних добавок. Кожен з цих елементів має важливу роль у формуванні характеристик бетону. Вода забезпечує хімічну реакцію цементу та потрібну в'язкість суміші, суперпластифікатор підвищує пластичність при зменшеному водоцементному співвідношенні, а протиморозна добавка дозволяє укласти бетон при низьких температурах.

Постачання рідких інгредієнтів з резервуарів відбувається за допомогою насосів, які перекачують їх до відповідних дозаторів. Дозатор води і дозатор добавок відповідають за точне вимірювання потрібного об'єму рідких компонентів. Всі потоки з'єднані через мережу труб, які мають клапани, засувки та триходові відводи, що дозволяє контролювати напрямок і обсяг подачі.

Також планується підключення до загальної водопровідної лінії для постійного оновлення запасів води. Після калібрування рідкі компоненти направляються до міксерів, де вони змішуються з іншими інгредієнтами.

На схемі показаний вузол, який працює з заповнювачами, такими як пісок і щебінь. Вони зберігаються в спеціальних бункерах і подаються на ваговий конвеєр через систему дозуючих пристроїв і шиберів. Ваговий конвеєр не тільки транспортує матеріали, але й зважує їх одночасно, що забезпечує точність рецептури. Для полегшення висипання матеріалів з бункерів використовуються пневмоударники, які запобігають ущільненню і зависанню заповнювачів.

Вагові інертні матеріали потрапляють на похилий конвеєр, який їх відправляє в зону завантаження міксерів. Цей конвеєр має свій власний двигун і може змінювати швидкість подачі, що дозволяє йому працювати в синхронізації з іншими частинами установки. На цьому етапі відбувається узгодження подачі всіх інгредієнтів для досягнення найкращих умов для змішування.

У нижній частині схеми розміщені два міксера, які дозволяють працювати або одночасно, або по черзі, що підвищує загальну продуктивність. У кожен міксер поступають всі компоненти: цемент, заповнювачі, вода та хімічні добавки. Тут проходить активне змішування, в результаті якого утворюється однорідна бетонна суміш з потрібними властивостями. Кожен міксер має свій привід для обертання робочих частин та систему контролю для спостереження за часом і режимом змішування.

Після того, як закінчується процес змішування, готова суміш вивантажується через спеціальні шибери, які знаходяться внизу міксерів. Вивантаження може йти або в транспортні засоби, або в тимчасові накопичувачі для подальшої доставки на місце укладання. Система клапанів і засувки гарантує точний контроль над процесом вивантаження і запобігає втраті матеріалу.

Уся система обладнана пневматичним ланцюгом управління, який контролює роботу засувки, клапанів та інших виконавчих механізмів. Використання пневмоприводів підвищує надійність і швидкість реакції системи, а також допомагає автоматизувати більшість технологічних етапів. Усе управління процесом відбувається з центрального пульта, що дозволяє оператору слідкувати за всіма етапами замішування бетону.

У цій технологічній схемі закладено принцип централізованої доставки основних компонентів бетонної суміші, що відбувається через залізничні маршрути. Цемент приїжджає в спеціальних залізничних цистернах, а за допомогою пневматичного розвантаження він відразу потрапляє до сховищ-силосів. Заповнювачі, такі як щебінь і пісок, доставляються у піввагонах або вагонах-хоперах, а після вивантаження переміщуються на склади для інертних матеріалів. Хімічні та мінеральні добавки транспортуються в контейнерах або біг-бегах, або в спеціальних цистернах, залежно від їхньої фізичної форми.

Цемент зберігається в герметично закритих силосах, які мають системи для аерації, фільтрації повітря та контролю рівня вмісту. Цей механізм надійно захищає цемент від вологи, запобігає його злежуванню та зменшує втрати під

час зберігання. Переміщення цементу з силосів до завантажувальних бункерів здійснюється за допомогою шнекових механізмів або пневматичних систем.

Інертні матеріали зберігаються на окремих відкритих або частково накритих ділянках, при цьому обов'язково розділяються за фракціями та типами. Щоб уникнути змішування компонентів, зони зберігання обладнують роздільними бар'єрами. Постачання щебеню та піску до дозуючих бункерів відбувається за допомогою колісних фронтальних навантажувачів або конвеєрних стрічок.

Рідкі добавки зберігаються у спеціальних резервуарах в зоні підготовки, де є насоси та системи для точного дозування. Для деяких типів добавок також є системи для нагрівання або примусового змішування, які потрібні для того, щоб вони працювали правильно.

Організація залізничних перевезень, постачання та зберігання компонентів забезпечує безперебійну роботу виробничого процесу, допомагає зменшити втрати матеріалів і забезпечує стабільну якість кінцевого продукту – бетонної суміші.

Отже, представлена схема показує, як організовано технологічний процес виробництва бетону, де всі його частини працюють разом як один механізм. Правильне дозування, послідовність додавання компонентів та ефективне змішування забезпечують отримання бетонної суміші високої якості з необхідними експлуатаційними властивостями.

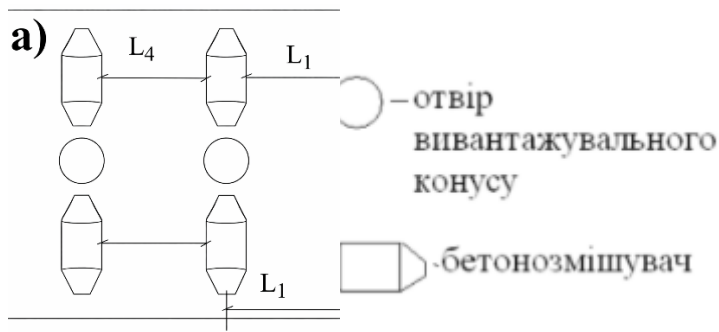
5.2. Проектування головного корпусу заводу

Для проектування головного корпусу заводу, використовуються вихідні дані, визначені з розділа 4 та розрахунків:

Кількість змішувачів – 2;

Тип змішувача – примусової дії;

Схема розташування змішувачів дворядна:



Визначення розмірів:

1. L_1 та L_4 :

- По периметру приміщення улаштований прохід завширшки 1,5 м;
- Навколо двох змішувачів улаштована робоча зона його обслуговування завширшки 0,8 м;
- Зі сторони отвору вивантажувального конусу улаштована робоча зона обслуговування завширшки 0,8 м;
- Між двох змішувачів кожного напрямку вивантаження бетонної суміші улаштован прохід завширшки 1,5 м.

Тобто:

- $L_1 = 1,5 + 0,8 = 2,3$ м;
- $L_4 = 1,5 + 0,8 + 0,8 = 3,1$ м;

Отож, для кожної конфігурації розміщення змішувачів встановлюється найменша площа залу для змішування на плані. Після цього такі габарити підганяють під стандартні розміри елементів будівництва.

Розробка основної будівлі заводу була здійснена за вертикально-партерною схемою (рис. 2), що забезпечує поступальний рух інгредієнтів під дією сили тяжіння після їх підняття на найвищий технологічний рівень. Ця будівля має конструкцію металічної естакади з кількома ярусами.

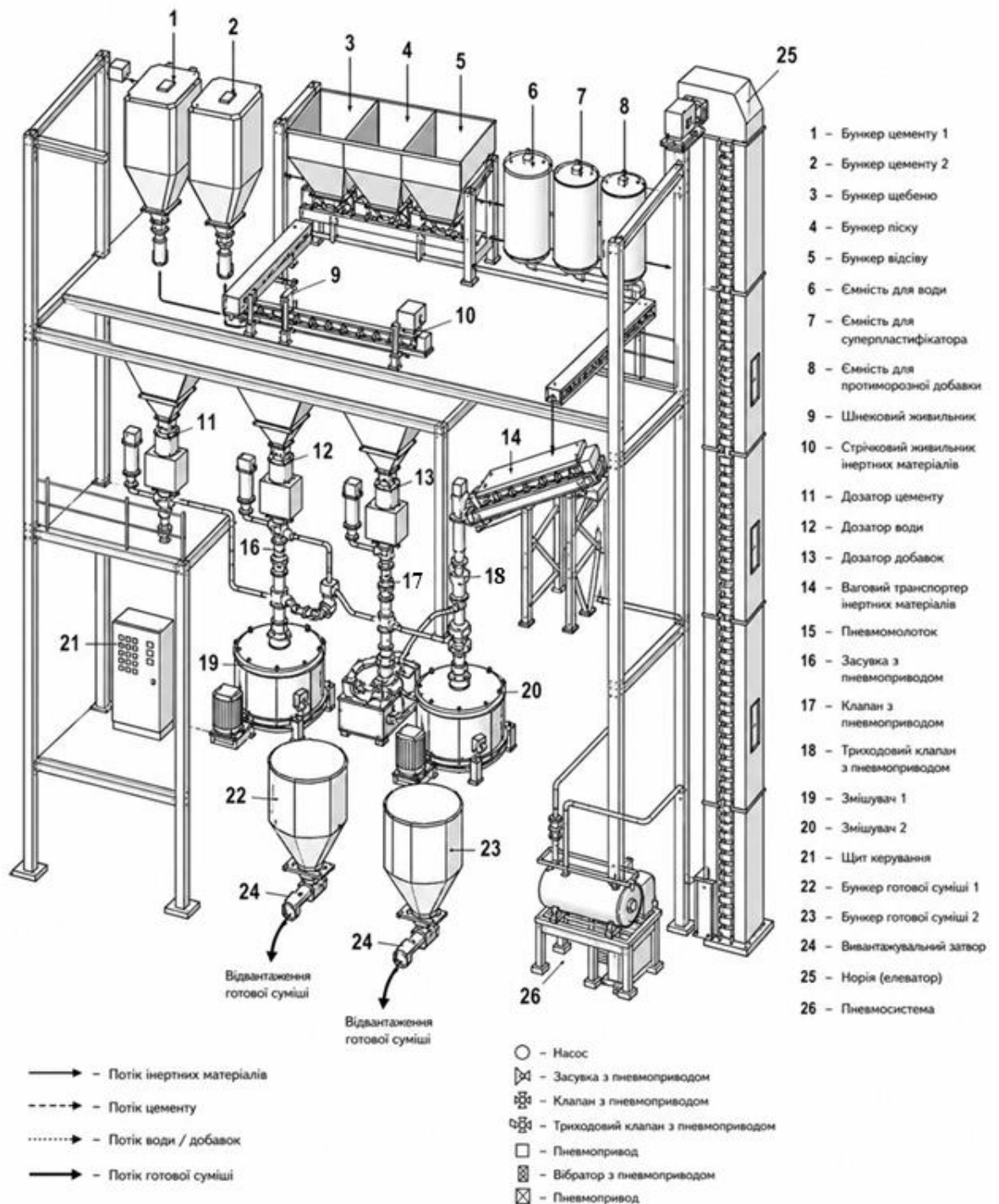


Рис 2. Схема головної будівлі заводу

На верхньому рівні розташовані блоки дозуючих бункерів для цементу (позиції 1, 2) та інертних матеріалів, таких як щебінь, пісок і відсів (позиції 3, 4, 5). Підйом інертних заповнювачів на верхній рівень здійснюється за допомогою ковшового елеватора (норії, позиція 25), що суттєво зменшує площу забудови в порівнянні з використанням похилих конвеєрів. Біля бункерів розміщений блок

ємностей для води та хімічних добавок (позиції 6, 7, 8), що робить підготовчу секцію більш компактною.

Середній рівень будівлі призначений для вузла дозування, де встановлена система тензометричних дозаторів для цементу (позиція 11), води (позиція 12) та добавок (позиція 13). Подача сухих заповнювачів до змішувального вузла здійснюється за допомогою стрічкового живильника (позиція 10) та вагового транспортера (позиція 14), що забезпечує високу точність зважування згідно з заданим рецептом. Змішувальна ділянка має два роторні змішувачі примусової дії (позиції 19, 20), які розміщені симетрично. Це дозволяє організувати два паралельні потоки замішування або підтримувати безперервність циклу під час обслуговування одного з змішувачів. Управління всіма робочими механізмами, включаючи пневматичні засувки (позиція 16) та клапани (позиції 17, 18), відбувається з центрального пункту керування (позиція 21).

Нижній ярус будівлі спроектовано як зону для видачі готової продукції. Прямо під змішувачами встановлені приймальні бункери для готової суміші (позиції 22, 23), які мають вивантажувальні затвори (позиція 24). Така конструкція дозволяє накопичувати бетон і швидко його вивантажувати в автомобілі, не зупиняючи основний процес замішування. Висота проїздів під бункерами розрахована з урахуванням розмірів сучасних автобетонозмішувачів. Вся будівля підключена до пневматичної системи (позиція 26), яка постачає стиснене повітря до приводів арматури та систем аерації бункерів. Обране планування обладнання в головному корпусі відповідає принципу прямого руху технологічних процесів і забезпечує максимальну автоматизацію виготовлення товарного бетону.

5.3. Проектування складів компонентів бетонної суміші

5.3.1. Розрахунок складів в'язучих.

Цемент:

Основною характеристикою складу, є його місткість, що визначається:

$$V = \frac{C_d \cdot n \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5}{P_s}, \text{ м}^3$$

де $\Pi_{\text{Д}}$ - витрата портландцементу марки М500 на добу, яка дорівнює 24318,72 кг;

n - нормативний запас збереження цементу, який дорівнює 5 діб;

K_1 - коефіцієнт нерівномірності надходження цементу на склад, рівний 1,4

K_2 - коефіцієнт нерівномірності споживання цементу, дорівнює 1,5

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

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

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

$\Pi_{\text{в}}$ - густина цементу в насипному стані, 1000 кг/м³

$$V = 24318,72 \cdot 5 \cdot 1,4 \cdot 1,5 \cdot 1,04 \cdot 0,943 \cdot 0,9 / 1000 = 225,4 \text{ м}^3$$

5.3.2 Склади заповнювачів

Класифікація складів заповнювачів згідно з вихідних даних бетону:

- Тривалість експлуатації: постійні
- Призначення: базисні
- Ємність та вантажообіг: великі
- Надійність: стаціонарні
- Вид транспортних засобів: прирельсові
- Спосіб складування і збереження: силосні

Вибір типу складу заповнювачів провадитися на основі його техніко-економічних показників.

Щебінь:

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

де $\Pi_{\text{Д}}$ - витрата щебеню на добу – 47393,28 кг;

n - запас збереження щебеню - 5 діб.

K_1 - коефіцієнт нерівномірності надходження щебеню на склад - 1,4

K_2 - коефіцієнт нерівномірності споживання щебеню - 1,5;

K_3 - коефіцієнт можливих утрат щебеню при розвантаженні - 1,04;

K_4 - коефіцієнт використання технологічного устаткування - 0,943;

Π_3 - густина щебеню в насипному стані - 1500 кг/м³.

$$V = 47393,28 \cdot 5 \cdot 1,4 \cdot 1,5 \cdot 1,04 \cdot 0,943 / 1500 = 325,4 \text{ м}^3$$

Пісок:

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

де $\Pi_{\text{д}}$ - витрата піску на добу – 13536 кг;

n - запас збереження піску - 5 діб.

K_1 - коефіцієнт нерівномірності надходження піску на склад - 1,4

K_2 - коефіцієнт нерівномірності споживання піску - 1,5;

K_3 - коефіцієнт можливих утрат піску при розвантаженні - 1,04;

K_4 - коефіцієнт використання технологічного устаткування - 0,943;

Π_3 - густина піску в насипному стані - 1500 кг/м³.

$$V = 13536 \cdot 5 \cdot 1,4 \cdot 1,5 \cdot 1,04 \cdot 0,943 / 1500 = 92,9 \text{ м}^3$$

5.3.3 Склади добавок

Пластифікатор:

$$V_{\text{гп}} = \frac{D_{\text{д}} \cdot n \cdot K_1}{\rho}, \text{ м}^3,$$

де $D_{\text{д}}$ – добова витрата пластифікатора, 314,88 кг/м³

n – рекомендований запас зберігання піноутворювача, 15 діб

K_1 – коефіцієнт заповнення ємності, 0,9

ρ – густина добавки, 1070 кг/м³

$$V_{\text{гп}} = \frac{314,88 \cdot 15 \cdot 0,9}{1070} = 4,0 \text{ м}^3$$

Протиморозна добавка:

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

де $D_{\text{д}}$ – добова витрата пластифікатора, 49,92 кг/м³

n – рекомендований запас зберігання піноутворювача, 15 діб

K_1 – коефіцієнт заповнення ємності, 0,9

ρ – густина добавки, 1200 кг/м³

$$V_{\text{доб}} = \frac{49,92 \cdot 15 \cdot 0,9}{1200} = 0,6 \text{ м}^3$$

Розділ 6. Контроль якості

Для того, щоб забезпечити високу якість високоміцного бетону заданої якості потрібна організація системи контролю якості. При виготовленні та використанні високоміцного бетону є дуже важливі етапи у будівництві відповідальних конструкцій, будь-які технологічні відхилення є неприпустимими, бо вони можуть суттєво знизити фізико-механічні характеристики матеріалу.

У сучасній будівельній практиці України цей процес регулюється вимогами ДСТУ EN 206:2022 [9] та ДСТУ 9208:2022 [10], які вимагають постійного моніторингу на всіх етапах – від перевірки початкових матеріалів до тестування готових конструкцій.

На початку проводиться строгий контроль всіх матеріалів, оскільки високоміцний бетон чутливий до змін їх якості. Особлива увага звертається на цемент, де зазвичай використовують бездобавкові високоякісні портландцементи типу ПЦ І-500, ретельно перевіряючи помел та мінералогічний склад (для цього бетону використовується СЕМ І 52,5 R). Великий заповнювач, гранітний дроблений щебінь марки М1200, має міцність, що перевищує проектну міцність бетону щонайменше на тридцять відсотків. Важливими є гранулометричний склад та абсолютна чистота щебеню й піску, адже навіть невелика кількість пилоподібних чи глинистих часток зменшує зв'язок між цементним каменем і заповнювачем. Хімічні модифікатори, такі як новітні суперпластифікатори, протиморозна добавка та активні мінеральні добавки, обов'язково перевіряються на сумісність з конкретною партією в'язучого, щоб забезпечити найкращий ефект мікронаповнення структури.

Узагальнені дані щодо робіт по контролю якості наведені в таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 – Комплекс робіт з контролю якості

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

Вхідний контроль якості матеріалів:

Вхідний контроль якості матеріалів – це перший етап загальної системи технічного контролю в будівництві або виробництві. Він полягає у перевірці того, чи відповідають усі сировини, напівфабрикати, комплектуючі та готові вироби, які надходять від постачальників, вимогам проєктної документації, державних стандартів (ДСТУ) та технічних умов (ТУ). Головна мета цього процесу — запобігти потраплянню неякісних або бракованих матеріалів у виробничий процес, адже виправлення помилок на наступних етапах або під час експлуатації об'єкта коштує значно дорожче. Зазвичай контроль якості матеріалів проводиться лабораторією одразу на заводі, але є випадки, коли контроль якості виконують одразу виробники певних заповнювачей. Загалом:

1. Спочатку роблять перевірку – аналіз паспортів матеріалів, сертифікати відповідності та протоколи лабораторних випробувань, якщо вони були зроблені ще на самому виробництві заповнювачів

2. Перевіряють зовнішній огляд продукції – візуальна оцінка, яка потрібна для того, щоб виключити забруднення та сторонні домішки.

3. Якщо все ж таки лабораторні випробування проводилися ще перед відправкою на виробництво, проводиться *контрольне лабораторне випробування*:

- Цемент (СЕМ І 52,5 R) – перевірка активності, густоти, щільності та строків тужавлення згідно з ДСТУ Б В.2.7-281-2011 [2]

- Заповнювачі (кварцевий пісок та гранітний дроблений щебінь з фракцією 10-20 мм) – визначення глинистих та пилюватих часток, та зернового складу. Для щебеня ще визначають розмір зерен та марку міцності. ДСТУ Б EN 12620:2013 [11] та ДСТУ EN 933:1-2021 [12]

- Вода для замішування – хімічний аналіз на перевірку відповідності вимогам. ДСТУ EN 1008:2022 [5]

- Хімічні добавки (суперпластифікатор та протиморозна добавка) – перевірка відповідності заявленим характеристикам (щільність, рівень рН та вміст іонів Cl) згідно з паспортами добавок від виробника. ДСТУ EN 934-2:2019 []

Водоцементне відношення (В/Ц) у замісі також залежить від вологості в заповнювачах. Вимірювання вологості проводиться за допомогою сучасних вологомірів або висушуванням проби в сушильній шафі не менше ніж двічі разів на зміну, а також після сильних дощів. Інформація про вологість вноситься в автоматизовану систему управління, що самостійно налаштовує кількість води для замішування кожного замісу, що допомагає підтримувати стабільність В/Ц і, як наслідок, якість бетону.

Усі результати перевірки записуються в спеціальні журнали.

Операційний контроль якості виконання технологічних операцій:

Операційний контроль якості виконання технологічних процесів – це набір перевірок, які проводять під час чи відразу після завершення певної виробничої операції. Це робиться для того, щоб швидко виявити та виправити дефекти. Основна мета такого контролю – запобігти появі браку та забезпечити, щоб усі процеси відповідали вимогам технологічної документації (стандартам, картам, кресленням).

Головне завдання операційного контролю полягає у:

- Своєчасне виявлення відхилень від встановлених параметрів (геометричних розмірів, температурних режимів, фізико-хімічних властивостей).

- Усунення дефектів на місці до початку наступного етапу робіт, щоб уникнути накопичення помилок.
- Аналіз причин збоїв в обладнанні або в діях персоналу.
- Зниження собівартості шляхом зменшення витрат на виправлення кінцевого браку.

Склад і параметри перевірок визначаються спеціальними схемами операційного контролю якості або технологічними картами. Під час процесу проводять перевірку:

- Дотримання технології означає точне виконання всіх послідовностей і режимів, таких як швидкість, температура та тиск.
- Геометричні параметри включають лінійні розміри, зазори, товщину шарів, паралельність та інші аспекти.
- Якість проміжних результатів визначається міцністю з'єднань, шорсткістю поверхонь та органолептичними показниками, особливо у харчовій проміжності.

Приймальний контроль якості:

Приймальний контроль якості – це перевірка готової продукції або завершених етапів робіт. За результатами цієї перевірки приймається рішення про те, чи можна цю продукцію використовувати, відвантажувати чи переходити до наступного етапу технологічного процесу. На відміну від операційного контролю, який стежить за *процесом*, приймальний контроль оцінює *фінальний результат*.

Головне завдання приймального контролю полягає у:

- Захист споживачів від отримання неякісних товарів або послуг.
- Підтвердження того, що продукція відповідає стандартам (ДСТУ, ISO), технічним умовам або договору.
- Сортування продукції на придатну, придатну з обмеженнями (сервісний сорт) та остаточний брак.
- Створення юридичної основи для скарг і претензій до постачальників або виконавчих цехів.

Залежно від обсягу перевірки приймальний контроль поділяють на два види:

- Повний контроль – перевіряється кожен виріб (використовується для дорогих товарів, важливих деталей, в авіабудуванні або коли є високий ризик дефектів).
- Вибірковий контроль – це коли перевіряється кілька зразків (вибірка) з великої партії за певними правилами математичної статистики. Це роблять під час масового та великосерійного виробництва.

Контрольовані показники для кожної партії виготовленої бетонної суміші, що мають відношення до високоміцного бетону класу С90/105 з рухливістю Р1, наведено в таблиці 6.2.

Контроль якості затверділого бетону для контрольних зразків, виготовлених з проб бетонної суміші, що мають відношення до високоміцного бетону класу С90/105 з рухливістю Р1, наведено в таблиці 6.3.

Таблиця 6.2 – Приймальний контроль якості бетонних та розчинних сумішей

Найменування контрольованого показника	Нормативний документ, що встановлює		Контролююча служба і періодичність контролю
	технічні вимоги до показника якості	методи контролю та випробувань	
Вид суміші (високоміцна бетонна суміш)	ДСТУ EN 206:2022 ДБН В.2.6-98:2009	ДСТУ EN 12350-1:2022 (перевірка супровідного паспорта та маркування суміші)	ВТК заводу, технагляд замовника.
Легкоукладальність (рухливість Р1)	ДСТУ-Н Б В.2.7-299:2013	ДСТУ EN 12350-2:2022 (осідання конуса)	Будівельна лабораторія.

Середня температура суміші	ДБН В.2.6-98:2009 (понад -20 до -40 ⁰ С)	ДСТУ EN 12350-1:2022 (вимірювання занурювальним електронним термометром)	Лабораторія, виконроб.
----------------------------	--	---	------------------------

Таблиця 6.3 – Приймальний контроль якості

Найменування контрольованого зразка	Нормативний документ, що встановлює		Контролююча служба, періодичність та обсяг контролю
	технічні вимоги до показника якості	методи контролю та випробувань	
Клас (марка) бетону та розчину за міцністю. Відпускна міцність бетону та розчину (клас міцності С90/105)	ДСТУ Б В.2.7-224:2009	ДСТУ Б В.2.7-214:2009	Лабораторія. Кожна партія бетонної суміші
Морозостійкість бетону та розчину (марка F100)	ДБН В.2.6-98:2009	ДСТУ СЕН/TR 15177:2019	Лабораторія. Не рідше 1 разу на 6 місяців
Водонепроникність бетону	не нормується згідно з завданням	-	не контролюється
Щільність важкого бетону	ДСТУ Б В.2.7-221:2009	ДСТУ Б В.2.7-170:2008	Лабораторія. Кожна партія
Водопоглинання бетону	не нормується згідно з завданням	-	не контролюється

Карта контролю якості виробництва:

Карта контролю якості виробництва – це документ, який допомагає організувати, регулювати та показувати всі контрольні дії на різних етапах виготовлення продукції або виконання робіт.

Впровадження Карти контролю якості в технологічний процес обумовлене необхідністю реалізації вимог діючих стандартів управління якістю (зокрема серії ДСТУ ISO 9001) та спрямоване на досягнення таких ключових цілей:

1. Стандартизація та уніфікація контрольних процедур – закріплення єдиного порядку дій для виробничого персоналу та працівників служби технологічного контролю (ВТК).

2. Забезпечення простежуваності та розподілу відповідальності – встановлення персональної відповідальності за якість на кожному етапі.

3. Формування доказової бази та аналітичної основи – дані, які зафіксовані в рамках карти контролю (журнали, відмітки, карти вимірювань), для аналізу стабільності та відтворюваності технологічного процесу.

Карта контролю якості наведена у вигляді таблиці (6.4.)

Таблиця 6.4 – Карта контролю якості

<i>Основні операції, що підлягають контролю</i>	<i>Комплектація документації</i>	<i>Контроль матеріалів</i>	<i>Виготовлення бетонної суміші</i>	<i>Контроль готової продукції та відвантаження</i>
Склад контролю	Наявність проектної документації, паспортів та сертифікатів на сировину	Відповідність ДСТУ цементу, піску, щебеню, води та добавок. Вологість заповнювачів	Точність дозування компонентів, тривалість перемішування	Рухливість (жорсткість), температура, щільність суміші. Міцність контрольних зразків
Місце контролю	Робоче місце відділу технічного контролю (ВТК)	Прирейковий склад, бункери сировини, заводська лабораторія	Бетонозмішувальний цех	На виході з бетонозмішувача, пости контролю перед відвантаженням
Метод і засоби контролю	Візуальна перевірка наявності документів, звірка з реєстром	Лабораторні випробування	Автоматизовані системи зважування, таймери, візуальний контроль	Визначення осадки конуса, виготовлення та випробування кубів бетону
Періодичність і обсяг контролю	Перед початком виробництва кожної нової партії	Кожна нова партія матеріалів. Вологість заповнювачів — щозміни (або частіше при опадах)	Безперервно в процесі дозування та кожну зміну візуально	Кожна партія суміші, не рідше одного разу на зміну
Особа, що контролює операцію	Інженер ВТК, начальник лабораторії	Лаборант з фізико-механічних випробувань	Оператор бетонозмішувальної установки, майстер цеху	Лаборант ВТК, контролер якості
Документ, у якому реєструються результати контролю	Журнал вхідного контролю	Журнал випробувань заповнювачів, в'язучих та добавок	Журнал замісів, журнал виготовлення суміші	Журнал контролю якості бетонної суміші, паспорт на партію
Особа, відповідальна за забезпечення контролю	Головний інженер / Головний технолог підприємства	Завідувач заводської лабораторії	Начальник бетонозмішувального цеху	Начальник ВТК

7. Охорона праці та техніка безпеки

Оснoву для розробки та впровадження цих заходів складають правові, нормативні та методологічні принципи:

- Закон України «Про охорону праці» (встановлює основні правила для забезпечення конституційного права працівників на захист їхнього життя і здоров'я під час роботи).
- Кодекс законів про працю України (КЗпП);
- Державні будівельні норми України (зокрема, ДБН А.3.2-2-2009 «Система стандартів безпеки праці. Охорона праці та промислова безпека у будівництві»);
- Діючі нормативно-правові акти з охорони праці (НАОП / НПАОП), які регулюють безпеку в сферах виробництва будівельних матеріалів, використання технологічного обладнання та систем, що працюють під тиском.

Виробництво високоміцного бетону (ВМБ) має особливі вимоги до безпеки праці, які є більш строгими, ніж у звичайних бетонних заводах. Це пов'язано з тим, що в технологічний процес включені такі фактори:

- Використання ультрадисперсних мінеральних добавок, які мають високу леткість і здатність проникати в дихальні шляхи.
- Використання складних хімічних модифікаторів, таких як суперпластифікатори, морозостійкі добавки, прискорювачі та уповільнювачі тужавлення, потребує точного дотримання правил безпеки при роботі з хімічними речовинами.
- Експлуатація сучасного автоматизованого обладнання, потужних змішувачів примусової дії та систем пневматичного транспорту, які функціонують під тиском.

Згідно зі статтею 13 Закону України «Про охорону праці», загальне керівництво та відповідальність за забезпечення безпечних умов роботи на заводі несе керівник підприємства. Безпосередній контроль за дотриманням вимог безпеки в цехах і на ділянках здійснюють керівники структурних

підрозділів (головний інженер, начальники БСУ та лабораторії). На підприємстві створюється Служба охорони праці (СОП), яка працює відповідно до Типового положення і підпорядковується безпосередньо роботодавцю.

Усі працівники заводу, незалежно від їхнього досвіду та кваліфікації, під час роботи проходять обов'язкові медичні огляди (попередні та періодичні). Крім того, вони отримують комплексне навчання та інструктажі (вступний, первинний, повторний, позаплановий, цільовий), а також проходять перевірку знань з охорони праці відповідно до вимог НПАОП 0.00-4.12-05 «Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці».

До виконання робіт, які несуть підвищену небезпеку (таких як обслуговування посудин під тиском, роботи на висоті в силосах, ремонт електроустановок, обслуговування конвеєрів), допускаються лише особи, які досягли 18 років, пройшли спеціальне навчання, мають відповідне посвідчення і щорічно проходять перевірку знань.

Аналіз небезпечних та шкідливих виробничих факторів

Коли організують технологічний процес на підприємстві, є кілька важливих чинників, які впливають на цю діяльність:

- Фізичні: рухомі частини машин і механізмів (бетонозмішувачі примусової дії, конвеєри, дозатори); високий рівень шуму та вібрацій (робота вібротранспортерів, грохотів, пневмоподачі); ризик ураження електричним струмом.

- Хімічні та психофізичні ризики: підвищена запиленість повітря на робочому місці (пил від цементу, заповнювачів); можливі хімічні опіки та подразнення шкіри чи слизових оболонок при контакті з лужним середовищем бетону та рідкими хімічними добавками; фізичні перевантаження під час обслуговування різних частин обладнання.

Заходи безпеки, що стосуються техніки та організації (по етапах процесу).

Приймання та зберігання сировини

Пневматичне розвантаження цементу: Силоси мають бути оснащені автоматичними фільтрами, які очищають повітря не менше ніж на 99%, а також датчиками, що фіксують надлишковий тиск, і системами для аварійного скидання тиску.

Зберігання хімічних добавок: Концентровані суперпластифікатори та морозостійкі добавки слід тримати в закритих контейнерах, які стоять на хімічно стійких піддонах, щоб обмежити можливі витіки.

Дозування та перемішування

Виробництво бетону, який має високу міцність, потребує хорошого герметичного закриття змішувального блоку. Змішувачі примусової дії оснащуються системами аспірації, які створюють розрідження всередині барабана. Це допомагає запобігти виходу пилу в цех.

Кришки та оглядові люки бетонозмішувачів обов'язково мають електромеханічне блокування, яке не дозволяє запускати ротор, якщо люки відкриті або якщо персонал має доступ до машини, поки вона повністю не зупиниться.

Санітарія на виробництві та засоби індивідуального захисту (ЗІЗ).

Захист дихальних шляхів: Працівники БСУ та складського господарства повинні обов'язково використовувати респіратори не нижче класу FFP3.

Захист шкіри та очей: Працювати з пластифікаторами та свіжою сумішшю ВМБ (що має високу лужність) можна лише в закритих захисних окулярах, рукавицях, які стійкі до лугів (нітрилових або неопренових), та в спеціальному одязі з щільної тканини.

Електробезпека та автоматизація

Усі металеві частини обладнання, які не проводять електрику (таких як силоси, конвеєри, дозатори, змішувачі), потрібно заземлити, а показники опору записати в контурний журнал. Опір має бути не більше 4 Ом.

Управління процесом відбувається віддалено з автоматизованого робочого місця (АРМ) оператора. Працювати в зоні змішувального блоку під час завантаження або вивантаження суміші заборонено.

Пожезна безпека

Виробництво бетону відноситься до групи В або Д за ризиком вибуху та пожежі, в залежності від того, які полімерні добавки використовуються.

Приміщення для зберігання та запровадження рідких хімічних модифікаторів повинні бути обладнані припливно-витяжною вентиляцією, зробленою з урахуванням вибухобезпеки.

Територія заводу облаштовується основними засобами для гасіння пожежі (порошкові та вуглекислотні вогнегасники) відповідно до НАПБ А.01.001.

Охорона навколишнього середовища

Очищення стоків: Технологічна вода, що залишилася після промивання бетонозмішувачів і автобетонозмішувачів, надходить у систему повторного використання (шламошнекові розділювачі та відстійники) для повторного використання в замкнутому циклі. Скидати лужні води у загальну каналізацію без нейтралізації заборонено.

Утилізація відходів: Залишки міцного бетону, які затверділи, потрібно подрібнити на дробильно-сортувальних установках. Потім їх можна використовувати знову як вторинний щебінь.

Література

1. ДСТУ Б В.2.7-46:2010 Будівельні матеріали. Цементи загальнобудівельного призначення. Технічні умови. На заміну ДСТУ Б В.2.7-46-96 : чинний від 2011-09-01. Вид. офіц. Київ : Мінрегіонбуд України. 20 с.
2. ДСТУ Б В.2.7-281:2011. Цементи. Класифікація. На заміну ГОСТ 23464-79: чинний від 2012-10-01. Вид. офіц. Київ: Мінрегіон України, 2012. 24 с.
3. Кварцовий пісок – класифікація і експлуатаційні властивості. URL: <https://talanx.com.ua/2587-kvarcoviy-psok.html> (дата звернення: 15.05.2026)
4. ДСТУ Б В.2.7-74-98. Крупні заповнювачі природні, з відходів промисловості, штучні для будівельних матеріалів, виробів, конструкцій та робіт. На заміну ГОСТ 25137-82 (СТ СЭВ 5445-85) у частині вимог до великих заповнювачів: чинний від 1999-01-01. Вид. офіц. Київ: Держбуд України, 1998. 24 с.
5. ДСТУ EN 1008:2022. Вода для замішування бетону. Технічні умови для відбирання проб, тестування та оцінювання придатності води, охоплюючи воду, відновлену під час виробництва бетону, як воду для змішування бетону (EN 1008:2002, IDT): чинний від 2023-12-31. Брюссель : CEN, 2002. 19 с.
6. Гіперпластифікатор STACHEMENT 2597. URL: <https://stachema.ua/stahema/giperplastifikator-stachement-2597> (дата звернення: 14.05.2026)
7. ДСТУ-Н Б В.2.7-299:2013. Настанова щодо визначення складу важкого бетону: чинний від 2014-07-01. Вид. офіц. Київ: Мінрегіон України, 2013, 91 с.
8. ДСТУ EN 206:2022. Бетон. Специфікація, продуктивність, виробництво та відповідність. EN 206:2013+A2:2021, IDT.: чинний від 2023-12-31. Вид. офіц. Київ: УкрНДНЦ, 2022, 45 с.

9. ДСТУ 9208:2022. Бетони важкі. Технічні умови. На заміну ДСТУ Б В.2.7-43-96: чинний від 2023-09-01. Вид. офіц. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2022. 24 с.

10. ДСТУ Б EN 12620:2013. Заповнювачі для бетону. EN12620:2002+A1:2008, IDT: чинний від 2014-10-01. Вид. офіц. Київ: Мінрегіонбуд України, 2014, 60 с.

11. ДСТУ EN 933:1-2021. Методи випробування з визначення геометричних характеристик заповнювачів. Частина 1. Визначення зернового складу. Метод просіювання (EN 933-1:2012, IDT): чинний від 2022-04-01. Вид. офіц. Київ: УкрНДНЦ, 2022, 22 с.

12. 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.

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

14. ДСТУ EN 12350-2:2022. Випробування свіжоприготованого бетону. Частина 2. Відбір проб (EN 12350-2:2019, IDT): чинний від 2023-12-31. Брюссель : CEN, 2009. 9 с.

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

16. ДСТУ CEN/TR 15177:2019. Випробування бетону на морозостійкість. Внутрішнє структурне пошкодження (CEN/TR 15177:2006, IDT): чинний від 2020-01-01. Вид. офіц. Київ: УкрНДНЦ, 2019, 38 с.

17. ДСТУ Б В.2.7-221:2009. Будівельні матеріали. Бетони. Класифікація і загальні технічні вимоги. На заміну ГОСТ 25192-82:

чинний від 2010-09-01. Вид. офіц. Київ: Мінрегіонбуд України, 2010, 19 с.

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

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

20. ДБН А.3.2-2-2009. Система стандартів безпеки праці. Охорона праці і промислова безпека у будівництві. На заміну СНиП III-4-80: чинний від 2012-04-01. Вид. офіц. Київ: Міністерство регіонального розвитку та будівництва України, 2012, 122 с.

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

22. 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.

23. 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. Вид. офіц. Київ: Мінрегіон України, 2016, 34 с.

24. НАПБ 01.034-98. Правила пожежної безпеки для об'єктів МВС України. На заміну Правила пожежної безпеки на об'єктах ВТУ МВС УРСР; Перелік будов та приміщень підприємств системи МВС України, які підлягають обладнанню автоматичними засобами

пожежогасіння та АПС: чинний від 1998-05-12. Вид. офіц. Київ:
УкрНДПБ МНС України, 1998, 160 с.