

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 фібробетону заданої якості

Виконала: студентка групи БІ-22-1 Іщенко Софія Іванівна

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.

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

Освітньо-кваліфікаційний рівень - бакалавр

Спеціальність – G19 Будівництво та цивільна інженерія

ОПП – «Будівництво та цивільна інженерія»

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри

“19” червня 2026 року

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА СТУДЕНТЦІ

Іщенко Софії Іванівні

1. Тема роботи Завод з випуску товарного фібробетону заданої якості

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

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

2. Строк подання студентом роботи 06 червня 2026 року

3. Вихідні дані до роботи

- Клас бетону за міцністю на стиск – С 40/50;
- Клас умов експлуатації конструкцій, які будуть виготовлені з бетону – ХС4;
- Клас відповідальності будівель і споруд, для виготовлення конструкцій яких призначено бетон – СС2;
- Розрахункова температура зовнішнього повітря при експлуатації бетону – t від -20°C до -40°C ;
- Марка бетонної суміші – Р1;
- Планова потужність підприємства – $P = 15000 \text{ м}^3$.

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

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

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

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

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Зав. каф., доц. Шишкіна О.О.		
2	Зав. каф., доц. Шишкіна О.О.		
3	Зав. каф., доц. Шишкіна О.О.		
4	Зав. каф., доц. Шишкіна О.О.		
5	Зав. каф., доц. Шишкіна О.О.		
6	Зав. каф., доц. Шишкіна О.О.		
7	Зав. каф., доц. Шишкіна О.О.		

7. Дата видачі завдання 14 квітня 2026 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської роботи	Строк виконання етапів роботи (діб)	Примітка
	1. Характеристика бетонної суміші, бетону та його компонентів	1	
	2. Режим роботи підприємства	1	
	3. Визначення складу бетону	2	
	4. Організація роботи підприємства	3	
	5. Проектування споруд підприємства	5	
	6. Контроль якості	5	
	7. Охорона праці та техніка безпеки	4	

Студент


(підпис)

Іщенко С. І.
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи


(підпис)

Шишкіна О.О.
(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

кваліфікаційної роботи бакалавра
студентки БІ-22-1 Іщенко Софії Іванівни

на тему: «Завод з випуску товарного фібробетону заданої якості»

Актуальність теми. Проектування заводу з випуску товарного фібробетону заданої якості є надзвичайно актуальним, оскільки він забезпечує будівельну індустрію високонадійним композитом для зведення тонкостінних конструкцій, дорожніх покриттів та унікальних споруд з гарантованими експлуатаційними характеристиками

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

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

Завдання:

- 1) окреслити характеристики бетонної суміші, завод з виготовлення якої підлягає проектуванню, характеристики бетону, характеристики компонентів, які будуть використані для виготовлення бетонної суміші;
- 2) встановити режим роботи підприємства;
- 3) визначити склад бетонної суміші;
- 4) проаналізувати вихідні дані для організації роботи підприємства та визначити необхідні параметри виробництва;
- 5) здійснити вибір технологічної схеми виробництва;
- 6) запроектувати головну будівлю заводу;
- 7) запроектувати склади компонентів бетонної суміші;
- 8) дослідити та описати методи та засоби контролю якості на підприємстві;
- 9) описати положення охорони праці та техніки безпеки на підприємстві.

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

Ключові слова: фібробетон, дисперсне армування, бетон заданої якості, тріщиностійкість бетону, бетонна суміш.

Обсяг кваліфікаційної роботи: Бакалаврська кваліфікаційна робота складається з пояснювальної записки, викладеної на 46 сторінках, яка складається зі вступу, семи розділів, які містять 10 рисунків, 6 таблиць, списку використаних джерел з 16 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	29
5.3. Проектування складів бетонної суміші	32
5.3.1. Розрахунок складів в'язучої речовини	32
5.3.2. Розрахунок складів заповнювачів	32
5.3.3. Склад добавок	34
5.3.4. Склад фібри	34
6. Контроль якості	36
7. Охорона праці та техніка безпеки	41
Література	45

Вступ

У сучасному будівництві ХХІ століття бетон залишається домінуючим конструкційним матеріалом, що фактично визначає рівень розвитку цивілізації. З огляду на світові обсяги споживання, які перевищують 2 млрд м³ на рік, актуальність вдосконалення його характеристик є беззаперечною. Основними перевагами бетону є його сировинна база, відносно низька собівартість, екологічна безпека та високий рівень адаптивності до автоматизованих виробничих процесів. Проте зростання складності архітектурних рішень та жорсткість експлуатаційних умов вимагають переходу від традиційних складів до високоякісних бетонів нового покоління, серед яких особливе місце посідає фібробетон.

Еволюція бетонознавства пройшла шлях від створення простих сумішей до розробки багатокомпонентних систем із заданими властивостями. Сьогодні фібробетон - це композиційний матеріал, де бетонна матриця посилена дисперсним армуванням у вигляді волокон (фібр) (рис.1). Така технологія вважається революційною, оскільки вона дозволяє радикально коригувати структуру матеріалу, підвищуючи його тріщиностійкість, ударну в'язкість та міцність на розтяг.

Перспективи галузі на найближче майбутнє пов'язані з автоматизацією випуску товарного фібробетону безпосередньо на заводах, що гарантує стабільність фізико-механічних характеристик кожної партії продукції.



Рис.1. Фібробетон

Глобальні досягнення у застосуванні бетонів нового покоління демонструють унікальні інженерні споруди: від норвезьких нафтових платформ у Північному морі, розрахованих на екстремальні штормові навантаження, до найвищих хмарочосів, таких як Бурдж-Халіфа в ОАЕ, та наддовгих мостів, як Акасі в Японії. У цих проектах використовувався бетон міцністю до 120 МПа, створений за допомогою комплексних модифікаторів. Значний внесок у розвиток теорії бетонознавства та методів багатопараметричного проектування складів зробили видатні вчені, зокрема Л. Й. Дворкін, Ю. М. Баженов, С. М. Толмачов та інші. Їхні праці дозволили перейти від простого підбору компонентів до науково обґрунтованого управління властивостями спеціальних бетонів.

Ключовою особливістю цього проекту є орієнтація на виробництво товарного фібробетону заданої якості. Це передбачає не лише досягнення проектної міцності, а й гарантоване забезпечення комплексу характеристик: підвищеної деформативності, низької проникності та тривалої довговічності.

Проектований завод дозволить забезпечити будівельний ринок матеріалом, що відповідає не лише національним, а й міжнародним стандартам якості для споруд підвищеної капітальності.

1. Характеристика бетонної суміші, бетону та його компонентів

Фібробетон - це сучасний композитний будівельний матеріал, що являє собою цементну матрицю (бетон або розчин), рівномірно армовану по всьому об'єму відрізками волокон різного походження, які називають фіброю. Таке дисперсне армування дозволяє докорінно змінити властивості традиційного бетону, перетворюючи його з крихкого матеріалу на в'язкий та тріщиностійкий композит.

У сучасному будівництві вибір матеріалу волокна залежить від конкретних експлуатаційних вимог до конструкції. Джерелом фібри можуть слугувати такі матеріали:

- сталь (найчастіше використовується у вигляді відрізків дроту, металевої стружки або продуктів переробки відпрацьованих канатів) (рис.1.1),



Рис.1.1. Сталева фібра

- скло (застосовують лугостійкі скляні волокна, джгути або сітки) (рис.1.2),



Рис.1.2. Обрізки скляних волокон

- синтетичні полімери (поліпропілен, нейлон, поліетилен, акрил та поліефір) (рис.1.3),

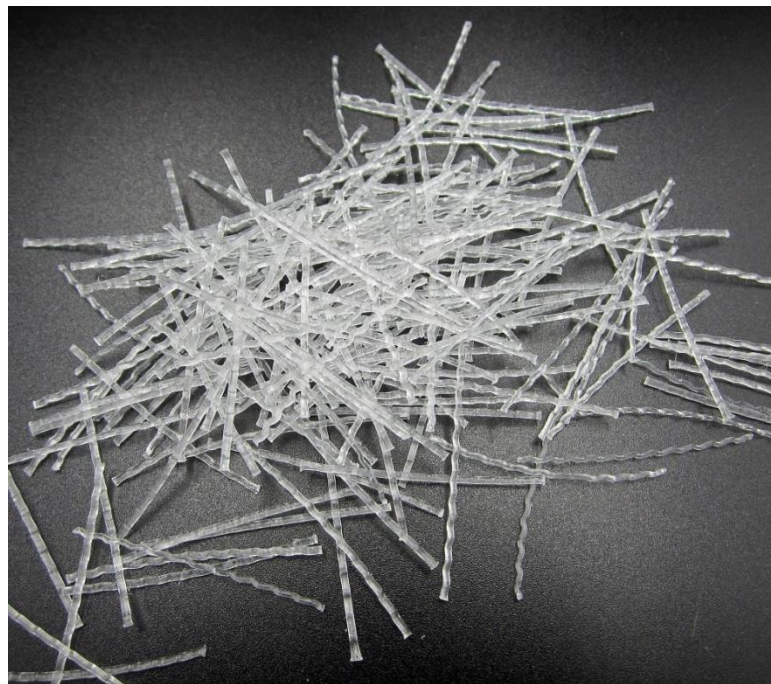


Рис.1.3. Фібра полімерна

- базальт (волокна, отримані з розплаву базальтових порід) (рис. 1.4),



Рис.1.4. Базальтова фібра

- вуглець та азбест (вуглецеві волокна забезпечують надвисоку міцність і легкість, а азбест традиційно використовується у виробництві шиферу та труб, хоча його застосування зараз обмежене через екологічні чинники) (рис.1.5),



Рис.1.5. Фібра з вуглецевого волокна

- натуральні волокна (бамбук, кокосова пальма, джут) (рис.1.6)



Рис. 1.6. Фібра целюлозна

Для проектів, що потребують максимальної несучої здатності, динамічної стійкості та довговічності, найбільш доцільним є використання саме сталевих фібри. Основною причиною вибору сталевих волокон є його здатність радикально підвищувати міцність на розтяг та згин. У той час як звичайний бетон практично не працює на розтяг, сталевий фібробетон сприймає значні розтягуювальні напруження навіть після появи перших мікротріщин у матриці. Опір ударним навантаженням у сталевих фібробетонів в 10-12 разів вищий, ніж у класичного бетону, що робить його незамінним для підлог у промислових цехах, злітно-посадкових смуг аеродромів та фундаментів під потужне обладнання. Сталеві волокна стримують розвиток тріщин на макрорівні, що забезпечує підвищену (у 1,5-2 рази) морозостійкість, водонепроникність та вогнестійкість конструкцій. Також використання сталевих фібри дозволяє суттєво зменшити або взагалі відмовитися від традиційного стрижневого армування в тонкостінних плитах, дорожніх покриттях та оболонках тунелів.

Тож у випадках, коли конструкція повинна витримувати інтенсивні механічні впливи, стирання або динамічні удари (наприклад, на дільницях доріг з інтенсивним гальмуванням або на зупинках транспорту), сталевий фібробетон є найбільш технологічним та надійним рішенням.

Характеристики бетону:

- Клас бетону за міцністю - C 40/50;
- Клас умов експлуатації навколишнього середовища бетону - XC4;
- Клас наслідків (відповідальності) для конструкцій з бетону - CC2;
- Розрахункова температура зовнішнього повітря при експлуатації бетонної суміші - від -20°C до -40°C;
- Марка бетону за водонепроникністю - W2 (згідно з [1]);
- Марка бетону за морозостійкістю - F150 (згідно з [1]).

Характеристики бетонної суміші:

- Бетонна суміш з маркою за консистенцією P1 (осадка конуса від 1 до 4 см).

Характеристики компонентів:

Цемент (повинен відповідати вимогам [2]):

- портландцемент (ПЦІ) з маркою 500;
- клас по міцності 52,5N;
- вміст клінкеру - 95-100%;
- вміст SO₃ не більше 3,5%;
- вміст хлориду не більше 0,1%;
- насипна щільність - 1200 кг/м³;
- істинна щільність - 3100 кг/м³;
- початок тужавлення – не раніше 60 хвилин.

Пісок (повинен відповідати вимогам [3]):

- кварцовий;
- вміст Fe₂O₃ не більше 0,15%;
- насипна щільність - 1550 кг/м³;
- істинна щільність - 2630 кг/м³;

- модуль крупності - 2,0-2,5;
- вміст зерен розміром понад 5 мм - не більше 5%;
- вміст глинистих і пиловатих часток - не більше 2%.

Щебінь: (повинен відповідати вимогам [4])

- гранітний дроблений марки М1200;
- насипна густина - 1450 кг/м³;
- істинна густина - 2650 кг/м³;
- водопоглинання за масою - не більше 0,8%;
- фракція – 10-20 мм.

Вода (повинна відповідати вимогам [5]):

- вміст розчинних солей - не більше 5000 мг\л;
- вміст іонів SO₄—не більше 2700 мг\л;
- вміст іонів хлору - не більше 1200 мг\л;
- водневий показник(рН) - 7.

Фібра (повинна відповідати вимогам [6]):

• сталева анкерна фібра групи І із холодноотягнутого сталевого дроту з прямокутним поперечним перерізом;

- довжина - 30-60 мм;
- діаметр - 0,5-1,0 мм;
- міцність на розтяг - не менше 1000 МПа;
- модуль пружності - 200 000 МПа.

Хімічна добавка (повинна відповідати вимогам [7], характеристики за [8]):

- пластифікатор полікарбоксилатний “ЛітоПласт-ПКС”;
- колір: світло-рожевий;
- рН - 7,0;
- густина - 1140 кг/м³;
- дозування від 0,06 % до 0,9 % щодо маси цементу.

2. Режим роботи підприємства

Режим роботи підприємства - це організований порядок чергування робочого часу та часу відпочинку протягом визначеного періоду (добы, тижня або місяця). Він включає:

- 1) встановлення початку і завершення робочого дня;
- 2) тривалості змін і перерв;
- 3) розподіл робочих і вихідних днів.

Такий режим запроваджується для ефективного використання трудових і матеріальних ресурсів, забезпечення стабільної роботи підприємства та безперервності виробничих процесів. Крім того, правильно організований графік сприяє підвищенню продуктивності праці, зменшенню перевтоми працівників і створенню більш комфортних умов роботи.

Приймаємо наступні показники режиму роботи заводу з виготовлення товарного фібробетону (згідно з додатком Г [9]):

- номінальний фонд часу роботи обладнання (T_n) - 260 робочих діб на рік;
- тривалість робочої зміни ($t_{зм}$) - 8 год;
- кількість робочих змін на добу ($n_{зм}$) - 2;
- кількість робочих змін щодо прийому матеріалів 2 або 3.

Для цехів та установок по приготуванню бетонних сумішей:

- тривалість планових зупинок на ремонт ($T_{рем}$) - 7 діб;
- розрахункова кількість робочої доби на рік - 253 доби.

Розрахунковий річний фонд часу роботи технологічного обладнання визначимо за формулою:

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

де T_n - номінальний фонд часу роботи обладнання, діб;

$T_{рем}$ - тривалість планових зупинок на ремонт, діб.

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

Добовий фонд продуктивного робочого часу визначимо за формулою:

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

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

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

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

Номінальний показник робочих діб на місяць визначимо за формулою:

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

де $T_{\text{н}}$ - номінальний фонд часу роботи обладнання, діб.

$$T_{\text{м}} = \frac{260}{12} = 22 \text{ доби.}$$

Номінальний показник робочих годин на місяць визначимо за формулою:

$$T_{\text{м}} * t_{\text{зм}} * n_{\text{зм}}, \text{ год},$$

де $T_{\text{м}}$ - номінальний показник робочих діб на місяць, діб;

$t_{\text{зм}}$ - тривалість робочої зміни, год;

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

$$22 * 8 * 2 = 352 \text{ год.}$$

Номінальний показник робочих годин на рік визначимо за формулою:

$$T_{\text{н}} * t_{\text{зм}} * n_{\text{зм}}, \text{ год},$$

де $T_{\text{н}}$ - номінальний фонд часу роботи обладнання, діб;

$t_{\text{зм}}$ - тривалість робочої зміни, год;

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

$$260 * 8 * 2 = 4160 \text{ год.}$$

Розрахунковий показник робочих діб на місяць визначимо за формулою:

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

де $T_{річ}$ - розрахунковий річний фонд часу роботи технологічного обладнання, діб.

$$T_{мр} = \frac{253}{12} = 21 \text{ доба.}$$

Розрахунковий показник робочих годин на рік визначимо за формулою:

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

де $T_{річ}$ - розрахунковий річний фонд часу роботи технологічного обладнання, діб;

$t_{доб}$ - добовий фонд продуктивного робочого часу, год.

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

Розрахунковий показник робочих годин на місяць визначимо за формулою:

$$T_{мр,год} = \frac{T_{річ.год}}{12}, \text{ год,}$$

де $T_{річ.год}$ - розрахунковий показник робочих годин на рік, год.

$$T_{мр,год} = \frac{4048}{12} = 337,3 \text{ год.}$$

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

Таблиця 2.1. Показники робочого фонду часу

Термін	Показники			
	Номінальні		Розрахункові	
	діб	годин	діб	годин
зміна	-	$t_{зм} = 8$	-	$t_{зм} = 8$
доба	1	$t_{доб} = 16$	1	$t_{доб} = 16$
місяць	$T_m = 22$	352	$T_{мр} = 21$	$T_{мр,год} = 337,3$
рік	$T_n = 260$	4160	$T_{річ} = 253$	$T_{річ.год} = 4048$

3. Визначення складу бетону

Визначення складу бетону є фундаментальним технологічним завданням, що полягає в науковому обґрунтуванні вибору та кількісного співвідношення компонентів суміші.

Основна мета цієї процедури полягає у забезпеченні заданих проектних параметрів якості готового матеріалу за обраних умов оптимальності. Найчастіше такими критеріями виступають досягнення мінімальної собівартості виробництва та максимально раціональне скорочення витрати цементу без втрати експлуатаційних властивостей.

Проектування складу спеціальних бетонів відноситься до категорії багатопараметричних завдань. Фахівець має знайти такі значення параметрів (водоцементне відношення, витрата води, частка піску тощо), які дозволять одночасно гарантувати міцність, морозостійкість, водонепроникність та тріщиностійкість конструкції.

Правильний підбір складу спрямований на економію енерговитрат та зменшення вартості бетонної суміші шляхом оптимізації зернового складу заповнювачів та використання активних мінеральних добавок.

Кінцевий розрахунковий склад обов'язково підлягає експериментальній перевірці в лабораторних умовах, після чого він адаптується до реальних виробничих параметрів з урахуванням вологості матеріалів. Такий системний підхід гарантує стабільність показників якості бетону при мінімальному коефіцієнті їх варіації.

Розраховуємо склад важкого фібробетону за такою послідовністю:

1. Визначаємо В/Ц за формулою для $V/C \geq 0,4$ (повинна відповідати вимогам [10]):

$$V/C = \frac{A \cdot R_{ц}}{f_{cm} + 0,5 \cdot A \cdot R_{ц}},$$

де A – коефіцієнт, для високоякісних заповнювачів бетону дорівнює 0,65 (за табл. 8.1 [10]) ;

$R_{ц}$ – активність цементу, для класу бетону С40/50 дорівнює 60 МПа (за табл. 6.1 [10]) ;

f_{cm} – середня міцність бетону, для класу бетону С40/50 дорівнює 64 МПа.

$$B/C = \frac{0,65 \cdot 60}{64 + 0,5 \cdot 0,65 \cdot 60} = 0,47.$$

2. Визначаємо витрату води за табл. 7.6 [10] для щебня з фракцією 10-20 мм та осадкою конуса 1-4 см: витрата води (В) - 190 л/м³.

3. Визначаємо витрату цементу за формулою:

$$C = \frac{B}{B/C}, \text{ кг/м}^3,$$

де В – витрата води, кг/м³;

В/С – водоцементне відношення.

$$C = \frac{190}{0,47} = 404,3 \text{ кг/м}^3.$$

4. Визначаємо коефіцієнт розсунення α за табл. 8.2 [10] при витраті цементу 404,3 кг/м³ та В/С = 0,47 за інтерполяцією: коефіцієнт розсунення – 1,44.

5. Визначаємо витрату щебеню за формулою:

$$Щ = \frac{1000}{\frac{\alpha \cdot V_{\text{пус.щ}}}{\rho_{\text{нас.щ}}} + \frac{1}{\rho_{\text{іст.щ}}}}, \text{ кг/м}^3,$$

де $\alpha = 1,44$ - коефіцієнт розсунення;

$V_{\text{пус.щ}}$ – міжзернова пустотність щебеню в стандартно-насіпному стані, яка визначається за формулою:

$$V_{\text{пус.щ}} = 1 - \frac{\rho_{\text{нас.щ}}}{\rho_{\text{іст.щ}}} = 1 - \frac{1,45}{2,65} = 0,45.$$

де $\rho_{\text{нас.щ}}$ – насипна щільність щебеню, яка дорівнює 1450 кг/м³ = 1,45 кг/дм³;

$\rho_{\text{іст.щ}}$ – істинна щільність щебеню, яка дорівнює 2650 кг/м³ = 2,65 кг/дм³.

$$\text{Щ} = \frac{1000}{\frac{1,44 \cdot 0,45}{1,45} + \frac{1}{2,65}} = 1213,2 \text{ кг/м}^3.$$

6. Визначаємо витрату піску за формулою:

$$\text{П} = \left(1000 - \frac{\text{Ц}}{\rho_{\text{іст.ц}}} - \text{В} - \frac{\text{Щ}}{\rho_{\text{іст.щ}}} \right) * \rho_{\text{іст.п}}, \text{ кг/м}^3,$$

де $\rho_{\text{іст.ц}}$ – істинна щільність цементу, яка дорівнює $3100 \text{ кг/м}^3 = 3,1 \text{ кг/дм}^3$;

$\rho_{\text{іст.щ}}$ – істинна щільність щебеню, яка дорівнює $2650 \text{ кг/м}^3 = 2,65 \text{ кг/дм}^3$;

$\rho_{\text{іст.п}}$ – істинна щільність піску, яка дорівнює $2630 \text{ кг/м}^3 = 2,63 \text{ кг/дм}^3$;

Ц – витрата цементу, кг/м^3 ;

В – витрата води, кг/м^3 ;

Щ – витрата щебеню, кг/м^3 .

$$\text{П} = \left(1000 - \frac{404,3}{3,1} - 190 - \frac{1213,2}{2,65} \right) * 2,63 = 583,3 \text{ кг/м}^3.$$

7. Визначаємо витрату фібри за формулою:

$$\Phi = \mu_{\text{ф}} * \rho_{\text{с}}, \text{ кг/м}^3,$$

де $\mu_{\text{ф}}$ - коефіцієнт фіброармування, для сталеві анкерної фібри, який дорівнює 0,01;

$\rho_{\text{с}}$ – густина сталі, яка дорівнює 7850 кг/м^3 .

$$\Phi = 0,01 * 7850 = 78,5 \text{ кг/м}^3.$$

8. Визначаємо витрату хімічної добавки:

Тип: пластифікатор полікарбоксилатний для бетону та цементно-піщаних розчинів – «LitoПласт-ПКС»: дозування від 0,06 % до 0,9 % щодо маси цементу [8].

Отже, ХД = 0,8% від маси цементу $404,3 \text{ кг/м}^3 = 3,2 \text{ кг/м}^3$.

9. Визначимо розрахункову середню густину бетонної суміші за формулою:

$$\rho_{\text{б.с}} = \text{В} + \text{Ц} + \text{Щ} + \text{П} + \Phi + \text{ХД}, \text{ кг/м}^3,$$

$$\rho_{\text{б.с}} = 190 + 404,3 + 1213,2 + 583,3 + 78,5 + 3,2 = 2472,5 \text{ кг/м}^3.$$

4. Організація роботи бетонозмішувального цеху

Організація виробничого процесу сталевих фібробетонів базується на принципі забезпечення максимальної гомогенності суміші. Ключовим викликом є запобігання кластеризації волокон, що критично знижує міцність конструкції.

Для сталевих фібри обов'язковим є використання віброживильників або стрічкових дозаторів з магнітними сепараторами. Це гарантує рівномірне, порційне введення волокон у загальний потік матеріалів.

Найбільш ефективною вважається методика попереднього сухого перемішування фібри з агрегатами (піском та щебенем) перед додаванням цементу та води. Це дозволяє механічно розділити зчеплені волокна за рахунок тертя об тверді частинки заповнювача.

Рекомендується застосовувати змішувачі примусової дії (роторні або планетарні). Гравітаційні бетонозмішувачі не здатні забезпечити достатню енергію для якісного розподілу фібри в об'ємі густої матриці.

Час доставки сталевих фібробетонів має бути мінімізованим для запобігання гравітаційному осадженню важкої сталевих фібри. При укладанні важливо використовувати високочастотне вібрування, що сприяє оптимальній орієнтації волокон.

Вихідні дані:

- Коефіцієнт виходу сумішей (у щільному тілі) $K_v = 0,67$;
- Для фібробетонної суміші доцільно застосовувати примусовий змішувач;
- Розрахункова тривалість технологічних операцій під час приготування бетонної суміші на щільних заповнювачах з автоматизованим дозуванням:

завантаження компонентів бетонної суміші у бетонозмішувач - 2 хв.;

перемішування компонентів бетонної суміші - 2 хв.;

вивантаження бетонної суміші - 1 хв.;

необхідний для повернення перекинутого барабана у вихідне положення - 0 хв.

- Годинний коефіцієнт нерівномірності видавання бетонної суміші - 0,7;
- Добовий коефіцієнт нерівномірності видавання суміші - 0,7.

Тепер визначимо необхідну кількість бетонозмішувачів у такому порядку:

- 1) тривалість циклу готування одного замісу змішувачем:

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

де t_1 - задана тривалість перемішування, с;

t_2 - час завантаження матеріалів;

t_3 - час розвантаження суміші;

t_4 - час, необхідний для повернення перекинутого барабана у вихідне положення.

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

- 2) кількість замісів, що видається за годину роботи змішувачем:

$$n_{36} = \frac{60 \cdot K_{\text{н}}}{t_{\text{ц}}}, \text{ шт.}$$

де $K_{\text{н}}$ - коефіцієнт нерівномірності;

$t_{\text{ц}}$ - тривалість циклу готування одного замісу змішувачем.

$$n_{36} = \frac{60 \cdot 0,7}{5} = 8,4 \text{ шт.}$$

- 3) годинна продуктивність бетонозмішувача:

$$P_{\text{год}} = \frac{V_6 \cdot n_{36} \cdot K_{\text{в}}}{1000}, \text{ м}^3/\text{ГОД},$$

де $V_6 = 700$ л - ємність барабана змішувача по об'єму матеріалів, що завантажуються;

$n_{зб}$ - кількість замісів, що видається за годину роботи змішувачем;

$K_в$ - коефіцієнт виходу сумішей (у щільному тілі).

$$P_{год} = \frac{700 * 8,4 * 0,67}{1000} = 3,9 \text{ м}^3/\text{год.}$$

4) кількість бетонозмішувачів у цеху розраховуємо, виходячи з річної програми потреби у бетонній суміші:

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

де P_{max} - планова потужність заводу, м^3 ;

$K_u = 0,6$ - коефіцієнт річного використання устаткування;

$T_{річ.год}$ - розрахунковий фонд часу, год;

$P_{год}$ - годинна продуктивність бетонозмішувача, $\text{м}^3/\text{год.}$

$$n_3^p = \frac{15000 * 0,6}{4048 * 3,9} = 0,6 = 1 \text{ шт.}$$

Визначимо річну продуктивність бетонозмішувального цеху:

$$P_{річ} = P_{год} * T_{річ.год} * N_з, \text{ м}^3,$$

де $P_{год}$ - годинна продуктивність бетонозмішувача, $\text{м}^3/\text{год.}$

$T_{річ.год}$ - розрахунковий фонд часу, год;

$N_з$ - кількість бетонозмішувачів, шт.

$$P_{річ} = 3,9 * 4048 * 1 = 15787,2 \text{ м}^3.$$

Розраховуємо потребу кожного компонента на зміну, де знадобляться показники:

$R_{\text{год}}$ – годинна продуктивність бетонозмішувача, $\text{м}^3/\text{год}$;

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

Π – витрата цементу, $\text{кг}/\text{м}^3$;

Π – витрата піску, $\text{кг}/\text{м}^3$;

Π – витрата щебеню, $\text{кг}/\text{м}^3$;

B – витрата води, $\text{кг}/\text{м}^3$;

Φ – витрата фібри, $\text{кг}/\text{м}^3$;

$XД$ – витрата хімічної добавки, $\text{кг}/\text{м}^3$.

1. Цемент: $\Pi_3 = \Pi * R_{\text{год}} * t_{\text{зм}} = 404,3 * 3,9 * 8 = 12614,2 \text{ кг}$.

2. Пісок: $\Pi_3 = \Pi * R_{\text{год}} * t_{\text{зм}} = 583,3 * 3,9 * 8 = 18199 \text{ кг}$.

3. Щебінь: $\Pi_3 = \Pi * R_{\text{год}} * t_{\text{зм}} = 1213,2 * 3,9 * 8 = 37851,8 \text{ кг}$.

4. Вода: $B_3 = B * R_{\text{год}} * t_{\text{зм}} = 190 * 3,9 * 8 = 5928 \text{ м}^3$.

5. Фібра: $\Phi_3 = \Phi * R_{\text{год}} * t_{\text{зм}} = 78,5 * 3,9 * 8 = 2449,2 \text{ кг}$.

6. Хім. добавка: $XД_3 = XД * R_{\text{год}} * t_{\text{зм}} = 3,2 * 3,9 * 8 = 99,8 \text{ кг}$.

Розраховуємо потребу кожного компонента на добу, де знадобляться показники:

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

Π_3 – потреба цементу на зміну, кг;

Π_3 – потреба піску на зміну, кг;

Π_3 – потреба щебеню на зміну, кг;

B_3 – потреба води на зміну, м^3 ;

Φ_3 – потреба фібри на зміну, кг;

$XД_3$ – потреба хімічної добавки на зміну, кг.

1. Цемент: $\Pi_д = \Pi_3 * n_{\text{зм}} = 12614,2 * 2 = 25228,4 \text{ кг}$.

2. Пісок: $\Pi_д = \Pi_3 * n_{\text{зм}} = 18199 * 2 = 36398 \text{ кг}$.

3. Щебінь: $\Pi_д = \Pi_3 * n_{\text{зм}} = 37851,8 * 2 = 75703,6 \text{ кг}$.

4. Вода: $B_д = B_3 * n_{\text{зм}} = 5928 * 2 = 11856 \text{ м}^3$.

5. Фібра: $\Phi_д = \Phi_3 * n_{\text{зм}} = 2449,2 * 2 = 4898,4 \text{ кг}$.

6. Хім. добавка: $XД_д = XД_з * n_{зм} = 99,8 * 2 = 199,6$ кг.

Заповнимо таблицю «Відомість в потребі компонентів фібробетонної суміші» (табл.4.1).

Таблиця 4.1. Відомість в потребі компонентів фібробетонної суміші

Компонент	Одиниця виміру	Потреба		
		1 кг/м ³	зміна	доба
цемент	кг	404,3	12614,2	25228,4
пісок	кг	583,3	18199	36398
щебінь	кг	1213,2	37851,8	75703,6
вода	м ³	190	5928	11856
фібра	кг	78,5	2449,2	4898,4
хім. добавка	кг	3,2	99,8	199,6

Побудуємо поопераційний графік виготовлення фібробетонної суміші заданої якості у вигляді таблиці (таблиця 4.2). Він є графічним відображенням продовжуваності виконання процесів, які безпосередньо здійснюються при виробництві товарного фібробетону, а також містить інші відомості – перелік працівників та їх кількість, список задіяного обладнання.

5. Проектування споруд заводу

5.1. Технологічна схема виробництва.

Завод по випуску товарного фібробетону буде працювати за технологічною схемою, яка наведена на рисунку 5.1.1.

Опис роботи заводу:

Автомобільний транспорт виконує подачу піску та щебеню у відкриті склади (2, 3). Звідти вони потрапляють у дозатори (1), які відміряють необхідну кількість заповнювачів. За допомогою системи конвеєрів (4) пісок та щебінь транспортуються вгору до вторинних дозаторів щебеню та піску (5) для точного зважування перед завантаженням у змішувач. Цементовоз розвантажує цемент у спеціальні силоси для цементу (6). В інший силос для фібри (7) завантажується сталева фібра. Вода та хімічна добавка (пластифікатор полікарбоксилатний “ЛітоПласт-ПКС”) зберігаються у відповідних ємностях (9, 8). Перед початком замісу спрацьовує система автоматизованого зважування: дозатор (10) відміряє потрібний об’єм води, дозатор (11) відміряє потрібну кількість хімічної добавки, дозатори (12) подають цемент та фібру з силосів безпосередньо до змішувача. Усі компоненти (цемент, пісок, щебінь, фібра, вода та добавка) потрапляють у бетонозмішувач (13), де відбувається інтенсивне перемішування до отримання однорідної маси, в якій фібра рівномірно розподілена по всьому об’єму. Готовий товарний фібробетон розвантажується у транспортний засіб (14) - автобетонозмішувач, який доставляє суміш на будівельний майданчик, запобігаючи її розшаруванню під час руху.

Для змішування компонентів товарного фібробетону заданої якості був обраний бетонозмішувач БЗМ-700 примусового типу, з об’ємом по завантаженню 700 кг та габаритними розмірами 1,8х1,8х2,5 м [11] (рис.5.1.2). Адже саме такий тип змішувача дозволить рівномірно розподілити фібру з іншими компонентами в обсязі бетонної суміші.

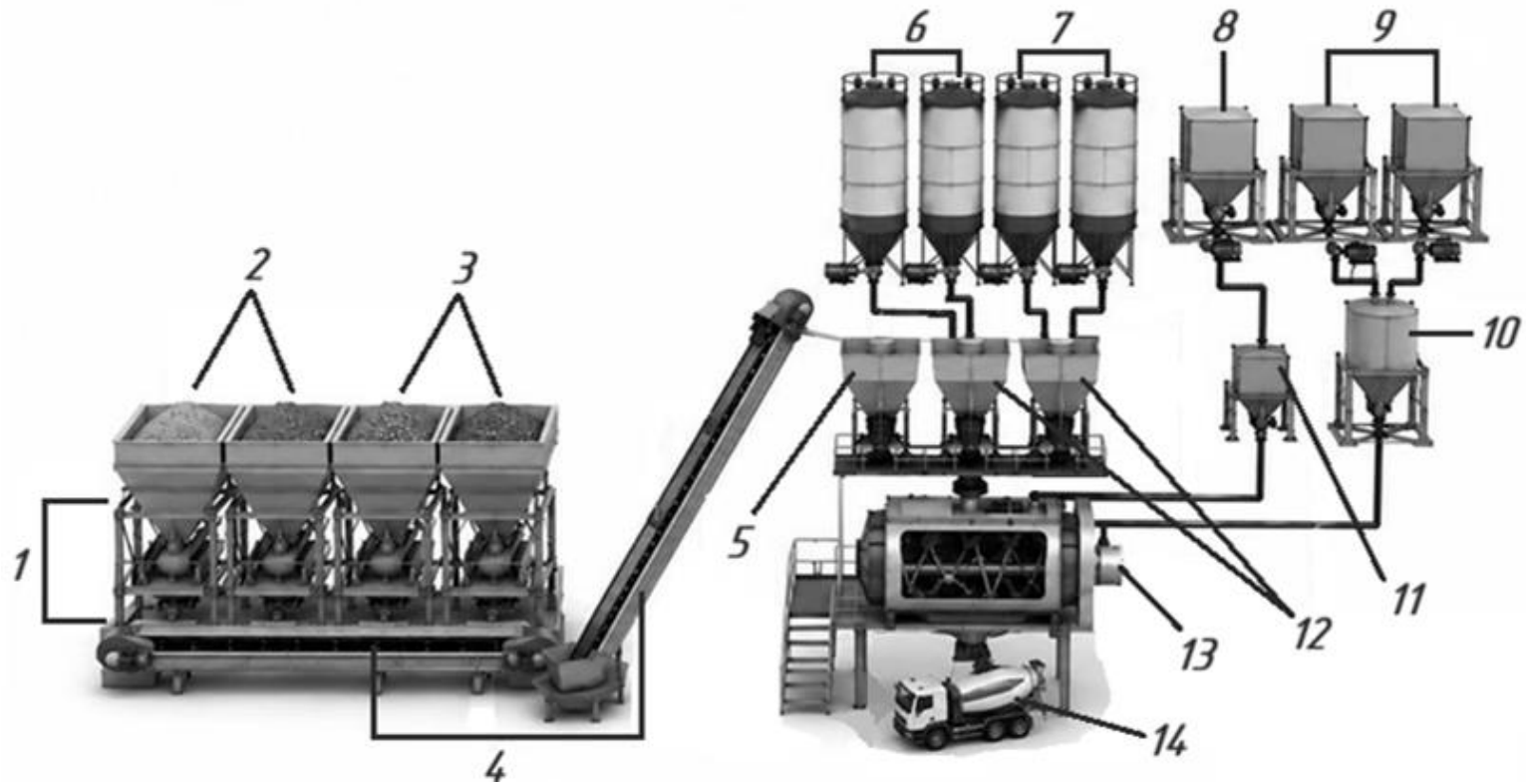


Рис. 5.1.1. Технологічна схема заводу з виробництва товарного фібробетону:

1 – первинні дозатори щебеню та піску; 2 – склад піску; 3 – склад щебеню; 4 – конвеєри; 5 – вторинні дозатори щебеню та піску; 6 – силоси для цементу; 7 – силоси для фібри; 8 – склад для хімічної добавки; 9 – склад для води; 10 – дозатор води; 11 – дозатор хімічної добавки; 12 – дозатори цементу та фібри; 13 – бетонозмішувач; 14 – транспортний засіб для вивезення розчину



Рис. 5.1.2. Бетонозмішувач БЗМ-700 примусового типу

5.2. Проектування основного (головного) корпусу заводу.

У межах головного корпусу зосереджені ключові етапи перетворення сировини на готову продукцію: точне дозування складників та їхня інтенсивна гомогенізація. Процес дозування здійснюється автоматизованими ваговими пристроями, що забезпечують суворе дотримання рецептури, оскільки навіть незначні відхилення у вмісті води чи цементу критично впливають на міцність композиту.

Особлива увага приділяється операції змішування: для виробництва фібробетону обов'язковим є використання змішувачів примусової дії, які, на

відміну від гравітаційних, здатні подолати внутрішнє тертя суміші та забезпечити рівномірний розподіл волокон.

Головною технологічною вимогою до змішування є запобігання кластеризації фібри (утворенню «їжаків»), що досягається або попереднім сухим перемішуванням волокон із заповнювачами, або використанням методів спільного помелу фібри з в'язучим у вібраційних млинах.

На основі виконаних в 4 розділі розрахунків встановлено, що потрібен 1 основний та 1 запасний бетонозмішувач. Обираємо схему розташування змішувачів (рис. 5.2):

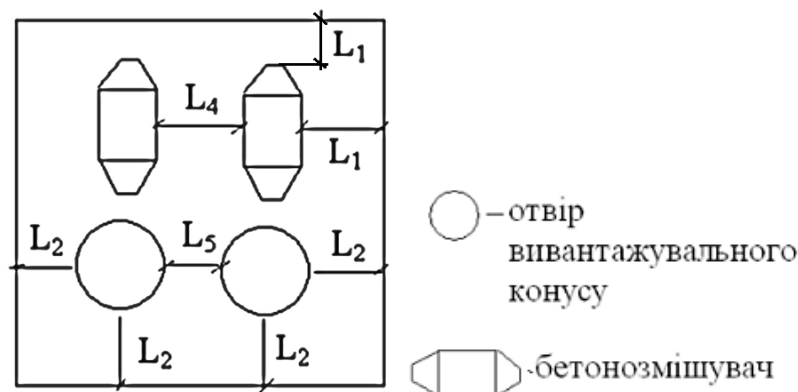


Рис. 5.2. Схема однорядного розташування змішувачів:

L_1 — відстань від змішувача до стіни;

L_2 — відстань від отвору вивантажувального конусу до стіни;

L_3 — відстань від змішувача одного напрямку вивантаження бетонної суміші до отвору вивантажувального конусу другого напрямку вивантаження бетонної суміші;

L_4 — відстань між змішувачами різних напрямів вивантаження бетонної суміші;

L_5 — відстань між отворами вивантажувальних конусів.

Визначаємо розміри L за наступними вимогами:

- по периметру приміщення повинен бути улаштований прохід завширшки не менше 1,2 м;
- навколо кожного змішувача (окрім сторони, що спрямована до отвору вивантажувального конусу) потрібно улаштувати робочу зону його обслуговування завширшки не менше 0,7 м;
- зі сторони отвору вивантажувального конусу вільної від змішувача, улаштовуємо робочу зону обслуговування завширшки не менше 0,7 м;
- між групами змішувачів кожного напрямку вивантаження бетонної суміші улаштовуємо прохід завширшки не менше 1,2 м.

$$L_1 = L_2 = 1,2 + 0,7 = 1,9 \text{ м};$$

$$L_3 = L_4 = L_5 = 1,2 + 0,7 + 0,7 = 2,6 \text{ м}.$$

Визначимо висоту приміщення змішувального відділення за формулою:

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

де $h_1 = 2,5$ м – висота найбільш високого змішувача, повинна відповідати вимогам [9];

$h_2 = 2,5$ м – висота другого за величиною висоти змішувача;

$h_3 = 1,7$ м – висота вантажозахватного устаткування;

$h_4 = 12$ м – висота вантажопідіймального обладнання.

$$H = 2,5 + 2,5 + 1,7 + 12 = 18,7 \text{ м}.$$

5.3. Проектування складів компонентів бетонної суміші.

5.3.1. Розрахунок складів в'язучих.

Зберігання цементу на заводі потребує суворого дотримання вимог. Однією із них є контроль вологісного режиму, оскільки контакт із вологою спричиняє передчасний процес гідратації та призводить до утворення грудок. Для захисту цементу використовуються герметичні силоси, які повністю ізольовані від подразників навколишнього середовища, які спричинять його псування (грунтові води, атмосферні опади). Окрім захисту від вологи, важливою вимогою є чистота приміщень та транспортувальних ліній, щоб запобігти потраплянню сторонніх забруднень, які погіршать якість готового в'язучого. Також на виробництві чітко контролюється термін зберігання та забезпечується регулярний рух матеріалу, аби уникнути його злежування під час тривалого перебування у бункерах.

Визначимо місткість - основну характеристику складу за формулою:

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

де $Ц_{\text{д}} = 25228,4$ кг - витрата цементу на добу (з табл. 4.1 у розділі 4);

$n = 7$ діб - нормативний запас збереження в'язучого;

$K_1 = 1,2$ - коефіцієнт нерівномірності надходження в'язучого на склад для автомобільного транспорту;

$K_2 = 1,4$ - коефіцієнт нерівномірності споживання в'язучого;

$K_3 = 1,04$ - коефіцієнт можливих втрат в'язучого при розвантаженні;

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

$K_5 = 0,9$ - коефіцієнт заповнення ємності складу;

$\rho_{\text{в}} = 1000$ кг/м³, густина в'язучого в насипному стані.

$$V_{\text{ц}} = \frac{25228,4 * 7 * 1,2 * 1,4 * 1,04 * 0,943 * 0,9}{1000} = 261,9 \text{ м}^3.$$

5.3.2. Склади заповнювачів.

Організація складів заповнювачів має забезпечувати збереження чистоти та стабільності зернового складу матеріалів. Основними вимогами є роздільне зберігання заповнювачів за фракціями та видами (пісок, щебінь) у

спеціальних відсіках або силосах, що виключає їх випадкове змішування та забруднення сторонніми домішками.

Для забезпечення безперервності виробництва видаткові бункери складів обладнуються датчиками рівня заповнення (верхнього та нижнього), що дозволяє оперативно контролювати запаси сировини та автоматизувати подачу матеріалів конвеєрними лініями до головного корпусу.

Для заводу з випуску товарного фібробетону обираємо такі склади заповнювачів по:

- тривалості експлуатації – постійні;
- призначенню – резервно-розхідні;
- ємності та вантажообігу – малі;
- надійності – стаціонарні;
- виду транспортних засобів: без рельсові;
- способу складування і збереження: штабельні та силосні.

Визначимо місткість складу за формулою:

$$V = \frac{P_d(\Sigma_d) * n * K_1 * K_2 * K_3 * K_4}{P_3}, \text{ м}^3,$$

де $P_d = 36398$ кг - витрата піску на добу (з табл. 4.1 у розділі 4);

$\Sigma_d = 75703,6$ кг - витрата щебеню на добу (з табл. 4.1 у розділі 4);

$n = 7$ діб - запас збереження заповнювача;

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

$K_2 = 1,4$ - коефіцієнт нерівномірності споживання заповнювача;

$K_3 = 1,04$ - коефіцієнт можливих втрат заповнювача при розвантаженні;

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

P_3 - густина заповнювача в насипному стані: $p = 1550$ кг/м³; $\sigma = 1450$ кг/м³ (за розділом 1).

$$V_p = \frac{36398 * 7 * 1,2 * 1,4 * 1,04 * 0,943}{1550} = 270,8 \text{ м}^3.$$

$$V_\sigma = \frac{75703,6 * 7 * 1,2 * 1,4 * 1,04 * 0,943}{1450} = 602,1 \text{ м}^3.$$

5.3.3. Склад добавок

Для поліпшення реологічних властивостей фібробетонної суміші, в її складі буде застосований пластифікатор «ЛітоПласт-ПКС». Він представляє собою рідку добавку, яка повинна зберігатися за певних умов. Пластифікатор тримають у закритих пластикових ємностях в місцях, де на неї не буде впливати пряме сонячне проміння, діяти зависокі та занизькі температури. Також ємність із добавкою необхідно оберігати від впливу вологи. Гарантійний термін зберігання становить 24 місяці [8]. Постачається даний пластифікатор в каністрах, виготовлених з поліететилену.

Визначимо місткість ємності для зберігання пластифікатора:

$$V = \frac{D_d(B_d) \cdot n \cdot K_1}{\rho}, \text{ м}^3,$$

де $D_d = 1$ – витрата хімічної добавки на добу, кг/м^3 ;

$B_d = 1$ – витрата води на добу, кг/м^3 ;

$n = 15$ діб – рекомендований запас зберігання піноутворювача, діб;

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

ρ – густина добавки = 1140 кг/м^3 , густина води = 997 кг/м^3 .

$$V_{\text{доб}} = \frac{199,6 \cdot 15 \cdot 0,9}{1140} = 2,4 \text{ м}^3.$$

$$V_{\text{в}} = \frac{11856 \cdot 15 \cdot 0,9}{997} = 160,5 \text{ м}^3.$$

5.3.4. Склади фібри.

При проектуванні складських потужностей для фібри необхідно враховувати її фізико-хімічну чутливість до умов довкілля. Склад для зберігання армувальних волокон має бути закритим, сухим та обладнаним системою вентиляції, щоб унеможливити корозію сталеві фібри або деградацію полімерних та базальтових волокон під впливом вологи.

Вимоги до складського зберігання включають обов'язкове сортування за партіями та видами волокна, а також захист від прямого сонячного випромінювання та контакту з агресивними хімічними речовинами (мастилами, пальним), що можуть погіршити адгезію фібри до цементного каменю.

Матеріал повинен зберігатися в заводській упаковці або спеціальних контейнерах на піддонах, що підняті над рівнем підлоги, для запобігання капілярному підсосу вологи.

Визначимо місткість складу за формулою:

$$V_{\phi} = \frac{\Phi_{\text{д}} * n * K_1 * K_2 * K_3 * K_4 * K_5}{P_{\text{в}}}, \text{ м}^3,$$

де $\Phi_{\text{д}} = 4898,4$ кг – витрата фібри на добу (з табл. 4.1 у розділі 4);

$n = 7$ діб - нормативний запас збереження в'язучого;

$K_1 = 1,2$ - коефіцієнт нерівномірності надходження в'язучого на склад для автомобільного транспорту;

$K_2 = 1,4$ - коефіцієнт нерівномірності споживання в'язучого;

$K_3 = 1,04$ - коефіцієнт можливих втрат в'язучого при розвантаженні;

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

$K_5 = 0,9$ - коефіцієнт заповнення ємності складу;

$P_{\text{в}} = 1000$ кг/м³, густина в'язучого в насипному стані.

$$V_{\phi} = \frac{4898,4 * 7 * 1,2 * 1,4 * 1,04 * 0,943 * 0,9}{1000} = 50,8 \text{ м}^3.$$

Належне зберігання кожного компонента фібробетонної суміші є одним ключових факторів отримання продукції з якістю, яка буде відповідати вимогам нормативних документів та заданих споживачем показників.

Умови на складах повинні ретельно та регулярно контролюватися відповідними службами заводу.

6. Контроль якості

Забезпечення експлуатаційної надійності, довговічності та відповідності фізико-механічних характеристик бетонних і розчинних сумішей вимогам нормативно-технічної документації є головним завданням сучасної системи управління якістю на підприємстві. Головна контролююча служба - заводська лабораторія, яка здійснює супровід продукції на всіх етапах: від аналізу сировини до випробувань затверділого бетону. Комплексний контроль поділяється на три етапи, котрі охоплюють всі стадії трансформації сировини у готову товарну продукцію: вхідний, операційний та приймальний.

1. Вхідний контроль матеріалів та комплектувальних елементів.

Метою вхідного контролю є запобігання потраплянню у виробничий цикл компонентів, що не відповідають проектним вимогам. Це перший бар'єр безпеки, який гарантує довговічність майбутніх конструкцій. Лабораторія перевіряє кожен партію матеріалів за наступними алгоритмами:

1) Контроль в'язучих речовин (цементу):

Для виготовлення високоміцних бетонів (зокрема класу С40/50) використовується портландцемент, що відповідає вимогам [2].

Спосіб контролю: перевірка супровідних паспортів якості, визначення активності цементу, строків зберігання та нормальної густоти цементного тіста, перевірка параметрів (марка, клас по міцності, вміст клінкеру, вміст SO_3 та хлориду).

2) Контроль заповнювачів (піску та щебеню):

Заповнювачі повинні відповідати вимогам [3].

Спосіб контролю: ситовий аналіз для визначення зернового складу, метод промивання для виявлення пиловидних і глинистих часток, перевірка параметрів (модуль крупності піску, фракція щебеню).

3) Контроль хімічних добавок та води:

Хімічна добавка повинна відповідати вимогам [6], а вода повинна відповідати вимогам [4].

Спосіб контролю: перевірка параметрів води (вміст розчинних солей, іонів SO_4 , іонів хлору, водневий показник pH) та хімічної добавки.

4) Контроль фібри:

Фібра повинна відповідати вимогам [5].

Спосіб контролю: перевірка параметрів (довжина, діаметр).

2. Операційний контроль технологічних процесів.

Операційний контроль інтегрований безпосередньо у виробничий ланцюг і здійснюється автоматизованою системою управління (АСУТП) у поєднанні з візуальним та інструментальним наглядом персоналу.

1) Точність дозування:

Є найважливішим етапом, де похибка не повинна перевищувати встановлені норми.

Спосіб контролю: використання тензометричних датчиків на вагових дозаторах, де система в режимі реального часу фіксує фактичну масу кожного компонента в замісі

2) Приготування бетонної суміші

Час перемішування контролюється за допомогою таймерів автоматизованої системи керування. Лабораторія періодично перевіряє знос лопатей та броні змішувачів, оскільки це впливає на однорідність суміші.

3. Приймальний контроль якості виготовленої товарної продукції.

Приймальний контроль поділяється на оцінку властивостей щойно виготовленої бетонної суміші та випробування затверділого бетону (контрольних зразків)

1) Контроль бетонної суміші (товарної продукції):

Кожна партія суміші перед відправкою споживачу підлягає перевірці на легкоукладальність (визначається методом осідання конуса), температуру (вимірюється цифровими термометрами, що особливо важливо в літній

період (запобігання пересиханню) та зимовий період (запобігання замерзанню)) та густину.

2) Контроль затверділого бетону:

Здійснюється шляхом виготовлення серій контрольних зразків-кубів (зазвичай 150x150x150 мм). Випробування міцності на стиск та на розтяг проводяться у віці 7 та 28 діб на гідравлічних пресах. Також перевіряються морозостійкість та водонепроникність.

4. Карта контролю та документальне оформлення.

Всі операції систематизуються в «Карті контролю якості виробництва». Вона містить: основні операції, що підлягають контролю та комплектацію робочих креслень, НД, карт (таблиця 6.1).

Результати вносяться до відповідних журналів: вхідного контролю матеріалів, виготовлення контрольних зразків, операційного контролю.

На кожну партію товарної продукції виписується документ про якість (паспорт), який підтверджує відповідність суміші вимогам замовника та нормативним документам.

Таблиця 6.1. Карта контролю якості.

Основні операції, що підлягають контролю	Комплектація робочих креслень, НД, карт	Виготовлення бетонної суміші
Склад контролю	наявність технічної документації (НД, робочі креслення тощо)	• точність дозування • час перемішування • консистенція • температура
Місце контролю	цех	дозатори, бетонозмішувачі
Метод і засоби контролю	порівняння із проектом	• спостереження за приладами • перевірка, тарування приладів • відбір проб і випробування • термометр

Періодичність і обсяг контролю	раз на місяць і при виготовленні нової партії виробів	• раз у зміну • кожний заміс • 2 рази в зміну й при новому складі суміші • 2 рази в зміну й при новому складі суміші
Особа, що контролює операцію	інженер ВТВ	1-4 лаборант 2 оператор
Документ, у якому реєструються результати контролю	журнал обліку документації	журнал лабораторних випробувань
Особа, відповідальна за забезпечення технології	Начальник ВТВ	Зав. Лабораторією, начальних бетонозмішувального цеху

Показники, які підлягають приймальному контролю для бетонної суміші та бетону представлені в таблицях 6.2. та 6.3

Таблиця 6.2. Приймальний контроль якості бетонної суміші.

Найменування контрольованого показника	Нормативний документ, що встановлює		Контролююча служба і періодичність контролю
	технічні вимоги до показника якості	методи контролю та випробувань	
вид суміші	1) ДСТУ 9208:2022 Бетони важкі. Технічні умови. 2) ДСТУ EN 206:2022 Бетон. Специфікація, продуктивність, виробництво та відповідність.	Візуально, перевірка супровідної документації (паспорта)	Лабораторія, кожна партія
легкоукладальність	ДСТУ 9208:2022 Бетони важкі. Технічні умови	ДСТУ EN 12350-2:2022 Випробування бетонної суміші. Частина 2. Визначення рухливості бетонної суміші (за осіданням конуса)	Лабораторія, кожна партія

густина суміші	ДСТУ 9208:2022 Бетони важкі. Технічні умови	ДСТУ EN 12350-6:2022 Випробування бетонної суміші. Частина 6. Густина	Лабораторія, періодично, але у зимовий та літній періоди – кожна партія
----------------	---	--	---

Таблиця 6.3. Приймальний контроль якості.

Найменування контрольованого показника	Нормативний документ, що встановлює		Контролююча служба і періодичність контролю
	технічні вимоги до показника якості	методи контролю та випробувань	
Клас (марка) бетону та розчину за міцністю. Відпускна міцність бетону та розчину	ДСТУ EN 206:2022 Бетон. Специфікація, продуктивність, виробництво та відповідність ДСТУ 9208:2022 Бетони важкі. Технічні умови.	1)ДСТУ EN 12390-3:2024 Випробування бетону. Частина 3. Міцність зразків на стиск 2)ДСТУ EN 12390-5:2025 Випробування бетону. Частина 5. Міцність зразків на розтяг за згину	Лабораторія, кожна партія
Якість структури бетону	ДСТУ 9208:2022 Бетони важкі. Технічні умови.	ДСТУ Б В.2.7-224:2009 Бетони. Правила контролю міцності	Лабораторія, кожна партія
Морозостійкість бетону та розчину	ДСТУ 9208:2022 Бетони важкі. Технічні умови.	ДСТУ CEN/TR 15177:2019 Випробування бетону на морозостійкість. Внутрішнє структурне пошкодження	Лабораторія, раз на місяць
Водонепроникність бетону	ДСТУ 9208:2022 Бетони важкі. Технічні умови.	ДСТУ Б В.2.7-170:2008 Бетони. Методи визначення середньої густини, вологості, водопоглинання, пористості і водонепроникності.	Лабораторія, раз на місяць
Щільність важкого бетону	ДСТУ 9208:2022 Бетони важкі. Технічні умови.	ДСТУ EN 12390-7:2025 Випробування бетону. Частина 7. Густина бетону	Лабораторія, кожна партія

Стираність бетону	ДСТУ 9208:2022 Бетони важкі. Технічні умови.	ДСТУ Б В.2.7- 212:2009 Будівельні матеріали. Бетони. Методи визначення стираності	Лабораторія, раз на місяць
Водопоглинання бетону	ДСТУ 9208:2022 Бетони важкі. Технічні умови.	ДСТУ Б В.2.7- 170:2008 Бетони. Методи визначення середньої густини, вологості, водопоглинання, пористості і водонепроникності	Лабораторія, раз на місяць
Показники пористості бетону	ДСТУ 9208:2022 Бетони важкі. Технічні умови.	ДСТУ Б В.2.7- 170:2008 Бетони. Методи визначення середньої густини, вологості, водопоглинання, пористості і водонепроникності	Лабораторія, при підборі складу

7. Охорона праці та техніка безпеки

Охорона праці та промислова санітарія на підприємствах із виробництва бетонних і залізобетонних виробів є комплексною системою, що регулюється низкою державних нормативних актів, зокрема [12, 13, 14].

1) Загальні положення та вимоги до персоналу.

Дотримання вимог безпеки є обов'язковим для всіх суб'єктів господарювання незалежно від форми власності, що здійснюють проектування та виготовлення бетонних конструкцій. Відповідальність за організацію безпечних умов праці покладається безпосередньо на керівництво підприємства.

Вимоги до персоналу:

- до роботи допускаються особи, які пройшли навчання, інструктаж та перевірку знань з питань охорони праці згідно з [15];
- працівники, задіяні на роботах із підвищеною небезпекою, мають проходити спеціальне навчання та щорічну перевірку знань;

- медичні огляди (попередні та періодичні) є обов'язковими для всіх категорій працівників;
- особи віком до 18 років не допускаються до важких робіт та робіт із шкідливими або небезпечними умовами праці;
- працівники мають право на безпечні та здорові умови праці, а також на отримання засобів індивідуального захисту (ЗІЗ) за рахунок роботодавця.

2) Санітарно-гігієнічні норми робочої зони.

Основним завданням санітарно-гігієнічного контролю є запобігання впливу небезпечних факторів, таких як пил, шум, вібрація та підвищена вологість.

Параметри повітряного середовища:

- вміст шкідливих речовин у повітрі не повинен перевищувати гранично допустимі концентрації (ГДК);
- системи вентиляції (місцевої та загальнообмінної) повинні забезпечувати ефективне видалення до 75–90% шкідливих викидів безпосередньо від джерел їх утворення;
- оптимальна температура повітря в цехах залежить від категорії важкості робіт і повинна підтримуватися в межах 16–24°C у холодний та теплий періоди року відповідно.

Щодо шуму та вібрацій, то допустимий рівень звуку на постійних робочих місцях не повинен перевищувати 80 дБА. Для зниження шуму обладнання слід оснащувати звукоізолювальними кожухами та екранами. Гігієнічні норми локальної та загальної вібрації не повинні перевищувати встановлених значень (наприклад, для локальної вібрації на частоті 125 Гц допустиме віброприскорення становить 10,7 м/с²).

Природне та штучне освітлення повинно відповідати нормам [16]. Мінімальна освітленість для формувальних цехів становить 150–200 лк, а для складів готової продукції – 150 лк.

3) Безпека виробничих майданчиків та споруд.

Проектування та утримання території заводу має забезпечувати вільний рух транспорту та пішоходів. Ширина ворот для автомобілів має бути не менше 4,5 м, а для залізничного транспорту – 4,9 м. Пішохідні доріжки повинні мати ширину не менше 1 м, а тротуари – 1,5 м.

У приміщеннях із мокрими процесами на робочих місцях обов'язково встановлюються дерев'яні настили або решітки.

Стаціонарні металеві сходи та площадки для обслуговування обладнання повинні мати огороження висотою не менше 1,1 м із суцільною обшивкою низу на 0,15 м.

4) Правила роботи з обладнанням та механізмами.

Все обладнання повинно розташовуватися так, щоб забезпечити безпечні проходи. Ширина загальних проходів має бути не менше 1,5 м, а для проходу до обладнання під час обслуговування – не менше 0,7 м.

Забороняється чищення та змащування обладнання під час його роботи.

На пускових пристроях під час ремонту обов'язково вивішується плакат: «Не вмикати – працюють люди!».

Бетонозмішувачі повинні бути герметичними та обладнаними витяжними пристроями для запобігання запиленню. Під час роботи забороняється відбирати проби суміші.

Стрічкові конвеєри, розташовані над проходами, мають бути огорожені знизу суцільними настилами. Обов'язково є наявність аварійних тросових вимикачів по всій довжині траси.

Зварювальне обладнання (корпуси трансформаторів) підлягають обов'язковому заземленню. Робочі місця зварників огорожуються щитами висотою не менше 1,8 м.

5) Охорона праці під час технологічних процесів.

Безпека процесів забезпечується автоматизацією та механізацією важких операцій.

- приготування сумішей - управління подачею матеріалів має бути дистанційним і здійснюватися з герметичних кабін операторів;
- формування виробів - віброплощадки повинні бути ізольовані від фундаменту будівлі віброгасильними пристроями, а форми на віброплощадках повинні надійно фіксуватися для запобігання їх зміщенню;
- теплова обробка - ямні камери мають бути обладнані гідрозатворами для запобігання виходу пари в цех; перед вивантаженням виробів з камер обов'язково випускається пара та конденсат; температура поверхонь обладнання не повинна перевищувати 35–45°C;
- складування - висота штабелів при горизонтальному зберіганні не повинна перевищувати 2–2,5 м; проходи між штабелями мають бути не менше 1 м.

6) Засоби індивідуального захисту (ЗІЗ).

Застосування ЗІЗ є обов'язковою умовою допуску до роботи у шкідливих умовах.

Захисні каски є обов'язковими для арматурників, формовників, машиністів кранів та інших категорій працівників згідно з переліком [12].

Працівники, що контактують із пилом, забезпечуються респіраторами типу «Пелюстка».

Щоб захиститися від вібрації використовується спеціальне віброзахисне взуття та рукавиці.

Зварники та оператори дробоструминних установок забезпечуються захисними щитками та окулярами.

Контроль за дотриманням вимог безпеки здійснюється шляхом регулярних вимірювань рівнів шуму, вібрації та концентрації шкідливих речовин. Порухення цих правил тягне за собою дисциплінарну, адміністративну або кримінальну відповідальність згідно із чинним законодавством України.

Література:

1. ДБН В.2.6-98:2009 Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення. Зі Зміною №1. На заміну СНиП 2.03.01-84* ; чинний від 2020-06-01. Вид. офіц. Київ : Міністерство розвитку та територій України.
2. 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.
3. 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.
4. ДСТУ Б EN 12620:2013 Заповнювачі для бетону (EN 12620:2002+A1:2008, IDT). Чинний від 2014-10-01. Вид. офіц. Київ : Мінрегіонбуд України.
5. ДСТУ EN 1008:2022 Вода для замішування бетону. Технічні умови для відбирання проб, тестування та оцінювання придатності води, охоплюючи воду, відновлену під час виробництва бетону, як воду для змішування бетону (EN 1008:2002, IDT). Чинний від 2023-12-31. Чинний від 2023-12-31. Брюссель : CEN, 2002.
6. ДСТУ EN 14889-1:2022 Фібра для бетону. Частина 1. Фібра сталева. Визначення, вимоги та оцінка відповідності (EN 14889-1:2006, IDT). Чинний від 2023-12-31. Брюссель : CEN, 2006.
7. 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».

8. Пластифікатор полікарбоксилатний для бетону та цементно-піщаних розчинів «LitoПластLitoПласт-ПКС». URL: <https://tm-lito.com.ua/product/pks/>

9. Проектування заводу з випуску товарного бетону. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи бакалавра / уклад. Шишкіна О.О., Шишкін О.О. Кривий Ріг : КНУ. 2023. 36 с.

10. ДСТУ-Н Б В.2.7-299:2013 Настанова щодо визначення складу важкого бетону. Чинний від 2014-07-01. Київ : ДП «УкрНДНЦ».

11. Бетонозмішувач БЗМ-700. URL: <https://shop.umbr.com.ua/product/betonozmishuvach-bzm-700/>

12. ДНАОП 6.1.00-1.10-97. Правила безпеки і виробничої санітарії при виробництві залізобетонних і бетонних виробів і конструкцій на заводах будівельної індустрії. Чинний від 1997-06-01. Київ, 1996.

13. ДСТУ-Н Б А.3.1-34-2016. Настанова з виробництва бетонних і залізобетонних виробів. На заміну ДБН А.3.1-7-96 ; чинний від 2017-04-01. Київ : Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2016.

14. ДСТУ-Н Б А.3.1-35-2016. Настанова з проектування підприємств з виробництва залізобетонних виробів. На заміну ДБН А.3.1-8-96 ; чинний від 2017-04-01. Київ : Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2016.

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

16. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення. Чинний від 2025-08-13. Київ : НДІБК, 2018.