

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 самоущільнюваного бетону заданої якості

Виконала: студентка групи БІ-22-1 Григораш М. Ю.

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

Нормоконтролер _____ Єгорова І.В.

Завідувачка кафедри _____ доц. Шишкіна О.О.

Кривий Ріг
2026 р.

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

Освітньо-кваліфікаційний рівень - бакалавр

Спеціальність – G19 Будівництво та цивільна інженерія

ОПП – «Будівництво та цивільна інженерія»

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри


"18" червня 2026 року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА СТУДЕНТЦІ
Григораш Марії Юріївні

1. Тема роботи Завод з випуску товарного самоущільнюваного бетону заданої якості

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

затверджені наказом університету від 14 квітня 2026 року № 196с

2. Строк подання студентом роботи 10 червня 2026 року

3. Вихідні дані до роботи

- Клас бетону за міцністю на стиск – С32/40;
- Клас умов експлуатації конструкцій, які будуть виготовлені з бетону – ХС1;
- Ступінь відповідальності будівель і споруд, для виготовлення конструкцій яких призначено бетон – СС1;
- Розрахункова температура зовнішнього повітря при експлуатації бетону – $t - 5 \dots - 20^{\circ}\text{C}$;
- Марка бетонної суміші – SF1;
- Планова потужність підприємства – 11000 м³.

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

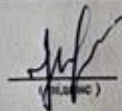
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	зав. каф., доц. Шишкіна О.О.		
2	зав. каф., доц. Шишкіна О.О.		
3	зав. каф., доц. Шишкіна О.О.		
4	зав. каф., доц. Шишкіна О.О.		
5	зав. каф., доц. Шишкіна О.О.		
6	зав. каф., доц. Шишкіна О.О.		
7	зав.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

7. Дата видачі завдання 14 квітня 2026 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

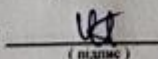
№ з/п	Назва етапів магістерської роботи	Строк виконання етапів роботи (дів)	Примітка
	1. Характеристика бетонної суміші, бетону та його компонентів	1	
	2. Режим роботи підприємства	1	
	3. Визначення складу бетону	2	
	4. Організація роботи підприємства	3	
	5. Проектування споруд підприємства	5	
	6. Контроль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

Студент


(підпис)

Григораш М. Ю.
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи


(підпис)

Шишкіна О.О.
(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ
кваліфікаційної роботи бакалавра
студентки гр.. БІ-22-1 Григораш Марії Юріївни
на тему: «Завод з випуску товарного самоущільнюваного бетону
заданої якості»

Актуальність теми. У сучасному будівництві постійно зростає потреба у високоякісних бетонних сумішах, які забезпечують надійність і довговічність будівельних конструкцій. Використання самоущільнювального бетону дозволяє підвищити продуктивність будівельних робіт, покращити якість бетонування та забезпечити отримання конструкцій зі складною конфігурацією без застосування вібраційного ущільнення.

Метою кваліфікаційної роботи є проєктування заводу з випуску самоущільнюваного 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 самоущільнюваного 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 самоущільнюваного товарного бетону заданої якості.

Ключові слова: самоущільнюваний бетон, бетонна суміш, легкоукладальність бетонної суміші, мікрокремнезем, суперпластифікатор, виробництво бетонної суміші

Обсяг кваліфікаційної роботи: Бакалаврська кваліфікаційна робота складається з пояснювальної записки, викладеної на 44 сторінках, яка складається зі вступу, семи розділів, які містять 2 рисунки, 6 таблиць, списку використаних джерел з 21 найменування, та графічної частини, яка складається з 3 листів формату А3.

Зміст

Вступ.....	7
1. Характеристика бетонної суміші, бетону та його компонентів.....	8
2. Режим роботи підприємства.....	10
3. Визначення складу бетону.....	12
4. Організація роботи підприємства.....	14
4.1. Визначення тривалості циклу приготування одного замісу.....	14
4.2. Визначення кількості замісів за годину.....	14
4.3. Визначення годинної продуктивності бетонозмішувача.....	15
4.4. Визначення кількості бетонозмішувачів.....	16
4.5. Визначення кількості бетонозмішувачів	16
4.6. Визначення річної продуктивності бетонозмішувального заводу	17
4.7. Розрахунок потреби в компонентах бетонної суміші	17
4.8. Розрахунок потреби в мікрокремнеземі	18
4.9. Розрахунок потреби в суперпластифікаторі	19
4.10. Поопераційний графік виготовлення бетонної суміші.....	20
5. Проектування споруд підприємства.....	23
5.1. Вибір технологічної схеми виробництва.....	23
5.2. Проектування головного корпусу заводу.....	25
5.3. Проектування складів компонентів бетонної суміші.....	29
5.3.1. Розрахунок складів в'язучих речовин.....	29
5.3.2. Розрахунок складів заповнювачів.....	30
5.3.3 Розрахунок складу мікрокремнезему.....	31
5.3.4 Розрахунок складу суперпластифікатора.....	31
6. Контроль якості.....	33
7. Охорона праці та техніка безпеки.....	38
7.1 Санітарно-гігієнічні умови праці.....	38
7.2 Техніка безпеки при експлуатації технологічного обладнання	39
7.3 Засоби індивідуального захисту та права працівників.....	40
7.4 Пожежна безпека.....	41
Список використаних джерел.....	42

Вступ

Виробництво бетонних сумішей є однією з найважливіших галузей будівельної індустрії, оскільки бетон і залізобетон залишаються основними матеріалами для спорудження житлових, громадських, промислових та інженерних об'єктів. Сучасний розвиток будівництва висуває підвищені вимоги до якості, довговічності та технологічності бетонів, що обумовлює необхідність удосконалення технології їх виготовлення та впровадження нових видів бетонних сумішей.

Одним із перспективних напрямів розвитку технології бетону є застосування самоущільнювальних бетонів. Самоущільнювальний бетон являє собою високотехнологічний різновид бетону, який здатний під дією власної ваги рівномірно розтікатися, заповнювати форму та ущільнюватися без застосування механічної вібрації. Необхідні властивості таких бетонів досягаються завдяки раціональному підбору складу, використанню вискоєфективних суперпластифікаторів та тонкодисперсних мінеральних добавок.

Основними перевагами самоущільнювальних бетонів є висока легкоукладальність, здатність заповнювати густоармовані конструкції, зменшення трудомісткості бетонних робіт, покращення якості поверхні виробів і конструкцій, а також зниження рівня шуму на будівельному майданчику за рахунок відсутності процесу вібраційного ущільнення.

Самоущільнювальні бетони широко застосовуються при будівництві висотних будівель, мостів, тунелів, гідротехнічних споруд, транспортних розв'язок, резервуарів, монолітних і збірно-монолітних конструкцій, а також у виробництві густоармованих елементів, де застосування традиційних бетонних сумішей є недостатньо ефективним. Крім того, такі бетони використовуються при виготовленні збірних залізобетонних виробів, оскільки забезпечують високу якість поверхні та стабільність фізико-механічних характеристик.

1. Характеристика бетонної суміші, бетону та його компонентів

Характеристики бетону: [1,2]

Клас бетону за міцністю – C32/40;

Клас умов експлуатації навколишнього середовища бетону – XC1;

Клас наслідків (відповідальності) для конструкцій з бетону – CC1;

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

Марка бетону за водонепроникністю – не нормується;

Марка бетону за морозостійкістю – не нормується.

Характеристики бетонної суміші:

Бетонна суміш самоущільнювана з маркою за легкоукладальністю SF1 (розплив конуса від 550 до 650 мм) [1,3]

Характеристики компонентів:

Цемент: портландцемент [4]

клас по міцності 42,5N

вміст клінкеру становить 95 %,

вміст сульфату SO₃ становить не більше 3,5%,

вміст хлориду становить не більше 0,1%,

насипна щільність – 1200 кг/м³,

істинна щільність – 3100 кг/м³,

початок тужавлення – не раніше 60 хвилин

Пісок: кварцовий [5]

вміст Fe₂O₃ не більше 0,15%,

насипна щільність – 1550 кг/м³,

істинна щільність – 2600 кг/м³,

модуль крупності – 2,

вміст зерен розміром 5 мм – не більше 10%,

вміст глинистих і пилюватих часток – не більше 2%

Мінеральна тонкодисперсна добавка: мікрокремнезем [6,7]

вміст SiO_2 – понад 85%,

середній розмір частинок – близько 0,1 мкм,

насипна щільність – 200–350 кг/м³

Щебінь: гранітний [8]

марка за міцністю – не нижче M1000,

насипна густина – 1350 кг/м³,

водопоглинання за масою – не більше 2%,

фракція – 5–20 мм

Суперпластифікатор: MasterGlenium 115 на основі полікарбоксилатних ефірів відповідає вимогам [9,21]

колір – світло-коричневий

щільність – 1,05-1,09 кг/л

вміст хлоридів – <0,1%

вміст лугів – <3%

Вода [10]:

вміст розчинних солей – не більше 5000 мг/л,

вміст іонів SO_4 – не більше 2700 мг/л,

вміст іонів хлору – не більше 1200 мг/л,

водневий показник – не менше 4

2. Режим роботи підприємства

Режим роботи підприємства визначає організацію виробничого процесу, тривалість роботи технологічного обладнання, кількість робочих змін та фонд робочого часу [11]. Правильне визначення режиму роботи є необхідним для забезпечення безперебійного виробництва бетонної суміші, раціонального використання обладнання та виконання планової продуктивності підприємства.

Відповідно до норм проектування підприємств з виробництва бетонних та залізобетонних виробів приймаємо такі показники режиму роботи підприємства: [11].

- кількість змін на добу $n_{зм} = 2$
- тривалість зміни $t_{зм} = 8$ год.
- номінальний фонд часу роботи обладнання $T_n = 260$ діб

Річний номінальний фонд часу:

$$T_n = 260 \text{ діб}$$

У годинах:

$$T_n(\text{год}) = 260 \times 2 \times 8 = 4160 \text{ год}$$

Розрахунковий річний фонд часу визначається як:

$$T_{рч} = T_n - T_{рем}, \text{ де } T_{рем} = 7 \text{ діб (планові ремонти)}$$

Розрахунок:

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

У годинах:

$$T_{рч}(\text{год}) = 253 \times 2 \times 8 = 4048 \text{ год}$$

Добовий фонд продуктивного часу

$$t_{доб} = n_{зм} \times t_{зм}$$

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

Місячний фонд часу

Номінальний:

$$T_m = T_n / 12 = 260 / 12 = 21,7 \text{ діб}$$

Розрахунковий:

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

У годинах:

$$T_{\text{р}}(\text{год}) = 4048 / 12 = 337 \text{ год}$$

Всі дані, і номінальні, і розрахункові зведені в таблицю 2.1

2.1. – Таблиця показників робочого фонду часу

Термін	Номінальні (діб)	Номінальні (год)	Розрахунков і (діб)	Розрахунков і (год)
Зміна	—	8	—	8
Доба	1	16	1	16
Місяць	21,7	347	21,1	337
Рік	260	4160	253	4048

Прийнятий режим роботи (2 зміни по 8 год) забезпечує річний розрахунковий фонд часу 4048 год, що враховує планові зупинки на ремонт та буде давати вийти на плановано потужність у 11000 м³ товарного самоущільнюваного бетону на рік.

3. Визначення складу бетону

Визначення складу бетону виконують відповідно до вимог ДСТУ Б В.2.7-215:2009 [12], ДСТУ-Н Б В.2.7-299:2013 [13] та рекомендацій щодо проектування складів важких бетонів. [14,15] Основною метою підбору складу бетону є отримання бетонної суміші та бетону із заданими властивостями при забезпеченні необхідної міцності, довговічності та легкоукладальності суміші [12,13].

При проектуванні складу бетону враховують: клас бетону за міцністю; умови експлуатації; вимоги до бетонної суміші; характеристики вихідних матеріалів [12,13].

Для проектового підприємства приймається самоущільнювальний бетон класу C32/40 з класом умов експлуатації XC1 та класом легкоукладальності SF1 [1,3].

Відповідно до вимог нормативних документів [9] для класу середовища XC1 максимальне допустиме водоцементне відношення становить 0,60, а мінімальний вміст цементу — 280 кг/м³.

Для забезпечення необхідної міцності бетону класу C32/40 приймаємо витрати цементу: Ц = 450 кг/м³ [14].

Для приготування самоущільнювальної бетонної суміші використовується портландцемент класу 42,5N, кварцовий пісок, гранітний щебінь фракції 5–20 мм, мікрокремнезем та суперпластифікатор на полікарбоксилатній основі [4-8].

Витрати води для самоущільнювальної бетонної суміші приймаються: В = 200 л/м³ [14].

Водоцементне відношення визначається за формулою: $V/C = V / C$

$$V/C = 200 / 450 = 0,44.$$

Отримане значення не перевищує нормативне значення для класу середовища XC1, тому вимоги щодо довговічності бетону виконуються [2].

Для визначення витрат заповнювачів приймаємо:

об'єм піску — $0,45 \text{ м}^3/\text{м}^3$;

об'єм щебеню — $0,90 \text{ м}^3/\text{м}^3$ [14].

Масу піску визначаємо за формулою:

$$\Pi = 0,45 \times 2600 = 1170 \text{ кг/м}^3,$$

де 2600 кг/м^3 — істинна густина піску [5].

Масу щебеню визначаємо за формулою:

$$\Pi\text{Щ} = 0,90 \times 1350 = 1215 \text{ кг/м}^3,$$

де 1350 кг/м^3 — насипна густина щебеню [8].

Для забезпечення стабільності самоущільнювальної бетонної суміші та покращення структури цементного каменю застосовується мікрокремнезем [7].

Витрати мікрокремнезему приймаються у кількості 10% від маси цементу:

$$\text{МК} = 0,10 \times 450 = 45 \text{ кг/м}^3.$$

Для забезпечення необхідної легкоукладальності бетонної суміші використовується суперпластифікатор MasterGlenium 115 на полікарбосилатній основі [9]. Витрати суперпластифікатора приймаються у кількості 1,2% від маси цементу відповідно до:

$$\text{СП} = 0,012 \times 450 = 5,4 \text{ кг/м}^3 \text{ [9].}$$

Таким чином, остаточний склад самоущільнювального бетону на 1 м^3 бетонної суміші становить:

цемент — 450 кг;

вода — 200 л;

пісок — 1170 кг;

щебінь — 1215 кг;

мікрокремнезем — 45 кг;

суперпластифікатор — 5,4 кг.

Отриманий склад забезпечує необхідну міцність бетону класу С32/40, відповідає вимогам до самоущільнювальних бетонних сумішей та умовам експлуатації ХС1 [1-3], [12-15].

4. Організація роботи підприємства

Правильна організація роботи заводу з виготовлення товарного бетону є необхідною умовою стабільного випуску бетонної суміші заданої якості. Від раціональної організації виробництва залежить рівномірне завантаження обладнання, своєчасне дозування компонентів, дотримання тривалості перемішування та безперервність технологічного процесу.

Особливо важливо правильно організувати роботу підприємства при виробництві самоущільнювального бетону, оскільки така бетонна суміш потребує точного дозування цементу, заповнювачів, води, мінеральної добавки та суперпластифікатора. Недотримання технологічного режиму може призвести до втрати легкоукладальності, розшарування суміші або зниження міцності бетону.

Організація роботи заводу з виготовлення товарного бетону зводиться до визначення необхідної кількості бетонної суміші за годину, зміну, добу та рік, а також до визначення потрібної кількості бетонозмішувачів на основі поопераційного графіка виготовлення бетонної суміші.

4.1. Вихідні дані:

Річна продуктивність заводу: $P_{\text{max}} = 11000 \text{ м}^3/\text{рік}$

Розрахунковий річний фонд часу роботи обладнання: $T_{\text{річ.год}} = 4048 \text{ год}$

Кількість змін на добу: $n_{\text{зм}} = 2$

Тривалість зміни: $t_{\text{зм}} = 8 \text{ год}$

Коефіцієнт виходу бетонної суміші у щільному тілі для важкого конструкційного бетону: $K_v = 0,67$

Коефіцієнт нерівномірності: приймаємо $K_n = 0,7$

4.2. Визначення тривалості циклу приготування одного замісу

Для приготування бетонної суміші приймаємо бетонозмішувач примусової дії. Такий вибір обґрунтовується потребою у значній гомогенізації

суміші. Мікрокремнезем має велику питому поверхню і схильний до агломерації – злипання у грудки. Примусове перемішування з високим зусиллям зсуву здатне розбити агломерати і рівномірно розподілити частинки в матриці. Також перемішування з примусовим обертанням лопатей змішувача дозволяє більш рівномірно розподілитися пластифікатору в об'ємі.

Суміш повинна бути одночасно рухливою і стійкою до розшарування. Примусове перемішування утворює щільну цементно-мінеральну матрицю, в якій заповнювач опиняється у завислому стані. Недостатнє перемішування призведе до осідання щебеню на дно.

Тривалість циклу готування одного замісу змішувачем визначається за формулою:

« $t_{\text{ц}} = t_1 + t_2 + t_3 + t_4$, де:

t_1 – тривалість перемішування бетонної суміші, хв;

t_2 – час завантаження матеріалів, хв;

t_3 – час вивантаження бетонної суміші, хв;

t_4 – час, необхідний для повернення перекинутого барабана у вихідне положення, хв» [11].

Для змішувачів примусової дії приймаємо:

$t_2 = 2$ хв – завантаження компонентів;

$t_1 = 2$ хв – перемішування компонентів;

$t_3 = 1$ хв – вивантаження бетонної суміші;

$t_4 = 0$ хв – повернення змішувача у вихідне положення.

Розрахунок:

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

Отже, тривалість одного циклу приготування бетонної суміші становить 5 хв.

4.3. Визначення кількості замісів за годину

Кількість замісів, що видається за годину роботи змішувачем, визначається за формулою: $n_{\text{зб}} = 60 \cdot K_{\text{н}} / t_{\text{ц}}$, де:

$n_{зб}$ – кількість замісів за годину, шт.;

60 – тривалість однієї години, хв;

K_n – коефіцієнт нерівномірності;

$t_{ц}$ – тривалість одного циклу, хв.

Розрахунок:

$$n_{зб} = 60 \cdot 0,7 / 5 = 42 / 5 = 8,4 \text{ шт./год}$$

Отже, один бетонозмішувач може виконати 8,4 заміси за годину.

4.4. Визначення годинної продуктивності бетонозмішувача

Годинна продуктивність бетонозмішувача визначається за формулою

$R_{год} = V_{б} \cdot n_{зб} \cdot K_v / 1000$, де:

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

$V_{б}$ – ємність барабана змішувача за об'ємом матеріалів, що завантажуються, л;

$n_{зб}$ – кількість замісів за годину, шт.;

K_v – коефіцієнт виходу бетонної суміші у щільному тілі;

1000 – коефіцієнт переведення літрів у m^3 .

Приймаємо бетонозмішувач з ємністю барабана: $V_{б} = 500$ л

Розрахунок:

$$R_{год} = 500 \cdot 8,4 \cdot 0,67 / 1000 = 2814 / 1000 = 2,814 \text{ м}^3/\text{год}$$

Отже, годинна продуктивність одного бетонозмішувача становить 2,814 $m^3/\text{год}$.

4.5. Визначення кількості бетонозмішувачів

Число бетонозмішувачів у цеху розраховуємо, виходячи з річної програми потреби у бетонній суміші: $n_{зр} = R_{max} \cdot K_n / (T_{річ.год} \cdot R_{год})$, де:

$n_{зр}$ – розрахункова кількість бетонозмішувачів, шт.;

P_{max} – річна програма випуску бетонної суміші, m^3 ;

K_n – коефіцієнт нерівномірності;

$T_{р\dot{ч}.год}$ – розрахунковий річний фонд часу роботи обладнання, год;

$P_{год}$ – годинна продуктивність одного бетонозмішувача, $m^3/год$.

Розрахунок:

$$n_{зр} = 11000 \cdot 0,7 / (4048 \cdot 2,814) = 7700 / 11392,27 = 0,68 \text{ шт.}$$

Приймаємо ціле число бетонозмішувачів з округленням у більшу сторону: $N_z = 1$ шт. Також приймаємо один запасний бетонозмішувач.

Отже, для роботи заводу приймаємо: 1 робочий бетонозмішувач + 1 запасний бетонозмішувач.

4.6. Визначення річної продуктивності бетонозмішувального заводу

Річна продуктивність бетонозмішувального заводу визначається за формулою:

$P_{р\dot{ч}} = P_{год} \cdot T_{р\dot{ч}.год} \cdot N_z$, де:

$P_{р\dot{ч}}$ – річна продуктивність бетонозмішувального заводу, m^3 ;

$P_{год}$ – годинна продуктивність одного бетонозмішувача, $m^3/год$;

$T_{р\dot{ч}.год}$ – розрахунковий річний фонд часу роботи обладнання, год;

N_z – прийнята кількість робочих бетонозмішувачів, шт.

Розрахунок:

$$P_{р\dot{ч}} = 2,814 \cdot 4048 \cdot 1 = 11392,27 \text{ м}^3/\text{рік}$$

Отримана річна продуктивність перевищує задану:

$$11392,27 \text{ м}^3/\text{рік} > 11000 \text{ м}^3/\text{рік}$$

Отже, прийнята кількість бетонозмішувачів забезпечує виконання річної програми виробництва

4.7. Розрахунок потреби в компонентах бетонної суміші

Витрати компонентів на 1 м^3 бетону приймаємо за розділом 3:

$$\rho_c = 450 \text{ кг/м}^3$$

$$\rho_s = 1170 \text{ кг/м}^3$$

$$\rho_{sh} = 1215 \text{ кг/м}^3$$

$$V = 0,2 \text{ м}^3/\text{м}^3$$

Потреба цементу за зміну: $\rho_{cz} = \rho_c \cdot R_{год} \cdot t_{зм}$

$$\rho_{cz} = 450 \cdot 2,814 \cdot 8 = 10130,4 \text{ кг}$$

Потреба цементу за добу: $\rho_{cd} = \rho_{cz} \cdot n_{зм}$

$$\rho_{cd} = 10130,4 \cdot 2 = 20260,8 \text{ кг}$$

Потреба піску за зміну: $\rho_{sz} = \rho_s \cdot R_{год} \cdot t_{зм}$

$$\rho_{sz} = 1170 \cdot 2,814 \cdot 8 = 26339,04 \text{ кг}$$

Потреба піску за добу: $\rho_{sd} = \rho_{sz} \cdot n_{зм}$

$$\rho_{sd} = 26339,04 \cdot 2 = 52678,08 \text{ кг}$$

Потреба щебеню за зміну: $\rho_{shz} = \rho_{sh} \cdot R_{год} \cdot t_{зм}$

$$\rho_{shz} = 1215 \cdot 2,814 \cdot 8 = 27352,08 \text{ кг}$$

Потреба щебеню за добу: $\rho_{shd} = \rho_{shz} \cdot n_{зм}$

$$\rho_{shd} = 27352,08 \cdot 2 = 54704,16 \text{ кг}$$

Потреба води за зміну: $V_z = V \cdot R_{год} \cdot t_{зм}$

$$V_z = 0,2 \cdot 2,814 \cdot 8 = 4,50 \text{ м}^3$$

Потреба води за добу: $V_d = V_z \cdot n_{зм}$

$$V_d = 4,50 \cdot 2 = 9,00 \text{ м}^3$$

4.8. Розрахунок потреби в мікрокремнеземі

Витрати мікрокремнезему на 1 м³ бетонної суміші становлять:

$$MK = 45 \text{ кг/м}^3.$$

Потребу в мікрокремнеземі за зміну визначають за формулою:

$$MK_z = MK \cdot R_{год} \cdot t_{зм}, \text{ де:}$$

MK_z – потреба в мікрокремнеземі за зміну, кг;

MK – витрати мікрокремнезему на 1 м³ бетонної суміші, кг/м³;

$R_{год}$ – годинна продуктивність бетонозмішувального відділення, м³/год;

$t_{зм}$ – тривалість зміни, год.

$$MK_3 = 45 \cdot 2,814 \cdot 8 = 1013,04 \text{ кг.}$$

Потребу в мікрокремнеземі за добу визначають за формулою:

$$MK_D = MK_3 \cdot n_{зм}, \text{ де:}$$

$n_{зм}$ – кількість змін на добу.

$$MK_D = 1013,04 \cdot 2 = 2026,08 \text{ кг.}$$

4.9. Розрахунок потреби в суперпластифікаторі

Витрати суперпластифікатора на 1 м³ бетонної суміші становлять:

$$СП = 5,4 \text{ кг/м}^3.$$

Потребу в суперпластифікаторі за зміну визначають за формулою:

$$СП_3 = СП \cdot R_{год} \cdot t_{зм}, \text{ де:}$$

$СП_3$ – потреба в суперпластифікаторі за зміну, кг;

$СП$ – витрати суперпластифікатора на 1 м³ бетонної суміші, кг/м³.

$$СП_3 = 5,4 \cdot 2,814 \cdot 8 = 121,56 \text{ кг.}$$

Потребу в суперпластифікаторі за добу визначають за формулою:

$$СП_D = СП_3 \cdot n_{зм}.$$

$$СП_D = 121,56 \cdot 2 = 243,12 \text{ кг.}$$

Всі отримані дані зводимо в єдино відомість (таблиця 4.1)

Таблиця 4.1 – Відомість в потребі компонентів товарного самоущільнюваного бетону

Компонент	Одиниця виміру	1 кг/м ³	зміна	доба
цемент	кг	450	10130,4	20260,8
пісок	кг	1170	26339,04	52678,08
щебінь	кг	1215	27352,08	54704,16
вода	м ³	0,2	4,50	9,00
мікрокремнезем	кг	45	1013,04	2026,08
суперпластифікатор	кг	5,4	121,56	243,12

4.10. Поопераційний графік виготовлення бетонної суміші

Важливим елементом організації роботи заводу є поопераційний графік виготовлення бетонної суміші, який дає можливість встановити послідовність і тривалість виконання окремих технологічних операцій. Використання поопераційного графіка забезпечує раціональне завантаження обладнання, зменшення непродуктивних простоїв та підвищення ефективності роботи бетонозмішувального відділення.

Поопераційний графік виготовлення бетонної суміші будуємо на основі прийнятої тривалості технологічних операцій одного циклу.

Для бетонозмішувача примусової дії прийнято:

завантаження компонентів бетонної суміші у бетонозмішувач – 2 хв;

перемішування компонентів бетонної суміші – 2 хв;

вивантаження бетонної суміші – 1 хв;

повернення змішувача у вихідне положення – 0 хв.

Загальна тривалість циклу:

$$t_{\text{ц}} = 2 + 2 + 1 + 0 = 5 \text{ хв} = 300 \text{ с}$$

Поопераційний графік наведений зображений як таблиця 4.2.

У результаті проведених розрахунків встановлено, що для забезпечення річної програми випуску 11000 м^3 товарного бетону достатньо одного робочого бетонозмішувача, при цьому для підвищення надійності роботи підприємства та забезпечення безперервності технологічного процесу передбачено один резервний бетонозмішувач. Розрахована річна продуктивність бетонозмішувального відділення перевищує задану виробничу програму, що свідчить про правильність прийнятих рішень та наявність необхідного резерву продуктивності.

Крім того, на підставі отриманого у третьому розділі складу бетону було визначено потребу підприємства в основних компонентах бетонної суміші. Розраховано витрати цементу, піску, щебеню та води на одну зміну та на одну добу роботи підприємства. Отримані результати дозволяють визначити

необхідні обсяги постачання сировинних матеріалів, а також є вихідними даними для подальшого проектування складів цементу та заповнювачів.

Таким чином, виконані розрахунки підтверджують можливість забезпечення безперебійної та ефективної роботи проектного підприємства. Прийняті параметри організації виробництва забезпечують виконання заданої річної програми випуску товарного самоупільнюваного бетону класу C32/40, а також створюють умови для стабільного отримання бетонної суміші необхідної якості та раціонального використання технологічного обладнання і сировинних ресурсів.

Таблиця 4.2. – Поопераційний графік

Процес	Операція	Обладнання	Робочі		Термін операції,сек	Поточний час (сек.)								
			професія	кількість		30	60	90	120	150	180	210	240	300
Виготовле ння бетонної суміші	Завантаження компонентів бетонної суміші у бетонозмішувач	Дозатори	Оператор	1	120									
	Перемішування компонентів бетонної суміші	Бетонозмішувач	Оператор	1	120									
	Вивантаження бетонної суміші	Бетонозмішувач	Оператор	1	30									
	Повернення перекинутого змішувача у вихідне положення	Бетонозмішувач	Оператор	1	0									

5. Проектування споруд підприємства

5.1. Вибір технологічної схеми виробництва

Проектування споруд підприємства з виробництва товарного самоущільнюваного бетону виконується з урахуванням прийнятої технологічної схеми, продуктивності заводу, кількості основного технологічного обладнання та способу зберігання компонентів бетонної суміші.

Основними спорудами заводу є головний виробничий корпус, у якому розміщується технологічна зона приготування бетонної суміші, а також склади компонентів бетонної суміші: цементу, піску, щебеню, мінеральної добавки та суперпластифікатора.

Для проектуваного заводу приймається вертикальна технологічна схема виробництва (рис.5.1). Така схема є доцільною для бетонозмішувальних заводів, оскільки дозволяє компактно розмістити технологічне обладнання, зменшити площу забудови, скоротити довжину транспортних шляхів подавання компонентів та забезпечити послідовне дозування матеріалів у бетонозмішувач.

Технологічний процес виготовлення бетонної суміші включає такі основні операції:

- приймання та зберігання сировинних матеріалів;
- подавання цементу, заповнювачів, води та добавок до дозаторів;
- дозування компонентів бетонної суміші;
- завантаження компонентів у бетонозмішувач;
- перемішування бетонної суміші;
- вивантаження готової бетонної суміші;
- відпуск товарної бетонної суміші споживачеві.

Для приготування самоущільнюваного бетону приймається бетонозмішувач примусової дії. Застосування такого змішувача забезпечує рівномірний розподіл компонентів суміші, ефективне перемішування цементу, заповнювачів, мінеральної добавки та суперпластифікатора, а також отримання однорідної бетонної суміші заданої якості.

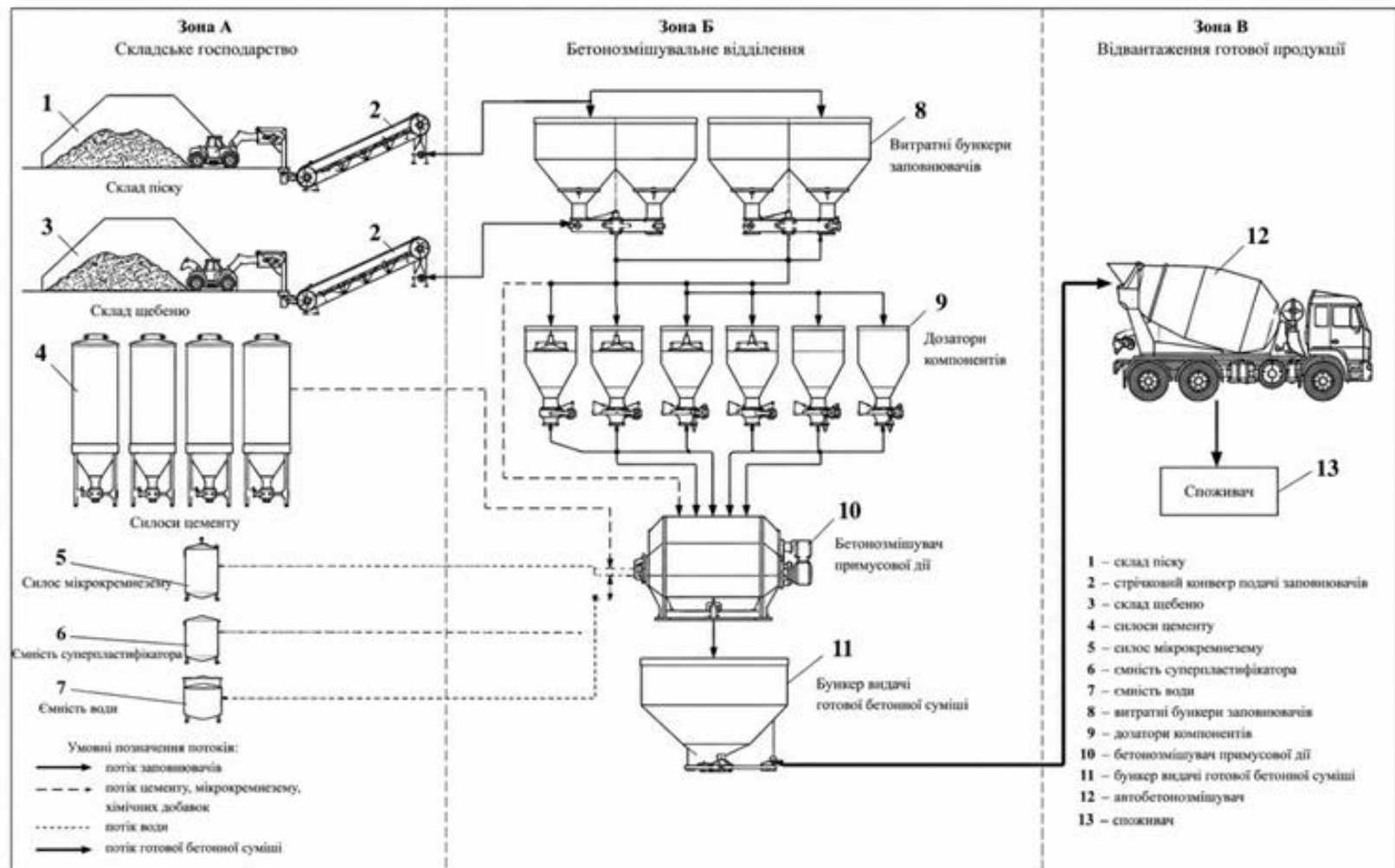


Рис. 5.1 Технологічна схема виробництва товарного самоупільнюваного бетону заданої якості

5.2. Проектування головного корпусу заводу

Проектування головного корпусу заводу виконується на основі визначеної в розділі 4 кількості бетонозмішувачів, їх типу та продуктивності. За результатами розрахунків для забезпечення річної програми виробництва прийнято один робочий бетонозмішувач примусової дії та один запасний бетонозмішувач.

Вихідні дані для проектування головного корпусу:

кількість робочих бетонозмішувачів – 1 шт.;

кількість запасних бетонозмішувачів – 1 шт.;

тип змішувача – примусової дії;

кількість напрямів транспортування бетонної суміші – 1.

З урахуванням кількості змішувачів приймається схема розташування бетонозмішувального обладнання яка називається «однорядна». При такій схемі обладнання розташовується послідовно, що забезпечує зручність його обслуговування, мінімальну площу змішувального відділення та простоту організації вивантаження бетонної суміші.

Основними габаритними розмірами змішувального відділення є:

L1 – відстань від змішувача до стіни;

L2 – відстань від отвору вивантажувального конуса до стіни;

L3 – відстань від змішувача одного напрямку вивантаження бетонної суміші до отвору вивантажувального конуса другого напрямку;

L4 – відстань між змішувачами різних напрямків вивантаження бетонної суміші;

L5 – відстань між отворами вивантажувальних конусів.

Відповідно до документів, що нормують розташування устаткування, по периметру приміщення повинен бути улаштований прохід завширшки не менше 1,2 м, а навколо кожного змішувача має бути передбачена робоча зона обслуговування завширшки не менше 0,7 м.

Тоді мінімальні відстані становлять:

$$L1 = 1,2 + 0,7 = 1,9 \text{ м};$$

$$L2 = 1,2 + 0,7 = 1,9 \text{ м};$$

$$L3 = 1,2 + 0,7 + 0,7 = 2,6 \text{ м};$$

$$L4 = 1,2 + 0,7 + 0,7 = 2,6 \text{ м};$$

$$L5 = 1,2 + 0,7 + 0,7 = 2,6 \text{ м}.$$

Для одного робочого бетонозмішувача приймаємо габаритні розміри змішувача в плані: довжина – 1,5 м; ширина – 1,2 м.

Мінімальна довжина змішувального відділення визначається з урахуванням проходів:

$$A_{\min} = L1 + 1,5 + L1;$$

$$A_{\min} = 1,9 + 1,5 + 1,9 = 5,3 \text{ м}.$$

Мінімальна ширина змішувального відділення:

$$B_{\min} = L2 + 1,2 + L2;$$

$$B_{\min} = 1,9 + 1,2 + 1,9 = 5,0 \text{ м}.$$

Отримані розміри доводимо до уніфікованих розмірів будівельних конструкцій. Приймаємо розміри змішувального відділення в плані:

$$A = 6 \text{ м}; B = 6 \text{ м}.$$

Площа змішувального відділення становить:

$$S = A \cdot B;$$

$$S = 6 \cdot 6 = 36 \text{ м}^2.$$

Висота змішувального відділення визначається за формулою:

$$H = h1 + h2 + h3 + h4, \text{ де:}$$

h1 – висота найбільш високого змішувача;

h2 – висота другого за величиною висоти змішувача;

h3 – висота вантажозахватного устаткування;

h4 – висота вантажопідіймального обладнання.

$$\text{Приймаємо: } h1 = 1,6 \text{ м}; h2 = 1,2 \text{ м}; h3 = 0,5 \text{ м}; h4 = 1,0 \text{ м}.$$

$$H = 1,6 + 1,2 + 0,5 + 1,0 = 4,3 \text{ м}.$$

З урахуванням уніфікації будівельних конструкцій приймаємо висоту змішувального відділення: $H = 4,8 \text{ м}$.

Висота надбункерного та дозаторного відділень приймається не менше ніж 2,2 м. Приймаємо: $H_n = 2,4$ м; $H_d = 2,4$ м.

Висоту бункерного відділення визначають з урахуванням потрібного запасу компонентів бетону на роботу заводу протягом однієї доби. Об'єм компонентів, що зберігаються в бункерах, визначаємо за їх добовою витратою.

Добова витрата компонентів: цемент – 20260,8 кг; пісок – 52678,08 кг; щебінь – 54704,16 кг; мікрокремнезем – 2026,08 кг; суперпластифікатор – 243,12 кг.

Об'єм цементу:

$$V_{\text{ц}} = 20260,8 / 1200 = 16,88 \text{ м}^3.$$

Об'єм піску:

$$V_{\text{п}} = 52678,08 / 1550 = 33,99 \text{ м}^3.$$

Об'єм щебеню:

$$V_{\text{щ}} = 54704,16 / 1350 = 40,52 \text{ м}^3.$$

Об'єм мікрокремнезему:

$$V_{\text{мк}} = 2026,08 / 600 = 3,38 \text{ м}^3.$$

Об'єм суперпластифікатора:

$$V_{\text{сп}} = 243,12 / 1100 = 0,22 \text{ м}^3.$$

Загальний об'єм компонентів на одну добу становить:

$$V_{\text{заг}} = 16,88 + 33,99 + 40,52 + 3,38 + 0,22 = 94,99 \text{ м}^3.$$

Площа бункерного відділення з урахуванням проходу по периметру:

$$S_b = (6 - 2,4) \cdot (6 - 2,4) = 3,6 \cdot 3,6 = 12,96 \text{ м}^2.$$

Висота бункерного відділення визначається за формулою:

$H_{\text{бв}} = V_i / S_i$, де:

V_i – об'єм компонентів бетону, що зберігаються в бункерах;

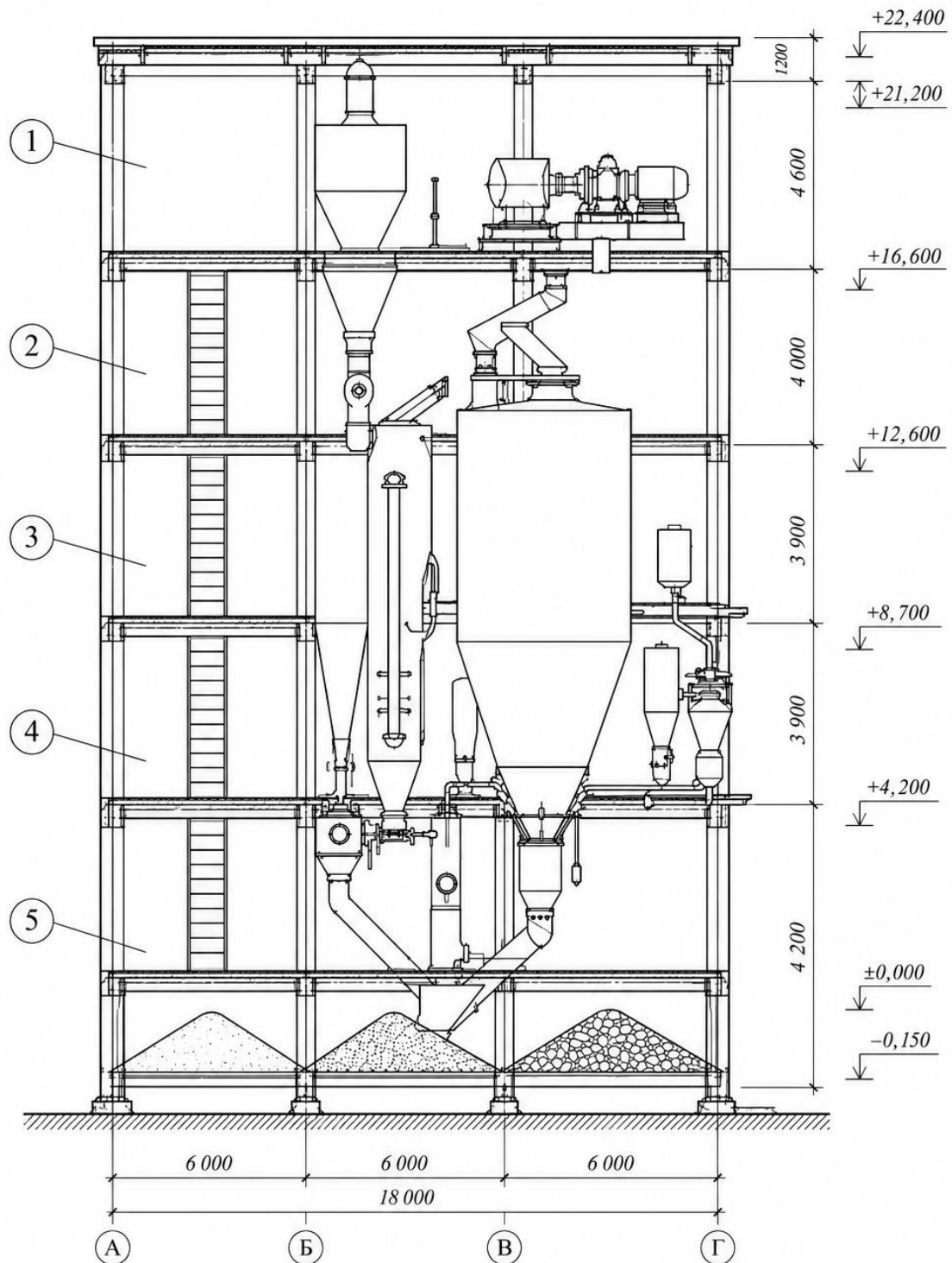
S_i – площа бункерного відділення.

$$H_{\text{бв}} = 94,99 / 12,96 = 7,33 \text{ м}.$$

Приймаємо висоту бункерного відділення: $H_{\text{бв}} = 7,5$ м.

Вигляд основного корпусу заводу приведений на рисунку 5.2.

Розріз 1-1



- 1 – надбункерне відділення
- 2 – дозаторне відділення
- 3 – бункерне відділення
- 4 – змішувальне відділення
- 5 – відділення складу заповнювачів

Рис. 5.2. Основний корпус заводу

5.3. Проектування складів компонентів бетонної суміші

Для забезпечення безперебійної роботи підприємства необхідно передбачити склади для зберігання цементу, заповнювачів, мінеральної добавки та суперпластифікатора. Місткість складів визначається на основі добової витрати відповідного компонента, нормативного запасу зберігання та коефіцієнтів, що враховують нерівномірність надходження, споживання і можливі втрати матеріалів.

5.3.1. Розрахунок складів в'язучих речовин

Основною характеристикою складу в'язучих речовин є його місткість, яка визначається за формулою:

« $V = \text{Цд} \cdot n \cdot K1 \cdot K2 \cdot K3 \cdot K4 \cdot K5 / \text{Пв}, \text{ м}^3$, де:

Цд – добова витрата в'язучого даного виду і марки, кг;

n – нормативний запас збереження в'язучого, діб;

K1 – коефіцієнт нерівномірності надходження в'язучого на склад;

K2 – коефіцієнт нерівномірності споживання в'язучого;

K3 – коефіцієнт можливих втрат в'язучого при розвантаженні;

K4 – коефіцієнт використання технологічного устаткування;

K5 – коефіцієнт заповнення ємності складу;

Пв – густина в'язучого в насипному стані, кг/м^3 » [11].

Добова витрата цементу згідно з таблицею 4.1 становить: Цд = 20260,8 кг.

Приймаємо: n = 7 діб; K1 = 1,2; K2 = 1,3; K3 = 1,04; K4 = 0,943; K5 = 0,9;

Пв = 1000 кг/м^3 .

Тоді місткість складу цементу становить:

$$V_{\text{ц}} = 20260,8 \cdot 7 \cdot 1,2 \cdot 1,3 \cdot 1,04 \cdot 0,943 \cdot 0,9 / 1000 = 195,28 \text{ м}^3.$$

Приймаємо силосний склад цементу місткістю: $V_{\text{ц}} = 200 \text{ м}^3$.

Для зберігання цементу доцільно прийняти два силоси по 100 м^3 або один силос місткістю 200 м^3 .

5.3.2. Розрахунок складів заповнювачів

Склади заповнювачів класифікують за тривалістю експлуатації, призначенням, місткістю, вантажообігом, надійністю, видом транспортних засобів, способом складування і зберігання.

Основною характеристикою складу заповнювачів є його місткість, яка визначається за формулою:

« $V = \text{Пд}(\text{Щд}) \cdot n \cdot K1 \cdot K2 \cdot K3 \cdot K4 / \text{Пз}$, м³, де:

Пд(Щд) – добова витрата заповнювача даного виду, кг;

n – запас збереження заповнювача, діб;

K1 – коефіцієнт нерівномірності надходження заповнювача на склад;

K2 – коефіцієнт нерівномірності споживання заповнювача;

K3 – коефіцієнт можливих втрат заповнювача при розвантаженні;

K4 – коефіцієнт використання технологічного устаткування;

Пз – густина заповнювача в насипному стані, кг/м³» [11].

Розрахунок складу піску: Добова витрата піску становить:

Пд = 52678,08 кг.

Приймаємо: n = 7 діб; K1 = 1,2; K2 = 1,3; K3 = 1,04; K4 = 0,943; Пз = 1550 кг/м³.

Тоді місткість складу піску:

$V_{\text{п}} = 52678,08 \cdot 7 \cdot 1,2 \cdot 1,3 \cdot 1,04 \cdot 0,943 / 1550 = 363,97 \text{ м}^3$.

Приймаємо склад піску місткістю: $V_{\text{п}} = 365 \text{ м}^3$.

Розрахунок складу щебеню: Добова витрата щебеню становить:

Щд = 54704,16 кг.

Приймаємо: n = 7 діб; K1 = 1,2; K2 = 1,3; K3 = 1,04; K4 = 0,943; Пз = 1350 кг/м³.

Тоді місткість складу щебеню:

$V_{\text{щ}} = 54704,16 \cdot 7 \cdot 1,2 \cdot 1,3 \cdot 1,04 \cdot 0,943 / 1350 = 433,96 \text{ м}^3$.

Приймаємо склад щебеню місткістю: $V_{\text{щ}} = 435 \text{ м}^3$.

Оскільки для кожного виду заповнювача необхідно мати не менше однієї ємності, передбачаємо окремі склади для піску та щебеню.

5.3.3 Розрахунок складу мікрокремнезему

Для забезпечення безперебійної роботи підприємства необхідно передбачити ємність для зберігання мікрокремнезему.

Місткість ємності для зберігання добавки визначається за формулою:

$$V = \text{МКД} \cdot n \cdot K1 \cdot K2 \cdot K3 \cdot K4 \cdot K5 / \text{Пм}, \text{ м}^3, \text{ де:}$$

МКД – добова витрата мікрокремнезему, кг;

n – нормативний запас збереження мікрокремнезему, діб;

K1 – коефіцієнт нерівномірності надходження мікрокремнезему на склад;

K2 – коефіцієнт нерівномірності споживання мікрокремнезему;

K3 – коефіцієнт можливих втрат мікрокремнезему при розвантаженні;

K4 – коефіцієнт використання технологічного устаткування;

K5 – коефіцієнт заповнення ємності складу;

Пм – густина насипна густина мікрокремнезему, кг/м^3 » [11].

Добова витрата мікрокремнезему згідно з таблицею 4.1 становить: МКД = 20260,8 кг.

Приймаємо: n = 7 діб; K1 = 1,2; K2 = 1,3; K3 = 1,04; K4 = 0,943; K5 = 0,9;
Пм = 300 кг/м^3 .

Тоді місткість складу мікрокремнезему становить:

$$V = 2026,08 \cdot 7 \cdot 1,2 \cdot 1,3 \cdot 1,04 \cdot 0,943 \cdot 0,9 / 300 = 72,3 \text{ м}^3$$

Приймаємо склад мікрокремнезему місткістю: $V_{\text{мк}} = 75 \text{ м}^3$.

5.3.4 Розрахунок складу суперпластифікатора

Для забезпечення безперервної роботи заводу передбачаємо ємність для зберігання суперпластифікатора.

Місткість ємності для зберігання хімічної добавки визначається за формулою

$$V = \text{Дд} \cdot n \cdot K1 / \rho, \text{ м}^3, \text{ де:}$$

Дд – добова витрата добавки, кг;

n – рекомендований запас зберігання добавки, діб;

K1 – коефіцієнт заповнення ємності;

ρ – густина добавки, кг/м^3 .

Добова витрата суперпластифікатора згідно з таблицею 4.1 становить:

$$D_d = 243,12 \text{ кг.}$$

Для суперпластифікатора MasterGlenium приймаємо: $n = 15$ діб; $K_1 = 0,9$;
 $\rho = 1100 \text{ кг/м}^3$.

Тоді місткість ємності становитиме:

$$V = (243,12 \cdot 15 \cdot 0,9) / 1100 = 2,98 \text{ м}^3.$$

Отже, необхідний об'єм ємності для зберігання суперпластифікатора становить: $V = 2,98 \text{ м}^3$.

Приймаємо стандартну ємність для зберігання суперпластифікатора місткістю: $V = 3 \text{ м}^3$.

У даному розділі виконано проектування основних споруд заводу з випуску товарного самоущільнюваного бетону. На підставі прийнятої технологічної схеми виробництва та результатів розрахунків попередніх розділів визначено основні параметри головного корпусу та складського господарства підприємства.

Під час проектування головного корпусу було прийнято раціональну схему розміщення бетонозмішувального обладнання, визначено необхідні проходи та робочі зони для його обслуговування, а також розраховано основні розміри змішувального відділення. Отримані параметри забезпечують нормальні умови експлуатації обладнання та виконання технологічних операцій.

6. Контроль якості

Контроль якості продукції на заводі з випуску товарного самоущільнювального бетону класу С32/40 здійснюється лабораторією підприємства відповідно до вимог діючих нормативних документів [1,16]. Контроль якості включає вхідний контроль сировинних матеріалів, операційний контроль під час приготування бетонної суміші та приймальний контроль готової продукції. Такий підхід дозволяє забезпечити стабільність технологічного процесу та отримання бетонної суміші із заданими властивостями. Відповідно до методичних вказівок контроль якості повинен здійснюватися лабораторією підприємства-виготовлювача шляхом проведення вхідного, операційного та приймального контролю.

Вхідний контроль матеріалів проводиться шляхом перевірки паспортів і сертифікатів якості, зовнішнього огляду матеріалів та виконання контрольних випробувань. Крім цього, лабораторія здійснює систематичний контроль умов зберігання матеріалів і дотримання технологічного режиму.

У процесі виробництва виконуються такі контрольні операції:

- вхідний контроль матеріалів;
- контроль технічного стану обладнання;
- операційний контроль технологічних процесів;
- приймальний контроль готової бетонної суміші;
- контроль фізико-механічних характеристик бетону.

Лабораторія підприємства виконує комплекс робіт, наведений у таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 – Контроль якості на заводі з виготовлення товарного самоущільнюваного бетону

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

Вхідний контроль матеріалів

Вхідному контролю підлягають: портландцемент СЕМ І 42,5N; кварцовий пісок; гранітний щебінь фракції 5–20 мм; вода для приготування бетону; мікрокремнезем; суперпластифікатор на основі полікарбоксилатних ефірів.

Контроль здійснюється за такими показниками: відповідність паспортним даним; відсутність сторонніх домішок; зерновий склад заповнювачів; вологість піску та щебеню; насипна густина; активність цементу; терміни придатності хімічних добавок.

Операційний контроль

Під час приготування бетонної суміші здійснюється контроль: точності дозування компонентів; послідовності завантаження матеріалів; тривалості перемішування; роботи дозаторів; роботи бетонозмішувача; температури суміші; показників самоущільнюваності.

Особливу увагу приділяють контролю легкоукладальності бетонної суміші, оскільки самоущільнювальний бетон повинен забезпечувати високу текучість і заповнення форми без застосування вібрації.

Приймальний контроль бетонної суміші та бетону

Приймальний контроль бетонної суміші та бетону здійснюють відповідно до вимог документів, що встановлюють технічні вимоги та методи для випробування для бетонних сумішей та бетонів (таблиці 6.2 та 6.3).

Таблиця 6.2 – Приймальний контроль товарного бетону

Найменування контрольованого показника	Нормативний документ, що встановлює		Контролююча служба і періодичність контролю
	технічні вимоги до показника	методи контролю та випробувань	
Вид суміші	ДСТУ 9183:2022		лабораторія, кожну партію
Легкоукладальніс ть	ДСТУ 9183:2022	ДСТУ EN 12350- 8:2022	лабораторія, кожну партію
Розшаровуваність	ДСТУ 9183:2022	ДСТУ EN 12350- 11:2022	лабораторія, кожну партію

Таблиця 6.3 – Приймальний контроль бетону

Найменування контрольованого показника	Нормативний документ, що встановлює		Контролююча служба і періодичність контролю
	технічні вимоги до показника	методи контролю та випробувань	
Клас (марка) бетону за міцністю Відпускна міцність	ДСТУ 9183:2022	ДСТУ Б В.2.7- 214:2009	лабораторія, кожну партію
Якість структури	ДСТУ 9183:2022	ДСТУ Б В.2.7- 224:2009	лабораторія, кожну партію
Водонепроникність	ДСТУ 9183:2022	ДСТУ Б В.2.7- 170:2008	лабораторія, кожну партію
Щільність	ДСТУ 9183:2022	ДСТУ Б В.2.7- 170:2008	лабораторія, кожну партію
Водопоглинання	ДСТУ 9183:2022	ДСТУ Б В.2.7- 170:2008	лабораторія, кожну партію

Обов'язковим етапом організації контролю якості на заводі є створення «карти контролю якості», яка має вигляд таблиці та містить всі необхідні дані щодо методів, засобів, порядку та виконавців контролю якості (таблиця 6.4). Вона потрібна для того, щоб узагальнити положення здійснення контролю якості на всіх етапах.

На заводі з виробництва товарного самоущільнювального бетону класу С32/40 контроль якості здійснюється на всіх етапах технологічного процесу – від приймання сировинних матеріалів до контролю властивостей готового бетону. Вхідний, операційний та приймальний контроль дозволяють забезпечити відповідність бетонної суміші вимогам нормативних документів та отримати продукцію зі стабільними показниками міцності й експлуатаційних властивостей.

Організація лабораторного контролю є необхідною умовою забезпечення надійності та довговічності бетонів, а також гарантує випуск продукції встановленої якості.

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

7. Охорона праці та техніка безпеки

Забезпечення безпечних та нешкідливих умов праці є однією з важливих умов ефективної роботи заводу з виробництва товарного самоущільнювального бетону. Організація охорони праці на підприємстві здійснюється відповідно до Закону України «Про охорону праці» [20], ДСТУ-Н Б А.3.1-34:2016 [16], державних будівельних норм та інших чинних нормативних документів.

При проектуванні та експлуатації підприємства необхідно передбачати комплекс організаційних, технічних і санітарно-гігієнічних заходів, спрямованих на запобігання виробничому травматизму, професійним захворюванням та забезпечення нормальних умов праці.

7.1 Санітарно-гігієнічні умови праці

Санітарно-гігієнічні умови праці на заводі повинні відповідати вимогам державних будівельних норм та ДСТУ-Н Б А.3.1-34:2016 [16].

До основних факторів виробничого середовища, що впливають на умови праці, належать:

- температура повітря;
- відносна вологість повітря;
- швидкість руху повітря;
- запиленість та загазованість повітря;
- рівень шуму;
- загальна та локальна вібрація;
- освітленість робочих місць.

Температура, відносна вологість та рухливість повітря у виробничих приміщеннях повинні підтримуватися в межах, установлених державними будівельними нормами. Для забезпечення необхідних параметрів мікроклімату виробничі приміщення обладнуються системами природної та механічної вентиляції.

Одним із основних шкідливих факторів при виробництві бетонних сумішей є цементний пил. Найбільш інтенсивне пилоутворення відбувається під час транспортування цементу, заповнення силосів, дозування компонентів і завантаження бетонозмішувача.

При проектуванні підприємства необхідно передбачати аспірацію та знепилювання технологічного і транспортного обладнання відповідно до вимог державних будівельних норм. Системами аспірації повинні бути обладнані:

- силоси цементу;
- бункери мікрокремнезему;
- дозатори сипких матеріалів;
- бетонозмішувачі;
- транспортне обладнання.

Для очищення повітря застосовують циклони, рукавні фільтри та пиловловлювачі.

Рівень шуму та вібрації, які виникають під час роботи бетонозмішувачів, компресорів, конвеєрів та іншого обладнання, не повинен перевищувати допустимих значень. Для зменшення шкідливого впливу вібрації обладнання встановлюють на спеціальні амортизуючі основи.

Робочі місця повинні мати достатнє природне та штучне освітлення, що забезпечує безпечне виконання виробничих операцій.

7.2 Техніка безпеки при експлуатації технологічного обладнання

Експлуатація обладнання заводу повинна здійснюватися відповідно до вимог ДСТУ-Н Б А.3.1-34:2016 [16].

Усі машини та механізми повинні бути справними та обладнаними захисними пристроями. Рухомі частини обладнання мають бути закриті захисними кожухами та огороженнями.

Бетонозмішувачі повинні бути обладнані:

- блокувальними пристроями;
- аварійними вимикачами;

- захисними кожухами;
- пристроями заземлення.

Категорично забороняється:

- очищати обладнання під час його роботи;
- виконувати ремонт рухомих частин без попереднього відключення електроживлення;
- працювати при несправних огороженнях;
- залишати працююче обладнання без нагляду.

Стрічкові конвеєри повинні мати захисні кожухи, а також пристрої аварійного вимкнення. Пуск і зупинка обладнання допускаються лише працівниками, які пройшли відповідне навчання та інструктаж з охорони праці.

Електрообладнання повинно бути надійно заземлене. Всі електродвигуни, пускова апаратура та електричні мережі повинні проходити періодичний технічний огляд.

7.3 Засоби індивідуального захисту та права працівників

Працівники підприємства повинні бути забезпечені засобами індивідуального захисту відповідно до характеру виконуваних робіт.

До засобів індивідуального захисту належать:

- спеціальний одяг;
- спеціальне взуття;
- захисні каски;
- захисні окуляри;
- рукавиці;
- респіратори;
- протишумові навушники.

Працівники, які контактують із цементом, мікрокремнеземом та хімічними добавками, повинні проходити попередні та періодичні медичні огляди.

Відповідно до Закону України «Про охорону праці» [20] працівники мають право на:

- безпечні та здорові умови праці;
- забезпечення засобами індивідуального захисту;
- проходження інструктажів та навчання;
- відмову від виконання робіт у разі виникнення небезпечної ситуації;
- відшкодування шкоди у випадку ушкодження здоров'я, пов'язаного з виконанням трудових обов'язків.

Працівники зобов'язані виконувати вимоги нормативних документів, дотримуватися правил експлуатації обладнання та використовувати засоби індивідуального захисту.

7.4 Пожежна безпека

Виробничі приміщення заводу повинні бути забезпечені первинними засобами пожежогасіння, пожежними щитами, вогнегасниками та системами оповіщення про пожежу.

У приміщеннях підприємства забороняється:

- паління у невстановлених місцях;
- використання відкритого вогню;
- зберігання легкозаймистих речовин поблизу електрообладнання.

Працівники підприємства повинні проходити первинний та повторний протипожежний інструктаж, а також знати порядок дій у випадку виникнення пожежі.

Дотримання вимог охорони праці та техніки безпеки є необхідною умовою нормальної експлуатації заводу з виробництва товарного самоущільнювального бетону. Забезпечення нормативних санітарно-гігієнічних умов праці, застосування систем аспірації та знепилювання, використання засобів індивідуального захисту, а також дотримання правил безпечної експлуатації обладнання дозволяють зменшити ризик виробничого травматизму та професійних захворювань. Реалізація комплексу організаційних і технічних заходів сприяє створенню безпечних умов праці та підвищенню ефективності роботи підприємства.

Список використаних джерел

1. ДСТУ 9183:2022 Цементи. Загальні технічні умови. На заміну ДСТУ Б.В.2.7-112:2002 ; чинний від 2023-01-01. Київ : ДП «УкрНДНЦ». 36 с.
2. ДБН В.2.6-98:2009 Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення. Зі Зміною №1. На заміну СНиП 2.03.01-84* ; чинний від 2020-06-01. Вид. офіц. Київ : Міністерство розвитку та територій України. 70 с.
3. ДСТУ EN 12350-8:2022 Випробування свіжого бетону. Частина 8. Самоущільнювальний бетон. Випробування на осадку. Чинний від 2023-31-12. Брюссель : CEN, 2019. 12 с.
4. ДСТУ Б В.2.7-46:2010 Будівельні матеріали. Цементи загальнобудівельного призначення. Технічні умови. На заміну ДСТУ Б В.2.7-46-96 ; чинний від 2011-09-01. Вид. офіц. Київ : Мінрегіонбуд України. 20 с.
5. ДСТУ Б В.2.7-29-95 Будівельні матеріали. Дрібні заповнювачі природні, із відходів промисловості, штучні для будівельних матеріалів, виробів, конструкцій та робіт. Класифікація. З Поправкою. На заміну ГОСТ 25137-82 (СТ СЭВ 5445-85) у частині вимог до дрібних заповнювачів ; чинний від 1996-01-01. Вид. офіц. Київ : Держкоммістобудування України. 21 с.
6. ДСТУ EN 13263-1:2019 Мікрокремнезем для бетону. Частина 1. Визначення, вимоги та критерії відповідності. Чинний від 2020-01-01. Брюссель : CEN, 2009. 12 с.
7. Дворкін Л. Й. Бетони нового покоління : монографія. Рівне : НУВГП, 2010. 360 с.
8. ДСТУ Б В.2.7-74-98 ДСТУ Б В.2.7-74-98 Будівельні матеріали. Крупні заповнювачі природні, із відходів промисловості, штучні для будівельних матеріалів, виробів, конструкцій та робіт. Класифікація. З Поправкою. На заміну ГОСТ 25137-82 (СТ СЭВ 5445-85) у частині вимог до великих заповнювачів : чинний від 1999-01-01. Київ : Держбуд України, 1998. 24 с.

9. MasterGlenium High-Range, Water-Reducing Concrete Admixtures [Електронний ресурс]. URL: <https://master-builders-solutions.com/en-us/products/masterglenium/> (дата звернення 01.06.2026)

10. 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.

11. 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.

12. ДСТУ Б В.2.7-215:2009. Будівельні матеріали. Бетони. Правила підбору складу. На заміну ГОСТ 27006-86 ; чинний від 2010-09-01. Київ : Мінрегіонбуд України, 2010. 18 с.

13. ДСТУ-Н Б В.2.7-299-2013. Настанова щодо визначення складу важкого бетону. Чинний від 2014-07-01. Київ : Мінрегіон України, 2013. 91 с.

14. Дворкін Л. Й., Дворкін О. Л. Проектування складів бетонів : монографія. Рівне : НУВГП, 2015. 353 с.

15. Дворкін Л. Й., Дворкін О. Л., Гарніцький Ю. В. Проектування складів бетону із заданими властивостями : навчальний посібник. Рівне : РДТУ, 2000. 215 с.

16. ДСТУ-Н Б А.3.1-34:2016. Настанова з проектування підприємств з виробництва залізобетонних виробів. На заміну ДБН А.3.1-7-96 ; чинний від 2017-04-01. Київ : Мінрегіон України, 2016. 24 с.

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

18. ДСТУ Б В.2.7-224:2009. Бетони. Правила контролю міцності. На заміну ГОСТ 18105-86 ; чинний від 2010-09-01. Київ : Мінрегіонбуд України, 2010. 27 с.

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

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

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