

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

Пояснювальна записка

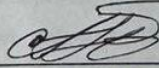
до кваліфікаційної магістерської роботи
за освітньо-професійною програмою « Технологія будівельних
конструкцій, виробів і матеріалів»
спеціальність 192 – Будівництво та цивільна інженерія

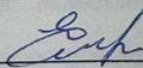
Тема роботи: Завод з виготовлення залізобетонних плит 1,5×6м

Виконав: магістрант групи ТБВК-24м

Гірник Віталій Олегович

(прізвище, ім'я, по батькові)

Керівник випускної роботи  доц. Астахова Н. В.

Нормоконтролер  Єгорова І.В.

Завідувач кафедри  доц. Шишкіна О.О.

Кривий Ріг

2025 р.

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

Освітньо-кваліфікаційний рівень - магістр

Спеціальність – 192 Будівництво та цивільна інженерія

ОПП – «Технологія будівельних матеріалів, виробів та конструкцій»

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри

cej Шишкіна О.О.

“12” 12 2025 року

ЗАВДАННЯ НА МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ МАГІСТРАНТУ

Гірнику Віталію Олеговичу

(прізвище, ім'я, по батькові в родовому відмінку)

1. **Тема роботи** Завод з виготовлення залізобетонних плит 1,5×6м

керівник роботи доц. Астахова Н.В.

затверджені наказом університету від “4” 04 2025 року № 189с

2. **Строк подання студентом роботи** 7 грудня 2025

3. **Вихідні дані до роботи**

вид залізобетонної конструкції, потужність заводу

4. **Зміст розрахунково-пояснювальної записки** (перелік питань, які потрібно розробити)
дослідити за літературними джерелами та розробити удосконалену технологію виготовлення залізобетонних плит перекриття

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

- 1 Робоче креслення базової конструкції
- 2 Результати наукових досліджень
- 3 Результати наукових досліджень
- 4 Результати наукових досліджень
- 5 Поопераційні нормалі
- 6 Поопераційний графік
- 7 Тижнево-добовий графік
- 8 Технологічна схема виготовлення конструкції
- 9 Карта контролю якості

5. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	к.т.н. доц. ст. викладач каф. ТБВМК Астахова Н.В.		
2	к.т.н. доц. ст. викладач каф. ТБВМК Астахова Н.В.		
3	к.т.н. доц. ст. викладач каф. ТБВМК Астахова Н.В.		
4	к.т.н. доц. ст. викладач каф. ТБВМК Астахова Н.В.		
5	к.т.н. доц. ст. викладач каф. ТБВМК Астахова Н.В.		
6	к.т.н. доц. ст. викладач каф. ТБВМК Астахова Н.В.		
7	к.т.н. доц. ст. викладач каф. ТБВМК Астахова Н.В.		
8	к.т.н. доц. ст. викладач каф. ТБВМК Астахова Н.В.		
9	к.т.н. доц. ст. викладач каф. ТБВМК Астахова Н.В.		
10	к.т.н. доц. ст. викладач каф. ТБВМК Астахова Н.В.		
11	к.т.н. доц. ст. викладач каф. ТБВМК Астахова Н.В.		
12	к.т.н. доц. ст. викладач каф. ТБВМК Астахова Н.В.		
13	к.т.н., доц., доцент каф. охорони праці та цивільної безпеки Шаповалов В. А.		

6. Дата видачі завдання 30 травня 2025р

7. Календарний план

№ з/п	Назва етапів магістерської роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Загальна частина	10.09.25	
2	Вибір і обґрунтування технології виробництва	12.09.25	
3	Розрахунок фондів часу роботи підприємства	12.09.25	
4	Наукова частина	15.09.25	
5	Організація виробництва конструкції	22.09.25	
6	Складське господарство	01.10.25	
7	Лабораторія і контроль якості	08.10.25	
8	Розрахунок потреби в електроенергії, стислому	16.10.25	

8	Розрахунок потреби в електроенергії, стислому повітрі, парі, воді		
9	Організація вантажопотоків	24.10.25	
10	Структура, організація і управління підприємством	4.11.25	
11	Розрахунок потреби робітників	12.11.25	
12	Об'ємно-планувальне рішення підприємства	26.11.25	
13	Охорона праці і техніка безпеки	4.12.25	

Магістрант


(підпис)

Гірик В.О.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи


(підпис)

Астахова Н.В.

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

магістерської кваліфікаційної роботи

студента групи ТБВК-24М Гірника Віталія Олеговича

на тему: «Завод з виготовлення залізобетонних плит 1,5×6м»

Актуальність теми. Сучасне будівництво потребує індустріальних, надійних і технологічних несних елементів, які забезпечують швидкі темпи зведення будівель, стабільну якість та економічну ефективність. Залізобетонні плити перекриття належать до базових конструктивних елементів житлових, громадських і промислових об'єктів, а застосування попередньо напружених ребристих плит типу ПНС-10 дозволяє зменшувати матеріалоємність, підвищувати несучу здатність і забезпечувати раціональні монтажні рішення. Актуальність проектування заводу з випуску таких виробів підсилюється потребою в модернізації виробництв, підвищенні енергоефективності та впровадженні сучасних технологічних рішень, зокрема застосування сталевोї мікрофібри для покращення тріщиностійкості й експлуатаційної надійності продукції.

Метою кваліфікаційної роботи є проектування заводу з випуску залізобетонних плит перекриття з врахуванням вимог нормативних документів та сучасних рішень та пропозицій в галузі технології виготовлення залізобетонних конструкцій.

Об'єктом дослідження є завод з випуску плит перекриття.

Завдання: 1) обґрунтування визначеного району будівництва, вигляду і обсягів продукції, що застосовується до випуску, наявності сировинних і енергетичних ресурсів, необхідних для цього; 2) обґрунтований вибір технології виробництва для всієї номенклатури продукції; 3) встановити режим роботи підприємства; 4) провести аналіз наукових джерел та обґрунтувати вибір пропонованого способу вдосконалення виготовлення конструкції; 5) описати технологічні процеси та операції які здійснюються при виготовленні конструкції в порядку їх виконання; 6) дати характеристику всім матеріалам та

комплектуючим, які будуть застосовані, розрахувати їх потребу; 7) запроектувати роботу бетонозмішувального цеху; 8) запроектувати роботу арматурного цеху; 9) запроектувати роботу формувального цеху; 10) запроектувати склади компонентів та готової продукції; 11) дослідити та описати методи та засоби контролю якості на підприємстві; 12) встановити потребу в електроенергії, стислому повітрі, парі, воді; 13) встановити вантажопотоки на підприємстві; 14) описати структуру, організацію та управління підприємством; 15) провести розрахунок потреби робітників; 16) виконати об'ємно-планувальне рішення для підприємства; 17) описати положення охорони праці та техніки безпеки на підприємстві.

Практичне значення отриманих результатів полягає у пропозиції по проектуванню заводу з випуску залізобетонних плит перекриття та вдосконалення технології виготовлення

Ключові слова: бетон, плита перекриття, технологія виготовлення, проектування роботи підприємства, сталева фібра.

Обсяг кваліфікаційної роботи: Магістерська кваліфікаційна робота складається з пояснювальної записки, викладеної на 97 сторінках, яка складається зі вступу, тринадцяти розділів, які містять 12 рисунків, 27 таблиць, списку використаних джерел з 11 найменувань, та графічної частини, яка складається з 8 листів формату А3.

Зміст

Вступ.....	9
1. Загальна частина	10
2. Вибір і обґрунтування прийнятої технології виробництва.	20
3. Розрахунок фондів часу роботи підприємства.....	27
4. Наукова частина.....	30
4.1 Аналітичний огляд	30
4.2 Наукова (теоретична) частина	32
4.3 Науково-практична (прикладна) частина	33
5. Організація виробництва конструкцій	40
5.1 Технологічні процеси та операції.....	40
5.2 Характеристика матеріалів і комплектуючих	42
5.3 Бетонозмішувальний цех	44
5.4 Арматурний цех.....	49
5.5 Формувальний цех.....	53
5.5.1 Поопераційний графік.....	53
5.5.2 Тижнево-добовий графік.....	60
5.5.3 Розрахунок потужності технологічної лінії.	61
5.5.4 Розрахунок загального часу виготовлення планового об'єму продукції.....	61
6. Складське господарство	64
6.1 Розрахунок потреби в компонентах й комплектуючих.....	64
6.2 Склади в'язучих	65
6.3 Склади заповнювачів.....	65
6.4 Склад арматури та арматурних виробів	67
6.5 Склад готової продукції	69
6.6 Матеріально-технічні склади та склади комплектуючих	70

7. Лабораторія і контроль якості.....	72
8. Розрахунок потреби в електроенергії, стислому повітрі, парі, воді	77
9. Організація вантажопотоків.....	80
10. Структура, організація і управління підприємством	84
11. Розрахунок потреби робітників	87
12. Об'ємно-планувальне рішення	89
13. Охорона праці і техніка безпеки	91
Список використаної літератури	96

Вступ

Сучасні потреби будівельної галузі зумовили необхідність не лише збільшення обсягів виробництва конструкцій, але й розширення номенклатури індустріальних несучих елементів, здатних максимально відповідати архітектурним та технічним вимогам. Йдеться про забезпечення можливостей гнучкого планування будівель різного призначення, формування різноманітних фасадних рішень, а також створення конструкцій, які є простими у виготовленні, легкими за масою та зручними в монтажі.

Розвиток технологій виготовлення збірних залізобетонних конструкцій є визначальним чинником підвищення ефективності та масштабування капітального будівництва. До ключових переваг збірних залізобетонних елементів належать стабільність якості завдяки стаціонарним умовам виробництва, висока технологічність процесів, можливість широкого впровадження автоматизації та застосування сучасних модифікованих бетонів із домішками й дрібнодисперсними добавками.

Одним із найпоширеніших елементів у системах перекриттів будівель залишаються залізобетонні плити, які можуть бути багатопустотними, ребристими чи суцільними, а також виконуватися з ненапруженою або попередньо напруженою арматурою. Вибір типу плити визначається вимогами до міцності, жорсткості, експлуатаційної надійності та економічної доцільності.

У зв'язку з підвищенням вимог до довговічності, енергоефективності та надійності будівельних конструкцій особливої актуальності набуває удосконалення технологій виробництва залізобетонних плит. Сучасна практика передбачає впровадження високоякісних бетонів, застосування нових видів армування, модернізацію технологічних процесів та підвищення рівня автоматизації виробництва.

Розділ 1. Загальна частина

Для розміщення заводу з виготовлення збірних залізобетонних плит розміром 1,5×6 м обрано місто Кривий Ріг — один із найбільших промислових центрів України, розташований у південно-східній частині країни. Такий вибір обумовлений низкою економічних, технічних, інфраструктурних та логістичних чинників, які створюють сприятливі умови для розміщення підприємства будівельної індустрії.

Кривий Ріг має вигідне географічне положення. Через місто проходять важливі залізничні та автомобільні транспортні магістралі, що забезпечують швидке й ефективне постачання сировини та відвантаження готової продукції в усі регіони України. У місті також наявні розгалужені мережі комунікацій — електропостачання, водопостачання, газифікація та централізоване теплопостачання, що дозволяє мінімізувати витрати на підключення до інженерної інфраструктури. Важливим чинником є також наявність кваліфікованих кадрів.

У Кривому Розі діють технікуми, коледжі та вищі навчальні заклади, зокрема Криворізький національний університет, які готують фахівців у галузях будівництва, механіки, технологій та управління виробництвом. Це забезпечує кадрову стабільність та дає змогу оперативно адаптувати персонал під специфіку виробництва. З точки зору ринку збуту, Кривий Ріг є перспективним регіоном для реалізації залізобетонної продукції.

У місті та навколишніх населених пунктах активно ведеться промислове, житлове та інфраструктурне будівництво, що формує стабільний попит на конструктивні елементи, зокрема залізобетонні плити. Крім того, близькість до великих міст (Дніпро, Запоріжжя, Нікополь) розширює потенційний ринок збуту. Природно-кліматичні умови регіону є сприятливими для ведення виробничої діяльності. Район характеризується помірно-континентальним кліматом, відсутністю різких температурних коливань та небезпечних

природних явищ, що є додатковою перевагою для стабільного функціонування заводу.

Таким чином, вибір міста Кривий Ріг як місця будівництва підприємства з виготовлення збірних залізобетонних плит є технічно, економічно та логістично обґрунтованим і відповідає сучасним вимогам до розміщення об'єктів будівельної індустрії.

Проектоване підприємство спеціалізується на виготовленні попередньо напружених залізобетонних плит перекриття розміром 1,5×6 м. Ці вироби мають широке застосування у житловому, громадському та промисловому будівництві, особливо у зведенні об'єктів з великими прольотами, такими як виробничі цехи, склади, логістичні центри тощо.

Спеціалізація підприємства

Підприємство матиме предметну спеціалізацію, що передбачає масове виробництво однієї основної конструкції — плити перекриття. Такий підхід дозволяє:

- зосередити виробничі ресурси;
- стандартизувати технологію виготовлення;
- знизити собівартість продукції;
- забезпечити стабільно високу якість виробу;
- оптимізувати логістику та складське зберігання.

Потужність підприємства

Річна планова виробнича потужність підприємства становить 25 000 м³ залізобетонних виробів. При середньому об'ємі однієї плити ~0,565 м³ це складає приблизно 44248 плит щорічно. Така потужність дозволяє задовільнити потреби великого регіонального будівельного ринку та частково — національного.

Потенційні споживачі продукції

Продукція підприємства — залізобетонні попередньо напружені плити перекриття розміром 1,5×6 м — є універсальними елементами конструкцій, які широко застосовуються в різних галузях будівництва. Завдяки цьому

підприємство орієнтоване на широкий ринок збуту, що охоплює як приватний, так і державний сектори.

1. Будівельні компанії:

- компанії, які займаються будівництвом житлових будинків (багатоповерхових та котеджних);
- підприємства, що зводять громадські будівлі: школи, дитсадки, торгові центри, офісні приміщення;
- підрядні організації, які працюють у сфері промислового будівництва (цехи, виробничі корпуси, енергетичні об'єкти).

Переваги для них:

- скорочення термінів монтажу;
- стандартні габарити плит спрощують проектування;
- сертифікована якість продукції.

2. Підприємства агропромислового комплексу (АПК)

- агрофірми та фермерські господарства, які зводять ангари, склади, тваринницькі комплекси;
- підприємства, що займаються переробкою сільськогосподарської продукції (млини, елеватори, цехи фасування).

Залізобетонні плити в таких проектах застосовуються для:

- перекриття приміщень;
- настилів підлоги;
- навісів та тимчасових споруд.

3. Логістичні компанії

- фірми, що будують або обслуговують складські комплекси, логістичні хаби, митні термінали;
- підприємства, які створюють розподільчі центри поблизу автомагістралей і залізничних вузлів.

4. Органи місцевого самоврядування та державні замовники

- міські й обласні ради, які здійснюють капітальне будівництво:
- шкіл;

- лікарень;
- муніципальних складів;
- об'єктів інженерної інфраструктури.

Продукція підприємства може постачатись через тендери, державні закупівлі або партнерські угоди з комунальними підприємствами.

5. Виробничі підприємства

- компанії, що розширюють або реконструюють власні виробничі площі;
- підприємства важкої та легкої промисловості;
- індустріальні парки.

Використання плит дозволяє прискорити будівництво нових цехів та зменшити витрати на робочі проекти.

Завдяки універсальності та високим експлуатаційним характеристикам, підприємство:

- зможе реалізовувати продукцію на території всієї України;
- може стати постачальником для великих девелоперських компаній;
- матиме можливість виходу на зовнішній ринок (особливо у прикордонних регіонах).

На підприємстві передбачено такі основні виробничі та допоміжні підрозділи:

1. Арматурний цех

Цех призначений для приймання, зберігання і підготовки арматурної сталі; нарізки арматури на стрижні необхідної довжини; виготовлення арматурних каркасів і сіток (зварювання, гнуття); монтажу закладних елементів та монтажних петель.

Цех обладнано:

- правильно-відрізними станками;
- зварювальними апаратами;
- гнучкими верстатами;
- стендами для збирання арматури.

2. Бетонозмішувальний цех

Призначений для дозування та змішування компонентів бетонної суміші; подачі готового бетону у формувальний цех.

Включає:

- скипові підйомники або бетононасоси;
- бетонозмішувачі;
- вузол автоматичного дозування цементу, щебню, піску та води;
- пристрої для введення хімічних добавок.

3. Формувальний цех

- у формувальному цеху встановлюються форми для заливки плит;
- виконується укладання арматури;
- здійснюється натяг арматурних стрижнів;
- проводиться заливка бетону, вібрація та попереднє твердіння виробів.

4. Камера теплової обробки

Використовується для прискореного твердіння бетону шляхом пропарювання виробів; забезпечення набору проектної міцності у стислі терміни (8–12 год).

Може бути тунельного або камерного типу, з подачею пари через трубопровід.

5. Склад готової продукції

Призначений для зберігання залізобетонних плит після розпалублення і витримки; підготовки до транспортування споживачу.

Має навіс, кран-балку або мостовий кран, жорстке покриття для зберігання плит.

6. Склад арматурної сталі

Приймає і зберігає:

- рулонну і стрижневу арматуру;
- закладні деталі та монтажні петлі.

Забезпечує захищені умови зберігання для запобігання корозії.

7. Склади матеріалів

Призначені для зберігання щебеню, піску, фракційного гравію; зберігання цементу в герметичних силосах із системою аспірації; зберігання арматурної сталі для виготовлення армувальних каркасів; зберігання мінеральних і хімічних добавок (у т.ч. сталеві мікрофібри) в окремих вентильованих приміщеннях;

Включають бункери, дозатори, транспортери, навіси для захисту від атмосферних впливів.

8. Лабораторія контролю якості

Забезпечує:

- контроль якості бетону (міцність, осадка, водонепроникність, морозостійкість);
- випробування арматури;
- перевірку геометрії та міцності готових плит;
- ведення документації по якості.

Обладнана пресами, сушильними шафами, формами для кубів, вагами.

9. Адміністративно-побутовий корпус

Містить:

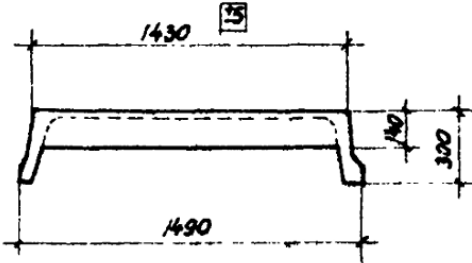
- кабінети адміністрації;
- роздягальні, душові, кімнати відпочинку для працівників;
- їдальню або буфет;
- медпункт та кімнату охорони праці.

Ця структура дозволяє забезпечити повний цикл виготовлення залізобетонних плит, від приймання сировини до відвантаження готової продукції.

В таблицях 1.1 та 1.2 приведена характеристика продукції заводу. На рисунках 1.1. та 1.2 відображені креслення плити ПНС-10.

Таблиця 1.1

Номенклатура продукції, що планується до виготовлення

№ п/п	Найменування виробу	Ескіз виробу	Об'єм виробництва		Марка виробу	Програма виробництва		
			%	м ³		%	м ³	шт
1	Крупнопанельні залізобетонні попередньо напружені плити покриттів розміром 1,5х6 м		100	25000	ПНС-10	100	25000	44248

Таблиця 1.2

Характеристика продукції, що планується до виготовлення

№ п/п	Марка виробу	Основні розміри, мм	Основні властивості		Маса виробу, кг	Витрати матеріалів	
			клас бетону	Марка по морозостійкості		бетон, м ³	сталь, кг
1	ПНС-10 1,5х6	5970×1490×300	С 12/15	F100	1420	0,565	32,6

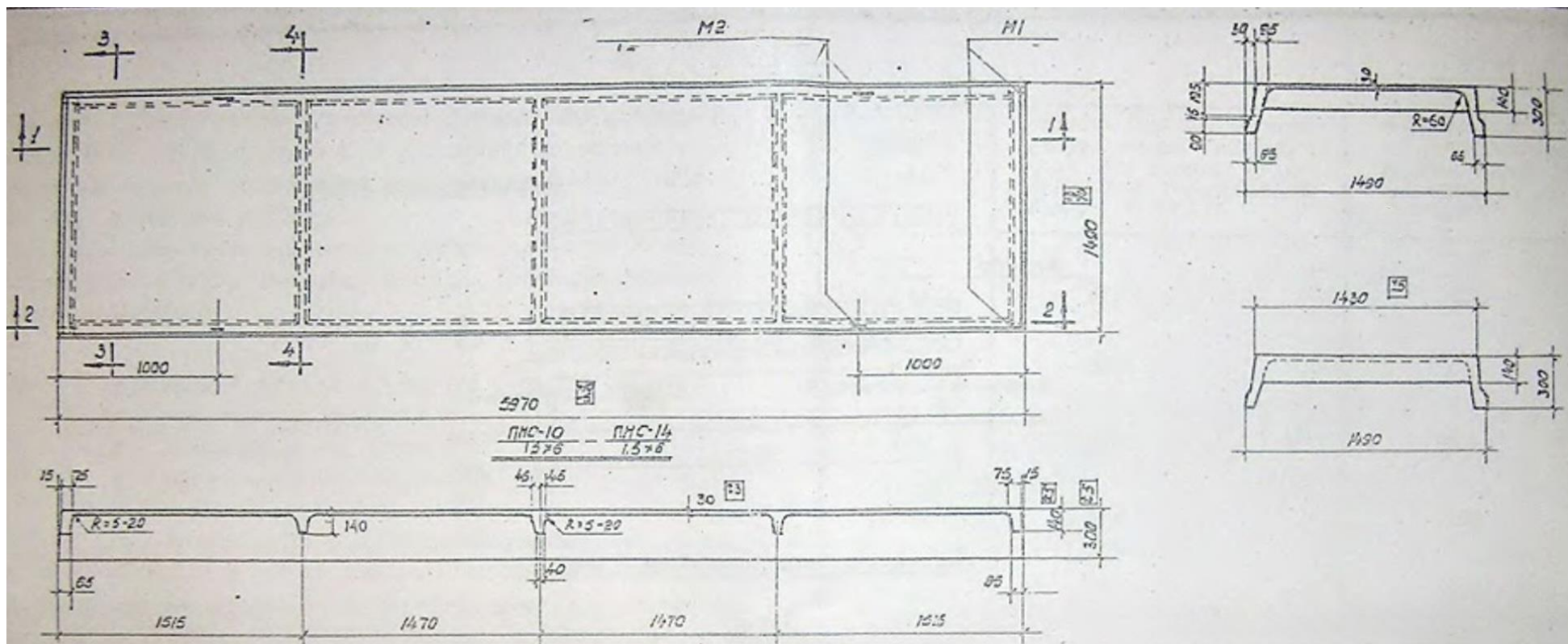


Рисунок 1.1 Опалубочні креслення

Розділ 2. Вибір і обґрунтування технології виробництва

Сучасне виробництво збірних залізобетонних конструкцій може здійснюватися кількома основними способами, які відрізняються організацією технологічних процесів, рівнем механізації та ефективністю використання обладнання. До найбільш поширених належать:

1. Стендовий спосіб

При стендовому методі всі технологічні операції з виготовлення залізобетонних виробів виконуються на одному робочому місці у стаціонарних формах, які встановлюють на спеціальних майданчиках — стендах. На стендах переважно виготовляють довгомірні елементи з попередньо напруженою арматурою, такі як плити, ригелі, балки, ферми тощо.

У торцевій частині стенду розміщений пряминок із рейковими напрямними, на яких встановлений бухтоутримувач із котушками високоміцного дроту, а також обладнання для зварювання (стиківки) стрижневої арматури необхідної довжини.

Струнні пучки натягують уздовж стенду за допомогою електричних лебідок.

Попереднє напруження арматури здійснюється гідравлічними домкратами.

Бетонну суміш подають у форми спеціальними бетоноукладачами, а ущільнення виконують за допомогою вібраторів, закріплених на бортах форм, або переносних ручних вібраторів.

Для прискорення процесу твердіння бетону виконують теплову обробку бетонної суміші шляхом подачі пари у внутрішню порожнину форми. Для запобігання випаровуванню вологи під час теплової обробки форми зверху накривають брезентом. (Рис. 2.1)

- Форми розташовуються стаціонарно на стендах.
- Бетонування та армування проводяться безпосередньо на цих стендах.

- Переваги: висока точність геометрії, можливість виготовлення великогабаритних конструкцій.
- Недоліки: низька продуктивність, великі витрати праці, значні простої обладнання.

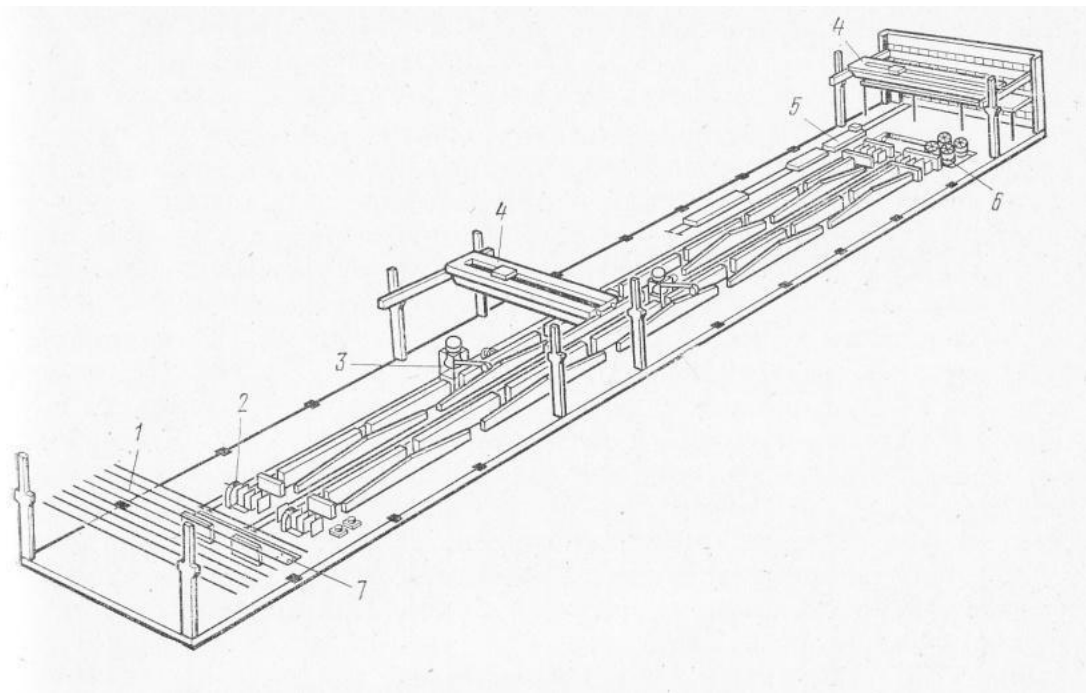


Рис. 2.1. Схема технологічної лінії з виготовлення залізобетонних виробів стендовим способом: 1 - естакада для подачі бетонної суміші; 2 - гідравлічні домкрати для натягу арматури; 3 - установка для розподілу бетону; 4 - мостовий підйомний кран; 5 - самохідний візок для транспортування готових конструкцій; 6 - пристрій для утримання бухт дроту; 7 - лебідка (корба) для протягування дроту.

2. Конвеєрний спосіб

При конвеєрному способі виробництва виріб у процесі виготовлення ритмічно переміщується від одного робочого поста до іншого. Усі технологічні операції на робочих місцях механізовані. Залежно від характеру руху конвеєри поділяються на пульсуючі (візкові) та безперервної дії. (рис. 2.2)

- Виробництво організовано у вигляді потоку, де форми переміщуються по конвеєру через усі технологічні пости.
- Переваги: висока продуктивність, можливість комплексної механізації.
- Недоліки: велика вартість обладнання, складність реконфігурації під інший асортимент.



Рис. 2.2. Схема розміщення технологічного обладнання при конвеєрному способі виготовлення збірного залізобетону: 1 - передаточний візок; 2 - пост очищення та змащування форм; 3 - укладання декоративного (фактурного) шару; 4 - встановлення арматурного каркасу та закладних елементів; 5,6,7 - формувальні пости (заповнення форм бетонною сумішшю, віброущільнення, загладжування поверхні); 8 - технічний контроль якості та розпалубка виробів; 9 - багаторисний підйомник камери теплової обробки безперервної дії; 10 - камера теплової обробки; 11 - пристрій для розвантаження виробів; 12 - кантователь; 13 - пост комплектації.

3. Агрегатно-потоківий спосіб

При агрегатно-потоківому методі виробництва вироби формують у жорстких пересувних формах, які переміщуються від одного операційного поста до іншого з перервами, що залежать від тривалості виконання технологічних операцій на відповідних робочих місцях. При цьому

транспортування форм, як правило, здійснюється мостовим або іншим пересувним краном.

Сформовані вироби проходять теплову обробку в ямних камерах пропарювання циклічної дії.

Під час виготовлення плоских виробів усі основні технологічні операції на формувальних постах, зокрема загладжування поверхні, ущільнення бетонної суміші та інші процеси, зазвичай виконуються в автоматизованому режимі. (Рис. 2.3)

- Форми залишаються нерухомими, а технологічне обладнання переміщується між постами.
- Забезпечує поєднання гнучкості стендового та продуктивності конвеєрного способу.
- Переваги: менші капітальні витрати, можливість швидкої адаптації, ефективна механізація.

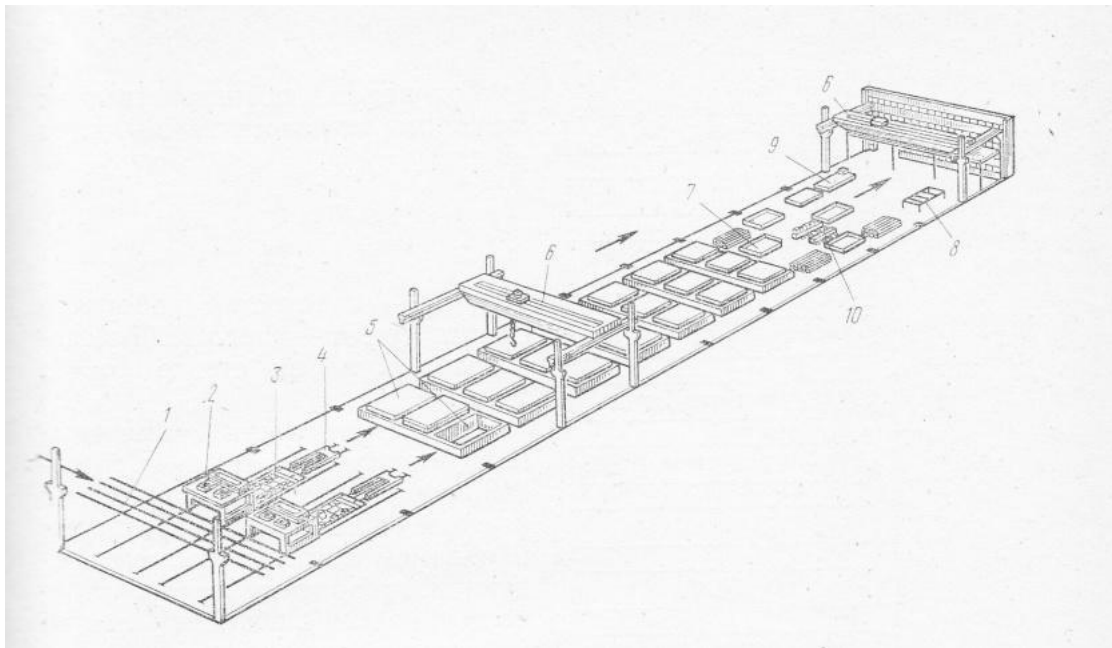


Рис. 2.3. Схема розміщення технологічного устаткування при виготовленні залізобетонних виробів агрегатно-потокним способом: 1 - естакада для подачі бетонної суміші; 2 - самохідний укладач бетону; 3 - віброплатформа для ущільнення суміші; 4 - пристрій для формування пустот; 5 - ямні камери для пропарювання виробів; 6 - мостовий вантажопідіймальний кран; 7 - пост розпалублення; 8 - стенд для опорядження та контролю якості

готових виробів; 9 - самохідні візки для транспортування готової продукції на склад; 10 - установка для натягування арматурних стрижнів.

4. Метод касетно-стендовий

При касетно-стендовому методі виготовлення вироби формуються в багаторядних вертикальних формах — касетах із пластичних і напівжорстких бетонних сумішей та піддаються термічній обробці безпосередньо на місці шляхом прогрівання парою через порожнини між касетами. За касетного способу відпадає потреба у камерах пропарювання та віброплощадках.

Стінки касет виготовляють зі сталі, армоцементу або пластмас. Монтаж і демонтаж касетних форм здійснюють за допомогою механічних та гідравлічних приводів. Ущільнення бетонної суміші в касетах виконують вібраторами, які встановлюють на зовнішніх стінках форм, а також глибинними вібраторами.

Термічну обробку паром у касетних формах за потреби можна замінити електропрогрівом. (рис. 2.4)

- Вироби формуються у вертикальних касетах, що дозволяє зменшити площу виробничого цеху.

- Використовується для тонкостінних плит і панелей.

- Недоліки: обмежений асортимент продукції, складність обслуговування касет.

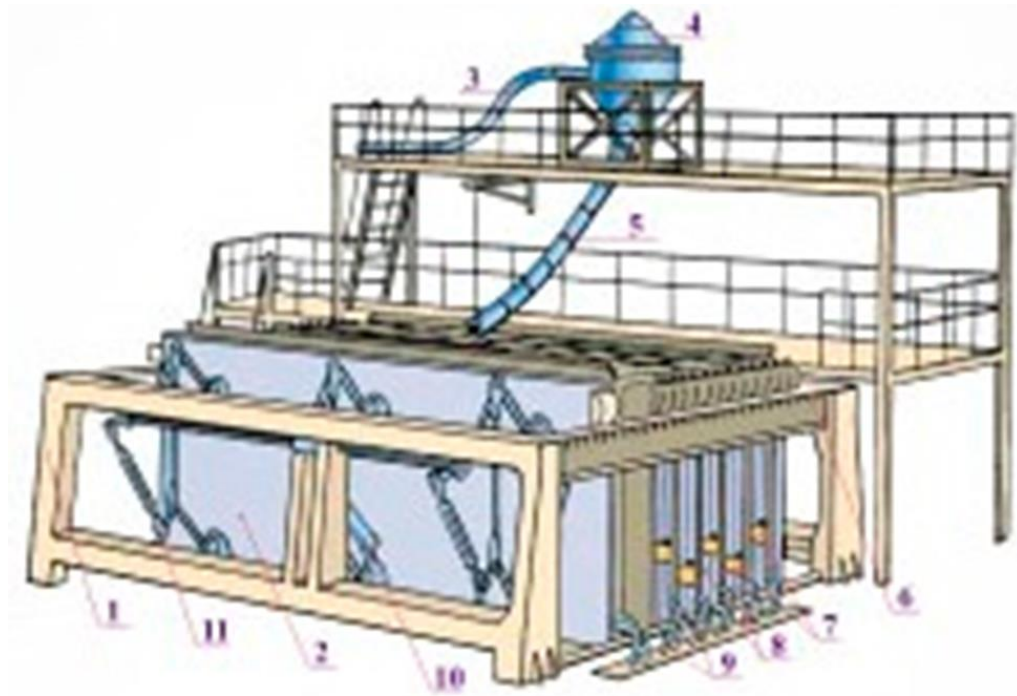


Рис. 4. Схема касетноформувальної машини: 1 - несуча рама; 2 - упори для обтиснення касет; 3 - бетонопровід для подачі суміші; 4 - циклон для бетонної суміші; 5 - гнучкий шланг для заповнення форм бетонною сумішшю; 6 - роликові опори роздільних стінок; 7 - навісні вібратори; 10 - вертикальні роздільні перегородки касети; 11 - система підведення пари у теплові відсіки.

Для проектного підприємства з випуску суцільних плит розміром 1,5×6 м обрано агрегатно-потоківий спосіб організації виробництва.

Переваги вибору:

- Гнучкість виробництва. Дає можливість виготовляти плити різних типорозмірів без капітальних реконструкцій.

- Механізація процесів. Укладання бетону, ущільнення, тепловий догляд і розпалублення виконуються спеціалізованими агрегатами, що знижує трудомісткість.

- Раціональні витрати. Капіталовкладення значно менші, ніж у випадку конвеєрних ліній.

- Якість виробів. Стаціонарні форми дозволяють дотримуватись високої точності геометрії та забезпечують стабільність параметрів бетону.

- Економічна доцільність. Враховуючи річну програму у 25 000 м³, агрегатно-потоківий спосіб забезпечує оптимальне співвідношення між продуктивністю і собівартістю.

Таблиця 2.1

Порівняння основних способів виготовлення ЗБВ

Спосіб	Продуктивність	Якість виробів	Гнучкість виробництва	Капітальні витрати	Придатність для плит 1,5×6 м
Стендовий	Низька	Висока	Середня	Низькі	Можливо, але низька економічність
Конвеєрний	Висока	Висока	Низька	Дуже високі	Ефективно, але дорого
Агрегатно-потоківий	Середня/висока	Висока	Висока	Середні	Оптимальний варіант
Касетно-стендовий	Середня	Середня	Низька	Середні	Обмежено

Розділ 3. Розрахунок фондів часу роботи підприємства

Для встановлення режиму роботи підприємства приймають такі показники:

- номінальний фонд часу роботи обладнання (T_n), кількість робочих діб на рік становить 260

- аналогічний показник для вивантаження сировини та матеріалів, що надходять залізничним транспортом 365

тривалість однієї робочої зміни ($t_{зм}$), год 8

кількість змін на добу ($n_{зм}$) 3

кількість змін для приймання матеріалів з автотранспорту 2

Річний фонд часу роботи технологічного обладнання визначають за формулою:

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

де T_n -номінальний фонд часу роботи обладнання, діб,

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

Тпер- втрати часу, пов'язані з переналагодженням формувального устаткування, діб

$$T_{\text{річ}} = 260 - 7 - 2 = 251 \text{ діб}$$

Добовий фонд продуктивного робочого часу визначають за формулою:

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

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

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

$$t_{\text{доб}} = 3 \cdot 8 = 24 \text{ год}$$

Коефіцієнт змінного фону ($t_{\text{змп}}$):

$$t_{\text{змп}} = t_{\text{зм}} \cdot K_{\text{ес}}, \text{ год.},$$

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

$K_{\text{ес}}$ – коефіцієнт внутрішньої змінної продуктивності використання робочого часу. Він в свою чергу розраховується як:

$$K_{\text{ес}} = \frac{\sum_{i=1}^e q_i}{100}$$

де e – кількість регламентованих додаткових витрат часу, в відсотках від оперативного часу;

q_i – тривалість внутрішньо-змінних регламентованих додаткових витрат часу, у відсотках від оперативного часу.

Таблиця 3.1

Частка внутрішньозмінних додаткових перерв, виражена у відсотках від оперативного часу.

Категорія внутрішньозмінних додаткових витрат (e)	Додаткові витрати часу (q_i) при агрегатно-потоківій організації
---	--

	виробництва
Підготовчо-завершальна робота	5,0
Обслуговування робочого місця	4,0
Перерви технологічні	4,0
Відпочинок та особисті потреби	10,0
Усього	23,0
Коефіцієнт продуктивного залучення робочого часу впродовж зміни $K_{вз}$	0,77

$$T_{змп} = 8 \cdot 0,77 = 6,16$$

Таблиця 3.2

Показники робочого фонду часу

Термін	Показники			
	Номінальні		Розрахункові	
	діб	годин	діб	годин
зміна	-	8	-	6,16
доба	1	24	1	18,48
місяць	21,67	520,08	20,92	386,6
рік	260	6240	251	4638,48

Розділ 4. Наукова частина

4.1 Аналітичний огляд

У сучасному будівництві залізобетонні конструкції залишаються основним несучим елементом більшості споруд. Критичним параметром, що визначає їхню довговічність та несучу здатність, є міцність зчеплення між бетоном і арматурою. Згідно з даними Європейського комітету з бетону (fib), близько 23% відмов залізобетонних конструкцій пов'язані саме з недостатньою адгезією на межі розділу цих матеріалів.

Зчеплення арматури з бетоном є ключовим фактором, що забезпечує монолітність, несучу здатність, тріщиностійкість та довговічність залізобетонних конструкцій. Сучасний стан досліджень характеризується глибоким розумінням фізико-механічних процесів у зоні контакту, активним розвитком методів моделювання та експериментальних випробувань, а також пошуком інноваційних матеріалів та технологій.

Методи поліпшення зчеплення бетону з арматурою використовуються повсюдно в сучасному будівництві, оскільки саме це зчеплення забезпечує цілісність та несучу здатність залізобетонних конструкцій. Вони є невід'ємною частиною технологічного процесу на заводах з виготовлення збірного залізобетону, де виробляють плити перекриття, балки, колони та панелі, забезпечуючи швидкий набір міцності для подальшого безпечного транспортування та монтажу виробів. Особливо критичним є застосування цих методів у попередньо напружених конструкціях, де зчеплення передає основні робочі зусилля.

У монолітному будівництві, при зведенні фундаментів, стін та каркасів будівель безпосередньо на будівельному майданчику, надійне зчеплення гарантує здатність споруди витримувати всі експлуатаційні навантаження, включаючи вітрові та сейсмічні. В об'єктах транспортної інфраструктури та гідротехнічних спорудах, таких як мости, тунелі чи дамби, де конструкції піддаються впливу агресивних середовищ та динамічних навантажень,

використання спеціальних покриттів арматури або високоміцних бетонів допомагає запобігти корозії та подовжити термін служби споруд.

Нарешті, ці методи активно застосовуються під час ремонту та реконструкції існуючих будівель. Тут використання адгезійних складів та ремонтних сумішей дозволяє відновити несучу здатність пошкоджених елементів, забезпечуючи міцне зчеплення нового ремонтного шару зі старим бетоном та існуючою арматурою. Отже, застосування методів поліпшення зчеплення є універсальною та обов'язковою практикою в усьому сучасному будівництві, де використовуються залізобетонні конструкції.

Для заводу, що спеціалізується на виготовленні залізобетонних плит ПНС-10, тема методів поліпшення зчеплення бетону з арматурою є критично актуальною і має пряме практичне та економічне обґрунтування.

По-перше, забезпечення високої та стабільної якості зчеплення є фундаментальною вимогою будівельних норм та стандартів. Це гарантує відповідність продукції необхідним сертифікаційним вимогам і підвищує її конкурентоспроможність на ринку. Якісне зчеплення мінімізує ризик виникнення дефектів, таких як тріщини, відшарування або надмірні прогини, під час транспортування, монтажу та експлуатації плит. Це, своєю чергою, суттєво знижує кількість рекламаций та повернень від замовників, зміцнюючи репутацію виробника.

По-друге, актуальність теми пов'язана з оптимізацією виробничих процесів та витрат матеріалів. Ефективне використання міцнісних характеристик арматури та бетону завдяки покращеному зчепленню дозволяє, наприклад, оптимізувати довжину анкерування арматурних стрижнів. Це потенційно веде до економії металу — однієї з основних статей витрат у виробництві ЗБВ. Крім того, надійні та прогнозовані характеристики зчеплення дозволяють дотримуватися чітких технологічних карт та прискорювати процес виробництва, зокрема, швидше проводити розпалубку виробів без ризику їх пошкодження, що підвищує загальну продуктивність заводу.

По-третє, дослідження інноваційних методів поліпшення зчеплення відкриває перед підприємством можливість для впровадження нових технологій та розширення асортименту продукції. Якщо завод планує перехід на використання сучасних матеріалів, таких як композитна арматура або високоміцні бетони, глибоке розуміння та контроль параметрів зчеплення стає необхідною умовою забезпечення надійності нових виробів. Це дозволяє розробляти та виробляти плити для особливих умов експлуатації, наприклад, в агресивних середовищах або з підвищеними вимогами до навантажень, що відкриває нові ринкові ніші.

4.2 Наукова (теоретична) частина

Методи поліпшення зчеплення бетону з арматурою поділяються на конструктивні, матеріалознавчі та технологічні підходи. Основним і найпоширенішим конструктивним методом є використання арматури періодичного профілю, тобто ребристих стрижнів, які створюють механічне зачеплення з бетоном, що значно перевершує просту адгезію гладкої арматури. Додаткові конструктивні рішення включають зміну форми кінців стрижнів, наприклад, використання гаків або анкерних пластин, що підвищує надійність анкерування.

Матеріалознавчі методи зосереджені на характеристиках самого бетону та поверхні арматури. Застосування високоміцних та щільних бетонів, досягнутих завдяки використанню ефективних пластифікаторів та низького водоцементного співвідношення, природним чином покращує адгезію та міцність контактної зони. Також використовуються спеціальні покриття арматури, наприклад, епоксидні або полімерні склади, які можуть як захищати метал від корозії, так і покращувати зчеплення, особливо для композитної арматури, що має гладку поверхню.

Технологічні підходи включають використання фібробетону, де додавання дисперсних волокон (сталевих, полімерних) запобігає утворенню мікротріщин навколо арматури, опосередковано покращуючи умови зчеплення.

Крім того, на виробництві важливим є дотримання технології ущільнення бетонної суміші, щоб забезпечити повне обтікання арматурних стрижнів бетоном без утворення раковин чи пустот, що є критичним для формування міцного та однорідного контакту.

4.3 Науково-практична (прикладна) частина

У своїй науковій роботі Ю.Р. Ал-Хаварі [1] розглядає одну з ключових проблем сучасного будівництва — недостатню міцність зчеплення між бетонною матрицею та арматурою в залізобетонних конструкціях. Автор досліджує можливості підвищення адгезії шляхом модифікації поверхні композитної арматури спеціальним полімерним покриттям. Метою дослідження є підвищення ефективності спільної роботи арматури та цементного каменю, що дозволяє збільшити міцність та довговічність армованого бетону.

Для експериментальних досліджень було використано склопластикову композитну арматуру, яка відрізняється низькою масою, високою корозійною стійкістю та значною міцністю на розтяг [1]. На поверхню арматури наносилось модифіковане полімерне покриття з високими адгезійними властивостями. Як бетонну матрицю застосовували бетон марки 400 (М400), що відповідає класу бетону С30/37, тобто має проектну міцність на стиск близько 40 мегапаскалів (МПа).

Зразки виготовляли у вигляді кубів розміром 150×150×150 міліметрів із закладеною арматурною вставкою діаметром 10 міліметрів, зануреною на глибину 10 сантиметрів. Для оцінки міцності зчеплення використовувався метод “pull-out” (випробування на висмикування), який є стандартним підходом у визначенні адгезійної здатності арматури до бетону. Було сформовано три серії зразків: контрольна група без будь-якого покриття, серія з пісковим покриттям і серія з полімерною композицією [1].

Таблиця 4.1

Результати оцінки тріщин, утворених при випробуванні балок на згин

Маркування балки	№ тріщини	Навантаження		Ширина		Довжина		Характер тріщини
		утворення	0,7 мм	хв	max	хв	max	
СПА	1	15	67	0,04	1,1	142	202	нормальна
	2	15	53	0,04	1,2			нормальна
	3	17	59	0,09	1,4	148	186	нормальна
	4	23	57	0,25	3	154	195	похила
	5	27	71	0,08	1,1	162	210	похила
	6	49	73	0,07	0,9	106	194	нормальна
БПА	1	17	85	0,05	0,73	136	189	нормальна
	2	17	79	0,05	0,75	132	198	нормальна
	3	19	85	0,05	0,75	126	186	нормальна
	4	19	85	0,07	0,74	121	209	нормальна
	5	21	85	0,09	0,66	147	181	нормальна
	6	27	74	0,05	0,93	131	197	похила
	7	27	72	0,05	1,1	104	202	похила
	8	43	80	0,08	0,3	157	196	похила

Результати дослідження показали суттєві відмінності між групами. Контрольні зразки без покриття продемонстрували межу міцності на зчеплення близько 13,2 МПа, що є типовим значенням для гладкої композитної арматури. Зразки з пісковим покриттям забезпечили підвищення цього показника до 15,6 МПа, що свідчить про часткове покращення механічної адгезії. Однак найкращі результати показали зразки з модифікованим полімерним покриттям — міцність зчеплення досягла 20,5 МПа, що становить приріст приблизно 55% у порівнянні з контрольними [1].

З практичної точки зору, застосування такого покриття може бути реалізоване на виробничих підприємствах залізобетонних виробів без

необхідності суттєвого переоснащення технологічних ліній. Це робить методику придатною для масового впровадження у виробництві конструкцій із композитною арматурою, особливо для мостових, промислових і гідротехнічних споруд, де проблема корозії та втрати адгезії має особливе значення.

У дослідженні, проведеному Мазураком Р.А. [2], розглядається вплив додавання мікроармуючих волокон (фібри) до бетонної суміші на міцність зчеплення сталевих арматур з цементною матрицею. Метою дослідження було оцінити ефективність різних типів фібри, які додаються до бетонної суміші, у підвищенні зчеплення між сталевими арматурами та цементним каменем. Як арматуру використовували гладкий сталевий стрижень діаметром 12 міліметрів, що є типовим для конструкцій загального призначення.

У роботі було використано два типи фібри: поліпропіленову фібру, яка є синтетичним волокном з високою хімічною стійкістю, і сталеву фібру, яка має кращі показники пружності та жорсткості. Дослідження проводилося з використанням трьох концентрацій фібри в бетонній суміші: 0% (контрольна група), 0,5% та 1% від маси цементу [2].

Бетонні зразки виготовлялись із зануреною арматурою, після чого проводились випробування методом "pull-out" (висмикування), що дозволяє визначити граничне зусилля, необхідне для висмикування арматури з бетонної матриці. Саме це зусилля і є основним індикатором ефективності зчеплення.

Результати експерименту показали, що додавання фібри забезпечує підвищення зчеплення на 15–20% у порівнянні з контрольними зразками без волокон. Найбільший ефект було досягнуто при використанні сталевих фібри у концентрації 1%, що обумовлено її кращими механічними властивостями у порівнянні з поліпропіленовою. Також було відзначено покращення тріщиностійкості та рівномірності структури цементного каменю, що позитивно позначається на загальній міцності зразків [2].

Середній показник дотичних напружень при анкеруванні на довжину, що дорівнює 10 діаметрам арматури, становив 13,10 мегапаскалів (МПа) для

звичайного бетону і 15,41 МПа для зразків із додаванням фібри, що свідчить про підвищення ефективної площі зчеплення (рис.4.1).

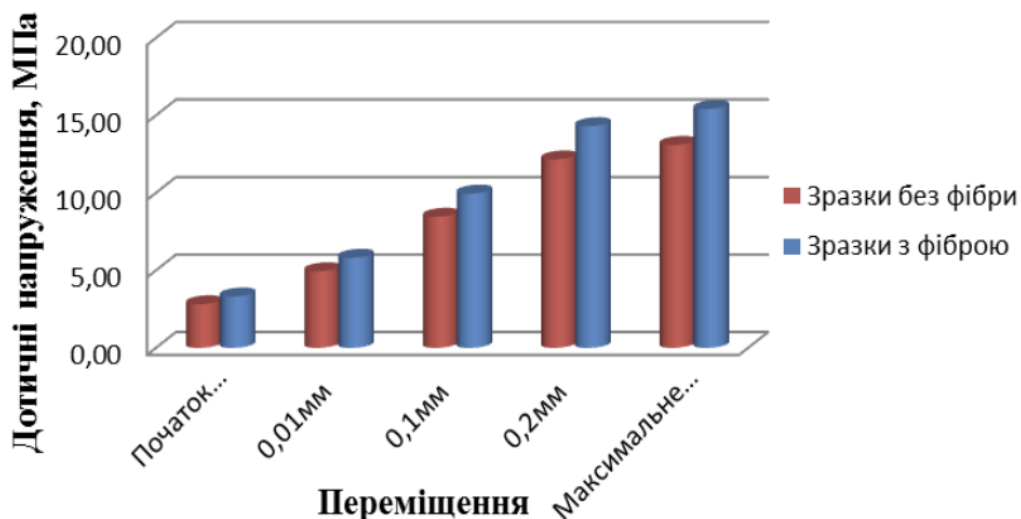


Рис. 4.1 Середня значення дотичних напружень при 80мм анкерування арматури

При довжині 15 $\varnothing$ анкерування максимальне середнє значення дотичних напружень склало: для бетонних зразків 8,87МПа, а для зразків із фібробетону 10,68МПа (рис.4.2).

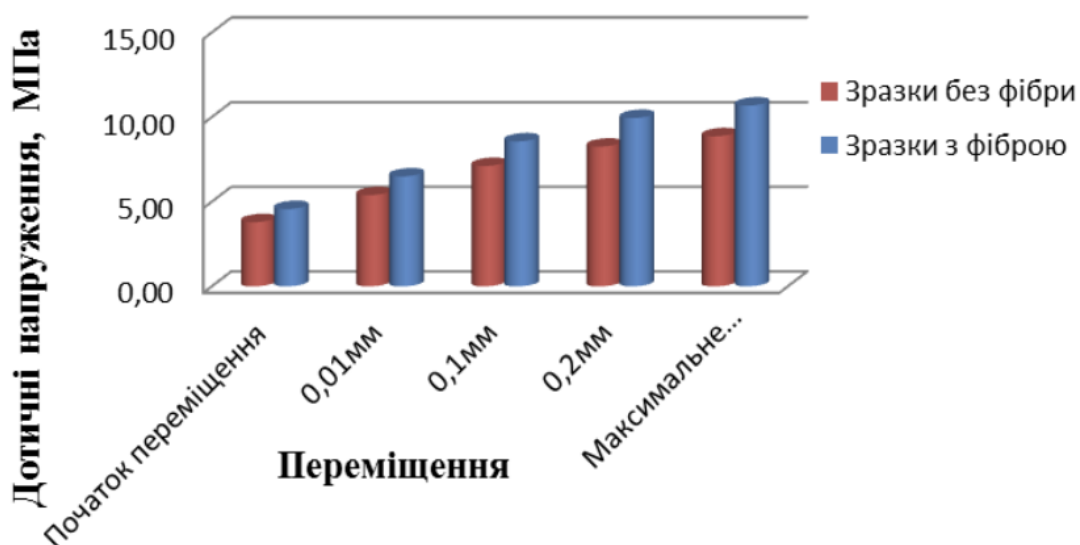


Рис. 4.2 Середня значення дотичних напружень при 120мм анкерування арматури

При довжині 20Ø анкерування максимальне середнє значення дотичних напружень склало: для бетонних зразків 6,67МПа, а для зразків із фібробетону 8,38МПа (рис. 4.3).

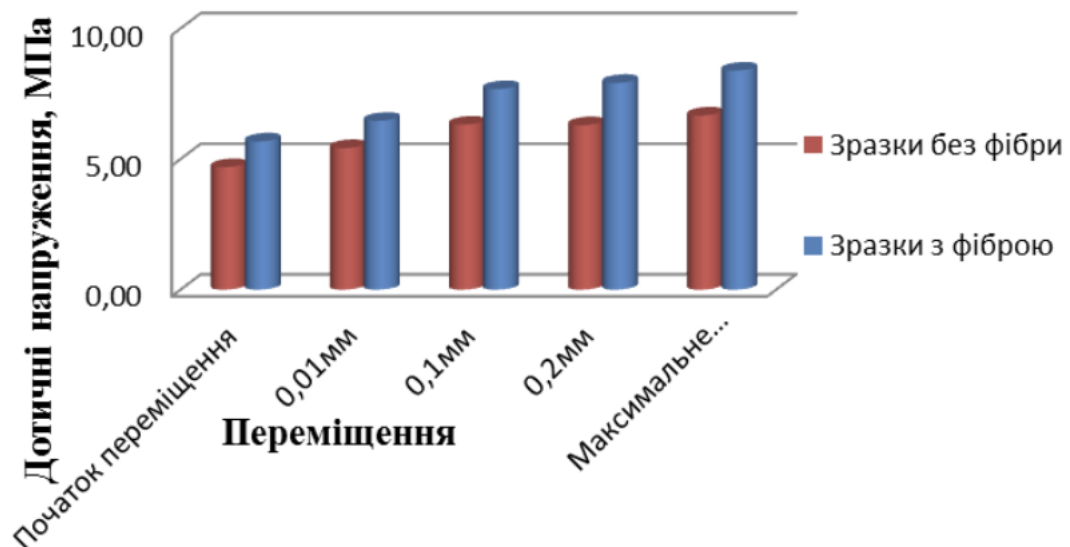


Рис. 4.3 Середня значення дотичних напружень при 160мм анкерування арматури

У статті, опублікованій авторами R. Ghamarpoor, M. Feizi та S. M. R. Shadnia [3] представлені результати дослідження, присвяченого покращенню зчеплення між композитною арматурою з армованого скловолокном полімеру (GFRP — Glass Fiber Reinforced Polymer) та бетонною матрицею. Основною метою дослідження було посилення інтерфейсної адгезії між арматурою й бетоном за допомогою спеціальної хімічної модифікації епоксидного клею.

Як основну в'язучу речовину для приклеювання арматури до бетону було використано епоксидну смолу, до складу якої вводили нанодисперсний діоксид кремнію (SiO_2) — нанокремнезем. Особливістю методики є попередня хімічна обробка частинок кремнезему за допомогою гліцидилпропілтриметоксисилану (GPTMS). Ця обробка забезпечує

формування активних функціональних груп на поверхні SiO_2 , що сприяють покращенню зв'язку з епоксидною смолою та елементами бетону [3].

Методика експерименту включала виготовлення трьох серій зразків: перша — без модифікатора, друга — з додаванням необробленого нанокремнезему, третя — з SiO_2 , модифікованим GPTMS (рис.4.4). Усі зразки проходили випробування на висмикування арматури з бетону (pull-out test), а також мікроскопічний та спектроскопічний аналізи: SEM (скануюча електронна мікроскопія), XPS (рентгенівська фотоелектронна спектроскопія) та FTIR (інфрачервона спектроскопія з перетворенням Фур'є).

Результати дослідження продемонстрували суттєве покращення зчеплення між GFRP-арматурою та бетоном. Зокрема, застосування модифікованого GPTMS нанокремнезему в епоксидному клеї дозволило підвищити міцність зчеплення на 130% у порівнянні з немодифікованими зразками. SEM-аналіз підтвердив глибше проникнення клею в мікропори GFRP, що забезпечує щільнішу контактну зону. Додатково, за результатами XPS було встановлено наявність сильних хімічних зв'язків між армуючим матеріалом, клеєм і цементною матрицею.

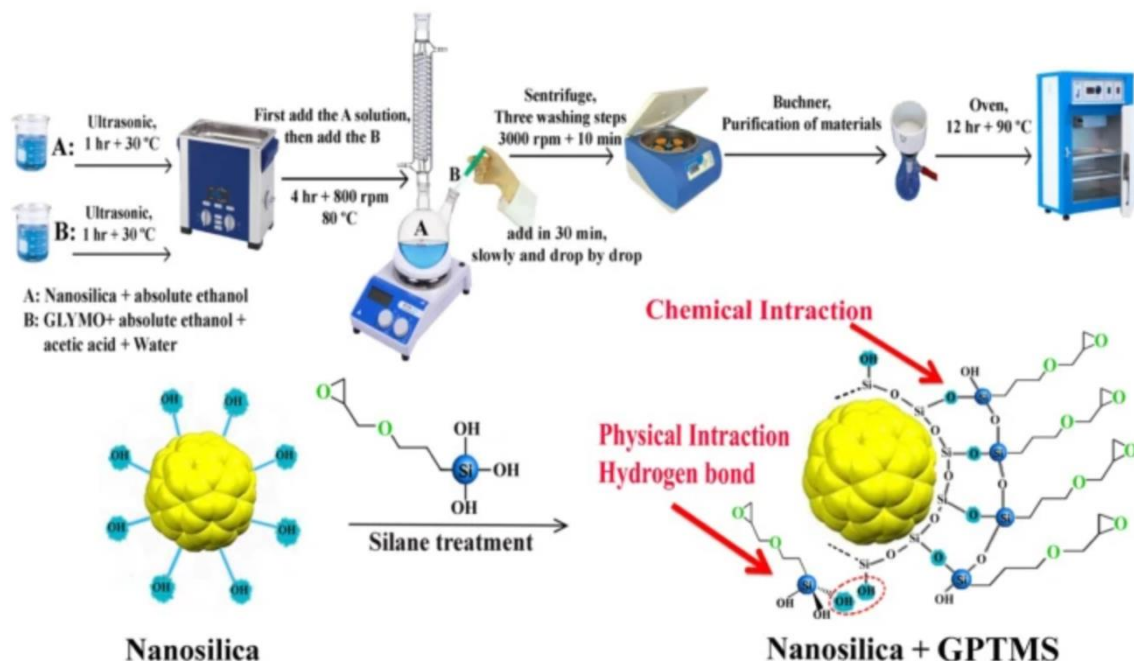


Рис. 4.4 Процес обробки поверхні пірогенного діоксиду кремнію методом GPTMS.

На основі проведеного аналітичного огляду наукових публікацій та порівняння різних методів підвищення адгезії в системі «бетон – арматура» було встановлено, що серед розглянутих підходів найбільш ефективним та придатним для впровадження у виробництво залізобетонних ребристих плит перекриття типу ПНС-10 є застосування сталеві фібри як мікроармувального компоненту бетонної суміші.

Дослідження другої статті виявило, що додавання фібри у бетонну суміш помітно збільшує міцність зчеплення сталеві арматури з цементною матрицею. Особливо вагомий ефект було отримано саме для сталеві фібри, яка забезпечила збільшення граничних дотичних напружень анкерування з 13,10 МПа (звичайний бетон) до 15,41 МПа. Також встановлено, що стальва фібра значно підвищує тріщиностійкість та забезпечує більш рівномірний розподіл напружень у зоні контакту «арматура – бетон». Ефект від її застосування перевищує показники поліпропіленові фібри, яка хоч і покращує структуру бетону, але не забезпечує такого приросту адгезійної міцності.

Цей метод:

- забезпечує приріст міцності зчеплення до 15–20%;
- значно підвищує тріщиностійкість та рівномірність структури бетону;
- не потребує модифікації арматури або використання спеціальних покриттів;
- може бути впроваджений без зміни виробничої лінії;
- відповідає технології попереднього напруження ребристих плит;
- є економічно виправданим для масового виготовлення конструкцій.

Розділ 5. Організація виробництва конструкцій

5.1 Технологічні процеси та операції

Виробництво попередньо-напружених ребристих плит перекриття ПНС-10 здійснюється на агрегатно-потоковій лінії та включає комплекс послідовних операцій: підготовку арматури та форм, натяг стрижньової арматури гідродомкратами, приготування бетонної суміші класу C12/15 з додаванням сталевих мікрофібри, укладання суміші у форми з подальшим ущільненням, теплову обробку виробів та їхнє розформування, контроль якості та складування готових плит. Усі операції виконуються із застосуванням механізованого та автоматизованого обладнання, що забезпечує стабільність технологічного процесу, високу якість та відповідність виробів вимогам нормативної документації.

Приготування бетонної суміші

Бетонна суміш класу C12/15 (марка бетону M200) готується в бетонозмішувальному цеху у примусовому двохвальному бетонозмішувачі БП-500 виробництва 4BUILD. До складу суміші входять цемент, дрібний та крупний заповнювач, вода та сталеві мікрофібри, яка рівномірно вводиться на етапі змішування для покращення структури бетону й підвищення межі зчеплення

з

арматурою.

Компоненти дозуються автоматичними ваговими дозаторами (дозатор піску, щебеню, цементу, води), після чого подаються до бетонозмішувача стрічковими транспортерами або шнековими подавачами. Готова бетонна суміш транспортується до формувального цеху за допомогою бетонодозавального ковша або мобільного бетоноукладального обладнання.

Використовуване обладнання: примусовий бетонозмішувач БП-500; вагові дозатори інертних та зв'язувальних матеріалів; стрічковий конвеєр або

шнековий подавач; бетонороздавальний ківш; аспіраційна система для видалення пилу.

Виготовлення арматурних виробів

Арматурний цех забезпечує підготовку робочої та конструктивної арматури для армування плит ПНС-10. Використовується стрижнева гарячекатана арматурна сталь класу А500С згідно з ДСТУ 3760:2019. Технологічні операції включають розмотування арматури з бухт або подання стрижнів, різання заготовок на арматурорізальних верстатах, правку сталі на верстатах ВПГ-25, гнуття елементів згідно з робочими кресленнями на гнутильних верстатах G-40, складання та приварювання конструктивних елементів відповідно до ДСТУ EN ISO 17660-1:2015.

Підготовка форм та арматурних елементів

Перед формуванням плит ПНС-10 металеві форми проходять очищення від залишків бетону, огляд та змашування спеціальними емульсіями для запобігання прилипанню бетону. Підготовка арматури включає різання стрижнів потрібної довжини, правку, очищення робочої поверхні, монтаж арматурних каркасів та встановлення закладних елементів. Арматура класу А500С укладається відповідно до робочих креслень.

Використовуване обладнання: арматурні верстати для різання та правки сталі; зварювальні установки для складання каркасів; механізми для очищення форм; установки для нанесення розділювальної емульсії.

Формування бетонних виробів

Після встановлення арматурного каркасу у форму виконується натяг поздовжньої арматури гідродомкратами. Стрижні фіксуються відповідно до передбаченого технологічним процесом способу, після чого здійснюється укладання бетонної суміші. Розподілення суміші проводиться рівномірно по всій довжині форми, далі суміш ущільнюється віброплощадками чи глибинними вібраторами, що забезпечує видалення повітряних пор та досягнення необхідної щільності бетону. Поверхня виробу вирівнюється перед подачею на теплову обробку.

Використовуване обладнання: гідродомкрати для натягу арматури; пульти керування натягом; віброплощадки; глибинні вібратори; мостовий кран для переміщення бетонного ковша.

Теплова обробка

Після завершення формування плити переміщують у пропарювальні камери для прискорення твердіння бетону. Режим теплової обробки включає попередній прогрів, ізотермічну витримку та поступове охолодження відповідно до встановлених параметрів. Пропарювання дозволяє набрати розрахункову міцність бетону в короткі терміни та забезпечує рівномірність твердіння по всій товщині виробу.

Використовуване обладнання: пропарювальні камери; парогенератори; системи автоматичного регулювання температури та вологості.

Розформування, обробка та контроль якості

Після завершення теплової обробки плити розформовують, знімають технологічні напруження згідно з вимогами технологічної карти, очищують поверхню виробу, проводять замазування дрібних дефектів, шліфування та контроль геометричних параметрів. Вироби проходять технічний огляд, включаючи перевірку міцності бетону, положення арматури, якість поверхні та відповідність розмірів вимогам нормативів.

Використовуване обладнання: крани, навантажувально-розвантажувальні механізми; інструмент для фінішної обробки; контрольно-вимірювальні прилади.

Завершальні операції та складування

Вироби транспортуються на склад готової продукції, де розміщуються у штабелі в робочому положенні з використанням інвентарних прокладок між рядами. Ведеться облік продукції, проводиться маркування плит, а також підготовка виробів до подальшого відвантаження споживачам.

Використовуване обладнання: мостові або козлові крани; стропи та траверси для переміщення плит; інвентарні прокладки; транспортні засоби внутрішнього переміщення.

5.2 Характеристика матеріалів і комплектуючих

При виборі матеріалів для виготовлення попередньо напружених ребристих плит ПНС-10 застосовуються компоненти, що забезпечують необхідні експлуатаційні властивості та відповідають чинним нормативним документам. Усі матеріали приймаються відповідно до вимог ДСТУ, EN-стандартів та технічних умов виробників. Нижче наведено характеристику кожного з матеріалів з обґрунтуванням вибору.

В'язуча речовина — цемент

Для виготовлення бетонної суміші використовується портландцемент марки 400 згідно з ДСТУ Б В.2.7-46:2010.

Основні фізико-механічні показники цементу М400:

- Морозостійкість: Не менше 70 циклів (F70).
- Початок тужавлення: не раніше 60 хв.
- Кінець тужавлення: не пізніше 6 год.
- Марочна міцність на стиск (28 днів): 400 кгс/см² (≈ 40 МПа).
- Водонепроникність: висока

Характеристика бетону класу С12/15

Бетон класу С12/15 відповідає вимогам ДСТУ Б В.2.7-46:2010 [4].

Фізико-механічні властивості бетону С12/15:

- Середня щільність: 2200–2350 кг/м³
- Морозостійкість: F50–F100
- Водонепроникність: W2–W4
- Модуль пружності: ~ 17 – 19 ГПа
- Повітровтягування: 1–2%

Дрібний заповнювач (пісок)

Використовується природний річковий пісок відповідно до ДСТУ-Н Б В.2.7-175:2008 [5].

Основні показники:

- Насипна густина: 1450–1600 кг/м³

- Вміст глинистих і пилюватих часток: $\leq 3\%$
- Модуль крупності: 1,5–2,6
- Форма зерен: округла, з гладкою поверхнею

Крупний заповнювач (щебінь)

Застосовується природний кам'яний щебінь відповідної фракції 5–20 мм згідно з ДСТУ Б В.2.7-75-98 [6].

Показники:

- Марка за міцністю: не нижче М400
- Вміст пилюватих часток: $\leq 1\%$
- Насипна густина: 1400–1500 кг/м³
- Істинна густина: ~ 2600 кг/м³

Сталева мікрофібра

Використовується сталева мікрофібра згідно ДСТУ EN 14889-1:2022 [7].

Цей стандарт встановлює:

- геометричні параметри довжина 6–20 мм, еквівалентний діаметр 0,2–0,4 мм, співвідношення $L/d = 40–60$,
- допустимі відхилення $\pm 10\%$ по довжині, $\pm 0,02$ мм по діаметру,
- механічні властивості (міцність на розтяг > 1100 МПа),

Фібра вводиться в об'ємі 0,5–1% від маси цементу.

Характеристика арматури:

Гарячекатана:

- марки 35ГС $\varnothing 12$ (ГОСТ 5058-57);
- марки 35ГС $\varnothing 8$ (ГОСТ 5058-57);
- кругла $\varnothing 10$ (ГОСТ 380-60).

Холоднотягнута проволока $\varnothing 4$, $\varnothing 3$ (ГОСТ 6727-53).

Прокат марки Ст3 (ГОСТ 380-60)

5.3 Бетонозмішувальний цех

З метою забезпечення ефективної роботи бетонозмішувального відділення на проєктованому підприємстві необхідно виконати такі дії:

- визначити потребу в бетонній суміші на годину, зміну, добу та рік;
- розрахувати кількість бетонозмішувачів, необхідних для забезпечення виробничої програми;
- розробити поопераційний технологічний графік роботи обладнання;
- забезпечити приготування бетонної суміші, що відповідає вимогам конструкцій, які виготовляються.

Розрахунок кількості бетонозмішувачів, достатніх для покриття потреб виробництва в бетонній суміші, здійснюється у декілька етапів:

а) Тривалість одного циклу приготування бетонної суміші в змішувачі визначається сумарним часом виконання всіх операцій і розраховується за формулою:

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

де: t_1 – встановлена тривалість процесу перемішування компонентів, с;

t_2 – час, необхідний для завантаження складових матеріалів у змішувач;

t_3 – тривалість вивантаження готової бетонної суміші;

t_4 – проміжок часу, потрібний для повернення барабана після розвантаження у вихідне положення та підготовки до наступного циклу.

$$t_{\text{ц}} = 120 + 120 + 60 + 0 = 5, \text{ хв}$$

б) Кількість замісів бетонної суміші, яку змішувач може видати протягом однієї години роботи, визначають за формулою:

$$n_{3б} = 60 \cdot K_n / t_{\text{ц}}, \text{ шт.}$$

де: K_n – коефіцієнт нерівномірності роботи обладнання, що враховує технологічні перерви та коливання ритму виробництва; його значення зазвичай становить 0,6–0,8.

$$n_{3б} = 60 \cdot 0,8 / 5 = 9,6, \text{ шт.}$$

в) Продуктивність бетонозмішувача за одну годину роботи визначають за формулою:

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

де: V_6 – робочий об’єм барабана змішувача за завантаженням матеріалів, л;

K_v – коефіцієнт виходу бетонної суміші у щільному тілі.

Для нашого виробництва було обрано (або буде використовуватися) високоефективний бетонозмішувач примусової дії моделі БП-500, який оснащений містким барабаном загальним об’ємом 900 літрів.

$$P_{\text{год}} = \frac{900 \cdot 9,6 \cdot 0,67}{1000} = 5,79$$

Кількість бетонозмішувачів, необхідних для забезпечення річного обсягу випуску продукції, визначають залежно від потреби у бетонній суміші:

$$n_3 = \frac{P_{\text{max}}}{P_{\text{год}} \cdot T_{\text{річ.год}} \cdot K_{\text{и}}},$$

$$n_3 = \frac{20000}{5,79 \cdot 4638,48 \cdot 0,8} = 0,93$$

де: P_{max} – річна потреба у бетоні для виробництва плит, м^3 ;

$T_{\text{річ.год}}$ – річний фонд робочого часу, год;

$K_{\text{и}}$ – коефіцієнт річного використання обладнання (зазвичай 0,5–0,8).

Отримане значення заокруглюють у більшу сторону, приймаючи цілу кількість бетонозмішувачів, та передбачають один резервний агрегат.

Річна продуктивність бетонозмішувального цеху становить:

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

$$P_{\text{річ}} = 5,79 \cdot 4638,48 \cdot 0,93 = 24976,8, \text{м}^3.$$

Наведений поетапний графік виготовлення бетонної суміші у вигляді таблиці (табл.. 5.3.1).

Відомості про устаткування в цеху бетонозмішування містяться в таблиці 5.3.2.

Таблиця 5.3.1

Технологічний графік процесу виробництва бетонної суміші

Процес	Операція	Обладнання	Робочі		Термін операції с.	Поточний час с.				
			Професія	Кількість		60	120	180	240	300
Виготовлення 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	60					
Усього					300					

Таблиця 5.3.2

Перелік устаткування бетонозмішувального цеху

Відділення	Марка обладнання	Кількість	Продуктивність, т/год	Електрична потужність, кВт	Витрати стиснутого повітря, м3 /хв
Надбункерне	Пневматичний гвинтовий насос НПВ-36-2	1	36	30	18
	Стрічковий конвеєр ТК-3	1	100	5	
Дозаторне	Дозатор цементу АВДЦ-2000М	1			18
	Дозатор піску АВДИ-425М	1			
	Дозатор рідини АВДЖ-2400М	1			
	Дозатор щебеню 6.011.АД-1600- 2БЩ	1			
	Дозатор сталеві фібри MD-400 (Würschum GmbH)	1			
Змішувальне	Примусовий бетонозмішувач БП-500 (4BUILD)	1			

5.4 Арматурний цех

Арматурний цех підприємства призначений для виготовлення арматурних виробів, що використовуються у виробництві попередньо-напружених ребристих плит перекриття ПНС-10. Цех забезпечує повний технологічний цикл підготовки арматури — від розмотування стрижнів та дроту до складання, зварювання арматурних елементів, встановлення їх у форми та виконання операцій попереднього натягу.

До складу арматурного цеху входять такі ділянки:

1. Ділянка приймання та зберігання арматури
2. Ділянка різання стрижнів
3. Ділянка правки й гнуття
4. Зварювальна ділянка (виготовлення каркасів та сіток)
5. Ділянка заготовки напружуваної арматури
6. Ділянка встановлення арматури у форми
7. Стенд натягу (гідродомкратний комплекс)

Організація цеху відповідає вимогам ДСТУ-Н Б А.3.1-34:2016 [8].

Технологічний процес у арматурному цеху:

1. Приймання та сортування арматури

Арматурна сталь доставляється у прутках та бухтах і розміщується у стелажах або касетах. Здійснюється контроль сертифікатів, марки сталі та діаметрів.

2. Розмотування та різання стрижнів
3. Правка та гнуття стрижнів
4. Виготовлення арматурних хомутів і монтажних елементів

Дріт діаметром 4,3–5,5 мм гнеться і формується у хомути, монтажні рамки та розподільні елементи. Це забезпечує просторову жорсткість каркаса плити.

5. Зварювання арматурних вузлів і каркасів
6. Підготовка напружуваної арматури

7. Установка арматури у форму

8. Натяг арматури

Попереднє напруження проводиться гідравлічним домкратом з манометричним контролем зусилля.

Процес включає:

- встановлення домкратів;
- натяг стрижнів до розрахункової сили;
- фіксацію натягу на упорах;
- контроль подовження арматури;
- документування параметрів натягу.

Усе виконується відповідно до ДСТУ-Н Б А.3.1-34:2016 [8].

Процес виготовлення арматурних виробів відбивається у поопераційному графіку (табл..5.4.1).

Перелік устаткування арматурного цеху з його характеристика наведений в таблиці 5.4.2.

Таблица 5.4.1

Технологічний графік виробництва арматурних виробів

Процес	Операція	Обладнання	Робочі		Термін операції, хв.	Поточний час, хв.																			
			професія	кількість		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15					
Заготування	Очищення, правлення та різання арматури	Правильно-відрізна машина	Арматурник	2	5																				
	Зварювання каркасів	Машина для контактного точкового зварювання	Оператор	2	10																				
	Гнуття арматури	Станок для гнуття арматури	Арматурник	2	5																				
Усього					20																				

Таблиця 5.4.2

Устаткування арматурного цеху

Технологічний пост	Найменування обладнання	Кількість	Продуктивність	Електрична потужність
Заготування	Станок для нарізання арматурної сталі JBG-40B	1		2 кВт
	Правильно-відрізний станок GROST SCR 6-14	1		11 кВт
Зварювання	Підвісний зварний апарат МТПГ-150-2	2	80 м/хв	165 кВт·А

5.5 Формувальний цех

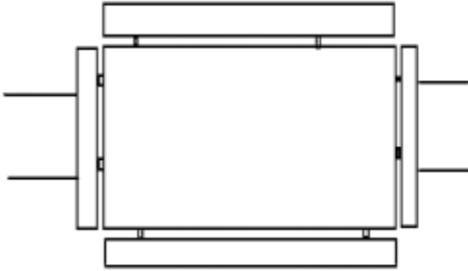
5.5.1 Поопераційний графік

Виготовлення залізобетонних плит агрегатно-потоковим методом забезпечує підвищення ефективності праці та збільшення масштабів випуску готової продукції. Крім того, цей метод створює умови для широкої автоматизування виробничих процесів і повної механізації, що сприяє раціональному використанню обладнання.

Послідовність необхідних операцій і оптимальні умови їх виконання визначаються у поопераційних нормалях (табл. 5.5.1.1-5.5.1.7). Вони містять план організації робочого місця із зазначенням розміщення обладнання, перелік матеріалів та кількісний склад персоналу. У розділі технічних умов подаються вимоги до технологічних режимів та допустимі межі їх відхилення. Нормалі також включають правила безпеки, послідовність виконання робіт із детальним описом кожної операції, показники трудомісткості, необхідний штат працівників, перелік обладнання, пристроїв, технічних засобів і вимоги до періодичності контролю.

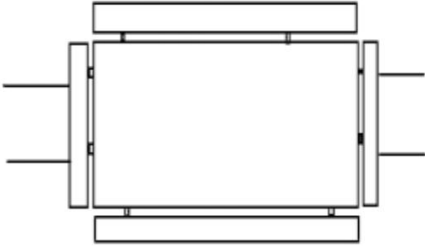
Таблиця 5.5.1.1

Поопераційна нормаль №1

Найменування операцій – розкриття форм						
I Схема організації робочого місця				II Технічні умови виконання		
				Борти форми повинні бути повністю розкритими та знаходитися у горизонтальному положенні		
				III Умови безпеки праці		
				Працівники мають знаходитися на безпечній відстані при опусканні бортів форми у горизонтальне положення		
IV Елементи операції	Виконавці			Трудомісткість, чол-хв.	Обладнання й інструмент	Контроль
	Кількість	Професія	Розряд			
1.Розкрити борти 2.Опустити борти	2	Формувальник	3	3,22	Гайковий ключ, кран	

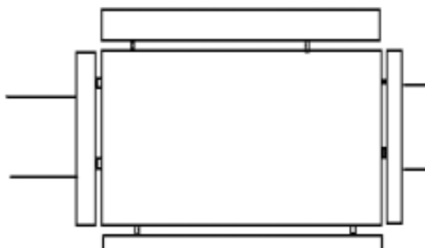
Таблиця 5.5.1.2

Поопераційна нормаль №2

Найменування операцій - Очищення форми						
I Схема організації робочого місця				II Технічні умови виконання		
				На поверхні форми не повинно бути залишків бетону		
				III Умови безпеки праці		
				Працівники повинні бути одягнені у спец. одяг, спец. взуття та працювати у захисних окулярах.		
IV Елементи операції	Виконавці			Трудомісткість, чол-хв.	Обладнання й інструмент	Контроль
	Кількість	Професія	Розряд			
1.Очистка форми вручну від залишків бетону 2.Збірка відходів у контейнер	2	Формувальник	3	3,05	Шкребки, металеві щітки	Візуально перевіряють наявність залишків бетону

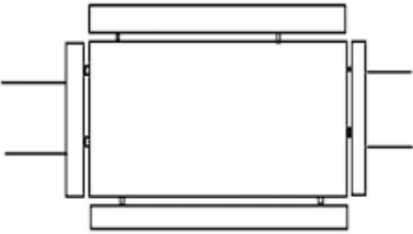
Таблиця 5.5.1.3

Поопераційна нормаль №3

Найменування операцій - Змащування форм						
I Схема організації робочого місця				II Технічні умови виконання		
				Форма має бути ретельно, повністю змащена		
				III Умови безпеки праці		
				Робітники мають бути одягнені у спец. одяг, рукавиці, працювати у захисних окулярах.		
IV Елементи операції	Виконавці			Трудомісткість, чол-хв.	Обладнання й інструмент	Контроль
	Кількість	Професія	Розряд			
1.Заправка розпилювача 2.Змащування форми	2	Формувальник	3	1,53	Розпилювач	Візуально перевіряють щоб не було ділянок поверхні не змащених маслом

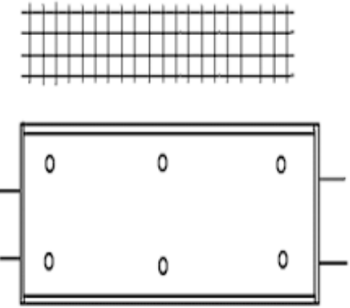
Таблиця 5.5.1.4

Поопераційна нормаль №4

Найменування операцій - Збирання форми						
I Схема організації робочого місця				II Технічні умови виконання		
				Борти форми повинні бути повністю закритими та знаходитися у вертикальному положенні		
				III Умови безпеки праці		
				Працівники мають знаходитися на безпечній відстані при підйманні бортів форми у вертикальне положення, бути одягнені у спец. одяг, рукавиці.		
IV Елементи операції	Виконавці			Трудомісткість, чол-хв.	Обладнання й інструмент	Контроль
	Кількість	Професія	Розряд			
1.Підймання бортів форми 2.Установлення їх у проектне положення 3. Закріплення за допомогою крану	2	Формувальник	3 4	4,24	Гайковий ключ кран	Контроль замків форми, наявності щілин між бортами та між бортами і піддоном, геометричн і форми

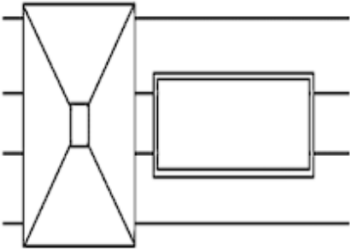
Таблиця 5.5.1.5

Поопераційна нормаль №5

Найменування операцій - Укладання арматури у форму						
I Схема організації робочого місця				II Технічні умови виконання		
				Сітки повинні встановлюватися згідно з проектом		
				III Умови безпеки праці		
				Робітники мають бути одягнені у спец. одяг, рукавиці, не знаходитися у зоні руху сіток.		
IV Елементи операції	Виконавці			Трудомісткість, чол-хв.	Обладнання й інструмент	Контроль
	Кількість	Професія	Розряд			
1.Підвезення краном арматури до робочого місця 2.Установка арматурних сіток у форму 3. Закріплення арматурних елементів	2	Формувальник	3 4	5,42	Мостовий кран	Контролюють розташування сіток

Таблиця 5.5.1.6

Поопераційна нормаль №6

Найменування операцій - Укладання бетонної суміші						
I Схема організації робочого місця				II Технічні умови виконання		
				Бетонна суміш повинна бути укладена так, щоб вона не розшаровувалась.		
				III Умови безпеки праці Робітники мають бути одягнені у спец. одяг, рукавиці, мають знаходитися на безпечній відстані від форми		
IV Елементи операції	Виконавці			Трудомісткість, чол-хв.	Обладнання й інструмент	Контроль
	Кількість	Професія	Розряд			
1. Керування бетоноукладачем з пульту керування 2. Подавання бетоноукладача до форми 3. Укладання бетонної суміші у форму бетоноукладачем та розрівнювання її по формі 4. установка бетоноукладача у вихідне положення	2	Машиніст формувального агрегату	4 3	8,48	Бетоноукладач, гладилки	Контроль за розшаруванням бетонної суміші, за заповненням бетонною сумішшю форми.

Таблиця 5.5.1.7

Поопераційна нормаль №7

Найменування операцій - Ущільнення та розрівнювання бетонної суміші						
I Схема організації робочого місця				II Технічні умови виконання		
				Бетонна суміш повинна ущільнитися та прийняти форму виробу		
				III Умови безпеки праці Робітники мають бути одягнені у спец. одяг, рукавиці, повинні знаходитися на безпечній відстані від віброплощадки		
IV Елементи операції	Виконавці			Трудомісткість, чол-хв.	Обладнання й інструмент	Контроль
	Кількість	Професія	Розряд			
1. Включення віброплощадки 2. ущільнення бетонної суміші вібрацією та розрівнювання по формі 3. Виключення віброплощадки	2	Формувальник, машиніст формувального агрегату	3	5,09	Віброплощадка, гладилки	Контроль ступеня ущільнення бетонної суміші, прийняттям нею форми виробу.

Таблица 5.5.1.8

Поопераційний графік формування конструкції

[illegible]

Таблиця 5.5.1.9

Структура та тривалість технологічних процесів

No	Найменування технологічних операцій	Робітники			Трудомісткість, чол.-хв.	Тривалість, професія розряд кількі хв.
		професія	розряд	кількість		
1	Розкриття пропарювальної камери	Формувальник	3 розряд	2	3,22	3
2	Вивантаження форм з виробами з пропарювальної камери	Формувальник	4 розряд	2	1,86	2
			3 розряд			
3	Розформування виробів	Формувальник	4 розряду	2	3,56	4
			3 розряд			
4	Обрізання кінців напруженої арматури електродуговим зварюванням	Електрозварник ручного зварювання	3 розряд	1	6,1	6
5	Виймання виробів із форм із подачею в зону охолодження або на візок	Формувальник	4 розряд	2	2,03	2
			3 розряд			
6	Замазування цементним розчином сколів, тріщин і торців виробів	Формувальник	3 розряд	2	3,05	3
7	Подача виробів на склад готової продукції	Формувальник	4 розряд	2	2,88	3
			3 розряд			

8	Очищення форм і бортоснастки	Формувальник	3 розряд	2	3,05	3
9	Змазування форм і бортоснастки	Формувальник	3 розряд	2	1,53	2
10	Установлення й збирання форм	Формувальни	4 розряд	2	4,24	4
			3 розряд			
11	Натягування стрижнів арматури гідродомкратом	Формувальник	4 розряд	2	12,88	13
			3 розряд			
12	Встановлення арматурних каркасів у форму з монтажем підйомних петель	Формувальник	4 розряд	2	5,42	5
			3 розряд			
13	Формування бетонної суміші з вирівнюванням та ущільненням вібрацією	Формувальник	4 розряд	2	8,48	8
			3 розряд			
14	Загладжування та вирівнювання відкритих поверхонь щойно відформованих виробів	Формувальник	3 розряд	2	5,09	5
15	Завантаження форм з виробами у пропарювальну камеру	Формувальник	4 розряд	2	2,2	2
			3 розряд			
16	Закриття пропарювальної камери	Формувальник	3 розряд	2	3,22	3
всього					68,81	68

5.5.2 Тижнево добовий графік

Склад робіт	Час, хв	14	26	210	270	454	466	480
Підготовчі роботи	14							
Обслуговування робочого місця	12							
Виріб 1-8	184							
Обід	60							
Виріб 7-14	184							
Обслуговування робочого місця	12							
Завершальні роботи	14							

5.5.3 Розрахунок потужності технологічної лінії

Планова добова кількість виробів однієї марки, що виготовляються на одній технологічній лінії:

$$N^3_{\text{вир}} = N^3 / T_{\text{річ}} \cdot n_{\text{зм}}$$

де N^3 – планована кількість конструкцій на рік, шт./рік

$T_{\text{річ}}$ – річний час роботи устаткування діб;

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

$$N^3 = 44248$$

$$T_{\text{річ}} = 251$$

$$n_{\text{зм}} = 3$$

$$N^3_{\text{вир}} = \frac{44248}{251 \cdot 3} = 58,76$$

Необхідна кількість технологічних ліній:

$$n_{\text{л}}^p = N^3_{\text{вир}} / N_{\text{вир}}$$

де $N^3_{\text{вир}}$ – планова кількість виробів на одну зміну;

$N_{\text{вир}}$ – кількість виробів в одну зміну згідно тижнево-добового графіку

$$N^3_{\text{вир}} = 58,76$$

$$N_{\text{вир}} = 14$$

$$n_{\text{л}}^p = \frac{58,76}{14} = 4,2$$

5.5.4. Розрахунок загального часу виготовлення планового об'єму продукції

Дійсна виробнича потужність у натуральних одиницях для виробів однієї марки розраховується за виразом:

$$N_{il} = N_{\text{вир}} \cdot n_{\text{зм}} \cdot n_{\text{лр}} \cdot T_{\text{річ}},$$

де $N_{\text{вир}}$ – кількість виробів в одну зміну згідно тижнево-добового графіку;

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

$n_{\text{лр}}$ – кількість технологічних ліній;

$T_{\text{річ}}$ – річний фонд часу роботи устаткування, днів

$$N_{\text{вир}} = 14$$

$$n_{\text{зм}} = 3$$

$$n_{\text{лр}} = 4$$

$$T_{\text{річ}} = 251$$

$$N_{il} = 14 \cdot 3 \cdot 4 \cdot 251 = 42168$$

Фактичний річний показник виготовлення виробів одного типу (за кількістю використаного бетону) визначають як:

$$P_i = N_{il} \cdot V_{\text{вир}}, \text{ м}^3,$$

де N_{il} – реальна виробнича потужність однієї технологічної лінії в натуральних одиницях виробів;

$V_{\text{вир}}$ – об'єм виробу, м³

$$N_{il} = 42168$$

$$V_{\text{вир}} = 0,565 \text{ м}^3$$

$$P_i = 42168 \cdot 0,565 = 23824$$

З огляду на те, що використання 4 технологічних ліній не дає змоги досягти планованого рівня потужності, збільшуємо їх кількість до 5.

$$N_{\text{вир}} = 14$$

$$n_{\text{зм}} = 3$$

$$n_{лр} = 5$$

$$T_{річ} = 251$$

$$N_{il} = 14 \cdot 3 \cdot 5 \cdot 251 = 52710$$

Фактичний річний об'єм виготовлення одного виду виробів (по об'єму бетону) розраховується як:

$$P_i = N_{il} \cdot V_{\text{вир}}, \text{ м}^3,$$

де N_{il} – реальна виробнича потужність однієї технологічної лінії в натуральних одиницях виробів;

$V_{\text{вир}}$ – об'єм виробу, м³

$$N_{il} = 52710$$

$$V_{\text{вир}} = 0,565 \text{ м}^3$$

$$P_i = 52710 \cdot 0,565 = 29781,15$$

Розділ 6. Складське господарство

6.1 Розрахунок потреби в компонентах й комплектуючих

Таблиця 6.1.1

Відомість в потребі компонентів бетону

Компонент	Одиниця виміру	Потреба		
		1 кг/м ³	змiна	доба
цемент	кг	260	9273	27817
пісок	кг	730	26054	78109
щебінь	кг	1050	37450	112349
вода	л	155	5530	16584
Сталева мікрофібра	кг	2,6	93	278

Таблиця 6.1.2

Відомість в потребі бетону

Клас бетону	Потрібна кількість за одну годину, м ³	Потрібна кількість на одну зміну, м ³	Потрібний добовий обсяг, м ³	Потрібний річний обсяг, м ³
C12/15	5,79	35,67	107	26857

Таблиця 6.1.3

Перелік потреби в арматурній сталі

Арматурна сталь	Потреба у арматурній сталі, кг			
	у зміну	у добу	у місяць	на рік
гарячекатана сталь періодичного профілю марки 35ГС, зміцнена витягуванням на 35%, Ø 12	742	2226	46568	558726
гарячекатана сталь 35ГС Ø 8	322	966	20209	242466
сталева кругла арматура ст.3 Ø 10	196	588	12301	147588
холоднокатаний дрiт Ø 4 сітка	301	903	18891	226653
холоднокатаний дрiт Ø 3 сітка	385	1155	24163	289905

прокат марка ст.3	336	1008	21087	253008
-------------------	-----	------	-------	--------

6.2 Склади в'язучих

Ключовим параметром складу є його місткість, яка визначається:

$$V = \text{Ц}_\text{д} \cdot n \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 / \text{Пв}, \text{ м}^3$$

де $\text{Ц}_\text{д}$ - витрата в'язучого даного виду і марки на добу, кг; (27817)

n - нормативний запас збереження в'язучого (приймаємо 10 діб);

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

K_2 - коефіцієнт нерівномірності споживання в'язучого, дорівнює 1,3;

K_3 - коефіцієнт можливих утрат в'язучого при розвантаженні, рівний 1,04;

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

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

Пв - густина в'язучого в насипному стані, приймається 1000 кг/м³.

$$V = 27817 \cdot 10 \cdot 1,1 \cdot 1,3 \cdot 1,04 \cdot 0,943 \cdot 0,9 / 1000 = 351,1 \text{ м}^3$$

З урахуванням розрахованого запасу цементу на складі обираємо силос СЦ-100 української компанії 4build з ємністю 100 т. у кількості 4 штук. Діаметр силосу складає 2400 мм.

6.3. Склади заповнювачів

Рішення щодо вибору типу складу для зберігання заповнювачів приймається з урахуванням його техніко-економічних характеристик.

Доставка дрібних та крупних заповнювачів на підприємство передбачається автомобільним транспортом.

Склад для зберігання крупного заповнювача приймаємо комбінованого типу — інвентарний, автоматизований, закритий бункерний. Оскільки у виробництві передбачається використання крупного заповнювача лише однієї фракції, кількість відсіків складу становитиме 1.

Визначення параметрів складу крупного заповнювача проводиться за об'ємом матеріалу, який підлягає зберіганню:

$$V = \text{Щд} \cdot n \cdot K1 \cdot K2 \cdot K3 \cdot K4 / \text{Пз} , \text{ м}^3$$

де Щд – витрата крупного заповнювача у бетоні на добу, 112349 кг ;

n – нормативний запас збереження заповнювача (приймаємо 10 діб);

K1 - коефіцієнт нерівномірності надходження в'язучого на склад, рівний 1,1 для автомобільного транспорту;

K2 - коефіцієнт нерівномірності споживання в'язучого, дорівнює 1,3;

K3 - коефіцієнт можливих утрат в'язучого при розвантаженні, рівний 1,04;

K 4 - коефіцієнт використання технологічного устаткування, рівний 0,943;

Пз – щільність щебеню в насипному стані – 1450 кг/м³.

$$V = 112349 \cdot 10 \cdot 1,1 \cdot 1,3 \cdot 1,04 \cdot 0,943 / 1450 = 1086,6 \text{ м}^3$$

Зберігання дрібного заповнювача передбачається у комбінованому, інвентарному, автоматизованому закритому бункерному складі.

Основну характеристику складу дрібного заповнювача — його місткість — розраховують таким чином:

$$V = \text{Зд} \cdot n \cdot K1 \cdot K2 \cdot K3 \cdot K4 / \text{Пз} , \text{ м}^3$$

де Зд – витрата дрібного заповнювача у бетоні на добу, 78109 кг ;

n – нормативний запас збереження заповнювача (приймаємо 10 діб);

K1 - коефіцієнт нерівномірності надходження в'язучого на склад, рівний 1,1 для автомобільного транспорту;

K2 - коефіцієнт нерівномірності споживання в'язучого, дорівнює 1,3;

K3 - коефіцієнт можливих утрат в'язучого при розвантаженні, рівний 1,04;

K 4 - коефіцієнт використання технологічного устаткування, рівний 0,943;

Пз – щільність піску в насипному стані – 1600 кг/м³.

$$V = 78109 \cdot 10 \cdot 1,1 \cdot 1,3 \cdot 1,04 \cdot 0,943 / 1600 = 684,6 \text{ м}^3$$

Місткість, як основну характеристику складу сталевोї мікрофібри розраховують як:

$$V = M_d \cdot n \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 / P_z, \text{ м}^3$$

де M_d – витрата дрібного заповнювача у бетоні на добу, 278 кг ;

n – нормативний запас збереження заповнювача (приймаємо 10 діб);

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

K_2 - коефіцієнт нерівномірності споживання в'язучого, дорівнює 1,3;

K_3 - коефіцієнт можливих утрат в'язучого при розвантаженні, рівний 1,04;

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

P_z – щільність сталевोї мікрофібри в насипному стані – 2700 кг/м³.

$$V = 278 \cdot 10 \cdot 1,1 \cdot 1,3 \cdot 1,04 \cdot 0,943 / 2700 = 1,44 \text{ м}^3$$

6.4. Склади арматури і арматурних виробів.

Арматурні вироби зберігаються у спеціально обладнаних закритих складських приміщеннях, де забезпечено захист від корозії, механічних ушкоджень та забруднення. Уся арматурна сталь та виготовлені арматурні елементи повинні розміщуватись із чітким поділом за типом, маркою сталі та геометричними параметрами [18].

Зберігання готових арматурних виробів, таких як зварні сітки, монтажні петлі, закладні деталі тощо, організовується на спеціалізованих стелажах або в інвентарних контейнерах. Гранична допустима висота штабелювання арматурних сіток становить:

- 1,5 м — при горизонтальному способі зберігання;
- 4,0 м — при вертикальному розміщенні.

Площа складу для арматури й арматурних виробів визначається як сумарна площа зон, призначених для зберігання кожного виду продукції окремо. Розрахунок площі для певного типу арматури або арматурного виробу виконують залежно від необхідного об'єму зберігання та нормованої висоти укладання.

Площа складування певного виду арматурної сталі визначається як:

$$S_{ai} = N_{xp} \cdot K_n \cdot Q_c / P_i, \text{ м}^2$$

Де Q_c – добові витрати арматури цього виду;

K_n – поправковий коефіцієнт, який ураховує розширення складської площі за рахунок проходів при стелажному зберіганні арматури:

- За місткості складу до 500 т– 3;
- За місткості складу понад 500 т– 2;

N_{xp} – тривалість зберігання арматури на складі, 25 діб;

P_i – маса сталі, що припадає на 1 м². (10 кг)

Площа складування гарячекатана сталь періодичного профілю марки 35ГС, зміцнена витягуванням на 35%, Ø 12 визначається як:

$$S_{ai} = 25 \cdot 3 \cdot 2226 / 10 = 16,695 \text{ м}^2$$

Площа складування гарячекатаної сталі 35ГС Ø 8 визначається як:

$$S_{ai} = 25 \cdot 3 \cdot 966 / 10 = 7,245 \text{ м}^2$$

Площа складування сталеві круглої арматури ст.3 Ø 10 визначається як:

$$S_{ai} = 25 \cdot 3 \cdot 588 / 10 = 4,410 \text{ м}^2$$

Площа складування сітки Ø 4 визначається як:

$$S_{ai} = 25 \cdot 3 \cdot 903 / 10 = 6,7725 \text{ м}^2$$

Площа складування сітки Ø 3 визначається як:

$$S_{ai} = 25 \cdot 3 \cdot 1155 / 10 = 8,6625 \text{ м}^2$$

Площа складування прокату марки Ст3 визначається як:

$$S_{ai} = 25 \cdot 3 \cdot 1008 / 10 = 7,560 \text{ м}^2$$

Загальну площу складу обчислюють як суму всіх складових площ всіх видів арматурної сталі та готових арматурних виробів помножена коефіцієнт збільшення площі складу на проходи та проїзди – 1,5

$$S = (16,695 + 7,245 + 4,410 + 6,7725 + 8,6625 + 7,560) \cdot 1,5 = 51,345 \cdot 1,5 = 77 \text{ м}^2$$

Отже, площа складу арматури становить 77 м²

Характеристики складу :

- Потужність: 10,5 квт
- Кількість працюючих: 2 осіб

6.5. Склад готової продукції.

Площа складування готових виробів визначається як:

$$S = S_p \cdot T_{xp} \cdot K_1 \cdot K_2, \text{ м}^2$$

де S_p - площа, яку займає один виріб;

T_{xp} - нормативний запас збереження;

K_1 – коефіцієнт збільшення площі складу;

K_2 – коефіцієнт збільшення площі складу, який враховує проїзди й площу під коліями мостового крану, візків, а також площі для проїзду автомашин та під залізничні колії

$S_p - 9 \text{ м}^2$

$T_{xp} - 10$

$K_1 - 1,5$

$K_2 - 1,3$

210 виробів на добу

$$S = 210 \cdot 9 \cdot 10 \cdot 1,5 \cdot 1,3 = 36855 \text{ м}^2$$

6.6. Матеріально-технічні склади, склади комплектуючих елементів і допоміжних матеріалів.

Склад хімічних добавок

Хімічні добавки надходять на підприємство в стандартних контейнерах місткістю 200 л. Їхнє зберігання здійснюється відповідно до встановленої норми, яка становить 14 діб. Середньодобова потреба підприємства в таких добавках складає 0,5 контейнера, тобто приблизно 100 л.

Для визначення необхідної площі складу розраховується загальний обсяг добавок, який має зберігатися з урахуванням нормативного запасу. За умови нормативного запасу 14 діб обсяг становить:

$$V_{\text{добавок}} = 100 \text{ л} \times 14 = 1400 \text{ л.}$$

З урахуванням коефіцієнта проходів і проїздів $K = 1,3$ площа складу визначається як:

$$S_{\text{добавок}} = (1400 / 200) \times 1,3 \approx 9,1 \text{ м}^2.$$

Складське приміщення для мастильних матеріалів

Мастильні матеріали надходять у тарі місткістю 50 л. Нормативний термін зберігання також становить 14 діб. Добова витрата складає 4 ємності, що відповідає приблизно 200 л мастильних матеріалів.

Добовий обсяг споживання визначається як:

$$Q = 4 \cdot 50 = 200 \text{ л.}$$

З урахуванням нормативного запасу на 14 діб загальний обсяг матеріалу, що має зберігатися на складі, становить:

$$V_{\text{мастил}} = 200 \cdot 14 = 2800 \text{ л.}$$

Площа складу, необхідна для зберігання цієї кількості мастильних матеріалів, розраховується так:

$$S_{\text{мастил}} = (2800 / 50) \cdot 1,3 \approx 72,8 \text{ м}^2.$$

Загальна площа складів

- Площа складу хімічних добавок: 9,1 м²
- Площа складу мастильних матеріалів: 72,8 м²

Загальна площа складів становить:

$$S_{\text{загальна}} = 9,1 + 72,8 = 81,9 \text{ м}^2.$$

Організація та обладнання складів

Для забезпечення належних умов зберігання організовується окреме приміщення, в якому розташовуються герметичні контейнери з хімічними добавками та мастильними матеріалами. Контейнери встановлюються у два ряди, що дозволяє раціонально використовувати площу.

Приміщення обладнане:

- системою примусової вентиляції для підтримання стабільної температури 10–25 °С;
- металевими стелажми висотою до 1,5 м для розміщення ємностей;
- системою аспірації для видалення шкідливих парів;
- вибухозахищеними світильниками, що відповідають вимогам безпечної експлуатації.

Характеристики складу

- Електрична потужність: 0,5 кВт

Кількість персоналу: 2 працівники

Розділ 7. Лабораторія і контроль якості

«При виробництві збірних залізобетонних конструкцій обов'язково здійснюються такі види контролю:

- вхідний;
- операційний;
- приймальний.

За проведення цих видів контролю на підприємстві відповідають відділ технічного контролю та лабораторія.

Параметри матеріалів, процесів та виробів, що контролюються по кожному виду контролю подані в таблиці 3.12.

Таблиця 7.1

Організація виробничого контролю якості

Вид контролю	Параметри матеріалів, процесів та виробів, що контролюються	Виконавці
Вхідний	Перевірка відповідності вимогам нормативних документів сировини, матеріалів та напівфабрикатів	Лабораторія
Поопераційний	Контроль якості при виготовленні бетонних сумішей, мастик, змащувальних матеріалів, добавок	Лабораторія
	Контроль якості при виготовленні арматурних виробів та закладних елементів	Лабораторія, відділ технічного контролю (ВТК)
	Контроль якості при формуванні виробів	Лабораторія, ВТК
	Контроль ТО виробів	Лабораторія
Приймальний	Контроль якості готових виробів	ВТК, лабораторія
	Контроль складування готових виробів	ВТК

Відділ технічного контролю (ВТК) та лабораторія підприємства повинні бути забезпечені повним комплектом обладнання й контрольно-вимірювальних приладів, необхідних для виконання функцій з оцінки якості продукції та контролю відповідності технологічних процесів установленим нормам. Розміри приміщень цих підрозділів визначаються на основі чинних нормативів і

залежать від річного обсягу виробництва, який у нашому випадку становить 25 000 м³ залізобетонних виробів.

Відповідно до нормативних вимог, для забезпечення безперебійної роботи передбачається, що лабораторія повинна мати площу близько 100 м², що дозволяє розмістити необхідне обладнання, лабораторні стенди та забезпечити належні умови для випробувань. Площа відділу технічного контролю приймається на рівні 30 м², що забезпечує комфортні умови праці для персоналу та можливість організації робочих місць для перевірки документації, контролю технологічних процесів і ведення обліку.

З метою гарантування безпеки персоналу та забезпечення достовірності досліджень у лабораторії та підрозділах контролю якості встановлюються підвищені вимоги до організації охорони праці. Приміщення повинні бути оснащені засобами індивідуального захисту, включаючи захисні окуляри, рукавички, спецодяг та, за потреби, респіратори. Це є обов'язковою умовою при роботі з хімічними реагентами, лабораторними матеріалами та зразками бетону.

Усе лабораторне обладнання підлягає регулярній перевірці на справність і відповідність вимогам безпечної експлуатації, що запобігає ризику нещасних випадків і технічних відмов. Хімічні речовини та допоміжні матеріали повинні зберігатися у спеціальних шафах та контейнерах з чітким маркуванням. Після проведення випробувань персонал зобов'язаний здійснювати очищення робочих місць і правильно утилізувати відходи відповідно до встановлених інструкцій.

Працівники ВТК і лабораторії мають проходити обов'язкові інструктажі з охорони праці та бути ознайомленими з алгоритмами дій у разі аварійних ситуацій. Виконання цих вимог не лише забезпечує безпеку персоналу, але й гарантує високу точність контролю якості, що є критично важливим для стабільності та ефективності виробничого процесу.

Таблиця 7.2

Контроль якості технологічних операцій та виробів

Основні операції, що підлягають контролю	Комплектація робочих креслень, НД, карт	Стан формувального устаткування, вібраторів	Арматурні роботи	Зварювальні роботи	Установка й закріплення сіток, стріповочних петель, фіксаторів	Виготовлення бетонної суміші	Підготовка й змащення форм	Укладання бетонної суміші	Умови твердіння	Розпалубка. Підготовка до здачі продукції, складування
Склад контролю	Наявність технічної документації (НД, робочі креслення й ін.)	1. Коливання віброплощадки 2. Технічний стан устаткування	1. Марка сталі 2. Відповідність розмірів арматури робочим кресленням 3. Зварювання стрижнів і сіток 4. Антикорозійний захист	1. Механічна міцність 2. Розміри швів 3. Співвідношення стрижнів 4. Наявність дефектів	1. Відповідність робочим кресленням 2. захисний шар 3. Укладання лийовального шару 4. Положення арматурного каркаса	1. Точність дозування 2. Час перемішування 3. Консистенція 4. Температура	1. Відповідність форм проектним розмірам 2. Якість очищення й змащення форм 3. Якість емульсії	1. Товщина шару 2. Час віброупільнення 3. Щільність укладання 4. Міцність бетону 5. Об'ємна маса	Дотримання заданого тепло-вологісного режиму	1. Зовнішній вигляд 2. Наявність дефектів 3. Відповідність розташування виробів схемі складування
Місце контролю	Цех	Пости формовання й налягу. Лабораторія	Арматурний цех	Зварювальний пост. Лабораторія	Пост формування	Дозатори Бетонозмішувачі	1. Пост розпалубки 2. Місце збірки перед укладанням бетонної суміші . 3. Ємність	1—3. Пост формування 4—5. Лабораторія	Цех	Пост розпалубки, склад готової продукції
Метод і засоби контролю	Порівняння із проектом	Віброграф. Паспорт	1. Порівняння з еталоном 2. Випірювання рулеткою, лінійкою, штангенциркулем 3. Візуальний відбір проб і випробування	Відбір проб і випробування	Випірювання сталевим рулеткою, зірною лінійкою. Візуальний	1. Спостереження за приладами 2. Перевірка, тарування приладів 3. Відбір проб і випробування 4. Термометр	1. Випірювання рулеткою й рівнем 2. Огляд 3. Відбір проб випробування	1. Випір лінійкою 2. Секундомір 3. Щільномір 4—5. Відбір проб і наступне випробування	Прилади автоматизації й регулювання	1, 2. Візуальний 3. Сталева рулетка, схема
Періодичність і обсяг контролю	Раз на місяць і при виготовленні нової партії виробів	1. Щомісяця 2. Через 6 місяців кожний прилад	2 рази в зміну, вибірка	Раз на місяць 2—4. Постійно 1-4. Вибірка	Раз зміну. Вибірка	1. Раз у зміну 2. Кожний заміс 3. -4,2 рази в зміну й при новому складі суміші	1. Раз у квартал. Поштучно 2. Раз у зміну. Вибірка 3. Раз на місяць	1.2. Поштучно 3, 5. Раз у зміну. Партія 4, 5. Серія контрольних кубів	У проєкті обробки через 2 год. Партія в камері	1,2. Поштучно 3, 2 рази в зміну. Партія
Особа, що контролює операцію	Інженер ВТВ	1. Майстер ВТК 2. Механік . Енергетик	1-2. Майстер 3. Лаборант	1. Лаборант 2-4 майстер	Майстер, ВТК	1-4 Лаборант 2 Оператор	1. Майстер, ВТК 2. Майстер 3. Лаборант	1, 2. Майстер 3—5. Лаборант	Лаборант	Майстер Бригадир
Документ, у якому реєструються результати контролю	Журнал обліку документації	Журнали перевірки встаткування	Журнал арматурних робіт	Журнал зварювальних робіт	Акти на скзовані роботи	Журнал лабораторних випробувань	Журнал стану форм	Журнал лабораторних випробувань	Журнал теплової обробки	Журнал здачі готової продукції
Особа, відповідальна за забезпечення технології	Начальник ВТВ	Начальник ВТК, головний механік, головний енергетик	Начальник арматурного цеху	Начальник цеху	Начальник цеху	Зав. лабораторією, Начальник бетонозмішувального цеху	начальник цеху	Начальник цеху, зав. Лабораторією	Зав. лабораторією, начальник паросилового цеху	Начальник цеху

Характеристики виробу, що підлягають перевірці, та регламент проведення вихідного контролю.

Найменування контролюваного показника	Нормативний документ, що встановлює		Виконавці контролю та обсяг контролю
	технічні вимоги до показника якості	методи контролю й випробувань	
1) Показники міцності: - Клас бетону по міцності - Відпускна міцності бетону	ДСТУ Б В.2.6-2 ГОСТ 12767-80	ГОСТ 10180 ГОСТ 18105 ГОСТ 22690	Лабораторія (1 раз у зміну зразки-куби)
2) Лінійні розміри (геометрична точність) виробу	ДСТУ Б В.2.6-2 ГОСТ 12767-80	ДСТУ Б В.2.6-2	ВТК (не менш 2 виробів від партії при вибірковому контролі й кожний виріб при суцільному контролі)
3) Розташування строповочних петель	ДСТУ Б В.2.6-2 ГОСТ 12767-80	ДСТУ Б В.2.6-2	
4) Відхилення від прямолінійності (непрямолінійність) виробу	ДСТУ Б В.2.6-2 ГОСТ 12767-80	ДСТУ Б В.2.6-2	
5) Товщина захисного шару бетону	ДСТУ Б В.2.6-2 ГОСТ 12767-80	ДСТУ Б В.2.6-2	
6) Різниця довжин діагоналей	ДСТУ Б В.2.6-2 ГОСТ 12767-80	ДСТУ Б В.2.6-2	
7) Відхилення від перпендикулярності	ДСТУ Б В.2.6-2 ГОСТ 12767-80	ДСТУ Б В.2.6-2	ВТК (кожний виріб у партії протягом зміни)
8) Наявність і ширина розкриття тріщин	ДСТУ Б В.2.6-2 ГОСТ 12767-80	ДСТУ Б В.2.6-2	
9) Рівень потужності експозиційної дози зовнішнього гамма-випромінювання	РБН 356-91	РБН 356-91	
10) Якість структури бетону	ДСТУ Б В.2.6-2	ДСТУ Б В.2.6-2	

11)Наявність строповочних петель і виїмок, ступінь їхнього очищення від напливів бетону	ДСТУ Б В.2.6-2 ГОСТ 12767-80	ДСТУ Б В.2.6-2	
12) Цілісність і чистота поверхні виробів	ДСТУ Б В.2.6-2 ГОСТ 12767-80	ДСТУ Б В.2.6-2	
13) Морозостійкість бетону	ДСТУ Б В.2.6-2 ГОСТ 12767-80	ДСТУ Б В.2.7-48	Лабораторія (перед початком масового виробництва, при зміні технології виготовлення надалі не рідше 1 рази в 6 міс.)
14) Щільність важкого бетону	ДСТУ Б В.2.6-2 ГОСТ 12767-80	ГОСТ 12730.1	
15) Водопоглинення бетону	ДСТУ Б В.2.6-2 ГОСТ 12767-80	ГОСТ 12730.3	

Після проведення первинного контролю якості готові вироби за актом передаються працівниками відділу технічного контролю на склад готової продукції. Зберігання здійснюється у впорядкованому вигляді — за марками та партіями. Між виробами встановлюються дерев'яні інвентарні прокладки, мінімальний розмір яких має становити 60×40 мм. Оптимальним вважається використання прокладок із пиломатеріалів розміром 150×100 мм.

Прокладки розміщують строго по одній вертикальній лінії між рядами виробів на відстані близько 0,2 довжини виробу від кожного торця. Під нижній ряд виробів прокладки укладають на міцну, рівно підготовлену основу, при цьому їх ширина має бути не меншою ніж 80 мм.

**Розділ 8. Розрахунок потреби в електроенергії, стислому
повітрі, парі, воді**

Цех	Назва електроприймача	Кількість	Встановлена потужність кВт
Склад цементу	Розвантажувально- передавальне обладнання	1	42,8
Склад заповнювачів	Розвантажувально- передавальне обладнання	1	231
Бетонозмішувальний цех	Пневматичний гвинтовий насос НПВ-36-2	1	30
	Стрічковий конвеєр ТК-3	1	5
	Дозатор цементу АВДЦ- 2000М	1	1,1
	Дозатор піску АВДИ- 425М	1	1,5
	Дозатор рідини АВДЖ- 2400М	1	0,75
	Дозатор щебеню 6.011.АД-1600-2БЩ	1	3
	Дозатор сталеві фібри MD-400 (Würschum GmbH)	1	0,75
	Примусовий бетонозмішувач БП-500 (4BUILD)	1	18,5
Арматурний цех	1) Станок для нарізання арматурної сталі JBG- 40B	1	3
	2) Правильно-відрізний станок GROST SCR 6-14	1	11
	3) Підвісний зварний апарат МТПГ-150-2	2	165
	4) Мостовий кран вантажопідйомністю до 10 т	1	10
	5) Візок для вивозу готової продукції		

		1	7,3
Формувальний цех	1) Формувальна лінія 2) Візок для вивозу готової продукції СМЖ- 151А	2 1	400 5,5
Склад готової продукції	Мостовий кран вантажопідйомністю до 10 т	1	10
Лабораторія	Випробувальне обладнання	1	0,5
Адміністративно- побутовий комплекс	Освітлювальні прилади		124,45
Усього			1071,15

Розрахунок потреби у стислому повітрі

$$351,1 \cdot 44,4 = 15589$$

Витрата пари

$$\text{Свиробу} \cdot 170 = 25510 \cdot 170 = 4336,7 \text{ т./год.}$$

Визначення необхідної кількості води

Потреба у воді для технологічних процесів

Розрахункова норма витрат води: $q = 155 \text{ л/м}^3$

Річний обсяг випуску продукції: 25000 м^3

$$Q_{\text{техн}} = 155 \cdot 25000 = 3875000 \text{ л} = 3875 \text{ м}^3$$

Потреба у воді для побутових потреб

Встановлюємо у розмірі 20% від технічної:

$$Q_{\text{побут}} = 0,2 \cdot Q_{\text{техн}} = 0,2 \cdot 3875000 = 775000 \text{ л} = 775 \text{ м}^3$$

Потреба у воді для протипожежних цілей

Для виконання розрахунків передбачаємо аварійний (резервний) запас води у спеціальному резервуарі, який становить 10% від річної технологічної потреби.

$$Q_{\text{пож}} = 0,1 \cdot Q_{\text{техн}} = 0,1 \cdot 3875000 = 387500 \text{ л} = 387,5 \text{ м}^3$$

Сумарна потреба у воді

Виконаємо підсумовування всіх складових:

$$Q_{\text{заг}} = Q_{\text{техн}} + Q_{\text{побут}} + Q_{\text{пож}} = 3875 + 775 + 387,5 = 5037,5 \text{ м}^3$$

.

Підсумок:

Потреба у воді для технологічних процесів: 3875 м^3

Потреба у воді для побутових потреб: 775 м^3

Потреба у воді для протипожежних цілей: $387,5 \text{ м}^3$

Сумарна потреба у воді на рік становить $5037,5 \text{ м}^3$

Розрахунки враховують специфіку підприємства та типове використання води для виробничих і побутових цілей.

Розділ 9. Організація вантажопотоків

Основним показником руху матеріальних ресурсів на підприємстві є вантажооборот, який характеризує обсяги їх переміщення за певний період і включає дві головні складові:

- Зовнішній вантажооборот — це обсяг вантажів, що надходять на підприємство та відправляються за його межі.
- Внутрішній вантажооборот — переміщення вантажів між структурними підрозділами всередині підприємства.

Обидва показники дозволяють оцінити ефективність функціонування логістичної системи й організації виробничих процесів.

Транспортування сировини, напівфабрикатів та готової продукції в межах підприємств будівельної галузі може виконуватися різними видами транспорту: залізничним, автомобільним, електрокарами, стрічковими конвеєрами, підвісними або канатними дорогами, а також за допомогою пневмотранспорту.

Оскільки проектоване підприємство належить до категорії малопотужних, оптимальним варіантом є використання залізничного та автомобільного транспорту.

Вимоги до внутрішньозаводської транспортної інфраструктури

Для безперервного забезпечення виробництва сировиною, матеріалами та для відвантаження готових виробів підприємство повинно мати розвинену транспортну мережу, включно з автомобільними дорогами та залізничними коліями. Організація руху транспорту має бути побудована так, щоб забезпечувати безпечне та ефективне переміщення вантажів і уникати заторів. На практиці найчастіше застосовується кільцева схема руху, яка дозволяє мінімізувати час на транспортування між складами і цехами.

Внутрішні переміщення матеріалів можуть здійснюватися залізничними та автомобільними засобами, самохідними візками, стрічковими конвеєрами, мостовими й козловими кранами, рольгангами.

Бетонна суміш транспортується баддями, автобетоновозами, бетононасосами, пневмотранспортом або стрічковими конвеєрами. Арматурні каркаси та сітки перевозяться самохідними візками, іноді на причепах.

Характеристика основних видів транспорту

Залізничний транспорт

Залізничні перевезення відзначаються високою продуктивністю та універсальністю. Середня швидкість доставки становить приблизно 300 км/добу, що робить їх економічно вигідними для перевезень на великі відстані — понад 150 км. Завдяки розвиненій інфраструктурі та єдиній тарифній системі залізничний транспорт широко застосовується для постачання сировини на підприємства будівельної галузі.

На великих підприємствах залізничні колії можуть використовуватися також для внутрішніх перевезень між цехами та складами.

Автомобільний транспорт

Автомобільні перевезення є незамінними для оперативної доставки сировини та комплектуючих. Вони забезпечують високу маневреність і дозволяють здійснювати транспортування у місцевості, де відсутня залізнична інфраструктура.

Недоліками автомобільних перевезень є:

- висока вартість палива,
- швидке зношування техніки,
- залежність від погодних умов і стану доріг.

Найефективніше автомобільний транспорт використовується на відстанях до 300 км. На більші відстані він застосовується переважно як допоміжний вид для доставки вантажів зі станцій залізниці до підприємств або споживачів.

Спеціальні засоби транспортування

Для скорочення витрат на вантажно-розвантажувальні роботи застосовуються спеціалізовані транспортні засоби: саморозвантажувальні вагони, автоцементовози, панелевози, фермовози тощо. Внутрішньозаводські дороги повинні відповідати вантажообігу та бути логічно пов'язані з технологічними потоками підприємства. Приєднання доріг до зовнішніх шляхів проектується з урахуванням рельєфу місцевості та оптимальної логістичної схеми.

Організація вантажопотоків у виробництві плит ПНС-10

Постачання сировини

Цемент, заповнювачі та арматура надходять переважно залізничним транспортом. Розвантаження здійснюється безпосередньо на відповідних складах.

- Цемент подається в бетонозмішувальний вузол пневмотранспортом.
- Пісок і щебінь подаються конвеєрними лініями.

У бетонозмішувальному цеху всі компоненти подаються в потрібному порядку та дозуються згідно з технологічними нормами.

Формування та переміщення бетонних виробів

- Бетонна суміш транспортується до форм за допомогою стрічкових конвеєрів або бункерів.
- Теплова обробка проводиться в пропарювальних камерах, між якими форми переміщуються роликowymi конвеєрами або підйомними механізмами.
- Після твердіння вироби доставляються на склад готової продукції транспортними візками, що рухаються рейковими коліями.

Готові плити ПНС-10 можуть відвантажуватися споживачам залізничним або автомобільним транспортом.

Транспортна інфраструктура підприємства

Для ефективності логістики передбачена така організація руху:

- Основна дорога — кільцева, що усуває потребу в складних маневрах.
- Тупикові дороги — ведуть до окремих виробничих зон та обладнані майданчиками для розвороту.
- Пішохідні зони — відокремлені для забезпечення безпеки персоналу.

На території підприємства діють обмеження швидкості:

- до 10 км/год на прямих ділянках,
- до 5 км/год на поворотах.

Освітлення виробничих майданчиків повинно відповідати нормам безпеки. Робота у темний час або при недостатньому освітленні заборонена.

Розділ 10. Структура, організація та управління підприємством

Будівельне підприємство є багатокомпонентною виробничо-управлінською системою, що поєднує різні структурні підрозділи, технічні ресурси та персонал з метою виконання робіт із будівництва, реконструкції та технічного обслуговування об'єктів. Ефективність його функціонування значною мірою визначається раціонально побудованою організаційною структурою, продуманою системою управління та чітким розподілом функцій між усіма елементами виробництва.

Виробнича структура формується залежно від характеру технологічного процесу, номенклатури випуску продукції та її обсягів. Кількість цехів, дільниць, служб та їхня взаємодія повинні бути оптимізовані таким чином, щоб забезпечити безперервність виробництва, уникнути дублювання функцій та підвищити продуктивність.

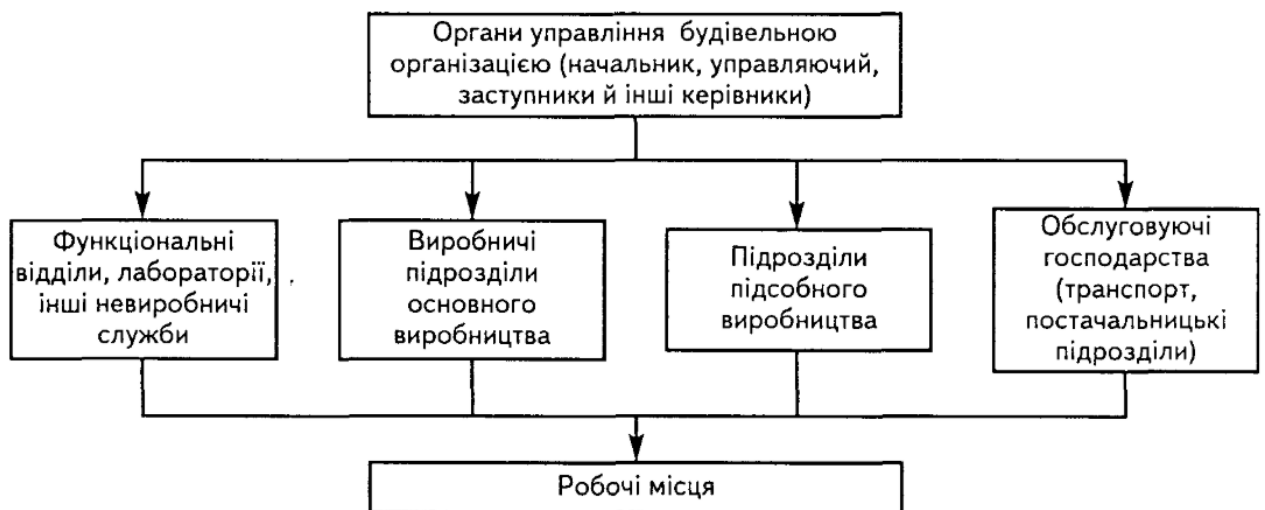


Рис. 10.1. Структура будівельної організації

Діяльність підприємства організовується за класичною управлінською моделлю. Відповідно до чинних норм, керівником підприємства є директор,

який призначається засновником або органом управління. Директор виконує представницькі функції, укладає договори, керує майном підприємства, відкриває банківські рахунки та несе відповідальність за формування кадрового складу. Він видає накази та розпорядження, є обов'язковими для дотримання всіма працівниками. Робота всіх підрозділів регламентується положеннями, затвердженими директором, і ці положення є обов'язковими для дотримання.

Організація управління передбачає також наявність заступників директора, які координують роботу підпорядкованих їм служб та цехів. Рішення щодо призначення та звільнення заступників, головного бухгалтера й начальника відділу технічного контролю приймається власником підприємства на підставі подання директора.

Провідну роль у виробничій діяльності відіграє головний інженер, який виконує функції першого заступника директора. Він відповідає за технічну політику підприємства, організацію та вдосконалення виробничих процесів, впровадження новітніх технологій, забезпечення технічного прогресу і виконання планових завдань.

До його основних обов'язків належать:

- розробка планів технічного розвитку та підготовки виробництва;
- вивчення й упровадження сучасних науково-технічних досягнень;
- забезпечення ефективного використання обладнання та ресурсів;
- підвищення якості продукції;
- удосконалення технологічних процесів та організації праці;
- контроль за дотриманням вимог охорони праці та виробничої дисципліни;
- керівництво раціоналізаторською та науково-технічною діяльністю.

Кожен виробничий цех очолює начальник, який підпорядковується директору або головному інженеру. Він організовує роботу цеху через майстрів та інженерно-технічний персонал, контролює виконання планів, відповідає за раціональне використання матеріалів, обладнання, дотримання технологічних режимів та якість продукції.

Майстер цеху є безпосереднім керівником виробничої ділянки. Він відповідає за організацію робочого процесу, виконання змінного плану, дотримання технологічних норм та якості робіт. Майстер керує бригадами та робітниками, забезпечує ефективне використання часу та виробничих ресурсів. На посаду майстра зазвичай призначають інженерно-технічних працівників, але можливе призначення кваліфікованих робітників, які пройшли відповідну підготовку.

Таким чином, ефективна система управління підприємством забезпечує узгоджену роботу всіх структурних підрозділів, оптимізує використання наявних ресурсів, підвищує якість продукції і сприяє стабільному функціонуванню підприємства у виробничих та економічних умовах.



Рис. 10.2. Схема організаційної структури управління цехом з/б конструкцій.

Розділ 11. Розрахунок потреби робітників

Цех з виготовлення арматурних виробів:

- Станок для різання арматури JBG-40B: 1 працівник.
- Правильно-відрізний станок GROST SCR 6-14: 1 працівник.
- Зварювальні станки МТПГ-150-2 (2 шт.): 2 працівники.
- Мостовий кран (5 т): 1 працівник.

Разом: 5 працівників.

Цех приготування бетонної суміші:

- Оператори бетонозмішувальних установок: 4 працівники.
- Обслуговування дозаторів: 2 працівник.

Разом: 6 працівники.

Цех формування виробів:

- Формувальник: 4 працівники.
- Оператор обладнання: 1 працівник

Розраховуємо на 5 поточних ліній: $5 \times 5 = 25$ працівників.

Склади:

- Склад в'язучих матеріалів: 6 працівник.
- Склад заповнювачів: 5 працівники.
- Склад арматури і арматурних виробів: 2 працівника
- Склад готової продукції: 2 працівника
- Матеріально-технічні склади, склади комплектуючих елементів і допоміжних матеріалів: 2 працівника

Разом: 17 працівників.

Випробувальна лабораторія: 2 працівника

Здійснюємо розрахунок чисельності виробничого персоналу:

$N_{\text{виробн}} = 5 + 6 + 25 + 17 + 2 = 55$ працівників на 1 зміну

Оскільки виробництво працюватиме у три зміни, приймаємо:

$N_{\text{доб}} = 55 \cdot 3 = 165$ особи працюють в добу

Чисельність адміністрації становить 15% від загальної кількості виробничих працівників:

$N_{\text{адмін}} = 0,15 \cdot N_{\text{виробн}}$

Рахуємо:

$N_{\text{адмін}} = 0,15 \cdot 165 = 25$ працівник.

Загальна кількість працівників

Загальна підсумкова кількість працівників:

$N_{\text{заг}} = N_{\text{доб}} + N_{\text{адмін}} = 165 + 25 = 190$ працівник

Розподіл працівників за професійними групами

- Оператори виробничого обладнання, формувальники і т.д : 36 особа;
- Працівники складу: 17 осіб;
- Працівники лабораторії: 2 особи;
- Адміністративний персонал: 25 особа.

Розділ 12. Об'ємно-планувальне рішення

Об'ємно-планувальне рішення підприємства являє собою комплексне архітектурно-технологічне планування території та виробничих приміщень, яке забезпечує раціональне розміщення всіх елементів виробництва та їх ефективну взаємодію. До складу такого рішення входять зони приймання та складування сировини (цементу, води, заповнювачів), виробничі ділянки з бетонозмішувальним обладнанням, ділянки формування та теплової обробки виробів, склади готової продукції, лабораторні приміщення, адміністративно-побутові корпуси та інженерні комунікації.

Під час проєктування враховуються вимоги технологічного процесу, умови безпеки праці, ергономіка виробничих потоків, санітарно-гігієнічні стандарти, екологічні обмеження та кліматичні фактори. Грамотно сформоване планування дозволяє оптимізувати виробничі цикли, скоротити втрати часу на переміщення матеріалів і значно підвищити загальну ефективність роботи підприємства.

Одним із ключових аспектів є визначення параметрів виробничих корпусів. Для розміщення габаритного обладнання, мостових кранів і формувальних ліній необхідні простори приміщення з прольотами 18–24 метри. Такі розміри забезпечують зручність монтажу та обслуговування обладнання, а також дозволяють організувати безпечні транспортні маршрути всередині цехів. Висота будівель, яка зазвичай становить 10–12 метрів, визначається з урахуванням технологічних вимог, можливості природного освітлення та створення комфортних умов праці.

При розробленні генерального плану підприємства дотримуються вимог державних будівельних норм з проєктування промислових територій. Важливим є раціональне розташування виробничих корпусів, складів,

адміністративних будівель та інженерної інфраструктури з урахуванням логістики й безпеки. Значну увагу приділяють організації транспортних потоків: основні внутрішньозаводські дороги бажано виконувати у вигляді кільцевої схеми, що запобігає перехресному руху транспортних засобів та забезпечує безперервність доставки сировини і вивезення продукції.

Окремим елементом планування є дотримання санітарно-захисних зон. Їх розміри встановлюються відповідно до чинних санітарних норм залежно від характеру виробництва та рівня можливих викидів. Санітарно-захисні зони забезпечують мінімізацію негативного впливу заводу на прилеглі житлові території та об'єкти громадського призначення.

Оптимальна організація простору сприяє скороченню простоїв обладнання, мінімізації внутрішніх переміщень та підвищенню продуктивності праці. Завдяки правильно вибудованій логістиці забезпечується своєчасне постачання матеріалів, ритмічність процесу формування плит ПНС-10 та оперативне відвантаження готових виробів.

Сучасні тенденції проєктування промислових підприємств орієнтовані на енергоефективність та автоматизацію. Використання систем автоматичного керування освітленням, вентиляцією та опаленням дозволяє зменшити споживання енергоресурсів, підтримувати стабільний мікроклімат і підвищувати комфорт праці. Застосування теплоізоляційних матеріалів з високою енергоефективністю, а також можливість використання відновлюваних джерел енергії сприяють зниженню експлуатаційних витрат.

Забезпечення безпечних та ергономічних умов праці є невід'ємним елементом об'ємно-планувального рішення. Робочі місця облаштовуються засобами індивідуального захисту, ергономічними меблями та обладнанням, що дає змогу зменшити ризики травматизму та професійних захворювань. Правильна організація внутрішнього простору дозволяє оптимізувати рух персоналу, зменшує фізичні навантаження та створює комфортні умови праці.

У цілому об'ємно-планувальне рішення підприємства забезпечує ефективність виробництва, безпеку праці, мінімальний вплив на довкілля та відповідність сучасним вимогам промислового будівництва.

Розділ 13. Охорона праці і техніка безпеки

Сталева фібра — це короткі відрізки сталевих дротів або штампованих елементів спеціальної форми (прямі, анкерні, деформовані), які вводяться до складу бетонної суміші з метою дисперсного армування. Введення сталевої мікрофібри до складу бетону при виробництві плит ПНС-10 є технічно обґрунтованим та економічно доцільним рішенням. Фібра забезпечує підвищення міцності зчеплення арматури з бетоном, покращення тріщиностійкості та довговічності конструкцій, що є критичним фактором для попередньо-напружених плит перекриття. Її застосування відповідає вимогам ДСТУ EN 14889-1:2022, а також успішно інтегрується у технологічний процес бетонного виробництва без необхідності повної модернізації обладнання.

Згідно з ДСТУ EN 14889-1:2022 «Волокна сталеві для бетонів. Частина 1. Сталеві волокна для конструкційних бетонів», сталева фібра класифікується як конструкційна добавка до бетону, що має забезпечувати задані механічні характеристики, однорідність розподілення у бетонній матриці та відповідати вимогам до форми, геометрії, міцності та хімічної стійкості. Стандартизуються такі параметри, як довжина, діаметр (або еквівалентний діаметр), співвідношення довжини до діаметра, механічна міцність та умови випробувань.

У виробництві попередньо-напружених ребристих плит ПНС-10 сталева фібра застосовується для покращення зчеплення бетону з арматурою, підвищення тріщиностійкості та загальної тріщиноутворюваності, а також для

зменшення ризику утворення мікротріщин під час термічної обробки та навантаження.

Впровадження сталеві фібри у технологічний процес виготовлення залізобетонних плит ПНС-10 змінює умови праці у бетонозмішувальному та формувальному цехах, а також частково в зоні складування матеріалів. Основні виробничі операції, пов'язані з фіброю: приймання, розвантаження, тимчасове зберігання, дозування, транспортування у змішувач, введення у бетонну суміш і можливе ручне втручання при ліквідації збоїв.

Сталева фібра не належить до токсичних чи небезпечних речовин у хімічному значенні, однак створює механічні ризики: порізи шкіри, проколи, подряпини при контактному захопленні руками, ризик травм очей при розсипанні чи відскоку волокон, а також небезпеку зісковзування або падіння при наявності розсипаного металевих волокон на підлозі. Саме ці небезпеки мають бути враховані при організації безпечних умов праці.

Відповідно до загальних вимог охорони праці на підприємствах з виробництва залізобетонних виробів (НПАОП 26.6-1.02-00 та ДСТУ-Н Б А.3.1-35:2016), у разі використання сталеві фібри необхідно:

- забезпечити механізовану подачу і дозування фібри, мінімізуючи ручне пересипання;
- застосовувати засоби індивідуального захисту (рукавиці з посиленням захистом від порізів (ДСТУ EN 388:2017), спецодяг із щільної тканини (НПАОП 0.00-3.07-09), захисні окуляри (ДСТУ EN 166:2017) або щитки під час завантаження);
- утримувати робочі місця в чистоті, своєчасно прибирати розсипані волокна;
- забезпечити належне освітлення (ДБН В.2.5-28:2018) і неслизьке покриття підлоги;
- навчити персонал безпечним прийомом роботи з фіброю.

Сталева мікрофібра для бетону виготовляється з вуглецевої або низьколегованої сталі, у вигляді дрібних волокон (як правило, довжиною від 20

до 60 мм, з діаметром або еквівалентним діаметром близько 0,3–1,0 мм). Згідно з ДСТУ EN 14889-1:2022, фібра повинна відповідати вимогам:

- за геометричними параметрами — довжина, діаметр, співвідношення довжини до діаметра, відсутність значних дефектів поверхні;
- за міцністю — мінімальна межа міцності при розтягуванні в межах, встановлених стандартом (як правило, понад 1100 МПа для конструкційних волокон);
- за рівномірністю поставки — стабільні розміри, форма та маса партії.

До основних фізичних властивостей відносять:

- високу щільність (близько 7,8 г/см³);
- високу міцність на розтяг;
- модуль пружності в межах 200–210 ГПа;
- достатню жорсткість для роботи в бетоні як мікроармувальний елемент.

Хімічні властивості визначаються складом сталі: наявністю вуглецю, марганцю, кремнію, а також можливих легувальних елементів (Cr, Ni тощо). Для застосування у бетоні сталева фібра повинна мати достатню корозійну стійкість у лужному середовищі цементного каменю. ДСТУ EN 14889-1:2022 встановлює вимоги щодо придатності сталі до роботи в бетоні та тестування її на корозійну стійкість, особливо у випадках експлуатації в агресивному середовищі.

Важливо, що в нормальних умовах експлуатації бетон захищає сталь пасивуючим лужним середовищем, і при відсутності карбонізації чи проникнення агресивних речовин ризик розвитку корозії фібри є обмеженим. Тому при правильному проектуванні та експлуатації застосування сталеві мікрофібри не знижує довговічність конструкції.

Впровадження сталеві фібри в технологічний процес виготовлення плит ПНС-10 вимагає певної модернізації бетонозмішувального та дозувального

обладнання, а також посилення вимог до охорони праці на відповідних ділянках.

Для коректної роботи з фіброю на підприємстві передбачають:

1. Гравіметричний дозатор сталеві фібри MD-400 (Würschum GmbH), який забезпечує автоматичне, точне за масою дозування фібри відповідно до заданої рецептури. Його використання дозволяє уникнути ручного пересипання, зменшує розпилення та падіння волокон на підлогу, а також підвищує точність дозування, що важливо для однорідності властивостей бетону. Головна перевага дозаторів MD 400 полягає в їхній спеціалізованій конструкції з механізмом дисперсії, який гарантує рівномірне розділення сталеві фібри та запобігає її злипанню в клубки під час додавання до бетону. Це забезпечує високу точність вагового дозування та якісне армування бетонної суміші, що критично важливо для отримання міцного фібробетону.

2. Високошвидкісний диспергатор або система введення фібри. Необхідний для запобігання грудкуванню фібри, забезпечує її рівномірне розділення та поступове введення у бетонозмішувач. Це знижує ризики утворення «клубків» фібри в суміші, які можуть спричинити локальні дефекти.

3. Модернізацію бетонозмішувача. Використовується примусовий бетонозмішувач БП-500, який має достатню інтенсивність перемішування, щоб забезпечити рівномірний розподіл сталевих волокон по об'єму бетонної суміші. При цьому необхідно перевірити зносостійкість лопатей та футерівки, оскільки фібра може прискорювати абразивний знос.

4. Організаційні заходи та засоби індивідуального захисту. Персонал, який обслуговує дозатор фібри, диспергатор та бетонозмішувач, повинен бути забезпечений:

- захисними рукавицями, стійкими до порізів;
- щільним спецодягом;
- захисними окулярами або щитком під час операцій завантаження;
- захисним взуттям з неслизькою підошвою.

5. Основні небезпеки та ризики:

- механічні травми рук та очей при прямому контакті з волокнами або при їх розсіпанні;
- ризик падінь через наявність розкиданих волокон на підлозі;
- підвищений знос обладнання, що вимагає регулярного технічного огляду;
- ризики при очищенні обладнання, де можливий контакт працівника з залишками фібри в змішувачі, бункерах і дозаторах.

Для зниження цих ризиків необхідно:

- впровадити інструкції з безпечної експлуатації обладнання, пов'язаного зі сталеною фіброю;
- проводити планові інструктажі з охорони праці;
- забезпечити прибирання робочих місць, особливо ділянок розвантаження і дозування фібри;
- передбачити блокування живлення обладнання під час очистки та ремонту

Список використаної літератури

1. Ал-Хаварі Ю.Р. Підвищення міцності армованого бетону за рахунок підсилення адгезії композитної арматури до цементного каменю: Харків, 2018. 161 с.
2. Мазурак Р.А. «Вплив фібри на зчеплення арматури з бетоном». URL: https://journals.pdu.khmelnytskyi.ua/index.php/podilian_bulletin/article/view/182/157
3. R. Ghamarpoor, M. Feizi, S. M. R. Shadnia «Improving bond strength of GFRP bars to concrete using epoxy adhesive modified by nano silica (GPTMS)». URL: <https://www.nature.com/articles/s41598-023-36462-0>
- 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, 2011, 32 с.
- 5 ДСТУ-Н Б В.2.7-175:2008. Будівельні матеріали. Настанова щодо застосування хімічних добавок у бетонах і будівельних розчинах. На заміну ДБН В.2.7-64-97 ; чинний від 2010-04-01. Вид. офіц. Київ : Мінрегіонбуд України, 2010, 135 с.
- 6 ДСТУ Б В.2.7-75-98. Будівельні матеріали. Щебінь та гравій щільні природні для будівельних матеріалів, виробів, конструкцій та робіт. Технічні умови. На заміну ГОСТ 8267-82, ГОСТ 8268-82, ГОСТ 10260-82, ГОСТ 23254-

78, ГОСТ 26873-86 ; чинний від 1999-01-01, Київ : Технічним комітетом із стандартизації "Будівельні матеріали", 1998, 30 с.

7 ДСТУ EN 14889-1:2022. для бетону. Частина 1. Фібра сталева. Визначення, вимоги та оцінка відповідності (EN 14889-1:2006, IDT). Чинний від 2024-08-01. Київ : Технічний комітет стандартизації «Захист будівель і споруд» (ТК 304), Державне підприємство «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій» (ДП НДІБК), 2022, 13 с.

8 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 : Державне підприємство "Науково-дослідний інститут будівельного виробництва" (ДП "НДІБВ"), ТК 309 "Будтехнології", ПК 2 "Організація та управління будівництвом", 2016, 34 с.

9 ДБН А.3.1-5:2016. Організація будівельного виробництва. На заміну ДБН А.3.1-5-2009 ; чинний від 2017-06-01. Київ : Мінрегіон України, 2016. 46 с.

10 ДБН А.3.2-2:2009. Система стандартів безпеки праці Охорона праці і промислова безпека в будівництві. Основні положення. На заміну СНиП III-4-80* ; чинний від 2010-01-01. Київ : Мінрегіонбуд України, 2009. 28 с.

11 ДСТУ EN ISO 17660-1:2015. Зварювання. Зварювання арматурної сталі. Частина 1. Зварні з'єднання, що несуть навантаження (EN ISO 17660-1:2006, IDT; ISO 17660-1:2006, IDT). Чинний від 2016-01-01. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2006, 31 с.