

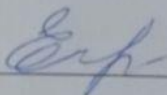
Міністерство освіти і науки України
КРИВОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Будівельний факультет
КАФЕДРА ТЕХНОЛОГІЙ БУДІВЕЛЬНИХ ВИРОБІВ, МАТЕРІАЛІВ І КОНСТРУКЦІЙ

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

Тема роботи Завод з випуску товарного теплоізоляційного бетону
заданої якості

Виконав: студент групи БІ-22-1 Март'янов Микита Максимович

Керівник випускної роботи  к.т.н., доц. Шишкіна О.О.

Нормоконтролер  Єгорова І.В.

Завідувачка кафедри  доц. Шишкіна О.О.

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

Освітньо-кваліфікаційний рівень - бакалавр

Спеціальність - 019 Будівництво та цивільна інженерія

ОПІ - «Будівництво та цивільна інженерія»

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри

19
" 19 " червня 2026 року

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА СТУДЕНТУ

Март'янову Микиті Максимовичу

1. Тема роботи **Завод з випуску товарного теплоізоляційного бетону заданої якості**

керівник роботи к.т.н., доц. Шинкіна О.О.

затверджені наказом університету від " 14 " червня 2026 року № 1960

2. Строк подання студентом роботи 29 травня 2026 р.

3. Вихідні дані до роботи

- Клас бетону за міцністю на стиск - С;
- Клас умов експлуатації конструкцій, які будуть виготовлені з бетону - Х;
- Ступінь відповідальності будівель і споруд, для виготовлення конструкцій яких призначено бетон - І ІІ ІІІ;
- Розрахункова температура зовнішнього повітря при експлуатації бетону - t;
- Марка бетонної суміші за рухомістю;
- Планова потужність підприємства - Р.

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

1. Характеристика бетонної суміші, бетону та його компонентів
2. Режим роботи підприємства
3. Визначення складу бетону
4. Організація роботи підприємства
5. Проектування споруд підприємства
- 5.1. Вибір технологічної схеми виробництва
- 5.2. Проектування головного корпусу заводу
- 5.3. Проектування складів компонентів бетонної суміші
6. Контроль якості
7. Охорона праці та техніка безпеки

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

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

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання виконане	завдання прийняв
1	к.т.н., доц. Шишкіна О.О.		
2	к.т.н., доц. Шишкіна О.О.		
3	к.т.н., доц. Шишкіна О.О.		
4	к.т.н., доц. Шишкіна О.О.		
5	к.т.н., доц. Шишкіна О.О.		
6	к.т.н., доц. Шишкіна О.О.		
7	к.т.н., доц. Шишкіна О.О.		

7. Дата видачі завдання 14 квітня 2026

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

[illegible]

Студент

(SYNOPSIS TO INDICATE)

Керівник роботи

(continued from page 10)

РЕФЕРАТ

кваліфікаційної роботи бакалавра

студента гр.. БІ-22-1 Март'янова Микити Максимовича

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

Актуальність теми. Актуальність використання теплоізоляційних бетонів в Україні зумовлена кількома факторами. По-перше, підвищення енергоефективності будівель відповідає сучасним нормативним вимогам і положенням європейських стандартів. По-друге, значна частина житлового фонду потребує модернізації або відбудови, що створює попит на ефективні та економічні будівельні матеріали. По-третє, використання легких бетонів дозволяє зменшити навантаження на фундаменти.

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

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

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

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

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

Ключові слова: теплоізоляційний бетон, пінобетон, бетонна суміш, легкоукладальність бетонної суміші, завод з випуску товарного бетону.

Обсяг кваліфікаційної роботи: Бакалаврська кваліфікаційна робота складається з пояснювальної записки, викладеної на 51 сторінках, яка складається зі вступу, семи розділів, які містять 5 рисунків, 13 таблиць, списку використаних джерел з 19 найменувань, та графічної частини, яка складається з 3 листів формату А3.

ЗМІСТ

Вступ	7
1. Характеристика компонентів бетонної суміші та бетону	9
2. Режим роботи підприємства	15
3. Визначення складу бетону	18
4. Організація роботи підприємства	21
5. Проектування споруд підприємства	27
5.1. Вибір технологічної схеми виробництва	27
5.2. Проектування головного корпусу заводу	31
5.3. Проектування складів бетонної суміші	34
5.3.1. Розрахунок складів в'язучої речовини	34
5.3.2. Розрахунок складів заповнювачів	36
6. Контроль якості	39
7. Охорона праці та техніка безпеки	46
Список використаної літератури	49

ВСТУП

Бетонні суміші та бетони є одними з основних матеріалів сучасного будівництва, які визначають темпи розвитку інфраструктури, житлового та промислового будівництва. На стан ринку бетону безпосередньо впливають обсягів будівельних робіт в країні, що в свою чергу є показником загального рівня економічної активності. Для України останні десятиліття характеризуються помітними змінами в галузі виробництва бетонних сумішей. Це зумовлено як глобальними економічними чинниками, так і внутрішніми процесами та подіями.

До 2021 року ринок бетону демонстрував стабільне зростання, навіть не зважаючи спад, який фіксувався у 2020 році і був спричинений світовою пандемією. Вже у 2022 році сталося різке падіння всіх галузей народного господарства, і будівельної зокрема, через повномасштабне вторгнення. Відбувалися руйнування інфраструктури, сталося зниження попиту на нове житлове будівництво. Це стало зрозумілими причинами зменшенням інвестицій та загальної економічної нестабільності.

Проте у 2023–2024 роках спостерігається поступове відновлення галузі. Відновлення ринку значною мірою обумовлене активізацією інфраструктурного будівництва, реалізацією проєктів відбудови та міжнародною фінансовою підтримкою.

Разом із позитивними тенденціями галузь має низку суттєвих проблем. Серед основних можна виділити нестабільний попит, залежність від державного фінансування та інвестицій, високі логістичні витрати, нестабільна безпекова ситуація. Крім того, важливим фактором є територіальна прив'язаність виробництва бетону до споживача, що обмежує можливості централізації виробництва та потребує розвитку локальних виробничих потужностей.

Попри зазначені перепони, перспективи розвитку галузі є значними. Очікується, що в процесі повоєнної відбудови України попит на бетонні

суміші суттєво зросте. За оцінками фахівців, потенційна потреба в бетоні буде значно зростати, що створює необхідність розширення виробничих потужностей і впровадження сучасних технологій. Також спостерігається тенденція до підвищення сучасних ефективних матеріалів і добавок.

Особливе місце в сучасному будівництві займають теплоізоляційні бетони, які можуть одночасно виконувати конструкційні та теплоізоляційні функції. До таких матеріалів належать, зокрема, ніздрюваті бетони (пінобетон, газобетон). Їх застосування дозволяє полегшити масу конструкцій та підвищити енергоефективність будівельних об'єктів.

Актуальність використання теплоізоляційних бетонів в Україні зумовлена кількома факторами. По-перше, підвищення енергоефективності будівель відповідає сучасним нормативним вимогам і положенням європейських стандартів. По-друге, значна частина житлового фонду потребує модернізації або відбудови, що створює попит на ефективні та економічні будівельні матеріали. По-третє, використання легких бетонів дозволяє зменшити навантаження на фундаменти.

Тож проектування підприємства, яке буде займатися виробництвом товарного теплоізоляційного бетону є актуальним і економічно доцільним завданням. Воно відповідає сучасним тенденціям розвитку будівельної галузі України, сприяє підвищенню енергоефективності будівництва та забезпечує ринок якісною конкурентоспроможною продукцією.

РОЗДІЛ I

ХАРАКТЕРИСТИКА БЕТОННОЇ СУМІШІ, БЕТОНУ ТА ЙОГО КОМПОНЕНТІВ

Характеристики теплоізоляційного бетону

Відповідно до [1] бетони в залежності від їх призначення поділяють на конструкційні та спеціальні. Теплоізоляційні бетони відносять до групи спеціальних бетонів. Їхньою особливістю є пориста або високопориста структура.

Ніздрюваті бетони є представниками групи теплоізоляційних бетонів. Вони є твердим матеріалом, що отримують штучно при виготовленні гомогенної суміші мінерального в'язучого, кремнеземистого компонента, компонента, що забезпечує утворення ніздрюватої структури та різноманітних добавок. Функціональне призначення ніздрюватих бетонів може бути конструкційне, теплоізоляційно-конструкційне або суто теплоізоляційне [2]. Твердіння таких бетонів може відбуватися як при застосуванні автоклавів, так і без них. Представниками ніздрюватих бетонів є газобетони та пінобетони.

Передбачається, що завод, який проектується, буде виробляти товарний безавтоклавний конструкційно-теплоізоляційний пінобетон.

Структура пінобетону формується завдяки використанню певних речовин – піноутворювальних поверхнево-активних речовин. Зображення структури пінобетону представлено на рис. 1.1.

Вироби з пінобетону мають невелику вагу за рахунок низької щільності. Поширеними конструкціями з пінобетону є зовнішні стіни, перегородки, блоки. Також пінобетон може використовуватися як внутрішній шар при виготовленні багатошарових огорожуючих конструкцій.

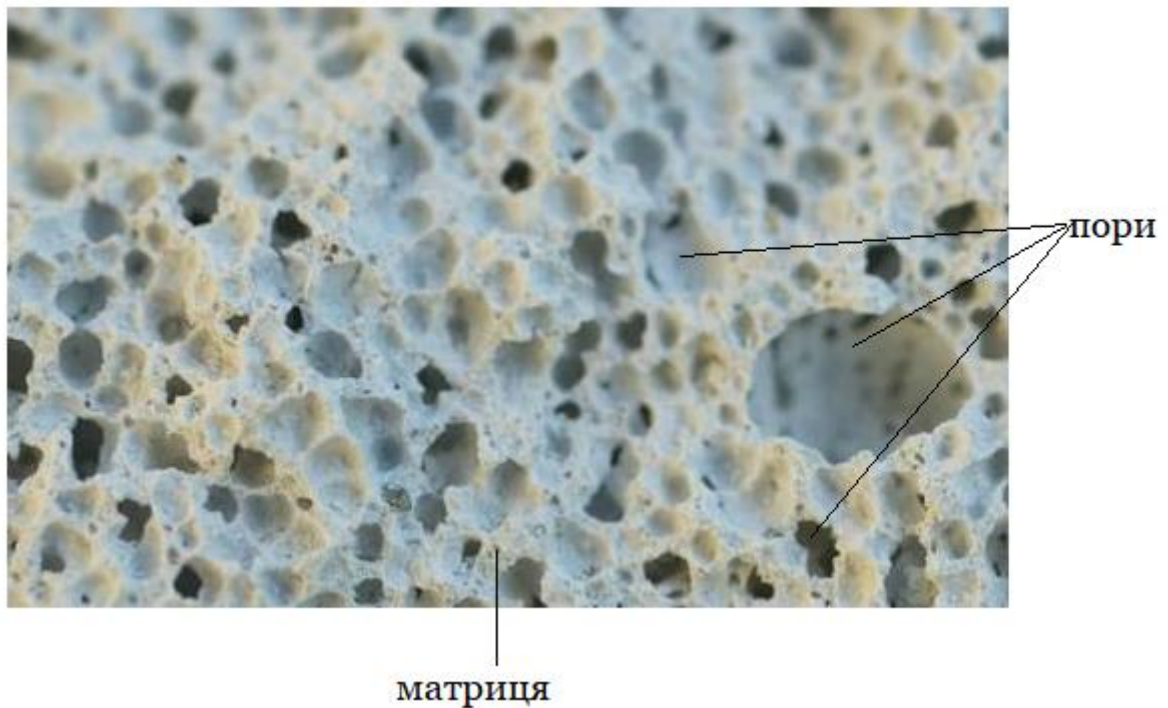


Рисунок 1.1. Структура пінобетону

При використанні даного пінобетону не передбачається наперемінне заморожування та відтавання – клас умов експлуатації Х0 (відповідно до [3].

Наслідки, які можуть статися при відмові об'єкта з даного бетону незначні – клас наслідків СС1 (відповідно до [4]).

Марка бетону за середньою густиною у затверділому стані D500 ($\rho = 470 \text{ кг/м}^3$) (відповідно до [2]).

За міцністю бетон відноситься до класу В2 (R_{ct} не менше 2,9 МПа) (відповідно до [2]).

Марка за морозостійкістю – F35 (відповідно до [2]).

Відпускна вологість – 20% (відповідно до [2]).

Теплопровідність – 0,09 Вт/(м·°С) (відповідно до [2]).

Коефіцієнт паропроникності – 0,32 мг/(м·год·Па) (відповідно до [2]).

Характеристики пінобетонної суміші

Пінобетонна суміш має пухку високопористу структуру (рис. 1.2).



Рисунок 1.2. Пінобетонна суміш

Товарний пінобетон, який буде вироблятися на даному заводі матиме показник текучості - діаметр розпливу по методу Суттарда 15 см.

Характеристики вихідних компонентів

Пінобетон складається з таких складників:

- компонент в'язучий;
- компонент кремнеземистий;
- компонент піноутворюючий;
- вода.

При потребі можуть бути застосовані додаткові компоненти (добавки), які будуть регулювати властивості товарного та/або твердого пінобетону.

При виборі компонентів для виготовлення пінобетону основним завданням є забезпечення необхідної середньої густини, міцності та стабільності пористої структури матеріалу. Важливо підібрати компоненти таким чином, щоб досягти рівномірного розподілу пор і мінімізувати їх злиття та руйнування. Крім того, необхідно забезпечити технологічність суміші та економічну доцільність її виробництва.

В'яжучим компонентом товарного теплоізоляційно-конструкційного бетону (пінобетону), що буде виготовлятися на заводі обрано цемент типу ІІ (ПЦ ІІ/А-Ш або СЕМ ІІ/А-С) марки 400 із звичайною міцністю у ранні терміни.

Його характеристики повинні задовольняти положення нормативного документу [5].

Речовинний склад цементу наведений в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1

Речовинний склад цементу, у % за масою

Клінкер	Гранульований ий шлак	Пуцоланові матеріали	Зола- винесення	Вапняк	Додаткові компоненти
80-94	6-20	-	-	-	0-5

Марка ПЦ ІІ/А-Ш передбачає набуття ним міцності у віці семи діб не менше 20 МПа, а в проектному віці (двадцять вісім діб) – 40 МПа.

Час, коли цементне тісто починає тужавіти становить не раніше, чим через 60 хвилин від моменту змішування цементу з водою, а час, коли цементне тісто закінчує тужавіти – не пізніше 10 годин від моменту змішування цементу з водою.

Вміст триоксиду сірки в ПЦ ІІ/А-Ш має бути не більше 3,5% за масою.

Вміст іонів хлору в цементі обмежується кількістю 0,1% по масі.

Кремнеземистим компонентом, що в даному випадку відіграє роль заповнювача, виступатиме подрібнений пісок з кварцу (природній). Його хімічний склад повинен на 90% складатися з діоксиду кремнію SiO_2 . Вміст слюди в піску не більше 0,5%.

Питома поверхня кремнеземистого компоненту становить (2700 ± 500) $\text{см}^2/\text{г}$.

Гранулометрія кремнеземистого компоненту, відповідно до [6] наведена в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2

Гранулометрія піску

Заповнювач Aggregate	Розміри зерен Size	Прохід через сито, % за масою Percentage passing by mass					Категорія G^d Category G^d
		2D	1,4D ^{a) b)}	D ^{c)}	d ^{b)}	d/2 ^{a) b)}	
Дрібний Fine	$D \leq 4$ мм (mm) і (and) $d = 0$	100	95...100	85...99	—	—	G_{F85}

Такий пісок характеризується гострими кутами зерен та розвиненою поверхнею, що отримується за рахунок штучного механічного подрібнення природної сировини.

Інші характеристики кварцового компоненту (піску подрібненого) наведені в таблиці 1.3 (згідно [7]).

Таблиця 1.3

Показники кварцового компоненту пінобетону (піску подрібненого)

Показник	Значення
Модуль крупності	1,5
Насипна густина	1500 $\text{кг}/\text{м}^3$
Вміст пиловидних і глинистих часток розміром менше 0,05 мм	3 %
Форма зерен	Близька до кубічної або кулеподібної
Характер поверхні зерен	Рівна, гладка
Марка за міцністю	800

Пінобетони характеризуються ніздрюватою структурою із великою кількістю пор. Отримання такою структури можливе завдяки використанню спеціальних добавок – піноутворювачів. Ці добавки в основному представлені класом поверхнево-активних речовин.

Для створення належної структури з великою кількістю рівномірно розподілених пор, піноутворювач має давати піну, яка буде складатися з великої кількості дрібних пухирців. Від структури піни багато в чому буде залежати структура, а значить і властивості пінобетону. Важливими показниками піни є її кратність, в'язкість та стійкість.

Кратність показує скільки піни утвориться з певної кількості піноутворювача при збиванні. В'язкість піни важлива для того, щоб вона змогла «утримати» мінеральні компоненти (цемент, пісок). Стійкість піни показує час «життя» піни, тобто проміжок часу від моменту її утворення до стікання. Адже відомо, що з часом пухирці лопаються і піна руйнується. Стійкість пін має бути така, щоб цемент встиг вступити у реакції гідратації з вологою і затвердіти, утворивши твердий матеріал.

Тож для виготовлення пінобетонів вибір піноутворювачів має важливе значення.

В даному випадку в якості піноутворювача буде використовуватися добавка Sika Lightcrete-400. Ця добавка у своєму хімічному складі містить органічні поверхнево-активні речовини. Вона характеризується густиною близько $1,07 \text{ г/см}^3$ при температурі $+20^\circ\text{C}$. Водневий показник біля 6 при $t = +20^\circ\text{C}$.

Піноутворювач повинен відповідати положенням нормативного документу, який регламентує вимоги для добавок до бетонів [8].

Вода, з якої буде виготовлятися пінобетонна суміш повинна відповідати вимогам [9].

РОЗДІЛ II

РЕЖИМ РОБОТИ ПІДПРИЄМСТВА

Режим роботи промислового підприємства є одним з основних організаційних параметрів його діяльності. Він представляє собою встановлений порядок чергування робочого часу та часу відпочинку протягом певної календарної одиниці (добі, тижня, місяця, року). При визначенні режиму роботи заводу з випуску товарного теплоізоляційного бетону (пінобетону) керуються наступними аспектами:

- встановлення режиму роботи повинно забезпечувати безперервність технологічного процесу,
- обладнання повинно використовуватися раціонально,
- виважене застосування робочої сили працівників,
- ефективне використання матеріальних та енергетичних ресурсів,
- досягнення планованих економічних показників (для заводу, робота якого проектується – планова потужність становить 12500 м³ пінобетонної суміші на рік).

Виходячи з викладених положень, приймаємо, що завод з випуску товарного теплоізоляційного бетону буде працювати за наступним режимом (табл. 2.1.)

Таблиця 2.1

Показники режиму роботи бетонозмішувального заводу з випуску товарного теплоізоляційного бетону

Номінальний фонд часу роботи обладнання (робочих днів на рік), Тн	260 діб
Тривалість робочої зміни, $t_{зм}$	8 годин
Кількість робочих змін на добу $n_{зм}$	2
Кількість робочих змін по прийому матеріалів	2

Виходячи з прийнятих показників, визначаємо інші режимні параметри:

- 1) Номінальний продуктивний добовий фонд часу на місяць:

$$T_M = T_H / 12, \text{ діб}$$

$$T_M = 260 / 12 = 21,7 \text{ діб}$$

- 2) Номінальний продуктивний годинний фонд часу на добу:

$$t_{\text{доб}} = n_{\text{зм}} \times t_{\text{зм}}, \text{ год.}$$

$$t_{\text{доб}} = 2 \times 8 = 16 \text{ год.}$$

- 3) Номінальний продуктивний годинний фонд часу на місяць:

$$T_{M \text{ год}} = T_M \times t_{\text{зм}} \times n_{\text{зм}}, \text{ год.}$$

$$T_{M \text{ год}} = 21,7 \times 8 \times 2 = 347,2 \text{ год.}$$

- 4) Номінальний продуктивний годинний фонд часу на рік:

$$T_{H \text{ год}} = T_H \times t_{\text{зм}} \times n_{\text{зм}}, \text{ год.}$$

$$T_{H \text{ год}} = 260 \times 8 \times 2 = 4160 \text{ год.}$$

- 5) Розрахунковий продуктивний добовий фонд часу рік:

$$T_{\text{річ}} = T_H - T_{\text{рем}}, \text{ доб.},$$

де T_H - номінальний фонд часу роботи обладнання, добу;

$T_{\text{рем}}$ - тривалість планових зупинок устаткування ремонт, діб

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

- 6) Розрахунковий продуктивний добовий фонд часу на місяць:

$$T_{M \text{ р}} = T_{\text{річ}} / 12, \text{ діб}$$

$$T_{M \text{ р}} = 253 / 12 = 21,1 \text{ діб}$$

- 7) Розрахунковий продуктивний годинний фонд часу на добу:

$$t_{\text{доб р}} = n_{\text{зм}} \times t_{\text{зм}}, \text{ год.}$$

$$t_{\text{доб р}} = 2 \times 8 = 16 \text{ год.}$$

- 8) Розрахунковий продуктивний годинний фонд часу на рік:

$$T_{\text{річ год}} = T_{\text{річ}} \times t_{\text{доб р}}, \text{ год.}$$

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

9) Розрахунковий продуктивний годинний фонд часу на місяць:

$$T_{\text{мр год}} = T_{\text{річ год}} / 12, \text{ діб}$$

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

Зводимо отримані дані в таблицю (табл.. 2.2).

Таблиця 2.2.

Узагальнення розрахованих показників режиму роботи заводу з
випуску товарного теплоізоляційного бетону

Термін	Показники			
	Номінальні		Розрахункові	
	діб	годин	діб	годин
зміна	—	8	—	8
доба	1	16	1	16
місяць	21,7	347,2	21,1	337,3
рік	260	4160	253	4048

РОЗДІЛ III

ВИЗНАЧЕННЯ СКЛАДУ БЕТОНУ

При виготовленні пінобетонної суміші головним завданням є створення матеріалу з великою кількістю рівномірно розподілених бульбашок, які після затвердіння перетворюються в повітряні пори. Головний виклик при цьому – це забезпечення стійкості багатопористої структури до повного отвердіння та перетворення на пінобетон.

Метою підбору складу пінобетону є отримання оптимального співвідношення компонентів для створення стабільної технічної піни та цементно-піщаної матриці.

Основні завдання, які потрібно вирішити при виконанні підбору складу пінобетону:

- забезпечення заданої міцності – як і для інших видів бетонів, одним з основних показників якості для пінобетону є величина його міцності;
- забезпечення заданої щільності – поруч із міцністю для пінобетону ставлять особливі вимоги по досягненню певного класу по щільності;
- забезпечення стійкості пінобетонної суміші – компоненти та їх співвідношення мають бути підібрані так, щоб пінобетонна суміш не осідала (не руйнувалася) при перемішуванні та вивантаженні;
- мінімізація усадки – оскільки пінобетони схильні до підвищеної усадки при твердінні, визначення складу спрямоване на оптимізацію витрати води та піноутворювача;
- регулювання термінів схоплення – важливо, щоб суміш почала тверднути раніше, ніж почнеться масове руйнування бульбашок піни і вона почне осідати.

Підбір складу товарного пінобетону виконується відповідно до [10].

Даний товарний пінобетон призначений для виготовлення виробів без застосування автоклаву литтьовим способом, з температурою суміші +25°C та текучістю 280 мм.

Сумарна витрата сухих складових пінобетонної суміші розраховується як:

$$P_{\text{сух}} = \frac{\rho_0}{K_c} \cdot V,$$

де ρ_0 – густина затверділого пінобетону, кг/м³;

K_c - коефіцієнт збільшення маси сухих сировинних матеріалів за рахунок хімічно зв'язаної води (приймаємо 1,1);

V – об'єм одночасно формованих виробів, збільшений з урахуванням утворення «горбушки».

$$P_{\text{сух}} = \frac{470}{1,1} \cdot 1,07 = 457 \text{ кг.}$$

Кількість цементу, яка буде використана для виготовлення даного товарного пінобетону:

$$P_c = \frac{P_{\text{сух}}}{1+C},$$

де C – відношення маси кремнеземистого компонента до маси в'язучої речовини (з врахуванням, що в якості в'язучого застосовуватиметься чистий цемент, а вироби будуть формуватися безавтоклавним способом приймаємо 0,75).

$$P_c = \frac{457}{1+0,75} = 261 \text{ кг.}$$

Витрата води з врахуванням кількості, необхідної для створення піни визначають як:

$$P_v = P_{\text{сух}} \cdot \frac{B}{T},$$

де V/T – співвідношення витрати до витрати загальної кількості сухих компонентів (цемент+пісок) (з врахуванням текучості пінобетонної суміші та її температури приймаємо 0,5)

$$P_B = 457 \cdot 0,5 = 228,5 \text{ кг.}$$

Загальна витрата кремнеземистого компонента (піску) визначають як:

$$P_K = P_{\text{сух}} - P_B$$

$$P_K = 457 - 228,5 = 228,5 \text{ кг.}$$

Необхідна кількість піноутворювача визначається як:

$$P_{\Pi} = \frac{P_r}{\alpha \cdot K} \cdot V,$$

де P_r – пористість пінобетону, %,

α – коефіцієнт використання піноутворювача (приймаємо 0,8),

K – вихід пор (відношення об'єму піни до маси піноутворювача), $\text{м}^3/\text{кг}$ (приймаємо $0,015 \text{ м}^3/\text{кг}$);

V – заданий об'єм одночасно формованих виробів, м^3 .

$$P_{\Pi} = \frac{80}{0,8 \cdot 0,015} \cdot 1 = 670 \text{ гр.}$$

В результаті маємо наступний склад товарного пінобетону, що буде виготовлятися на даному заводі:

Кількість цементу – 261 кг

Кількість піску – 228,5 кг

Кількість води – 228,5 кг

Кількість піноутворювача – 0,67 кг

РОЗДІЛ IV

ОРГАНІЗАЦІЯ РОБОТИ БЕТОНОЗМІШУВАЛЬНОГО ЗАВОДУ

Для того, щоб завод, який займається виробництвом теплоізоляційного товарного бетону (в даному випадку пінобетону) міг виконати задану плановану кількість продукції (пінобетонної суміші), яка складає 12500 м³, його робота має бути організована належним чином. При виконанні завдання по організації випуску вказаного виду товарного бетону має бути врахована низка факторів, як то:

- забезпечення заданої якості (показники міцності пінобетону, рівень легкоукладальності, однорідність і т.д.);
- забезпечення сталої кількості продукції в одиницю часу;
- раціональне споживання ресурсів (сировинних, матеріальних, енергетичних);
- застосування найбільш підходящого для даного виробничого процесу устаткування;
- дотримання часового фонду.

Вихідні дані, прийняті для виконання подальших розрахунків наведені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1

Вихідні дані

Показник	Значення
Коефіцієнт виходу сумішей у щільному тілі, K_v	0,75
Годинний коефіцієнт нерівномірності видавання товарної бетонної суміші, K_n	0,7
Коефіцієнт річного використання устаткування, K_n	0,7

В даному випадку для виготовлення пінобетонної суміші передбачається застосування високотурбулентного змішувача. Відповідно до цього цикл приготування суміші ($t_{ц}$) буде включати виконання певних технологічних дій:

$$t_{ц} = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5, \text{ хв.},$$

де t_1 – завантаження сухих компонентів та води (30 сек.);

t_2 – перемішування розчинної суміші (90 сек.);

t_3 – подача розчину піноутворювача (60 сек.);

t_4 – високошвидкісне перемішування (180 сек.);

t_5 – вивантаження готової суміші (60 сек.).

$$t_{ц} = 60 + 60 + 60 + 180 + 60 = 420 \text{ сек.} = 7 \text{ хв.}$$

Далі необхідно розрахувати скільки порцій (замісів) високотурбулентний змішувач зможе видати за 1 годину роботи:

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

Підставивши вихідні (K_n) та розраховані ($t_{ц}$) дані отримаємо:

$$n_{зб} = \frac{60 \cdot 0,7}{7} = 6 \text{ шт.}$$

Продуктивність високотурбулентного змішувача за 1 годину роботи буде залежати від його ємності по об'єму завантажуваних вихідних компонентів (V_6), кількості замесів, що видаються за 1 годину ($n_{зб}$), коефіцієнту виходу суміші (K_v) :

$$P_{год} = \frac{V_6 \cdot n_{зб} \cdot K_v}{1000}, \text{ м}^3/\text{ГОД}$$

На заводі використовуватиметься бетонозмішувач з обсягом змішувального барабану по завантаженню 350 л.

$$P_{год} = \frac{350 \cdot 6 \cdot 0,75}{1000} = 1,58 \text{ м}^3/\text{ГОД.}$$

Необхідна кількість таких змішувачів (n^p_z) розраховується з врахуванням встановленої планової потужності (P_{max}), коефіцієнту нерівномірності (K_n), річного годинного фонду часу ($T_{річ \text{ год}}$), годинної

продуктивності одного змішувача ($P_{\text{год}}$) та коефіцієнту річного використання обладнання ($K_{\text{н}}$):

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

$$n_3^p = \frac{12500 \cdot 0,7}{4048 \cdot 1,58} = 1,3 \text{ шт.}$$

Остаточна кількість устаткування для виготовлення пінобетонної суміші приймається як ціле число, округлене в більшу сторону. Тобто на заводі працюватиме 2 основних пінобетонозмішувачі. Додатково має бути розміщена ще одна машина для змішування на випадок поломок чи інших форс-мажорних обставин.

На основі проведених розрахунків встановлюється фактична потужність заводу з виготовлення теплоізоляційного товарного бетону:

$$P_{\text{річ}} = P_{\text{год}} \cdot T_{\text{річ год}} \cdot n_3^p, \text{ м}^3$$

$$P_{\text{річ}} = 1,58 \text{ м}^3/\text{год} \cdot 4048 \text{ год} \cdot 2 = 12791,68 \text{ м}^3 \approx 12792 \text{ м}^3$$

Тобто завод буде працювати, випускаючи на 2,3% більше товарного теплоізоляційного бетону (пінобетону) за встановлений план. Такі показники є прийнятними з економічної точки зору.

Знаючи якою буде продуктивність змішувального устаткування на 1 годину роботи, можна визначити, скільки кожного вихідного компоненту пінобетону заданої якості знадобиться у відповідні часові проміжки (зміна, доба).

Кількість кожного компоненту, що буде використовуватися для виготовлення пінобетонної суміші на зміну буде залежати від продуктивності одного змішувача ($P_{\text{год}}$) та тривалості робочої зміни ($t_{\text{зм}}$) можна виразити загальною формулою:

$$K_3 = K \cdot P_{\text{год}} \cdot t_{\text{зм}},$$

де K – витрати компонента на 1 м^3 суміші, кг.

Отже:

$$Ц_3 = 261 \cdot 1,58 \cdot 8 = 3299 \text{ кг} \text{ – витрата цементу за зміну;}$$

$$П_3 = 228,5 \cdot 1,58 \cdot 8 = 2888 \text{ кг} - \text{витрата піску за зміну};$$

$$В_3 = 228,5 \cdot 1,58 \cdot 8 = 2888 \text{ кг} - \text{витрата води за зміну};$$

$$ПО_3 = 0,67 \cdot 1,58 \cdot 8 = 8,5 \text{ кг} - \text{витрата піноутворювача за зміну}.$$

Кількість кожного компоненту, що буде використовуватися для виготовлення пінобетонної суміші за добу буде залежати від змінної витрати цього компоненту (K_3) та кількості змін роботи на добу ($n_{зм}$) і можна виразити загальною формулою:

$$K_{доб} = K_3 \cdot n_{зм}.$$

Проводимо розрахунки:

$$Ц_{доб} = 3299 \cdot 2 = 6598 \text{ кг} - \text{витрата цементу за добу};$$

$$П_{доб} = 2888 \cdot 2 = 5776 \text{ кг} - \text{витрата піску за добу};$$

$$В_{доб} = 2888 \cdot 2 = 5776 \text{ кг (м}^3\text{)} - \text{витрата води за добу};$$

$$ПО_{доб} = 8,5 \cdot 2 = 17 \text{ кг} - \text{витрата піноутворювача за добу}.$$

Отримані дані зводять у таблицю-відомість витрати компонентів (табл.4.2).

Таблиця 4.2

Відомість витрати компонентів

Компонент	Одиниця виміру	Потреба		
		1 кг/м ³	зміна	доба
цемент	кг	261	3299	6598
пісок	кг	228,5	2888	5776
вода	м ³	228,5	2888	5776
піноутворювач	кг	0,67	8,5	17

Дані щодо потреби кожного сировинного компонента необхідні для того, щоб належним чином спланувати роботу майбутнього підприємства з виготовлення товарного пінобетону заданої якості. Необхідно буде відвести достатньо місця під зберігання кожного компонента (окрім води), розуміти

як налагодити логістику постачання сировини, адже завод має бути безперебійно забезпечений сировиною для постійної ритмічної роботи.

Робота основного виробничого підрозділу – вузла виготовлення пінобетонної суміші організовується на основі прийнятих тривалостей здійснення кожного етапу:

- завантаження сухих компонентів та води (30 сек.);
- перемішування розчинної суміші (90 сек.);
- подача розчину піноутворювача (60 сек.);
- високошвидкісне перемішування (180 сек.);
- вивантаження готової суміші (60 сек.).

Отримання якісної пінобетонної суміші з рівномірним розподілом компонентів та пор потребує застосування ефективних змішувальних машин – наприклад, турбулентних пінобетонозмішувачів. Процеси перемішування розчину та його порізації відбуваються одночасно. Висока якість матеріалу забезпечується за рахунок того, що перемішування відбувається у турбулентно-кавітаційному режимі, що створюється за допомогою робочого органу спеціальної конструкції.

Для зручності і контролю виконання робіт створюється графічне зображення виготовлення пінобетонної суміші – «поопераційний графік». В нього окрім продовжуваності кожної технологічної операції вносяться дані щодо того, яке устаткування задіюється, працівниками якої професії виконуються роботи та в якій кількості.

Поопераційний графік дає можливість дотримуватися ритму виготовлення товарного бетону для досягнення випуску необхідної кількості продукції у кожен часовий проміжок – годину, зміну, добу, місяць, рік.

Таблична форма є легкою для читання та сприйняття. Графік розміщується у такому місці в цеху, щоб він добре проглядався з усіх позицій для всіх працівників.

Такий графік представлений у таблиці 4.3.

РОЗДІЛ V

ПРОЕКТУВАННЯ СПОРУД ЗАВОДУ

Вибір технологічної схеми виробництва

Для виготовлення пінобетону, а відповідно, і пінобетонної суміші відповідальним технологічним переділом є утворення піни. Технологічний процес виготовлення пінобетонної суміші може реалізовуватися декількома способами [11]:

- паралельне виготовлення високократної піни та суміші в'язучого, води і заповнювача з наступним змішуванням цих мас (традиційна технологія);
- паралельне виготовлення низькократної піни та суміші в'язучого і заповнювача з наступним поступовим додаванням суміші сухих компонентів до піни (технологія сухої мінералізації піни);
- одночасне виготовлення розчину та його поризація в змішувачах високої турбулентності (метод «аерації»).

Зазначені методи знайшли своє застосування. При виборі методу, за яким буде відбуватися виробництво пінобетонної суміші враховують ряд факторів, як то:

- необхідна марка за середньою густиною;
- необхідний клас по міцності;
- необхідні показники легкоукладальності.

Конкретні показники основних якісних властивостей пінобетону призначають в залежності від конкретного застосування.

Проте немало важливим є економічна та технологічна складова, адже це впливає на вартість продукції, що виготовляється.

Традиційний метод готування пінобетонної суміші є простим у здійсненні. Проте отримувана суміш насичена порами достатньо великого

розміру, що призводить до зниження фізико-механічних характеристик затверділого пінобетону.

Технологія сухої мінералізації піни потребує окремого високотурбулентного піногенератора, що призводить до здорожчання виробництва. Перевагою є отримання піни високої стійкості з дрібними бульбашками, що позитивно відображається на властивостях пінобетону.

Ефективним методом вбачається аерування пінобетонної суміші. Він не потребує використання окремого піногенератора. Процес поризації здійснюється в турбулентному змішувачі, оснащеному лопатями з мінімальним аеродинамічним опором, на кінцях яких розташовані кавітаційні насадки. Технологія приготування пінобетону включає в себе період гомогенізації при малих швидкостях обертання вала і період поризації при великих швидкостях обертання вала. Критичний розмір пор 0,6...1,0 мм, рівень мінералізації піни та величина тиску всередині повітряних бульбашок, яка обернено пропорційна квадрату радіуса бульбашки, забезпечують високу стійкість пінобетонної суміші. Таку суміш можна перекачувати не тільки пневмонасосами, але й шнековими насосами зі швидкістю до 4 м³/год.

Тож саме такий метод «аерації» обраний до застосування на даному заводі. Адже він дозволяє отримувати пінобетонну суміш достатньо високої якості, що забезпечить досягнення майбутнім пінобетоном заданих характеристик, а також дає змогу скоротити витрати на обладнання (за рахунок відсутності піногенератора), що дозволить оптимізувати використання площі, відведеної під завод.

На рисунку 5.1 приведені зображення технологічної схеми заводу з виготовлення товарного пінобетону заданої якості.

На завод кварцовий компонент (пісок) надходить автомобільним транспортом (вантажівками) та розвантажується у відведений склад для піску (2). Розвантаження відбувається за допомогою ковшового завантажувача.

В'язучий компонент (цемент) прибуває на підприємство автоцементовозами. Цемент розвантажується у спеціально відведений склад (1) за допомогою цементопроводів.

Піноутворювач також надходить у автомобільному вантажному транспорті. Зберігання піноутворюючої добавки відбувається у спеціальній ємності (9), звідки по шлангу (10) поступатиме у дозувальне відділення.

Автомобільне постачання вихідних компонентів дозволяє спростити логістичні шляхи підвезення сировини. Також такий спосіб постачання є економічний вигідним, зважаючи на достатньо невеликий обсяг виробництва продукції (пінобетонної суміші).

Цемент по шнековому конвеєру (5) подається у дозатор (7). Пісок спершу проходить стадію подрібнення у кульовому млині (3), звідки поступає на грохот (4). Ці технологічні операції здійснюються для досягнення піском заданого гранулометричного складу. Далі пісок по стрічковому конвеєру (6) рухається до дозатора (7).

Вода накопичується у баку (8), звідки буде поступати у дозатор.

Після того, як всі компоненти пройдуть етап відважування заданої кількості (дозування), вони потрапляють безпосередньо у високотурбулентний змішувач (11).

Після закінчення процесу готування пінобетонної суміші, вона буде здійснюватися її відвантаження для постачання до споживача.

Для того, щоб суміш була доставлена до місця призначення (місця укладання) з належними показниками якості, тобто такими, які відповідають нормам, час, транспортування повинен бути якомога коротшим. Тобто відстань до будівельного майданчика має бути мінімальною.

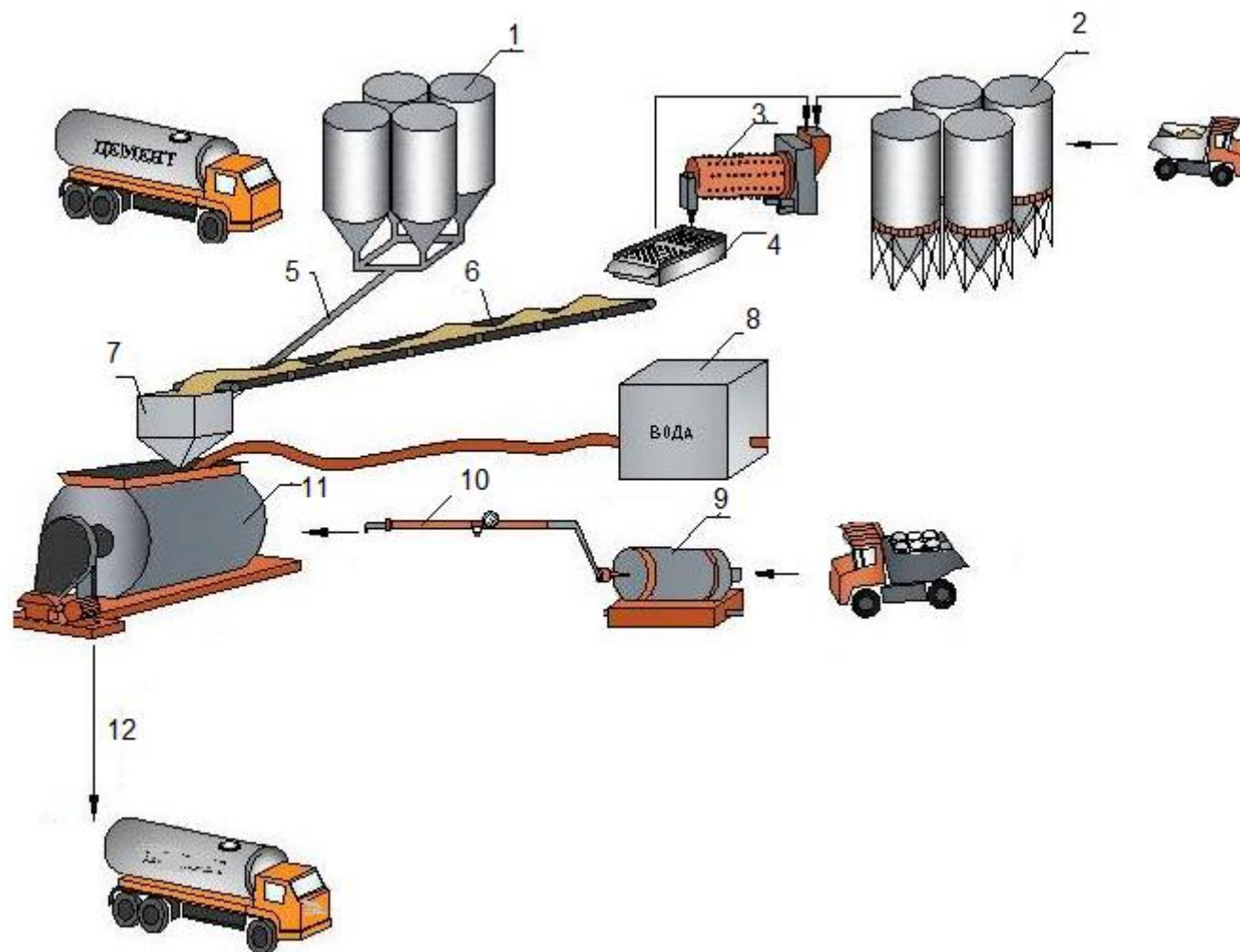


Рис. 5.1. Технологічна схема виготовлення товарного пінобетону заданої якості:

1 – склад цементу; 2 – склад піску; 3 – кульовий млин; 4 – грохот; 5 – шнековий конвеєр; 6 – стрічковий конвеєр; 7 – дозатори; 8 – ємність для води; 9 – ємність для піноутворювача; 11 – пінобетонозмішувач; 12 – відвантаження

Проектування головного корпусу заводу

Основним технологічним вузлом на заводі з виготовлення товарного теплоізоляційного бетону (в даному випадку пінобетону) є відділення, де власне створюється пінобетонна суміш.

До складу головного відділення (корпусу) заводу входить зона, де здійснюється дозування, зона змішування компонентів та зона відвантаження.

Вибір способу розташування обладнання в головному корпусу відбувається з врахуванням потужності підприємства, набору устаткування, яке використовується, доступних площ. Розрізняють висотне компонування та ступеневе компонування.

Висотне компонування характерне для великих заводів, на яких обсяги продукції – товарного бетону, є достатньо великими, адже в цьому випадку така схема дозволяє економити площі. Організація відбувається таким чином:

- найвищим за висотою відділенням є приймальні бункери, куди сировинні компоненти потрапляють по транспортерам;
- з приймальних бункерів цемент, заповнювачі, добавки гравітаційно (вертикально) потрапляють у дозатори;
- переміщення віддозованих компонентів у відділення змішування (бетонозмішувачі);
- відвантаження товарного бетону.

Така організація більш витратна, оскільки потребує зведення висотної будівлі.

Ступеневе компонування вимагає більших площ, проте простіше у влаштуванні, не потребує контролю за роботами на висоті. Для заводів, що не мають на меті випуск великого обсягу продукції, вбачається більш доцільною.

В даному випадку все устаткування знаходиться на рівні землі, а компоненти проходять двоетапне підіймання на відносно невеликі висоти (7

– 10 м). На першій стадії відбувається підйом компонентів у витратні бункери → потрапляють у дозатори, далі знову підйом у змішувальні агрегати, звідки готова суміш потрапляє в розташовані далі приймальні бункери, з яких відбувається відвантаження.

З врахуванням того, що ступенева схема значно зменшує вібраційні впливи на обладнання, що у випадку виготовлення пінобетонної суміші є важливим фактором.

За вихідні дані приймаємо такі показники:

- число змішувальних агрегатів (пінобетонозмішувачів) – 2 (відповідно до розрахунків);
- тип змішувальних агрегатів – високотурбулентні пінобетонозмішувачі
- кількість напрямів транспортування товарного пінобетону – 1.

Тобто один напрям відвантаження товарного пінобетону будуть обслуговувати два пінобетонозмішувачі.

З врахуванням наведених вихідних даних обирається спосіб розміщення комплекту змішувальних установок (пінобетонозмішувачів).

Розрізняють наступні способи розміщення змішувальних установок:

- в один ряд;
- у два ряди;
- «кустовий»;
- комбінований.

Виходячи, з розрахованої кількості пінобетонозмішувачів, яка буде забезпечувати досягнення необхідного обсягу товарного теплоізоляційного бетону – дві основні змішувальні машини та одна резервна, доцільно на даному заводі розмістити змішувачі у два ряди (рис. 5.2).

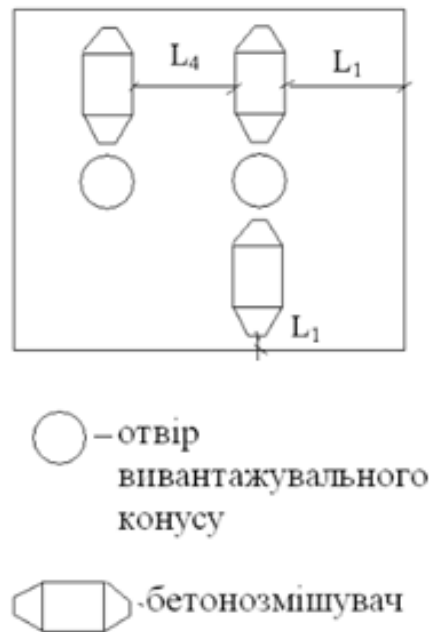


Рис. 5.2. Розміщення змішувальних установок у головному корпусі заводу:
 L_1 – відстань від змішувача до стіни; L_4 – відстань між змішувачами різних напрямів вивантаження бетонної суміші.

Відповідно до норм, при розтаванні змішувальних установок повинні виконуватися певні вимоги (табл. 5.1).

Таблиця 5.1

Вимоги до габаритних розмірів змішувального відділення

прохід по периметру цеху	ширина $\geq 1,2$ м
робоча зона обслуговування кожного змішувача	ширина $\geq 0,7$ м
робоча зона обслуговування кожного змішувача зі сторони отвору вивантажувального конусу вільної від змішувача	ширина $\geq 0,7$ м
прохід між групами змішувачів кожного напрямку вивантаження бетонної суміші	ширина $\geq 1,2$ м

Тоді L_1 становитиме 1,9 м, а L_4 – 2,6 м.

З врахуванням обраного пінобетонозмішувача (MasterMix), розміри приміщення головного корпусу буде становити:

ширина: $1,9 + 0,95 + 2,6 + 0,95 + 1,9 = 8,3$ м

довжина: $1,9 + 2,4 + 1 + 2,4 + 1,9 = 9,6$ м

Висота приміщення повинна враховувати розмір висоти змішувального устаткування, дозаторного та бункерного устаткування. В даному випадку вона становитиме 3,6 м.

Проектування складів компонентів бетонної суміші

Склади в'язучої речовини

Для того щоб в'язуча речовина залишалася придатною до використання після того, як вона була доставлена на завод з виготовлення товарного бетону, важливим є належна організація її зберігання на складі.

В даному випадку для виготовлення теплоізоляційного товарного бетону (пінобетону) в якості в'язучої речовини застосовуватиметься цемент портландський одного типу (СЕМ II/A-S). Склад для зберігання цементу повинен забезпечувати сталість його якості і організовуватися має з врахуванням особливостей його фізико-механічних показників.

Відповідно до [12] склади для складування цементу повинні задовольняти наступні вимоги:

- оберігати цемент від атмосферних впливів та ґрунтових вод – бути герметичними;
- захищати цемент від забруднення;
- нарізне зберігання кожного виду та марки.

З огляду на наведенні положення, доцільно використовувати склади у вигляді металевих силосів, які представляють собою герметичні вертикальні резервуари циліндричною форми зварної конструкції з листового сталевого

прокату завтовшки 4–8 мм. Силос складається з таких основних елементів: циліндричного корпусу, конічного днища з кутом нахилу 55–60° для самопливного вивантаження матеріалу, завантажувального патрубку у верхній частині, аераційної системи для розпушення та полегшення виходу цементу, а також фільтра-пиловловлювача на покрівлі для очищення витісненого повітря.

Місткість силосів розраховується як:

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

де $Ц_{\text{д}}$ - витрата в'язучого даного виду і марки на добу, кг;

n - нормативний запас збереження в'язучого;

K_1 - коефіцієнт нерівномірності надходження в'язучого на склад;

K_2 - коефіцієнт нерівномірності споживання в'язучого;

K_3 - коефіцієнт можливих утрат в'язучого при розвантаженні;

K_4 - коефіцієнт використання технологічного устаткування;

K_5 - коефіцієнт заповнення ємності складу;

$\rho_{\text{в}}$ - густина в'язучого в насипному стані.

$Ц_{\text{д}}$ приймається відповідно до відомості потреби компонентів (таблиця 4.2).

n – приймається з врахуванням способу постачання (автомобільного) – 7 діб;

K_1 – для автомобільного способу доставки приймаємо рівним 1,1;

K_2 – приймаємо рівним 1,4;

K_3 – приймаємо рівним 1,04;

K_4 – приймається рівним 0,943;

K_5 – приймається рівним 0,9;

$\rho_{\text{в}}$ – приймається 1000 кг/м³ для розрахунків.

$$V = \frac{6598 \cdot 7 \cdot 1,1 \cdot 1,4 \cdot 1,04 \cdot 0,943 \cdot 0,9}{1000} = 62,77 \text{ м}^3.$$

Склади заповнювачів

Для пінобетону заповнювачем виступає кремнеземистий компонент – подрібнений кварцовий пісок.

Пісок може складуватися для зберігання як розсипом, так і запакований у мішки.

Склад для піску повинен забезпечувати сталість його якості і організовуватися має з врахуванням особливостей його фізико-механічних показників.

При цьому повинні задовольнятися наступні вимоги:

- захист від понаднормового зволоження;
- захист від забруднення;
- запобігання змішуванню різних марок та видів.

Організація складу для піску повинна враховувати спосіб постачання (в даному випадку автомобільний). Склад повинен бути оснащений відповідним устаткуванням для розвантажувальних та навантажувальних робіт.

Так як для виготовлення товарного пінобетону особливе значення має вологість піску, доцільно складувати його в склад по типу бункеру.

Місткість бункеру розраховується як:

$$V_3 = \frac{Z_d \cdot n \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4}{P_3}, \text{ м}^3$$

де Z_d - витрата заповнювача даного виду на добу, кг;

n - запас збереження заповнювача, діб.

K_1 - коефіцієнт нерівномірності надходження заповнювача на склад;

K_2 - коефіцієнт нерівномірності споживання заповнювача;

K_3 - коефіцієнт можливих утрат заповнювача при розвантаженні;

K_4 - коефіцієнт використання технологічного устаткування, рівний;

P_3 - густина заповнювача в насипному стані, кг/м³.

Так як для виготовлення товарного пінобетону застосовуватиметься лише один вид заповнювача – дрібний пісок, приймаємо наступні значення:

Z_d – приймається відповідно до відомості потреби компонентів (таблиця 4.2);

n – приймається з врахуванням способу постачання (автомобільного) – 7 діб;

K_1 – для автомобільного способу доставки приймаємо рівним 1,1;

K_2 – приймаємо рівним 1,4;

K_3 – приймаємо рівним 1,04;

K_4 – дорівнює приймаємо 0,943;

$P_3 = 1500 \text{ кг/м}^3$.

$$V_{\Pi} = \frac{5776 \cdot 7 \cdot 1,1 \cdot 1,4 \cdot 1,04 \cdot 0,943}{1500} = 41 \text{ м}^3$$

Склади хімічних добавок

Для створення пористої структури пінобетону необхідне застосування спеціальних хімічних речовин – піноутворювачів.

В даному випадку буде застосовуватися піноутворююча добавка Sika Lightcrete-400 яка відноситься до класу органічних поверхнево-активних речовин.

Зберігання піноутворювача повинно відбуватися у герметично закритих ємностях (контейнерах), які відповідають наступним вимогам:

- захист від замерзання;
- захист від прямих сонячних променів;
- захист від забруднення;
- забезпечення температури зберігання на рівні 5 - 35°C.

Місткість ємності для зберігання піноутворювача розрахуємо як:

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

де $ПО_{\text{д}}$ – добова витрата піноутворювача, кг/м³;

n – рекомендований запас зберігання піноутворювача, діб;

K_1 – коефіцієнт заповнення ємності;

ρ – густина піноутворювача, кг/м³

$ПО_{\text{д}}$ – приймається відповідно до відомості потреби компонентів (таблиця 4.2);

n – приймається з врахуванням рекомендацій на зберігання хімічних добавок – 15 діб;

K_1 – приймається рівним 0,9;

$\rho = 1070$ кг/м³

$$V_{\pi} = \frac{17 \cdot 15 \cdot 0,9}{1070} = 0,214 \text{ м}^3 = 214 \text{ л.}$$

РОЗДІЛ VI. КОНТРОЛЬ ЯКОСТІ

Контроль якості на заводі з виробництва товарного теплоізоляційного бетону є невід'ємною складовою технологічного процесу, що забезпечує відповідність готової продукції вимогам нормативних документів. Основною метою контролю якості є запобігання випуску продукції, яка не відповідає встановленим вимогам, виявлення та усунення причин відхилень від технологічних параметрів на всіх стадіях виробництва.

Система контролю якості на заводі товарних бетонів – це комплекс заходів, спрямованих на забезпечення відповідності готової продукції вимогам державних стандартів та проектній документації замовника.

Система контролю якості охоплює три послідовні напрями контролю: вхідний, поопераційний та приймальний (рис. 6.1). Комплексне застосування всіх трьох видів контролю гарантує стабільність характеристик пінобетонної суміші та дотримання заданих фізико-механічних і теплофізичних показників майбутнього пінобетону.

СХЕМА КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ НА ЗАВОДІ З ВИРОБНИЦТВА БЕТОННОЇ СУМІШІ



Рис. 6.1 Система контролю якості на заводі з виготовлення товарного теплоізоляційного бетону

Загальний опис матеріалів, процесів та показників, які підлягають контролю наведені в таблиці 6.1

Таблиця 6.1

Контроль якості товарного теплоізоляційного бетону

Вид контролю	Матеріали та процеси що контролюються	Показники що контролюються
Вхідний	Сировинні компоненти	Фізико-механічні показники компонентів
Поопераційний	Розвантаження сировинних компонентів	Виконання розвантаження
	Зберігання сировинних компонентів	Умови зберігання компонентів
	Дозування компонентів	Точність дозування
	Виготовлення бетонної суміші	Перемішування компонентів Однорідність бетонної суміші
Приймальний	Бетонна суміш, бетон	Реологічні та технологічні властивості бетонної суміші Фізико-механічні показники бетону

Усі види контролю якості на заводі здійснює заводська лабораторія, яка є самостійним структурним підрозділом підприємства. Лабораторія підпорядковується головному технологу і діє на підставі положення про лабораторію, затвердженого керівником підприємства. До основних функцій лабораторії належать:

- перевірка вхідних матеріалів та сировини;
- поточний контроль технологічних параметрів виробництва;
- випробування готової продукції та оформлення відповідної документації.

Лабораторія оснащується необхідними приладами, обладнанням та засобами вимірювальної техніки, які пройшли метрологічну атестацію або повірку в установленому порядку. Персонал лабораторії повинен мати відповідну кваліфікацію. Результати всіх випробувань і перевірок

реєструються у журналах встановленої форми та зберігаються протягом нормативно визначеного терміну.

Вхідний контроль здійснюється з метою перевірки відповідності сировинних матеріалів та компонентів, що надходять на підприємство, вимогам нормативних документів і умовам договорів постачання. Відповідно до [10], вхідному контролю підлягають усі матеріали, що використовуються у виробництві товарного теплоізоляційного бетону (пінобетону).

До складу вхідного контролю входять такі операції:

- перевірка наявності та правильності оформлення супровідних документів (паспортів якості, сертифікатів відповідності);
- зовнішній огляд матеріалів;
- відбір проб і проведення лабораторних випробувань для підтвердження заявлених характеристик.

Для в'язучого матеріалу (цементу) перевіряються: тонкість помелу, строки тужавлення, активність та марка за міцністю. Для кремнеземистого компоненту (подрібненого кварцового піску) контролюються хімічний склад, вологість, питома поверхня та вміст шкідливих домішок. Для піноутворювача перевіряють кратність піни (відношення об'єму піни до об'єму розчину) та її стабільність (коефіцієнт стійкості у часі). Для води, що використовується для приготування суміші, перевіряється відповідність вимогам [9] до води для бетонів.

Матеріали, що не відповідають встановленим вимогам, до виробництва не допускаються до використання у виробничому процесі та підлягають поверненню постачальнику або відокремленому зберіганню до прийняття рішення щодо їх використання.

Операційний контроль здійснюється безпосередньо в ході технологічного процесу на кожній стадії виробництва з метою своєчасного виявлення та усунення відхилень від встановлених технологічних параметрів. У здійсненні поопераційного контролю задіяна не тільки лабораторія, але і технологічний персонал виробничих відділень.

Контроль якості повинен розпочинатися з етапу складування компонентів. Для кожного сировинного матеріалу існують свої вимоги щодо їх зберігання, які покликані не допустити зниження показників їх властивостей. До параметрів, які контролюють на складах сировини належать:

- температура;
- вологість;
- рівень забруднення;
- доступ атмосферних впливів.

На стадії підготовки компонентів контролюються:

- точність дозування кожного компонента (цементу, піску, води, піноутворювача та хімічних добавок) згідно з затвердженим складом суміші;
- температура компонентів та суміші в цілому.

На стадії приготування пінобетонної суміші перевіряються: водов'язуче відношення (В/В), текучість і однорідність суміші, час перемішування, обсяг піни, яка утворюється, рівномірність розподілу піни в розчинній суміші. Усі результати поопераційного контролю фіксуються у змінних журналах виробництва.

Приймальний контроль є завершальним етапом системи контролю якості та проводиться з метою прийняття рішення про відповідність готової продукції вимогам [2] і можливість її відвантаження споживачу. Приймальний контроль здійснює лабораторія підприємства шляхом випробування проб пінобетонної суміші та готових зразків бетону, відібраних з кожної партії.

За результатами приймального контролю лабораторія оформлює паспорт якості (документ про якість) на кожну партію продукції, у якому зазначаються: найменування та позначення продукції, номер партії, дата виготовлення, фактичні показники якості за результатами випробувань та їх відповідність вимогам [2]. Продукція, яка не відповідає нормативним

вимогам хоча б за одним показником, до відвантаження не допускається та підлягає аналізу причин браку з подальшим прийняттям коригувальних заходів.

Перелік показників, які підлягають контролю при здійсненні, вимогам яких номартивних документів вони повинні відповідати вказані у таблицях 6.2 та 6.3.

Таблиця 6.2

Приймальний контроль товарного теплоізоляційного бетону

Показник, що контролюється	Нормативний документ, де вказані		Контролююча служба, періодичність контролю
	технічні вимоги до показника	методи контролю та випробувань	
Вид суміші	ДСТУ Б В.2.7-45:2010		Лабораторія кожну партію
Легкоукладальність	ДСТУ Б В.2.7-45:2010	ДСТУ EN 12350-2:2022	Лабораторія кожну партію
Середня густина	ДСТУ Б В.2.7-45:2010	ДСТУ EN 12350-6:2022	Лабораторія кожну партію
Пористість	ДСТУ Б В.2.7-45:2010	ДСТУ ASTM C173/C173M:2024	Лабораторія за потреби

Основним робочим документом, який регламентує порядок, терміни та методи проведення перевірок на кожному етапі виробничого циклу є «карта контролю якості». Вона представляє собою виробничо-технологічний документ, в якому систематизовано зведено перелік усіх контрольованих параметрів технологічного процесу, визначено методи та засоби їх вимірювання, встановлено допустимі межі відхилень, вказано відповідальних виконавців і задано частоту проведення перевірок на кожній операції (табл. 6.4). Карта є складовою системи управління якістю підприємства і розробляється на основі технологічного регламенту з урахуванням вимог чинних нормативних документів.

Практичне значення карти полягає в тому, що вона забезпечує простежуваність якості на всіх етапах виробничого циклу, мінімізує вплив людського фактора, спрощує навчання нового персоналу та слугує доказовою базою при розгляді претензій споживачів.

Таблиця 6.3

Приймальний контроль пінобетону

Показник, що контролюється	Нормативний документ, де вказані		Контролююча служба, періодичність контролю
	технічні вимоги до показника	методи контролю та випробувань	
Середня густина	ДСТУ Б В.2.7-45:2010	ДСТУ Б В.2.7-170:2008 ДСТУ EN 12390-7:2025	Лабораторія кожну партію
Міцність на стиск, згин і розтяг	ДСТУ Б В.2.7-45:2010	ДСТУ Б В.2.7-214:2009 ДСТУ Б В.2.7-224:2009 ДСТУ EN 12390-3:2024 ДСТУ EN 12390-5:2024	Лабораторія кожну партію
Відпускна вологість	ДСТУ Б В.2.7-45:2010	ДСТУ Б В.2.7-170:2008	Лабораторія кожну партію
Усадка при висиханні	ДСТУ Б В.2.7-45:2010	ДСТУ Б В.2.7-45:2010	Лабораторія кожну партію
Морозостійкість	ДСТУ Б В.2.7-45:2010	ДСТУ Б В.2.7-45:2010	Лабораторія кожну партію
Коефіцієнт паропроникності	ДСТУ Б В.2.7-45:2010	ДСТУ Б В.2.7-45:2010	Лабораторія кожну партію
Водопоглинання	ДСТУ Б В.2.7-45:2010	ДСТУ Б В.2.7-170:2008 ДСТУ Б В.2.7-45:2010	Лабораторія кожну партію
Теплопровідність	ДСТУ Б В.2.7-45:2010	ДСТУ Б В.2.7-182:2009	Лабораторія кожну партію

Таблиця 6.4

Карта контролю якості

Основні операції, що підлягають контролю	Комплектація робочих креслень, НД, карт	Виготовлення бетонної суміші
Склад контролю	Наявність технічної документації (НД, робочі креслення й ін.)	1. Точність дозування 2. Час перемішування 3. Консистенція 4. Температура
Місце контролю	Цех	Дозатори Бетонозмішувачі
Метод і засоби контролю	Порівняння із проектом	1. Спостереження за приладами 2. Перевірка, тарування приладів 3. Відбір проб і випробовування 4. Термометр
Періодичність і обсяг контролю	Раз на місяць і при виготовленні нової партії виробів	1. Раз у зміну 2. Кожний заміс 3. Два рази на зміну і при новому складі суміші 4. Два рази на зміну і при новому складі суміші
Особа, що контролює операцію	Інженер ВТВ	1. Лаборант 2. Оператор, лаборант 3. Лаборант 4. Лаборант
Документ, у якому реєструються результати контролю	Журнал обліку документації	Журнал лабораторних випробувань
Особа, відповідальна за забезпечення технології	Начальник ВТВ	Зав. лабораторією Начальник бетонозмішувального цеху

РОЗДІЛ VII

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ

Згідно із [13], управління безпекою на підприємстві покладається на роботодавця. На заводі з виробництва товарного теплоізоляційного бетону створюється служба охорони праці, проводяться інструктажі та забезпечуються належні по безпеці умови роботи для всіх працівників.

На заводі мають бути виділені зони підвищеної небезпеки (ділянки приготування піноконцентрату, бетонозмішувальні вузли, склади цементу), позначені знаками безпеки згідно з [14].

Санітарно-гігієнічні вимоги

Відповідно до [15], питна вода на підприємстві повинна бути безпечною за епідемічними та хімічними показниками. Це стосується як побутових потреб персоналу, так і приготування пінобетонної суміші, оскільки якість води безпосередньо впливає на стабільність технічної піни.

Проектування освітлення виконується згідно з [16].

У цехах приготування пінобетону встановлюється комбіноване освітлення.

Нормована освітленість на робочих поверхнях (пульт керування змішувачем, зона дозування) має становити не менше 200–300 лк.

Передбачається аварійне освітлення для евакуації та продовження робіт при відключенні основного живлення.

Мікроклімат на виробництві повинен відповідати [17]. У холодний період року температура в цеху не повинна опускатися нижче 16–18°C для запобігання переохолодженню та порушенню технології гідратації цементу.

Джерелами шуму є компресори та змішувачі. Згідно з [18], еквівалентний рівень шуму на робочих місцях не повинен перевищувати 80 дБА. Застосовуються звукоізолюючі кожухи та навушники.

Безпека технологічних процесів

Виготовлення товарного теплоізоляційного бетону (пінобетону) регулюється з точки зору техніки безпеки та охорони праці НПАОП 26.6-1.02-00 [14].

При роботі з піноутворювачами потрібно дотримуватися певних правил техніки безпеки. Адже піноутворювачі можуть мати подразнюючу дію.

Зберігання піноутворювача повинно здійснюватися у закритій тарі в провітрюваних приміщеннях. Працівники забезпечуються гумовими рукавицями, фартухами та захисними окулярами.

Експлуатація обладнання:

- пінобетонозмішувачі: категорично забороняється очищення змішувача під час його роботи або взяття проб суміші вручну через люки. Обладнання повинно мати блокування: при відкритті захисної решітки двигун автоматично вимикається; усі рухомі частини (паси, вали) повинні бути закриті захисними кожухами

- компресори: манометри мають бути опломбовані та мати червону риску на робочому тиску.

Вібрація: обладнання повинно встановлюватися на віброізолюючі фундаменти для запобігання поширенню вібрації на робочі місця.

Пилопригнічення та вентиляція:

При завантаженні-розвантаженні цементу та заповнювачів виділяється дрібнодисперсний пил. Відповідно до [19], робочі місця обладнуються місцевими відсмоктувачами пилу (аспірацією). Гранично допустима концентрація (ГДК) пилу контролюється лабораторією, значення порівнюються з допустимими – не більше 6 мг/м^3 .

Радіаційний контроль:

Сировина (цемент, пісок) згідно з [2] повинна належати до 1-го класу використання (сумарна питома активність природних радіонуклідів $< 370 \text{ Бк/кг}$), що підтверджується вхідним контролем.

Пожежна безпека та електробезпека

Електробезпека: все обладнання (змішувачі, насоси, дозатори) підлягає заземленню та зануленню згідно з ПУЕ. Опір заземлювального пристрою не повинен перевищувати 4 Ом.

Пожежна безпека: приміщення категорії «В» (наявність горючих піноутворювачів або пакувальних матеріалів). Цех комплектується первинними засобами пожежогасіння та системою оповіщення.

Засоби індивідуального захисту

Персонал заводу забезпечується:

1. Спецодягом (костюми з пилозахисної тканини).
2. Респіраторами типу «Пелюстка» або аналогами (клас захисту FFP2/FFP3) (при роботі з цементом та піноутворювачем).
3. Захисним взуттям на нековзній підшві.
4. Захисними касками (при роботі з вантажопідйомними механізмами).
5. Рукавицями з покриттям, стійким до вологи та хімікатів.

Дотримання вимог вищезазначених нормативних документів дозволяє мінімізувати ризики виробничого травматизму та професійних захворювань. Головним пріоритетом при проектуванні заводу є автоматизація процесів подачі сипучих матеріалів та ефективна вентиляція робочих зон.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. 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.
2. ДСТУ Б В.2.7-45:2010 Бетони ніздрюваті. Загальні технічні умови. На заміну ДСТУ Б В.2.7-45-96 (зі скасуванням в Україні ГОСТ 12852.0-77, ГОСТ 12852.5-77) ; чинний від 2010-11-01. Вид. офіц. Київ : Мінрегіонбуд України.
3. 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.
4. ДБН В.1.2-14:2018 Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель і споруд. Зі Зміною №1. На заміну ДБН В.1.2-14-2009 ; чинний від 2022-09-01. Вид. офіц. Київ : Міністерство розвитку громад та територій України.
5. 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.
6. ДСТУ Б EN 12620:2013 Заповнювачі для бетону (EN 12620:2002+A1:2008, IDT). Чинний від 2014-10-01. Вид. офіц. Київ : Мінрегіонбуд України.
7. ДСТУ Б В.2.7-29-95 Будівельні матеріали. Дрібні заповнювачі природні, із відходів промисловості, штучні для будівельних матеріалів, виробів, конструкцій та робіт. Класифікація. З Поправкою. На заміну ГОСТ 25137-82 (СТ СЭВ 5445-85) у частині вимог до дрібних заповнювачів ; чинний від 1996-01-01. Вид. офіц. Київ : Держкоммістобудування України.

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

9. ДСТУ EN 1008:2022 Вода для замішування бетону. Технічні умови для відбирання проб, тестування та оцінювання придатності води, охоплюючи воду, відновлену під час виробництва бетону, як воду для змішування бетону (EN 1008:2002, IDT). Чинний від 2023-12-31. Чинний від 2023-12-31. Брюссель : CEN, 2002. 19 с.

10. ДСТУ-Н Б В.2.7-308:2015 Настанова з виготовлення виробів з ніздрюватого бетону. На заміну СН 277-80 ; чинний від 2016-10-01. Вид. офіц. Київ : Мінрегіон України.

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

12. ДСТУ 9183:2022 Цементи. Загальні технічні умови. На заміну ДСТУ Б.В.2.7-112-2002 ; чинний від 2023-01-01. Київ : ДП «УкрНДНЦ».

13. Закон України «Про охорону праці» від 14 жовтня 1992 року № 2694-ХІІ (зі змінами та доповненнями) : станом на 04.04.2025р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-12#Text> (дата звернення: 06.05.2026)

14. 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.

15. ДСанПіН 2.2.4-171-10. Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною. Чинний від 2025-01-17. Київ : МОЗ, 2010. 27 с.

16. ДБН В.2.5-28:2018. Природне і штучне освітлення. На заміну ДБН В.2.5-28-2006 ; чинний від 2019-10-03. Вид. офіц. Київ : Мінрегіон України, 2018. 137 с.

17. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. Чинний від 1999-12-01. Київ, 1999. 10 с.

18. ДСН 3.3.6.037-99. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. Чинний від 1999-12-01. Київ, 1999. 27 с.

19. 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 та їх використанні в процесі зведення та експлуатації об'єктів будівництва. Чинний від 2007-12-01. Вид. офіц. Київ : Мінбуд України, 2007. 25 с.