

Міністерство освіти і науки України
КРИВОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Будівельний факультет
КАФЕДРА ТЕХНОЛОГІЇ 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 ригелів

Виконав: магістрант групи ТБВК-24м
Жмурко Роман Андрійович
(прізвище, ім'я, по батькові)

Керівник випускної роботи	_____	доц. Шишкіна О.О.
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

Ш Шипкіна О.О.

“12” листопада 2025 року

ЗАВДАННЯ НА МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ МАГІСТРАНТУ

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

1. Тема роботи

Завод з виготовлення залізобетонних ригелів
керівник роботи

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

2. Строк подання студентом роботи

3. Вихідні дані до роботи
вид залізобетонної конструкції

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

визначити та розрахувати матеріали на виготовлення залізобетонних ригелів
визначити технологію виготовлення ригелів

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, урб, каф. ТБВМК Мінського О.О.	<i>[Signature]</i>	<i>[Signature]</i>
2	К.Т.Н. доц, урб, каф. ТБВМК Мінського О.О.	<i>[Signature]</i>	<i>[Signature]</i>
3	К.Т.Н. доц, урб, каф. ТБВМК Мінського О.О.	<i>[Signature]</i>	<i>[Signature]</i>
4	К.Т.Н. доц, урб, каф. ТБВМК Мінського О.О.	<i>[Signature]</i>	<i>[Signature]</i>
5	К.Т.Н. доц, урб, каф. ТБВМК Мінського О.О.	<i>[Signature]</i>	<i>[Signature]</i>
6	К.Т.Н. доц, урб, каф. ТБВМК Мінського О.О.	<i>[Signature]</i>	<i>[Signature]</i>
7	К.Т.Н. доц, урб, каф. ТБВМК Мінського О.О.	<i>[Signature]</i>	<i>[Signature]</i>
8	К.Т.Н. доц, урб, каф. ТБВМК Мінського О.О.	<i>[Signature]</i>	<i>[Signature]</i>
9	К.Т.Н. доц, урб, каф. ТБВМК Мінського О.О.	<i>[Signature]</i>	<i>[Signature]</i>
10	К.Т.Н. доц, урб, каф. ТБВМК Мінського О.О.	<i>[Signature]</i>	<i>[Signature]</i>
11	К.Т.Н. доц, урб, каф. ТБВМК Мінського О.О.	<i>[Signature]</i>	<i>[Signature]</i>
12	К.Т.Н. доц, урб, каф. ТБВМК Мінського О.О.	<i>[Signature]</i>	<i>[Signature]</i>
13	К.Т.Н., доц., доцент каф. охорони праці та цивільної безпеки Шаповалов В. А.	<i>[Signature]</i>	<i>[Signature]</i>

6. Дата видачі завдання

30 травня 2025 р

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	

	повітрі, парі, воді		
9	Організація вантажопотоків		
10	Структура, організація і управління підприємством	22.10.25	
11	Розрахунок потреби робітників	22.10.25	
12	Об'ємно-планувальне рішення підприємства	12.11.25	
13	Охорона праці і техніка безпеки	26.11.25	
		4.12.25	

Магістрант

Жульєт
(підпис)

Жульєт Т.А
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

М
(підпис)

Михайленко О.О
(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

магістерської кваліфікаційної роботи

студента гр.. ТБВК-24м Жмурко Романа Андрійовича

на тему: «Завод з виготовлення залізобетонних ригелів»

Актуальність теми. Сучасний розвиток будівельної галузі формує потребу не лише у збільшенні обсягів виготовлення конструкцій, а й у розширенні асортименту несучих елементів, здатних відповідати зростаючим технічним, експлуатаційним та архітектурним вимогам. Особливо це стосується залізобетонних ригелів, що відіграють ключову роль у формуванні каркасів будівель і забезпеченні їхньої просторової стійкості. Від якості та різноманітності типорозмірів ригелів значною мірою залежить гнучкість планувальних рішень, можливість створення різних конструктивних схем і швидкість зведення сучасних споруд. Саме тому розроблення та удосконалення технологій виробництва ригелів є одним із визначальних чинників індустріалізації будівництва

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

Об'єктом дослідження є завод з випуску залізобетонних ригелів.

Завдання: 1) обґрунтування визначеного району будівництва, вигляду і обсягів продукції, що застосовується до випуску, наявність 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 ригелів та вдосконалення технології виготовлення

Ключові слова: бетон, залізобетонні конструкції, залізобетонні ригелі, технологія виготовлення, проектування роботи підприємств

Обсяг кваліфікаційної роботи: Магістерська кваліфікаційна робота складається з пояснювальної записки, викладеної на 92 сторінках, яка складається зі вступу, тринадцяти розділів, які містять 7 рисунків, 15 таблиць, списку використаних джерел з 8 найменувань, та графічної частини, яка складається з 8 листів формату А3.

Вступ.....	9
1. Загальна частина.....	10
2. Вибір і обґрунтування технології виробництва.....	18
3. Розрахунок фондів часу роботи підприємства.....	22
4. Наукова частина.....	26
5. Організація виробництва конструкції.....	42
5.1 Технологічні процеси та операції.....	42
5.2 Характеристика матеріалів і комплектуючих.....	49
5.3 Бетонозмішувальний цех.....	51
5.4 Арматурний цех.....	56
5.5 Формувальний цех.....	57
5.5.1 Поопераційний графік виробництва конструкції.....	57
5.5.2 Тижнево-добовий графік виробництва конструкції.....	63
5.5.3 Розрахунок загального часу виготовлення планового об'єму продукції.....	64
5.5.4 Розрахунок потужності технологічної лінії.....	65
6. Складське господарство.....	67
6.1 Розрахунок потреби в компонентах й комплектуючих.....	67
6.2 Склади в'язучих.....	68
6.3 Склади заповнювачів.....	68
6.4 Склад арматури і арматурних виробів.....	70
6.5 Склад готової продукції.....	72
6.6 Матеріально-технічні склади, склади комплектуючих елементів і допоміжних матеріалів.....	72
7. Лабораторія і контроль якості.....	72
8. Розрахунок потреби в електроенергії, стислому повітрі, парі, воді.....	75
9. Організація вантажопотоків.....	78
10. Структура, організація і управління підприємством.....	81
11. Розрахунок потреби робітників.....	83
12. Об'ємно-планувальне рішення підприємства.....	85

13. Охорона праці і техніка безпеки.....	89
Список використаної літератури.....	92

Вступ

Сучасний розвиток будівельної галузі формує потребу не лише у збільшенні обсягів виготовлення конструкцій, а й у розширенні асортименту несучих елементів, здатних відповідати зростаючим технічним, експлуатаційним та архітектурним вимогам. Особливо це стосується залізобетонних ригелів, що відіграють ключову роль у формуванні каркасів будівель і забезпеченні їхньої просторової стійкості. Від якості та різноманітності типорозмірів ригелів значною мірою залежить гнучкість планувальних рішень, можливість створення різних конструктивних схем і швидкість зведення сучасних споруд. Саме тому розроблення та удосконалення технологій виробництва ригелів є одним із визначальних чинників індустріалізації будівництва.

Сьогодні заводське виготовлення залізобетонних ригелів вирізняється високим рівнем точності та стабільності завдяки контрольованим умовам виробництва. Сучасні технологічні процеси дозволяють застосовувати бетони з модифікованими властивостями, різні типи армування, автоматизовані системи дозування та формування, що підвищує якість готової продукції та її довговічність. Виробництво ригелів охоплює широкий спектр конструктивних рішень — від елементів із ненапруженою арматурою до ригелів із попередньо напруженою сталлю, які забезпечують більшу несну здатність при зменшенні маси та витрат матеріалів.

З огляду на те, що значна частина підприємств будівельної індустрії працює на застарілому обладнанні, актуальним стає впровадження технологій, які забезпечують високу продуктивність і мінімізацію трудових витрат. Ригелі заводського виготовлення дають змогу суттєво пришвидшити монтаж каркасів на будівельному майданчику, підвищити точність геометрії конструкцій і скоротити загальні терміни будівництва. Це робить надзвичайно важливим раціональний вибір конструктивного типу ригелів, їхніх розмірів та параметрів

армування, а також удосконалення технологічних операцій, що забезпечують оптимальне поєднання міцності, жорсткості й економічної ефективності.

Зростання вимог до надійності, безпеки та довговічності будівельних конструкцій визначає необхідність подальшої модернізації технологій виготовлення залізобетонних ригелів. На практиці це передбачає застосування високоякісних бетонів, ефективних антикорозійних рішень для арматури, удосконалення процесів формування, пропарювання й обробки поверхні елементів, а також впровадження автоматизованих систем контролю якості. Тому дослідження сучасних технологічних підходів до виробництва ригелів, оптимізація виробничих процесів та підвищення техніко-економічних показників продукції є важливим напрямом підвищення ефективності підприємств залізобетонної індустрії та їхньої конкурентоспроможності на ринку.

1. Загальна частина

Проектований завод із виробництва залізобетонних ригелів розміщується в межах міста Кривий Ріг, що є одним із найбільших промислових центрів України. Вибір локації обумовлений низкою економічних, технічних та логістичних переваг, які забезпечують ефективну організацію виробництва та стабільний збут продукції.

Кривий Ріг характеризується розвиненою інфраструктурою, високою концентрацією будівельно-монтажних організацій, наявністю численних промислових підприємств та активною забудовою житлових і виробничих об'єктів. Це створює сталий попит на залізобетонні вироби, зокрема ригелі, які широко застосовуються у виробничих, складських, транспортних, логістичних і громадських спорудах.

Крім того, місто має вигідне географічне розташування, будучи важливим транспортним вузлом між Дніпропетровською, Кіровоградською, Миколаївською та Запорізькою областями. Наявність зручних транспортних зв'язків дозволяє організувати постачання сировини та оперативну доставку готової продукції в регіональні будівельні компанії.

Район розміщення заводу характеризується наявністю всіх необхідних інженерних комунікацій, що є критично важливим для підприємства бетонної промисловості. Підведені мережі електропостачання, водопостачання, водовідведення, теплопостачання та засоби зв'язку дають можливість забезпечити безперебійне функціонування технологічного обладнання, пропарювальних камер, бетонозмішувального вузла та допоміжних систем.

Відсутність транспортних обмежень позитивно впливає на ритмічність виробництва та мінімізує ризики затримок.

Таким чином, Кривий Ріг є оптимальним місцем для створення спеціалізованого підприємства з випуску залізобетонних ригелів, враховуючи логістичні переваги, наявність ринку збуту, доступність трудових ресурсів та розвинену промислову інфраструктуру.

Проектоване підприємство спеціалізується виключно на виготовленні залізобетонних ригелів типу 2П4.65-3AtV-C, призначених для монтажу в конструктивних системах промислових, громадських та інфраструктурних будівель. Ригелі такого типу застосовуються для перекриття прольотів, спирання настилів, сприйняття вертикальних і горизонтальних навантажень, а також забезпечення просторової жорсткості каркасних споруд.

Виріб має довжину 6440 мм, що відповідає вимогам до ригелів для будівель з великими або середніми прольотами. Конструкція виконується на важкому бетоні з використанням гранітного щебеню, кварцового піску, портландцементу М400, арматурної сталі класу А400С або А500С та за потреби — мінеральних добавок, зокрема летючої золи для покращення властивостей бетонної суміші.

Таблиця 1.1

Характеристика продукції, що планується до виготовлення

No 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	2P4.65- 3AtV-C		C28/35	F300	2545кг/ м3	1.1	216.6

Річна програма випуску становить 20 000 ригелів, що відповідає значному рівню спеціалізації виробництва. Такий обсяг дозволяє забезпечити потреби місцевих та регіональних споживачів, а також формує можливість виходу на суміжні ринки. Концентрація на одному виді продукції дає змогу оптимізувати технологічний процес, стандартизувати форми та оснастку, спростити систему контролю якості та підвищити продуктивність праці.

Сировинна база Кривого Рогу та прилеглих територій забезпечує підприємство всіма необхідними матеріалами. Поблизу міста розташовані кар'єри з видобутку кварцового піску та гранітного щебеню, що дозволяє постачати заповнювачі з мінімальними логістичними витратами. Це позитивно

впливає на собівартість виробів і дає можливість підтримувати стабільні запаси матеріалів.

Портландцемент постачається з цементних заводів області, що гарантує безперебійну поставку протягом року. Наявність у регіоні підприємств металургійного комплексу дозволяє отримувати арматурну сталь необхідного класу без дефіциту та з високою регулярністю.

Підприємство забезпечене всіма видами енергоресурсів — електроенергією, водопостачанням, водовідведенням, теплом та засобами зв'язку. Це дозволяє експлуатувати бетонозмішувальний вузол, пропарювальні камери, віброформувальне обладнання та системи підготовки арматури на повну потужність.

Основними споживачами ригелів є будівельні та монтажні підприємства міста Кривий Ріг та навколишніх регіонів, які займаються спорудженням виробничих корпусів, логістичних центрів, торгівельно-складських приміщень, транспортної інфраструктури та громадських будівель. Стабільний попит на ригелі зумовлений активною модернізацією існуючих промислових об'єктів, будівництвом логістичних центрів, потребою у реконструкції складів і технічних споруд.

Виробництво ригелів організовано у двозмінному режимі, де кожна зміна триває 8 годин. Такий підхід забезпечує рівномірне навантаження на обладнання, стабільність випуску продукції та оптимальне використання виробничих ресурсів. Завдяки роботі у дві зміни, підприємство здатне досягати необхідних обсягів виробництва протягом року та підтримувати ритмічність технологічного процесу.

Виробничий цикл включає кілька основних ділянок: арматурний, формувальний та бетонозмішувальний. Арматурний цех забезпечує підготовку арматурних каркасів відповідно до конструктивних вимог ригелів. Формувальний цех виконує укладку, ущільнення бетону та тепловологісну обробку. Бетонозмішувальний вузол забезпечує стабільне постачання бетонної суміші необхідного класу і складу.

Усі технологічні процеси між собою узгоджені таким чином, щоб мінімізувати простої та забезпечити безперервність виробництва. Наявність інженерних мереж — електропостачання, води, тепла та вентиляції — дозволяє забезпечувати стабільну роботу обладнання та дотримання технологічних режимів протягом року, включно з зимовим періодом.

Підприємство розташоване в межах міста Кривий Ріг, що створює сприятливі умови для забезпечення виробництва трудовими ресурсами, комплектуючими матеріалами та енергоресурсами. Розміщення у промисловому регіоні дозволяє оперативно отримувати основні матеріали — цемент, щебінь, пісок та металопрокат — від місцевих постачальників, що знижує витрати на транспортування та забезпечує стабільність поставок.

Територія підприємства матиме зручне транспортне розташування: поруч знаходиться асфальтована дорога та окрема вантажна під'їзна лінія. Це забезпечує безперешкодне переміщення сировини, комплектуючих та готової продукції. Зручні під'їзди дозволяють застосовувати вантажний транспорт різного типу, що сприяє ефективній організації логістики та своєчасному вивезенню готових ригелів до місця будівництва.

Наявність розвиненої інфраструктури на території підприємства — складів, під'їзних шляхів, інженерних мереж та комунікацій — створює умови для стабільної роботи виробництва та можливості його подальшого розширення в разі збільшення потреби в конструктивних елементах.

Розміщення підприємства в межах Кривого Рогу є вигідним з точки зору забезпечення кваліфікованої робочої сили. Місто має розвинуту промислову базу, велику кількість технічних навчальних закладів та підготовлених спеціалістів у галузі будівництва та виробництва залізобетонних конструкцій. Це дає можливість сформувати штат працівників без залучення додаткових трудових ресурсів з інших регіонів.

Підприємство працює у двозмінному режимі — по 8 годин кожна зміна. Такий графік дозволяє забезпечити стабільний випуск продукції, рівномірне завантаження обладнання та дотримання річної програми виробництва ригелів.

Поділ на зміни сприяє ефективному розподілу виробничих процесів, а також дозволяє оптимізувати витрати підприємства та забезпечити достатню кількість персоналу для всіх етапів роботи.

У загальній характеристиці підприємства слід зазначити, що воно має вузьку спеціалізацію — виробництво залізобетонних ригелів для об'єктів нового будівництва. Такий підхід дозволяє зосередити увагу на вдосконаленні технології, оптимізації витрат, підвищенні якості продукції та забезпеченні стабільності поставок. На території розміщені основні та допоміжні цехи: формувальний, арматурний, бетонозмішувальний, склад готової продукції, а також адміністративно-побутові приміщення, що забезпечують повноцінну роботу підприємства.

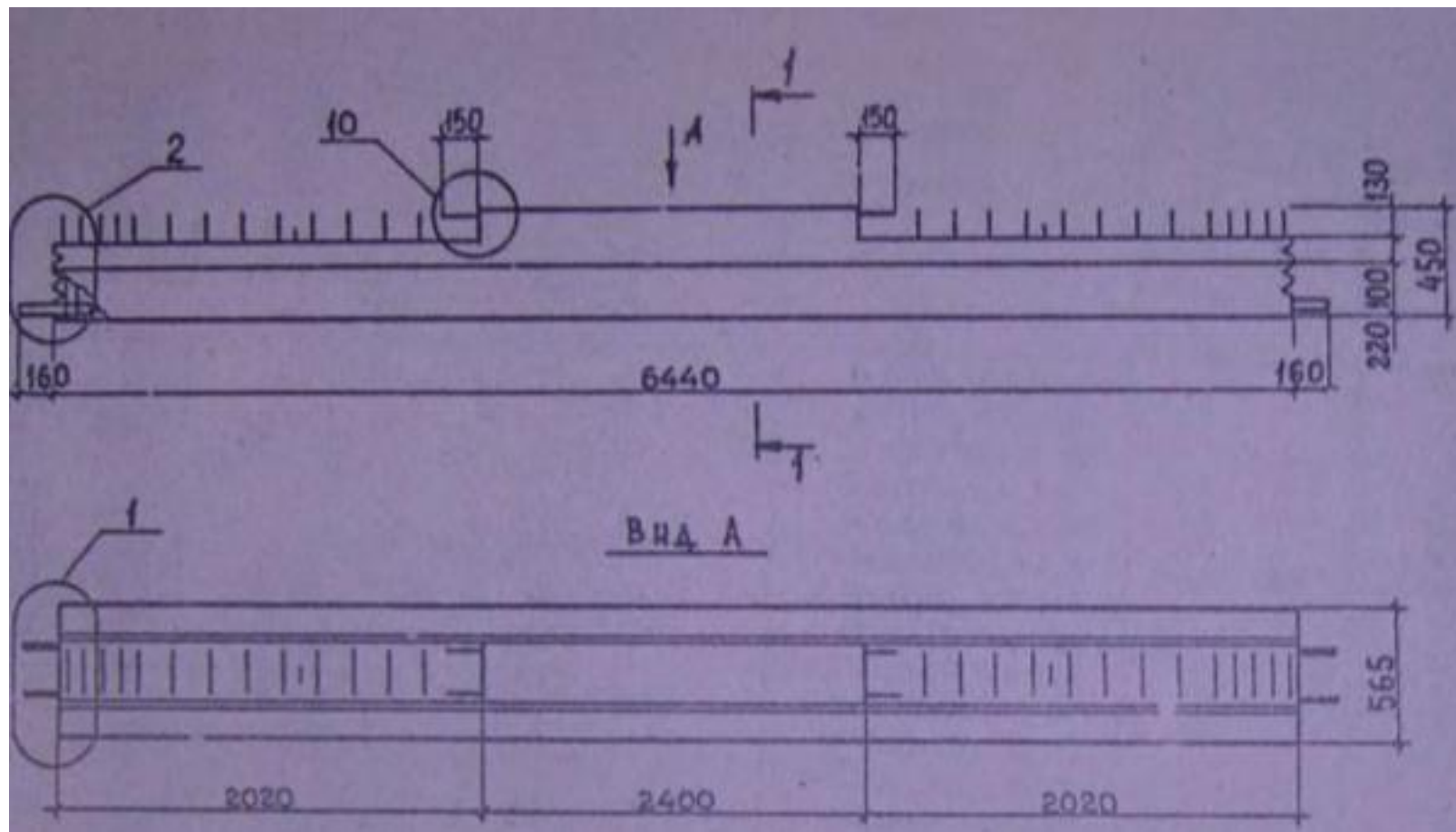


Рисунок 1.1 Опалубочні креслення ригеля

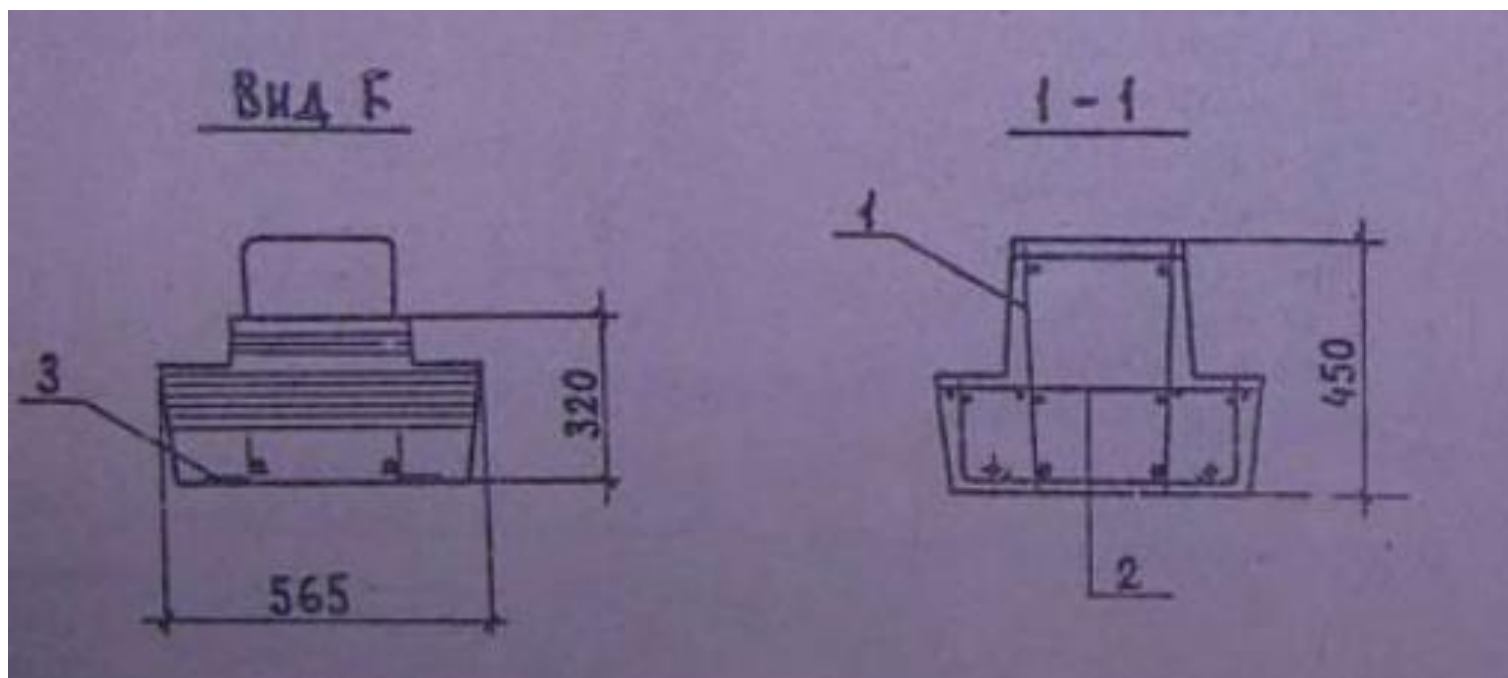


Рисунок 1.2 армування ригеля

2. Вибір і обґрунтування технології виробництва

В умовах сучасного будівельного виробництва залізобетонні конструкції є одними з найбільш ходових елементів, оскільки вони забезпечують необхідну несучу здатність, довговічність та стабільність будівельних споруд. Серед таких елементів особливе місце займають залізобетонні ригелі, що виконують функцію горизонтальних балок, передають навантаження від стін і колон на опори, забезпечують жорсткість та стабільність конструкції. Конструкція ригелів, яка планується до виробництва на проектованому підприємстві, характеризується простотою геометрії та армування, відсутністю необхідності попереднього натягу арматури та застосуванням стандартних розмірів арматурних елементів. Це дозволяє організувати виробничий процес із застосуванням стендово-лінійного методу, який є доцільним для підприємств невеликої потужності та обмежених виробничих площ.

Технологічний процес виробництва залізобетонних ригелів включає комплекс взаємопов'язаних операцій, кожна з яких має чітко визначені технологічні параметри, послідовність виконання, тривалість та чисельність робітників. До основних операцій відносяться: підготовка арматурного каркасу, встановлення арматури у форму, заливка бетонної суміші, її ущільнення, вирівнювання поверхні та розпалубка готового виробу. Дана послідовність формує технологічний цикл виробництва, який можна ефективно організувати за стендово-лінійною схемою, що забезпечує високий рівень організації праці та ефективне використання робочого часу.

Стендово-лінійний метод характеризується нерухомістю форм протягом всього технологічного циклу, що дозволяє забезпечити стабільність процесу затвердіння бетонної суміші та виключає необхідність переміщення важких виробів по виробничих площах. При цьому робітники переміщуються від одного стенду до іншого, виконуючи специфічні технологічні операції, що дозволяє досягти високого рівня ритмічності процесу та оптимального використання робочої сили. Таке поєднання елементів традиційного стендового

та потокового способів організації виробництва забезпечує баланс між продуктивністю та якістю продукції.

На першому етапі виробничого циклу здійснюється підготовка арматурного каркасу. Процес включає нарізку арматурних стержнів відповідно до конструкторської документації, формування каркасу та його з'єднання за допомогою зварювання або в'язки дротом. Для забезпечення безперервності технологічного процесу та підтримання ритму роботи, на цьому посту зазвичай працює 2–3 працівники, які одночасно формують декілька каркасів. Тривалість операції на один каркас становить 15–20 хвилин, що дозволяє організувати роботу наступних стендів без простоїв. Дотримання точності розмірів та положення арматури є критично важливим для забезпечення несучої здатності ригеля та довговічності конструкції в цілому.

Другий етап передбачає встановлення арматурного каркасу у форму. Форми заздалегідь очищуються від залишків попередніх виробів та обробляються спеціальними мастилами, що забезпечують легке відділення готового ригеля. Арматурний каркас встановлюється на підставки або прокладки для створення необхідного захисного шару бетону. На цьому стенді зазвичай працює 1–2 працівники, а тривалість операції становить 10–15 хвилин на один ригель. Важливим аспектом є точність розташування арматури відносно внутрішніх поверхонь форми, оскільки від цього залежить міцність і довговічність готового виробу.

Третій етап – заливка бетонної суміші та її ущільнення. Бетон марки В25–В35 може готуватися на виробництві або доставлятися у вигляді готової суміші. Заливка здійснюється вручну або за допомогою спеціальних шлангів та баддів. Для ущільнення бетону застосовуються віброплити або занурювальні вібратори, що дозволяє видалити повітряні порожнини та досягти однорідності суміші. На цьому стенді працює 2–3 працівники, а час виконання операції становить 20–25 хвилин на один ригель. Стендова організація процесу дозволяє підтримувати стабільний ритм заливки та ущільнення, що підвищує ефективність виробництва без додаткового механізованого транспортування форм.

На завершальному етапі відбувається розпалубка готового ригеля. Форми акуратно знімаються, а готовий виріб переміщується на склад продукції. Тривалість операції – приблизно 15 хвилин, зазвичай два працівники виконують її одночасно. Стендово-лінійний метод дозволяє організувати стенди таким чином, щоб кожен спеціалізувався на конкретному технологічному процесі: підготовка арматури, встановлення каркасу, заливка та ущільнення, розпалубка. Така структура дозволяє уникнути простоїв і підтримувати рівномірний ритм виробництва.

Порівняльний аналіз методів організації виробництва залізобетонних конструкцій свідчить про доцільність застосування стендово-лінійного методу на підприємствах невеликої потужності. Потоківі методи, зокрема агрегатно-потоківі та конвеєрні технології, ефективні на великих підприємствах, оскільки передбачають безперервне переміщення форм і високу ритмічність виробництва. Вони забезпечують високу продуктивність, зменшують простої та дозволяють автоматизувати окремі технологічні операції. Проте такі методи потребують значних площ, спеціалізованого обладнання та високого рівня організації праці, що робить їх недоцільними для підприємств невеликої потужності.

Традиційний стендовий метод, при якому форми залишаються нерухомо, є менш продуктивним при великих обсягах виробництва, оскільки робітники виконують усі операції на одному місці, що знижує ритмічність і ефективність використання робочої сили. Його перевага полягає в простоті організації виробничого процесу та можливості безпосередньо контролювати виконання операцій, проте він не дозволяє досягти високої продуктивності на великих обсягах.

Стендово-лінійний метод поєднує переваги обох підходів: він забезпечує послідовність технологічних операцій, ритмічність роботи та спеціалізацію робітників, що дозволяє ефективно використовувати робочу силу та обладнання. При цьому методі зберігається гнучкість виробничого процесу, що особливо важливо для підприємств з обмеженими ресурсами та змінними обсягами

виробництва. Така організація виробництва дозволяє досягти оптимального співвідношення продуктивності, економічності та якості продукції.

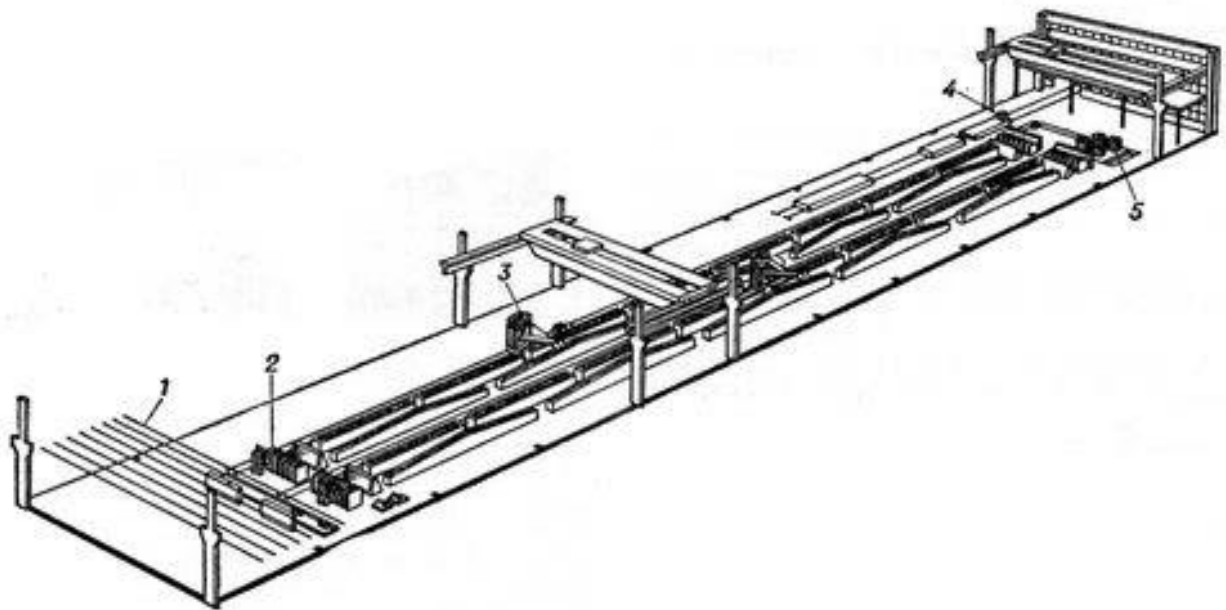


Рис.2.1 План виробництва

Таким чином, стандово-лінійний метод є найбільш прийнятним для виробництва залізобетонних ригелів на підприємствах невеликої потужності. Він поєднує організаційні переваги поточкових та традиційних стандових методів, забезпечує ефективне використання робочої сили та обладнання, підтримує ритмічність виробничого процесу та дозволяє гнучко реагувати на зміну обсягів та номенклатури продукції. Порівняльний аналіз демонструє, що саме стандово-лінійна організація виробництва забезпечує оптимальний баланс між продуктивністю, витратами.

3. Розрахунок фондів часу роботи підприємства

У цьому розділі проводиться визначення фонду часу роботи обладнання та робітників, який є основою для визначення виробничої програми, нормування праці, а також планування випуску залізобетонних ригелів. Розрахунок фонду часу дозволяє встановити, скільки годин на рік може реально працювати устаткування та персонал, враховуючи режим роботи підприємства, кількість змін, вихідні, святкові дні, планові простої та інші фактори, що впливають на тривалість виробничого циклу.

Отримані дані використовуються для визначення продуктивності обладнання, розрахунку кількості робочих місць, і потреби в персоналі та обсягу випуску готової продукції. Фактично, фонд часу є основним показником, від якого залежить подальше планування роботи всього виробничого процесу.

Особливу увагу при розрахунку фонду часу приділяють типу виробництва. У моєму проєкті було вибрано стендово-лінійний метод виготовлення залізобетонних ригелів, який поєднує в собі риси стендового і потокового способів організації виробництва.

Стендово-лінійний метод полягає у виконанні технологічних операцій на послідовно розташованих стендах, які утворюють єдину виробничу лінію. На кожному стенді виконуються певні операції — встановлення арматурного каркаса, монтаж закладних деталей, встановлення опалубки, бетонування, тепловологісна обробка та розпалублення. Завдяки цьому досягається безперервність і ритмічність виробничого процесу.

Такий тип організації дозволяє максимально ефективно використовувати робочий час, оскільки підготовчі та основні операції виконуються паралельно. Вироби переміщуються з одного стенду на інший без тривалих простоїв, що зменшує втрати часу і забезпечує стабільний темп роботи. Крім того, стендово-лінійний метод дає змогу знизити трудомісткість процесів, підвищити продуктивність праці, полегшити контроль якості та забезпечити високу повторюваність розмірів і характеристик готових ригелів.

«номінальний фонд часу роботи обладнання,	260
вивантаженню сировини й матеріалів залізничним транспортом	365
тривалість робочої зміни,	8
кількість робочих змін на добу без теплової обробки	2
кількість робочих змін на добу для теплової обробки	3;
кількість робочих змін по прийманню матеріалів	3;
термін планових зупинок обладнання на ремонт	7
витрати робочого часу, які пов'язані з переналагоджуванням формувального обладнання	0

Таблиця 3.1

Річний фонд часу роботи технологічного обладнання визначаємо за формулою

$$T_{\text{річ}} = T_{\text{н}} - T_{\text{рем}} - T_{\text{пер}} = 260 - 7 - 4 = 249 \text{ днів}$$

Добовий фонд часу визначаємо

$$T_{\text{зм}} * n_{\text{зм}} = 8 * 2 = 16 \text{ годин}$$

Тривалість внутрішньозмінних додаткових (регламентованих) витрат часу, відсоток від оперативного часу таблиця 3.2

Таблиця 3.2

Категорія додаткових витрат часу у зміну (е)	Додаткові витрати часу (qі) при способах виробництва
	Лінійний стендовий спосіб
Підготовчо-завершальні роботи - тп.з.о	4,0
Обслуговування робочого місця	4,0
Перерви технологічні - $t_{пн}$	3,0
Відпочинок та особисті потреби - $t_{від}$	10,0
Усього $\sum q_i$	21,0

Визначаємо коефіцієнт внутрішньої змінної продуктивності використання робочого часу:

$$K_{вз} = (100 - 23) / 100 = 0,77$$

Тепер рахуємо тривалість змінного фонду часу:

$$t_{змф} = t_{зм} \cdot K_{вз}, \text{ год.},$$

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

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

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

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.

$$t_{змф} = 8 \times 0,77 = 6,10 \text{ год}$$

Номінальні та розрахункові показники роботи заводу зведенні у таблиці

Таблиця 3.3

	Показники			
	Номінальні		Розрахункові	
	діб	годин	діб	годин
зміна	-	8	-	6.32
доба	1	16	1	12.64
місяць		480		266.49
рік	260	4160	249	3147.36

4. Наукова частина

4.1 Аналітичний погляд покращення корозійної стійкості бетону

Корозійна стійкість важкого бетону є одним із ключових критеріїв довговічності залізобетонних конструкцій, які експлуатуються в умовах дії агресивних середовищ. Зростання інтенсивності містобудівних процесів, збільшення транспортних навантажень, використання хлоридних протипожежних реагентів, промислових викидів та високі коливання вологості й температури спричиняють прискорене руйнування бетонів традиційного складу. Наукові дослідження останніх десятиліть демонструють, що найсуттєвіший негативний вплив на структуру бетону мають процеси проникнення хлоридів, сульфатна агресія, карбонізація цементного каменю та корозія арматури, яка розвивається внаслідок руйнування пасивного шару та зниження рН бетонного середовища. Руйнування арматури супроводжується значним збільшенням об'єму продуктів корозії, появою тріщин та подальшим

зростанням проникності, що утворює замкнене коло деградаційних процесів. Саме тому забезпечення корозійної стійкості бетону розглядається як першочерговий аспект підвищення довговічності об'єктів будівництва.

Аналіз сучасних тенденцій у виробництві бетонів показує, що найбільшу увагу приділено зменшенню проникності та пористості цементного каменю, оскільки саме ці характеристики визначають швидкість транспортування агресивних агентів у бетонну матрицю. Науковці зазначають, що вирішальну роль відіграє водоцементне відношення: його зниження до рівня 0,40 і менше дозволяє суттєво зменшити капілярну пористість та покращити щільність структури. Проте для досягнення таких показників необхідним є застосування сучасних суперпластифікаторів полікарбоксилатного типу, які дають можливість отримати високоякісний бетон без втрати рухливості. Паралельно з цим ведуться активні дослідження щодо використання мінеральних добавок, таких як мікрокремнезем, зола-виносу, доменний гранульований шлак, метакролін та інші пуцоланові матеріали. Їх застосування сприяє інтенсифікації вторинних реакцій гідратації та формуванню більш щільної структури, що знижує коефіцієнт дифузії хлоридів і збільшує стійкість до карбонізації. Особливу увагу привертає зола-виносу, яка не лише підвищує щільність цементного каменю, а й покращує робочі характеристики свіжої суміші та зменшує собівартість бетону.

Поряд із фізичними та мінеральними методами ущільнення структури бетону значного розвитку набули засоби хімічного захисту арматури. Сучасні інгібітори корозії широко застосовуються для зменшення швидкості електрохімічних реакцій у сталевій арматурі та відновлення або підтримання пасивного стану металу. Наукові огляди підтверджують ефективність як анодних, так і катодних інгібіторів, проте найбільшу перспективу мають комбіновані (змішані) інгібітори нового покоління, здатні одночасно пригнічувати обидві складові корозійного процесу. Органічні аміни, аміноспирти та карбоксилатні сполуки демонструють високу здатність адсорбуватись на поверхні арматури та утворювати стійкі захисні плівки, а їх

дія не зменшується навіть при частковій карбонізації бетону. Водночас у літературі наголошується, що ефективність інгібіторів значною мірою залежить від мікроструктури бетону та рівня його проникності, що зумовлює доцільність їх застосування в комплексі з мінеральними добавками.

Окремим напрямом досліджень є модифікація бетонів полімерними компонентами та наночастинками. Полімерні латекси, силіконові емульсії, нанокремнезем та графенові оксиди сприяють покращенню водонепроникності, зменшенню пористості та підвищенню стійкості до дії солей, які містять хлориди. Нанодобавки заповнюють мікропори, змінюють структуру гідратаційних продуктів і підвищують щільність перехідної зони між цементним каменем і заповнювачами, яка традиційно є найбільш вразливою до проникнення агресивних речовин. Проте такі рішення потребують високої технологічної дисципліни, точності дозування та збільшують вартість матеріалу, що обмежує їх широке застосування у масовому будівництві.

Загальний аналіз показує, що жоден окремий метод не забезпечує повного захисту конструкцій від усіх форм корозійного впливу. Найкращі результати досягаються при використанні комбінованих підходів, що поєднують ущільнення структури бетону за рахунок мінеральних та нанодобавок із застосуванням хімічних інгібіторів. Такі системи демонструють синергетичний ефект, зменшуючи проникність, стабілізуючи рН, уповільнюючи електрохімічні реакції та покращуючи адгезію арматури. Водночас наявні дослідження показують, що питання довготривалої стабільності інгібіторів та їх взаємодії з компонентами бетону залишається недостатньо вивченим, так само як і механізми поведінки композитних систем у реальних умовах експлуатації.

Сучасний стан розробленості теми свідчить, що у світі активно розвиваються високотехнологічні рішення щодо отримання бетону підвищеної корозійної стійкості, проте їх впровадження потребує адаптації під наявні виробничі умови та економічні реалії. У наукових джерелах підкреслюється необхідність дослідження ефективності різних видів добавок у складі важкого бетону, оцінки їх взаємодії, оптимальних дозувань та механізмів забезпечення

довготривалої стійкості арматури. Саме це визначає актуальність подальшого дослідження питання покращення корозійної стійкості важкого бетону та доводить важливість пошуку комплексних рішень для підвищення довговічності залізобетонних конструкцій у складних експлуатаційних умовах.

4.2 Наукова(теоритична) частина покращення корозійної стійкості бетону

У межах дослідження покращення корозійної стійкості важкого бетону особлива увага зосереджена на комплексному підході, що передбачає одночасне вдосконалення структури цементного каменю, зменшення проникності бетонної матриці та стабілізацію електрохімічного стану сталевोї арматури. Теоретичні підходи до вирішення цього завдання ґрунтуються на сучасних уявленнях про механізми корозійних процесів у залізобетоні, відповідно до яких ключову роль відіграють водоцементне відношення, ступінь пористості, наявність активних реагентів у порах бетону та стійкість пасивного шару на арматурі. Зважаючи на це, основним напрямом є модифікація бетонної суміші за рахунок мінеральних та хімічних добавок, здатних впливати на мікроструктуру цементного каменю й хід електрохімічних реакцій.

Теоретично обґрунтованим вважається підхід до зниження проникності бетону шляхом використання мінеральних добавок пуцоланового типу, зокрема золи-виносу та мікрокремнезему. Завдяки їхній здатності реагувати з гідроксидом кальцію вони формують додаткові гідросилікати кальцію, що забезпечують ущільнення структури та значне зменшення об'єму відкритих капілярів. Ущільнення матриці безпосередньо впливає на процеси дифузії хлоридів та інших агресивних речовин, що у свою чергу знижує ризик руйнування пасивного шару арматури. Водоцементне відношення вважається одним із головних факторів довговічності, тому теоретична база дослідження передбачає встановлення оптимального значення W/C на рівні 0,40 або нижче з використанням суперпластифікаторів полікарбоксилатного типу, які забезпечують високу рухливість суміші без збільшення кількості води. Це

дозволяє формувати щільний цементний камінь із мінімальною кількістю капілярних пор і забезпечувати високий опір проникненню агресивних іонів.

Важливою складовою теоретичного підходу є використання інгібіторів корозії, які вводяться в бетонну суміш для створення захисного середовища навколо сталевих арматур. Їхній вплив полягає у пригніченні анодних або катодних реакцій та утворенні стабільного адсорбційного шару на поверхні металу. Сучасні інгібітори діють у складній багатокомпонентній системі «цементний камінь – поровий розчин – сталь», тому теорія їх роботи включає не лише хімічну взаємодію з металом, а й вплив на структуру бетону, його поровий склад, рух іонів та зміну потенціалу корозійних реакцій. Використання змішаних інгібіторів нового покоління вважається найбільш ефективним рішенням, оскільки такі сполуки здатні забезпечувати захист навіть при частковій карбонізації бетону, коли рН порового розчину знижується.

Важливе місце у теоретичному обґрунтуванні займає застосування нанодобавок і полімерних модифікаторів. Нанокремнезем, графеновий оксид та полімерні латекси здатні істотно змінювати структуру бетонної матриці на мікрорівні, заповнювати найдрібніші пори та підвищувати міцність перехідної зони між цементним каменем і заповнювачами. Завдяки цьому зменшується кількість шляхів для транспортування хлоридів та сульфатів, а бетон отримує підвищену щільність та водонепроникність. З наукової точки зору такі модифікації забезпечують поєднану дію: фізичне ущільнення, хімічну стабілізацію структури та підвищення адгезії арматури до бетону, що позитивно впливає на опір корозії.

Послідовність дій у рамках теоретичної моделі передбачає визначення оптимального співвідношення між водоцементним відношенням, вибором мінеральних добавок, типом інгібітора та можливістю додаткової полімерної модифікації. На основі аналізу сучасних наукових розробок формується концепція комбінованого використання добавок, яке дозволяє досягти синергетичного ефекту. Завдяки цьому бетон стає одночасно менш проникним, більш щільним, а арматура — стабільно захищеною від електрохімічного

руйнування. Теоретичні результати, отримані у процесі вивчення літератури та механізмів взаємодії компонентів, підтверджують ефективність комплексного підходу й демонструють, що застосування композиційних систем забезпечує значно вищий рівень корозійної стійкості порівняно з використанням лише одного виду добавок. Узагальнення існуючих наукових даних дозволяє зробити висновок, що оптимальне поєднання мінеральних добавок і інгібіторів, доповнене полімерною або наномодифікацією, є найбільш перспективним напрямом підвищення довговічності важкого бетону.

4.3 Науково-практична (прикладна) частина покращення корозійної стійкості бетону

1. Покращення корозійної стійкості важкого бетону шляхом зниження водоцементного відношення

Корозійна стійкість залізобетонних конструкцій є ключовим фактором довговічності, особливо в умовах дії хлоридів, де основним механізмом руйнування є проникнення агресивних іонів через порову структуру бетону до арматури. Чим щільніший бетон і чим менше в ньому капілярних каналів, тим повільніше відбувається дифузія хлоридів, а отже — тим вища корозійна стійкість. Одним із найбільш ефективних способів зменшення проникності є зниження водоцементного відношення (W/C), оскільки воно безпосередньо впливає на пористість та характер заповнення пор водою при частковому насиченні.

У дослідженні Yong Zhang, Mingzhong Zhang та Guang Ye («Influence of moisture condition on chloride diffusion in partially saturated ordinary Portland cement mortar») [1] були виконані експерименти для визначення впливу вологості та розподілу води в поровій структурі цементного розчину на швидкість проникнення хлоридів. Аналіз проводили на зразках із $W/C = 0.4, 0.5$ та 0.6 , що тверднули протягом року. Зразки попередньо висушували при $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ з досягненням контрольованої вологості в межах $18\text{--}100\%$. Було визначено відносну вологість, ізотерми десорбції водяної пари, а також встановлено залежність між ступенем насичення водою та іонною проникністю. Отримані

результати пов'язували зі структурою пор, визначеною за допомогою порометрії проникнення ртуті.

Встановлено, що відносний коефіцієнт дифузії хлоридів зростає зі збільшенням ступеня насичення, оскільки з'єднані пори, заповнені водою, формують канали для перенесення іонів. Проте ключовою є різниця між зразками з різним водоцементним відношенням: при однаковому рівні водонасичення матеріал із $W/C = 0.6$ демонструє найвищу швидкість дифузії хлоридів, тоді як $W/C = 0.4$ — найнижчу. Причина полягає у значно меншому середньому діаметрі ефективних пор (d_p) при зменшенні W/C . Чим менше значення d_p , тим менше пор залишається доступними для заповнення водою, а отже — тим повільніший іонний транспорт.

Дослідження показало [1] три характерні зони поведінки d_p залежно від ступеня водонасичення: у зоні високого насичення d_p різко падає; у проміжній зоні зміни плавні; у зоні низького насичення зміни мінімальні. Найбільші відмінності між W/C 0.4 та 0.6 спостерігаються саме при високому насиченні, що важливо для важкого бетону конструкцій, які періодично намокають (дощ, пилово-вологі умови, атмосферні цикли). При $W/C = 0.4$ значення d_p зменшується швидше, ніж при W/C 0.5–0.6, що додатково обмежує транспортну здатність порового простору. На практиці це означає, що бетон із W/C 0.4, навіть за умов підвищеної вологості, зберігає низьку проникність.

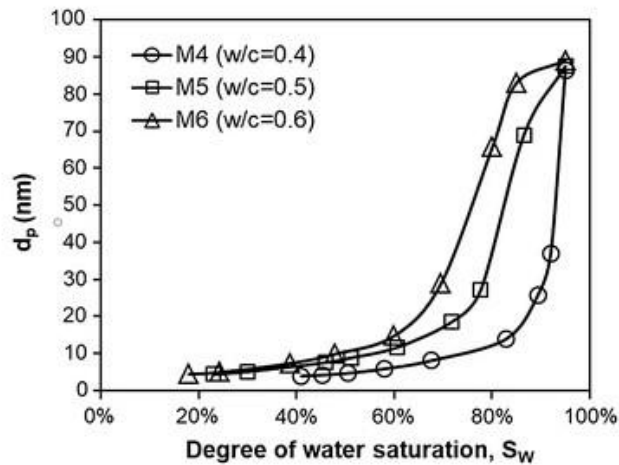
За результатами розрахунків іонної провідності встановлено, що при зменшенні W/C з 0.6 до 0.4 відносний коефіцієнт дифузії хлоридів зменшується орієнтовно на 45–60%, залежно від рівня насичення водою. Це означає, що корозійна стійкість підвищується щонайменше у 1.8–2.5 рази, що є критично значущим для довговічності важкого бетону, особливо в умовах впливу солей.

У таблиці 4.1 наведено узагальнені орієнтовні показники, отримані з графіків авторів [1], які узгоджуються зі структурними та експериментальними даними

Таблиця 4.1

Водоцементне відношення	Середній	Відносна дифузія хлоридів D_{rc} (нормована)	Порівняння з $W/C = 0.4$	Зміна корозійної стійкості
	ефективний діаметр пор d_p при середньому насиченні (умовні од.)			
0.4	Низький (найменший d_p , щільна структура)	1.00	—	Базова корозійна стійкість
0.5	Середній	1.45	+45% дифузії	↓ стійкість на ~30%
0.6	Високий (найбільший d_p та кількість капілярів)	1.80–2.00	+80–100% дифузії	↓ стійкість у 1.8–2 рази

Як видно з таблиці, перехід від $W/C = 0.6$ до $W/C = 0.4$ забезпечує зниження проникності майже удвічі, що відображає різке підвищення корозійної стійкості. Такий ефект пояснюється щільною мікроструктурою цементного каменю, великою часткою дрібних пор і зменшенням кількості водонаповнених каналів, які можуть проводити іони хлору. Саме тому зниження водоцементного відношення є одним із найбільш ефективних конструктивних рішень для підвищення довговічності важкого бетону [1] (рис 4.1).



Розподіл вологи, тобто графіки $d_p - S_w$, розраховані на основі випробувань ізотерми десорбції водяної пари цементних розчинів (1 рік). d_p ($d_p = 2r_p$) – це *найменший діаметр дренажних пор*, визначений за рівнянням (6).

2. Використання «зелених» інгібіторів корозії для підвищення довговічності важкого бетону

Одним із перспективних напрямів підвищення корозійної стійкості важкого бетону, виготовленого на основі портландцементу, є застосування так званих «зелених» інгібіторів корозії. Ці добавки ґрунтуються на природних органічних сполуках рослинного походження та характеризуються екологічною безпечністю, низькою токсичністю та сумісністю з цементним середовищем, яке має високу лужність. На відміну від традиційних нітритних або аміних інгібіторів, природні речовини демонструють здатність до селективної адсорбції на поверхні арматурної сталі, утворюючи захисну органічну плівку, що перешкоджає доступу кисню, води та іонів хлоридів.

Механізм дії зелених інгібіторів полягає в адсорбції молекул із донорно-акцепторними групами (карбонільними, гідроксильними, фенольними або ароматичними кільцями), які утворюють стійкі хемосорбційні зв'язки зі сталлю. У лужному середовищі бетону ці групи стають активними до зв'язування на катодних і анодних ділянках, пригнічуючи як анодний процес розчинення заліза, так і катодну реакцію відновлення кисню. Таким чином, зелений інгібітор діє як змішаного типу, тобто одночасно зменшує швидкість обох частин електрохімічної корозійної реакції.

За даними огляду Zomorodian A. et al. [2] використання таких добавок дозволяє знизити швидкість корозії сталі в бетоні в середньому на 45–85 %, залежно від природи інгібітора та концентрації. Найефективнішими виявилися екстракти листя шавлії, гібіскусу, тамаринду та гранатової шкірки. У деяких випадках дослідження фіксували зменшення щільності корозійного струму навіть понад 90 %, що свідчить про майже повну пасивацію поверхні арматури.

Оптимальні дозування зазвичай становлять від 0,5 % до 2 % від маси цементу, причому збільшення дозування понад цей діапазон не дає пропорційного приросту ефекту [2]. Для важкого бетону на портландцементі найстабільніші результати отримано при концентрації 1 %, що забезпечує приблизно 70–80 % зниження корозійної активності за наявності хлоридів. При цьому зелений інгібітор не знижує міцність бетону, а в окремих випадках — навпаки, незначно уповільнює гідратацію, що сприяє ущільненню мікроструктури.

Таким чином, зелені інгібітори становлять ефективну, екологічну та технологічно доступну альтернативу класичним хімічним інгібіторам. Їх використання дозволяє підвищити довговічність арматурного залізобетону без ризику погіршення будівельно-технологічних властивостей суміші. Ефективність підтверджена численними дослідженнями, у тому числі узагальненими в огляді MDPI [2], де наголошується на високій перспективності цих матеріалів у сучасному бетонознавстві таблиця 4.2

Таблиця 4.2

Порівняльна таблиця ефективності різних зелених інгібіторів корозії

Тип інгібітора (рослинний екстракт)	Механізм дії	Оптимальна концентрація	Зниження швидкості корозії	Особливості
Гранатова шкірка	Пасивація поверхні за рахунок	1 %	75 %	Висока стабільність у лужному середовищі

Тип інгібітора (рослинний екстракт)	Механізм дії	Оптимальна концентрація	Зниження швидкості корозії	Особливості
	фенольних груп			
Тамаринд	Блокування анодних зон	1 %	60 %	Добра адсорбція, стійкі органічні комплекси
Гібіскус	Змішаного типу, сильна катодна інгібіція	1 %	50 %	Оптимальний для бетону з хлоридами
Шавлія	Формування щільної адсорбційної плівки	0,5 %	45 %	Найекономічніший варіант
Бетон без інгібіторів	—	—	0 %	Висока інтенсивність корозії при хлоридах

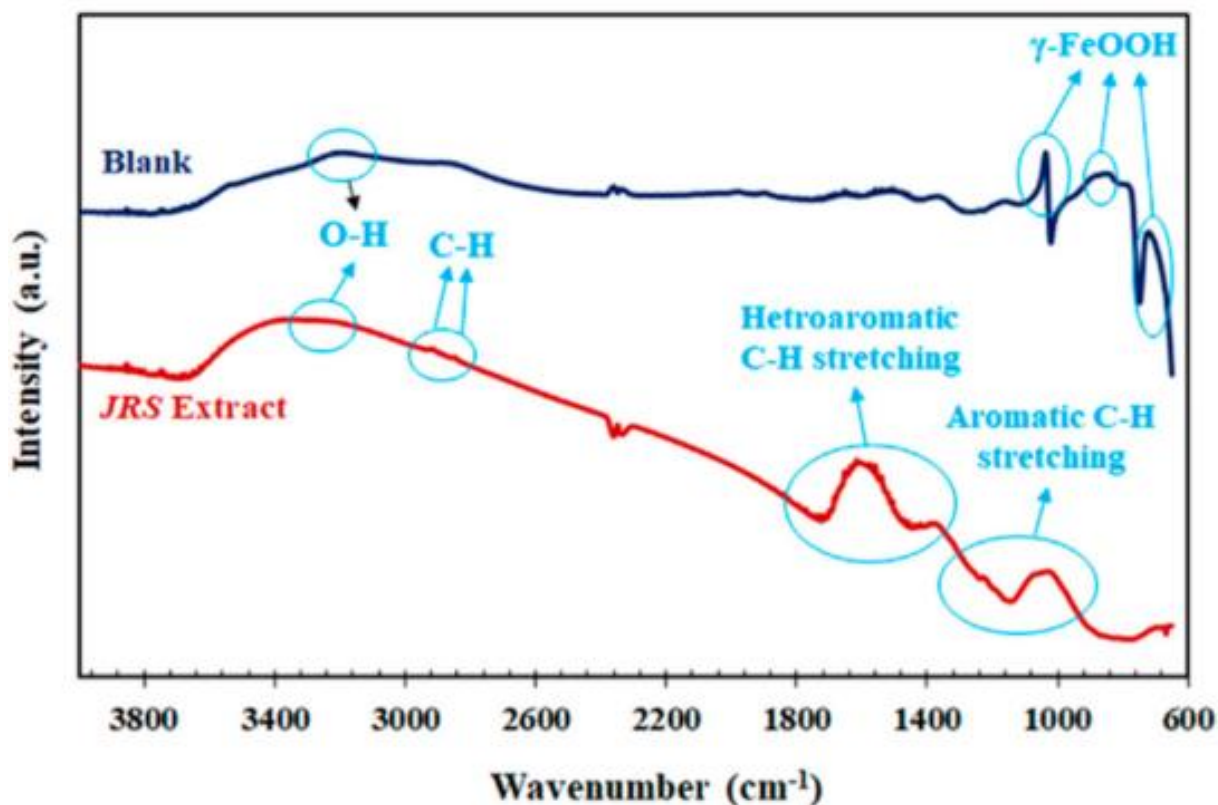


Рисунок 4.2 порівняння зелених інгібіторів з хімічними

3. Корозійна стійкість бетону, модифікованого летючою золою

У дослідженні Н. G. Campos Silva, P. Garces Terradillos [3] детально вивчено вплив заміщення портландцементу летючою золою на корозійну стійкість важкого бетону. Основна увага приділена саме золі як мінеральній добавці, що змінює структуру цементного каменю та механізми взаємодії бетону з агресивними середовищами. Летючу золу вводили у кількостях 25% і 50% від маси цементу, що дозволило проаналізувати зміни довговічності у порівнянні з контрольним бетоном на чистому портландцементі. У дослідженні застосовано методи оцінки карбонізації, проникності хлоридів, електричного опору та швидкості корозійних процесів, що дозволяє комплексно визначити ефект дії золи на захисні властивості бетону.

Запровадження летючої золи змінює структуру бетону за рахунок пуцоланової реакції, коли дрібнодисперсні частинки золи взаємодіють із гідроксидом кальцію, утворюючи додаткові гідросилікати кальцію [3]. Це зменшує кількість пор, ущільнює мікроструктуру та знижує здатність агресивних речовин проникати до арматури. Саме тому, як показали результати

[3], бетон із 25% золи характеризується помітним зменшенням швидкості карбонізації та значно нижчою дифузією хлоридів, що в цілому підвищує корозійну стійкість приблизно на 20–30% порівняно з контрольним цементним бетоном. Збільшення вмісту золи до 50% призводить до ще більшої щільності структури та зростання електричного опору бетону, що обмежує проходження іонів та переміщення електронів, необхідних для розвитку корозії арматури. Ріст електричного опору в таких сумішах досягає 40–50% відносно бетону без добавок, що відповідно зменшує швидкість корозійних процесів у хлоридному середовищі.

Особливо важливим у роботі є те, що автори з'ясували: летюча зола проявляє свою максимальну ефективність за умови вологого витримування бетону [3]. Це пов'язано з тим, що для повного розвитку пуцоланової реакції потрібна волога, яка забезпечує формування більшої кількості гідратних продуктів і щільнішу структуру. Таким чином, вплив летючої золи у дослідженні не лише підтверджено експериментально, але й пояснено через фізико-хімічні процеси в цементному камені.

У підсумку, летюча зола, використана у кількостях 25–50%, суттєво підвищує корозійну стійкість бетону на портландцементі шляхом зменшення проникності, підвищення електричного опору та уповільнення карбонізації. Вказані значення покращення в межах 20–50% підтверджують ефективність золи як ключової мінеральної добавки, що здатна значно продовжити термін експлуатації залізобетонних конструкцій без застосування додаткових засобів захисту (табл.. 4.3)

Таблиця 4.3 Ефективність летючої золи у підвищенні корозійної стійкості бетону

Показник корозійної стійкості	Бетон без золи (0%)	25% летючої золи	Покращенн я	50% летючої золи	Покращення
Швидкість	Базове	Зменшуєтьс	Менше CO ₂	Зменшуєтьс	Значне

Показник корозійної стійкості	Бетон без золи (0%)	25% летючої золи	Покращенн я	50% летючої золи	Покращення
карбонізації	значення	я на 20–25%	проникає	я на 35–40%	зменшення
Проникність хлоридів	Висока	Знижується на 25–30%	Краще проти солей	Знижується на 40–50%	Сильний ефект
Електричний опір бетону	Нормальни й	Зростає на 20–30%	Арматура менше кородує	Зростає на 45–55%	Максимальни й захист
Інтенсивніст ь корозії арматури	Стандартна	Зменшуєтьс я ~на 25%	Менше корозії	Зменшуєтьс я на 40–50%	Суттєве зниження
Щільність структури бетону	Нормальна	Помітно щільніша	Менше пор	Значно щільніша	Висока довговічність

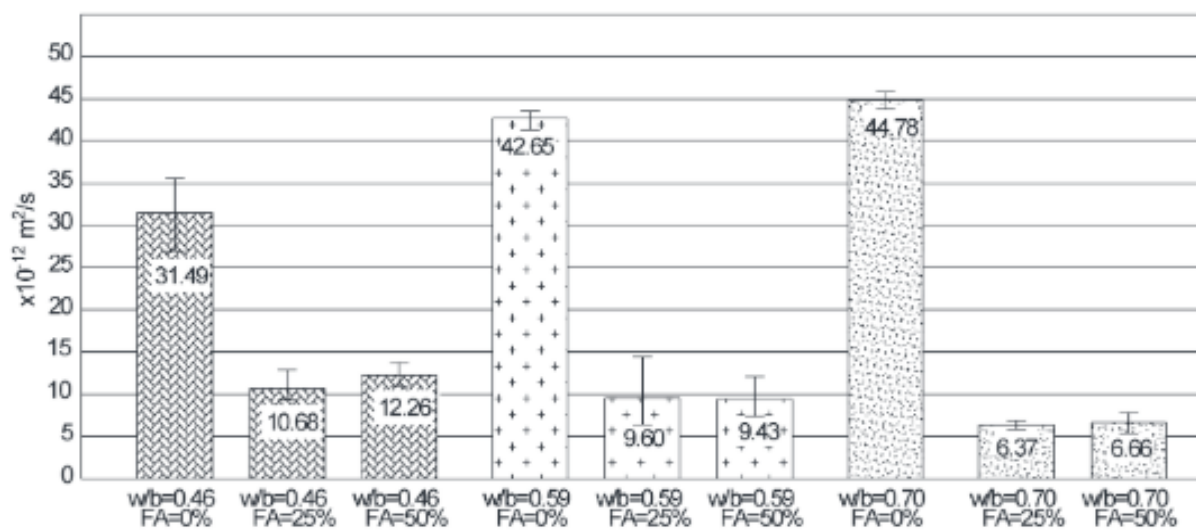


Рисунок 4.3 Порівняння коефіцієнтів міграції

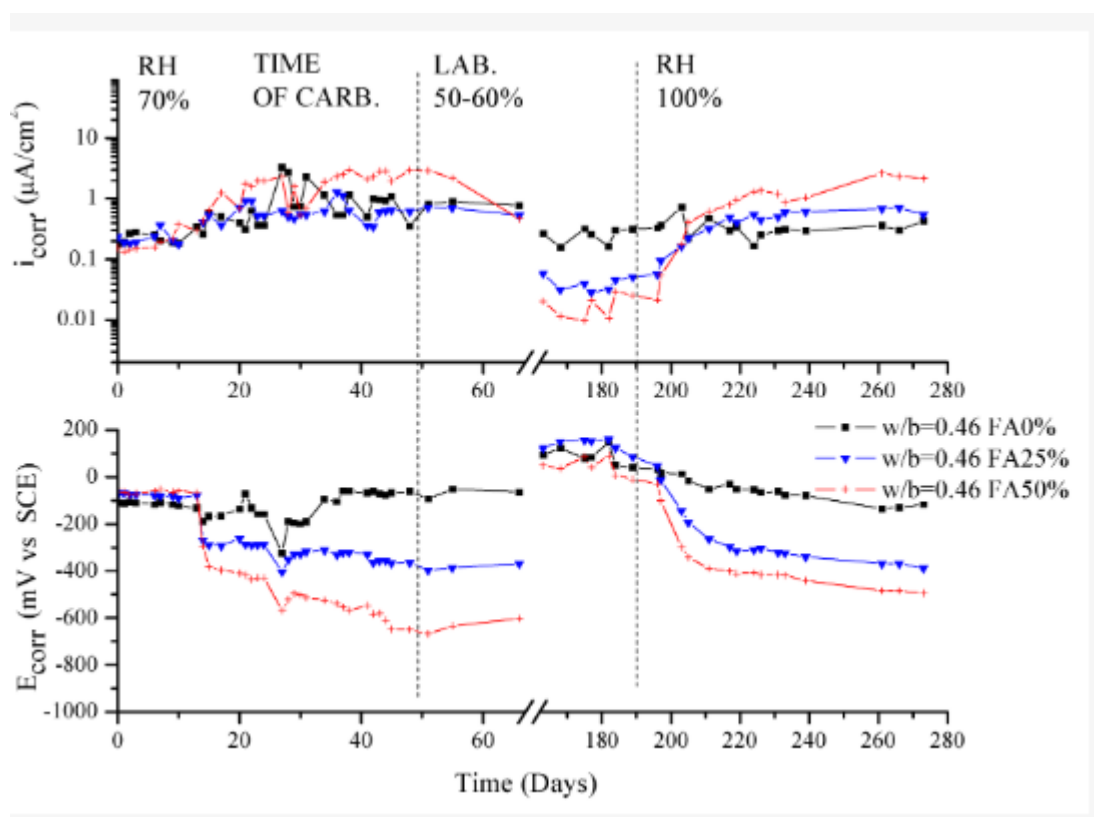


Рисунок 4.4. еволюція корозійного потенціалу

Висновок

У ході виконання дослідження було проведено аналіз сучасних методів підвищення корозійної стійкості бетону з урахуванням хімічного складу та фізико-механічних властивостей матеріалу. Основною метою роботи було визначення ефективних способів захисту арматури та продовження терміну служби залізобетонних конструкцій.

Для підвищення корозійної стійкості бетону було обрано додавати летючу золу. Вибір цього методу обумовлений його високою ефективністю у зменшенні проникності бетону для агресивних іонів та підвищенні стійкості арматури до корозії, і є дуже екологічним.

Основні результати дослідження можна сформулювати так: що летюча зола, є найбільш ефективнішим і найбільш економнішим методом покращення корозійної стійкості бетону, при виробництві залізобетонних ригелів. Тож було обрано використати саме цей метод, і додавати замінити 50% цементу, на летючу золу.

5. Організація виробництва конструкцій

5.1 Технологічні процеси та операції

Виробництво залізобетонних ригелів відбувається за потоково-агрегатною схемою, що охоплює повний цикл — від приготування бетонної суміші до складування готової продукції. Технологічний процес передбачає раціональне поєднання механізованих і автоматизованих операцій, що забезпечує стабільну якість та високу продуктивність праці.

Приготування бетонної суміші

Для виготовлення ригелів використовується важкий бетон на основі портландцементу марки не нижче М400. Цемент надходить у силосний склад, звідки пневмотранспортом подається у дозувальне відділення бетонозмішувального цеху. Таке зберігання у силосах запобігає зволоженню цементу, втраті активності та гарантує стабільність його властивостей.

Пісок та щебінь зберігаються на відкритих складах із твердим покриттям, розділених перегородками за фракціями. Це дозволяє уникнути змішування матеріалів і полегшує контроль за їхнім використанням. Перед подачею на виробництво заповнювачі проходять контроль вологості та, за необхідності, просушуються.

Бетонна суміш готується у гравітаційному бетонозмішувачі циклічної дії, який забезпечує рівномірне перемішування компонентів. До складу бетону, крім основних компонентів (цемент, пісок, щебінь, вода), вводяться спеціальні добавки, що підвищують корозійну стійкість та довговічність конструкцій.

Зокрема:

- Зола-уносу використовується як мінеральна добавка, що зменшує пористість бетону, покращує його структуру та водонепроникність.

Водоцементне відношення підтримується на рівні, що забезпечує високу щільність та міцність бетону без втрати рухливості. Отримана суміш має

однорідну консистенцію, після чого подається до формувальної ділянки скіповими візками або бетонопроводами.

Підготовка форм і арматурних елементів

Перед початком формування проводиться очищення форм і бортоснастки від залишків попереднього бетону, пилу та мастильних речовин. Для цього використовують металеві щітки, стиснене повітря або пароструминні апарати. Якість очищення має велике значення, адже залишки старого бетону або забруднення можуть призвести до утворення раковин на поверхні готового виробу.

Після очищення всі металеві поверхні форми змазуються тонким шаром мастильної емульсії. Змазування запобігає прилипання бетону, забезпечує легке розформування та зберігає цілісність поверхні виробу. Далі проводиться установлення й збирання форм, перевірка їх комплектності, герметичності та відповідності проектним розмірам.

На наступному етапі здійснюється установлення і натяг стрижневої арматури електротермічним способом. Для цього арматурні стрижні закріплюються у натяжних пристроях, через які пропускається електричний струм. Під час нагрівання метал подовжується, а після охолодження — скорочується, створюючи у бетоні попереднє напруження. Це підвищує тріщиностійкість та несучу здатність готового ригеля.

Після натягу арматури у форму укладають арматурні каркаси, сітки та окремі стрижні, які забезпечують просторову жорсткість виробу. З'єднання між собою здійснюється ручним зварюванням. На цьому ж етапі встановлюють монтажні петлі, які використовуватимуться для підйому та транспортування ригелів під час монтажу.

Формування бетонних виробів

Після завершення підготовки арматури проводиться укладання бетонної суміші у форму. Суміш подається шарами, рівномірно розподіляючись по всій довжині ригеля. Для забезпечення щільності структури та запобігання утворенню пустот виконується розрівнювання та ущільнення бетонної суміші

вібруванням. Вібраційна обробка дає змогу рівномірно розподілити частинки заповнювача і видалити зайве повітря.

Після ущільнення верхня поверхня виробу вирівнюється і загладжується сталевими гладилками або спеціальними заглажувальними машинами. Це покращує зовнішній вигляд виробу і забезпечує точність його геометричних параметрів.

Теплова обробка

Після завершення формування форми з виробами завантажуються у пропарювальну камеру, де створюються умови для прискореного твердіння бетону. Камера герметично закривається, і починається процес теплової обробки.

Під дією гарячої пари бетон швидко набирає необхідну міцність, структура його стає більш щільною, а водонепроникність і морозостійкість підвищуються. Завдяки цьому вироби можна розформовувати вже через короткий час після формування, що значно підвищує продуктивність виробництва.

Після закінчення пропарювання проводиться розкриття пропарювальної камери та вивантаження форм з виробами на наступну операцію.

Розформовування, обробка та контроль якості

Після теплової обробки вироби піддаються обрізанню кінців попередньо напруженої арматури електродуговим зварюванням. Ця операція виконується для зняття залишкових напружень у зоні захватів і формування акуратного торця.

Після цього проводиться розформовування виробів, тобто відокремлення їх від форм. Ригелі виймаються з форм і подаються у зону охолодження або на візок для транспортування. Після охолодження вироби проходять візуальний контроль якості — перевіряється цілісність поверхні, відсутність тріщин, раковин і відкритої арматури.

У разі виявлення незначних пошкоджень або сколів виконується замазування цементним розчином. Замазування дозволяє вирівняти поверхню,

усунути дефекти та запобігти потраплянню вологи до арматури. Також обробляються торці виробів, які найчастіше зазнають механічних пошкоджень при транспортуванні.

Завершальні операції та складування

Після завершення всіх обробних операцій вироби подаються на склад готової продукції. На складі вони розміщуються у штабелі з прокладками, які запобігають пошкодженню поверхонь і забезпечують вентиляцію між елементами. Вироби витримуються до набору необхідної міцності для транспортування і монтажу.

Форми після розформування проходять повторне очищення та змазування, після чого цикл виробництва починається знову. Завдяки чіткій послідовності та автоматизації процесів забезпечується висока якість, точність розмірів і довговічність залізобетонних ригелів.

Таким чином, технологічний процес виготовлення залізобетонних ригелів включає комплекс взаємопов'язаних операцій, що охоплюють приготування бетонної суміші, підготовку арматури та форм, формування, теплову обробку, розформування, обробку та складування виробів. Дотримання встановленої технології гарантує отримання міцних, надійних і довговічних конструкцій, придатних для застосування в сучасному будівництві

Таблиця 5.1

Розподіл та тривалість технологічних операцій

№	Найменування операцій	Робітники			Трудомісткість, чол.-хв.	Тривалість, професія розряд кількі хв.
		професія	розряд	кількість і хв.		
1	Розкриття пропарювальної камери	Формувальник	5 розряд	1	0,561	1
			3 розряд			
2	Вивантаження форм з виробами з пропарювальної камери	Формувальник	5 розряд	1	2,31	2
			3 розряд			
3	Обрізання кінців попередньо напруженої арматури електродуговим зварюванням	Електрозварювальник ручного зварювання	3 розряд у	1	15,84	16
4	Розформування	Формувальник	5	1	5,06	5

	виробів		розряд			
			3 розряд	2		
5	Виймання виробів із форм із подачею в зону охолодження або на візок	Формувальник	5 розряд	1	3,201	3
			3 розряд			
6	Замазування цементним розчином сколів, тріщин і торців виробів	Формувальник	5 розряд	1	6,6	7
			3 розряд			
7	Подача виробів на склад готової продукції	Формувальник	5 розряд	1	2,31	2
			3 розряд			
8	Очищення форм і бортоснастки	Формувальник	3 розряд	2	8,25	8
9	Змазування форм і бортоснастки	Формувальник	3 розряд	2	3,10	3
10	Установлення й збирання форм	Формувальни	5 розряд	1	6,16	6
			4 розряд			

			3 розряд			
1 1	Установлення і натяг стрижневої арматури електротермічн им способом	Формувальник	5 розряд	1	18,81	19
			3 розряд			
1 2	Укладання арматурних каркасів, сіток і окремих стрижнів у форму, з кріпленням їх між собою ручним зварюванням, встановлення монтажних петель	Формувальник	5 розряд	1	24,2	24
			4 розряд			
			3 розряд			
1 3	Укладання, розрівнювання та ущільнення бетонної суміші вібруванням	Формувальник	5 розряд	1	12,54	14
			4 розряд			
			3 розряд			
1	Вирівнювання	Формувальник	5	1	11,55	12

4	та загладжування відкритих поверхонь свіжо сформованих виробів		розряд			
			3 розряд			
1 5	Завантаження форм з виробами у пропарювальну камеру	Формувальник	5 розряд 3 розряд	1	2,475	2
1 6	Закриття пропарювальної камери	Формувальник	2 розряд	2	0,594	1
всього						125

5.2 Характеристика матеріалів і комплектуючих

Виробництво залізобетонних ригелів передбачає використання важкого бетону класу С 30/35, що відповідає міцності на стиск 35 МПа. Основні експлуатаційні характеристики суміші: рухомість S1, водонепроникність W4, морозостійкість F100, що дозволяє отримати конструкцію з високою щільністю, стійку до тріщиноутворення і впливу зовнішніх агресивних чинників.

Важкий бетон даного класу є оптимальним вибором для ригелів, оскільки ці елементи несуть значні навантаження на вигин і працюють у комбінації з іншими конструктивними елементами каркасу. Тривала експлуатаційна стійкість ригелів забезпечується правильним підбором матеріалів та дотриманням технологічних вимог при виготовленні бетону.

Данні по бетону

1. Клас міцності бетону на стиску С 30/35
2. Марка по морозостійкості F100
4. Водонепроникність w10
5. Марка бетонної суміші за легкоукладальністю S1(від 10 до 40)

В якості в'язучого використовується портландцемент марки М400, що відповідає вимогам ДСТУ Б В.2.7-46:2010 «Будівельні матеріали. Цементи загальнобудівельного призначення» [4].

Портландцемент, клас міцності цементу 42,5N

Марка цементу 400М

початок тужавлення біля 60хв

Істина густина 3,000кг/м³

Насипна густина 1,400кг/м³

Портландцемент М400 широко застосовується у будівництві завдяки збалансованому поєднанню механічних та технологічних властивостей, забезпечуючи швидке наростання міцності і стабільне тверднення без тріщиноутворення.

Характеристики щебеню ДСТУ Б В.2.7-75-98 [5]

Щебінь гранітний, з густиною 1400кг/м³ фракції 40мм, з вмістом відмулюваних частинок 2%, з маркою міцності на стиску - 1000

Кварцовий пісок із модулем крупності 2.2, з відсотком відмулюваних домішок 9.5% густина 1600 кг/м³

Мінеральні добавки (зола-винесення)

Зола-винесення вводиться до складу бетону в кількості до 50 % від маси цементу (ДСТУ-Н Б В.2.7-175:2008 [6]). Її застосування забезпечує:

- додаткову хімічну реакцію з гідроксидом кальцію, що формує додаткові гідросилікати;
- зменшення водопотреби бетонної суміші;
- підвищення щільності та морозостійкості;
- покращення корозійної стійкості арматури.

Зола-виношення впливає на тривалість тверднення, розподіл температурного поля у бетоні та рівномірність структури, що особливо важливо для ригелів з великими прольотами.

Арматурна сталь

Для армування ригелів використовується сталь класу А500С (ДБН В.2.6-98:2009 [7]).

Діаметри арматури:

- Поздовжні / робочі стержні — Ø14 мм ;
- Поперечні / хомути — Ø14 мм ;
- Сітки / розподільні стержні — Ø12 мм .

5.3 Бетонозмішувальний цех

Коефіцієнт виходу суміші важкого товарного бетону — 0.67

Тривалість технологічних операцій при процесі виробництва суміші бетонної важкої.

Враховуючи те, що вид бетонної суміші, виготовлення якої проектується є малорухомим (S1), то на заводі з її виробництва будуть використовуватися бетонозмішувачі гравітаційні з об'ємом чаші 500 л.

В такому випадку ті технологічні операції, що будуть виконуватися при приготуванні суміші бетонної важкої будуть тривати:

завантаження компонентів бетоної суміші у бетонозмішувач — 2хв.

Перемішування компонентів бетонної суміші — 2,5хв

Вивантаження бетоної суміші — 1хв

час для повернення перекинутого барабана — 1хв

Тож загальна тривалість циклу готування одного замісу змішувачем

$$t_y = 3 + 2 + 1 + 1 = 7 \text{ хв}$$

Кількість замісів що видаються за годину

$$n_{36} = 60 * 0,7 / 7 = 6 \text{ шт}$$

Ємність барабана змішувача — 950л

В годинах продуктивність бетонозмішувача —

$$P_{\text{год}} = V_6 * n_{36} * K_v / 1000, \text{ куб.м/год},$$

$$P_{\text{год}} = 950 * 6 * 0,67 / 1000 = 3.81 \text{ м}^3/\text{год}$$

Кількість змішувачів для бетонної суміші:

$$n_3 = (2200 * 0,7) / (3037 * 3.81) = 0.25$$

Кількість бетонозмішувачів: 2 та 1 запасний

Річна продуктивність:

$$P_{\text{річ}} = P_{\text{год}} * T_{\text{річ}} * n_3, \text{куб.м.}$$

$$P_{\text{річ}} = 3.81 * 3037 * 2 = 23\,141,94$$

Перевипуск: 5.19% (в границях норми)

Список основного обладнання бетонозмішувального цеху

Бетонозмішувач гравітаційного типу

Дозувальне обладнання

- Дозатор цементу ДВЦ-1000 -1 шт.

Потужність: 1,1 кВт

- Дозатор заповнювачів ДМЗ-40/50 (щебінь, пісок) -1 шт.

Потужність: 3 кВт

- Ваговий дозатор води ДВВ-250/500 -1 шт.

Потужність: 0.55 кВт

- Дозатор хімічних добавок ДХД-50 -1 шт.

Потужність: 0.75

Бункери та силоси для зберігання матеріалів

- Силоси для цементу -2 шт.
- Бункери для піску та щебеню - 2 шт. кожного виду
- Вібратори на бункерах для покращення сходу матеріалів ВБ-30/40 2

шт

Потужність: 0.5 кВт

Транспортні механізми

- Стрічковий транспортер для подачі заповнювачів до змішувача ТЛ-400/500 - 1 шт.

Потужність: 7,5 кВт

- Шнековий транспортер для цементу ШТ-219/273 - 1 шт.

Потужність: 7,5 кВт

- Ковшовий підйомник або скіповий підйомник для подачі суміші СП-1200 -1 шт.

Потужність: 11 кВт

Система пилоподавлення та аспірації

- Аспіраційна установка для цементних силосів РУК-150 -1 шт

Потужність: 5 кВт

- Фільтри рукавного типу -1 шт

Потужність: 4 кВт

- Вентилятори витяжні -1 шт

Потужність: 4 кВт

Пульт управління та автоматика

- Siemens S7-1200 -1 шт

Потужність: 2 кВт

Допоміжне обладнання:

- Вібросита для просіювання піску СМ-141М -1 шт

Потужність: 2 кВт

- Вимірювальне обладнання ваги

Лабораторне обладнання (для контролю якості бетону)

- Бетономом для випробування кубів ПГМ-100М

Потужність: 1.5 кВт

- Форми для виготовлення контрольних зразків

- Ваги лабораторні

- Прилад Віка, конус для визначення рухливості

- Сушильна шафа СНОЛ-1,5/2 -1 шт

- Потужність: 1.2 кВт

Процес	Операція	Обладнання	Робочі		Термін операції сек	Поточний час, хв													
			Професія	Кількість		30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	360	390	
	Завантаження компонентів бетоної суміші у бетонозмішувач	Дозатори	Оператор	1	120														
	Перемішування компонентів бетонної суміші	Бетонозмішувач	Оператор	1	150														
	Вивантеження бетоної суміші	Бетонозмішувач	Оператор	1	60														
	Час для повернення перекинутого барабана	Бетонозмішувач	Оператор	1	60														
Усього																			

5.4 Арматурний цех

В арматурному цеху виконуються такі операції: чищення, різання, правка та зварювання арматури. Виходячи з вимог до продуктивності та потреби в арматурних виробках, обрано наступне обладнання:

Для різання арматурної сталі використовується верстат GQ60 -1 шт

Потужність двигуна: 7,5 kW

Габаритні розміри: 1590 x 930 x 1050 mm

Кількість працівників 1

Для заготівлі коротких арматурних стрижнів обрано верстат СГА-40 -1 шт

потужність електродвигуна – 3 кВт;

Габаритні розміри: 760 x 760 x 680 mm

Кількість працівників 1

Для згинання стрижневої арматури використовується верстат GW-42B -1 шт з технічними характеристиками:

Потужність електродвигуна: 3 кВт

Розміри (довжина-ширина-висота): 850 x 730 x 720 мм

Кількість працівників: 1

Для зварювання сіток застосовується контактна зварювальна машина МТПП-75 -1 шт з технічними характеристиками:

Потужність електродвигуна: 75 кВт

Габаритні розміри: 660-1300-2050 мм

Кількість працівників: 1

Для різання сіток використовується верстат СМЖ-60 -1 шт з технічними характеристиками:

Потужність електродвигуна: 5 кВт

Габаритні розміри: 7000 x 7000 x 1050 мм

Кількість працівників:

Отже, для арматурного цеху, загальна споживана електрична потужність становить: 93.5кВ

5.5 Формувальний цех

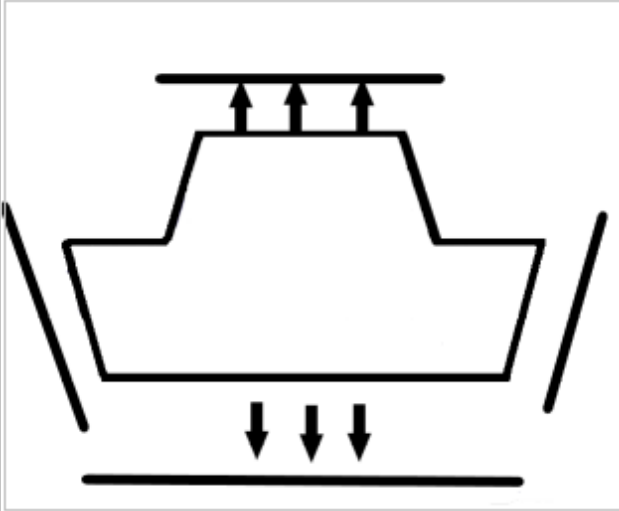
5.5.1 Поопераційний графік виробництва конструкції

Поопераційний графік являє собою візуальне представлення послідовності технологічних операцій, ключовою метою якого є забезпечення точного розподілу часу та виробничих ресурсів для виконання кожного окремого процесу. На представленому поопераційному графіку детально відображено виконання дев'яти етапів, необхідних для виготовлення одного виробу. Ці етапи включають: розформування виробів, обрізання кінців напружених стрижнів за допомогою електродугового зварювання, вилучення виробів із форм із подальшим встановленням їх у касети, закладення цементним розчином виявлених дефектів (сколів, раковин, тріщин) та обробку торців, а також підготовчі операції: очищення форм і бортоснащення, їх змащення, установка та складання форм. Завершальні виробничі етапи включають укладання, розрівнювання та ущільнення бетонної суміші методом вібрування, а також вирівнювання та загладжування відкритих поверхонь свіжо-заформованих виробів. Важливо зазначити, що формувальник виконує всі перелічені операції, окрім другої (обрізання стрижнів), яку здійснює електрозварювальник ручного зварювання. Для кожного процесу встановлюється нормований час, сума якого у підсумку визначає загальну кількість часу, необхідного для виготовлення однієї одиниці продукції.

Поопераційна нормаль 1

Найменування операцій – Підготовка форм						
I Схема організації робочого місця				II Технічні умови виконання		
				Вивантаження форм слід проводити плавно, без ривків і ударів, тільки після завершення теплової обробки		
				III Умови безпеки праці		
				До вивантаження дозволяється приступати лише після перевірки відсутності тиску у камері та надійності стропування форм, а працівники повинні перебувати на безпечній відстані під час підйому вантажу краном		
IV Елементи операції	Виконавці			Трудомісткість, чол-хв.	Обладнання й інструмент	Контроль
	Кількість	Професія	Розряд			
Розкриття пропарювальної камери	1	Формувальник	5 Розряд	1	Кран-балка стропи траверси	Перевіряють набір розпалубочної міцності бетону за контрольними зразками та правильність стропування форм при вивантаженні.
вивантаження форм з виробами з пропарювальної камери	1		3 розряд	2		

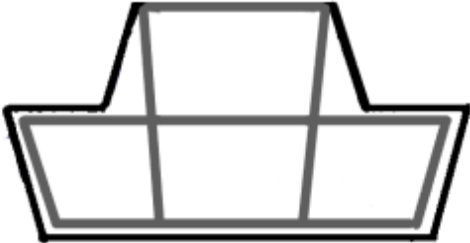
Поопераційна нормаль 2

Найменування операцій – Розформування виробів						
I Схема організації робочого місця			II Технічні умови виконання			
			Плавно та рівномірно треба зняти борти форми без ривків, що виключає пошкодження та відколи країв виробу			
			III Умови безпеки праці			
			При розформуванні ригелів слід уникати перебування працівників у небезпечній зоні падіння елементів форми			
IV Елементи операції	Виконавці			Трудомісткість, чол-хв.	Обладнання й інструмент	Контроль
	Кількість	Професія	Розряд			
Розформування виробів	1	Формувальник	5 розряд	5	Кран-балка траверси	Перевіряють чистоту і відсутність залишків бетону, цілісність геометрії форми та рівномірність нанесення мастила на всі поверхні.
	2		3 розряд			

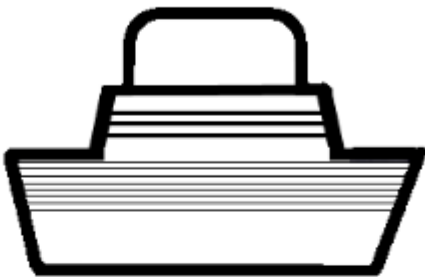
Поопераційна нормаль 3

Найменування операцій – Очищення і змазування						
I Схема організації робочого місця				II Технічні умови виконання		
				Очищення має бути повним, виключаючи залишки бетону, а змазування формуючих поверхонь повинно бути рівномірним, тонким шаром		
				III Умови безпеки праці		
				При очищенні форм необхідно використовувати захисні окуляри, рукавиці та респіратори, а при змазуванні слід уникати потрапляння мастила на шкіру та забезпечити ефективну вентиляцію робочої зони		
IV Елементи операції	Виконавці			Трудомісткість, чол-хв.	Обладнання й інструмент	Контроль
	Кількість	Професія	Розряд			
Очищення форм і бортнастилки	2	Формувальник	3 розряд	8	мийка високого тиску скребки ганчір'я/валики	Візуально перевіряють якість очищення форм від залишків бетону, відсутність іржі та рівномірність нанесення антиадгезійного мастила на всі формуючі поверхні.
змазування форм і бортнастилки	2		3 розряд	3		

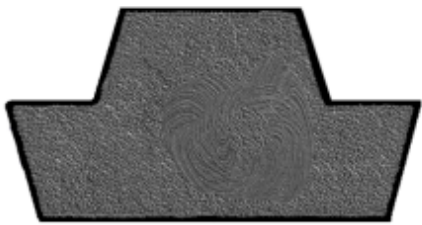
Поопераційна нормаль 4

Найменування операцій – Установка і натяжка стрижневої арматури						
I Схема організації робочого місця				II Технічні умови виконання		
				Арматурні стрижні слід встановлювати у формі відповідно до проекту, а електротермічний натяг виконувати шляхом дозованого електричного нагріву арматури до заданої температури		
				III Умови безпеки праці При електротермічному натягу необхідно забезпечити ізоляцію струмопровідних частин, контролювати температуру нагріву пірометром або іншим дозволеним методом, а працівники повинні використовувати діелектричні рукавиці та захисні окуляри для уникнення термічних і електричних опіків		
IV Елементи операції	Виконавці			Трудомісткість, чол-хв.	Обладнання й інструмент	Контроль
	Кількість	Професія	Розряд			
Установлення і натяг стрижневої арматури електротермічним способом	1	Формувальник	5 розряд	19	кран-балка ключі та захоплювачі кліщі	Перевіряють правильність установки арматурних елементів у формі, контролюють температуру нагріву арматури та величину видовження (натягу) після охолодження за графіком або розрахунковою таблицею.
	1		3 розряд			

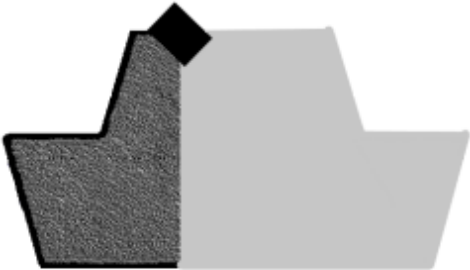
Поопераційна нормаль 5

Найменування операцій – укладання арматури						
I Схема організації робочого місця				II Технічні умови виконання		
				Арматурні каркаси та сітки мають бути точно встановлені у формі згідно з кресленнями, забезпечуючи проектний захисний шар бетону за допомогою фіксаторів		
				III Умови безпеки праці При укладанні арматури та монтажних петель необхідно використовувати траверси для рівномірного підйому вантажу, а під час ручного зварювання працівники повинні бути забезпечені засобами індивідуального захисту (СІЗ): зварювальною маскою, спецодягом та рукавицями, і заборонено проводити роботи поблизу легкозаймистих матеріалів.		
IV Елементи операції	Виконавці			Трудоміс-ткість, чол-хв.	Обладнання й інструмент	Контроль
	Кількість	Професія	Розряд			
Укладання арматурних каркасів, сіток і окремих стрижнів у форму, з кріпленням їх між собою ручним зварюванням, встановлення монтажних петель	1	Формувальник	5 розряд	24	Кран-балка варювальний апарат молоток кліщі захвати	Перевіряють правильність розташування арматурних каркасів та сіток, відповідність захисного шару бетону, якість зварювання вузлів та надійність кріплення монтажних петель відповідно до проекту.
	1		4 розряд			
	1		4 розряд			

Поопераційна нормаль 6

Найменування операцій – Укладання бетонної суміші						
I Схема організації робочого місця				II Технічні умови виконання		
				Бетонну суміш слід укладати у форму шарами та ущільнювати вібраторами		
				III Умови безпеки праці		
				При ущільненні бетонної суміші вібруванням слід уникати контакту рук або тіла з працюючим вібратором, працювати необхідно в діелектричних рукавицях та захисних окулярах, а також контролювати справність заземлення електричного обладнання		
IV Елементи операції	Виконавці			Трудомісткість, чол-хв.	Обладнання й інструмент	Контроль
	Кількість	Професія	Розряд			
Укладання, розрівнювання та ущільнення бетонної суміші вібруванням	1	Формувальник	5 розряд	13	Бетоноукладальник Вібромашина	Контроль: Перевіряють заповнення бетоном усіх кутів та порожнин форми, відсутність розшарування суміші та достатність ущільнення вібруванням
	1		4 розряд			
	1		3 розряд			

Поопераційна нормаль 7

Найменування операцій – Вирівнювання поверхонь						
I Схема організації робочого місця				II Технічні умови виконання		
				Вирівнювання поверхні повинно бути виконано після ущільнення, віброрейкою або правилом, забезпечуючи відсутність значних нерівностей.		
				III Умови безпеки праці При вирівнюванні та загладжуванні поверхні необхідно уникати контакту з рухомими частинами заглажувальних машин (якщо вони використовуються), працювати в захисних окулярах та рукавицях, а також слідкувати за станом робочого місця для запобігання ковзанню на свіжому бетоні		
IV Елементи операції	Виконавці			Трудомісткість, чол-хв.	Обладнання й інструмент	Контроль
	Кількість	Професія	Розряд			
Вирівнювання та заглажування відкритих поверхонь свіжо сформованих виробів	1	Формувальник	5 розряд	12	Заглажувальна машина Віброрейка Кельма, полутерок	Візуально перевіряють рівність та гладкість поверхні ригеля, відсутність раковин, напливів або задирок та відповідність допуску на нерівність
	1		4 розряд			

5.5.2 Тижнево-добовий графік виробництва конструкції

Тижнево-добовий графік є візуальним інструментом планування, який слугує для ефективного контролю та організації робочих процесів чи поставлених завдань. Згідно з моїм графіком, протягом однієї восьмигодинної робочої зміни, що становить 480 хвилин, відбувається виробництво трьох одиниць продукції. Час зміни розподіляється наступним чином: на початку роботи виділяється по дванадцять хвилин як на підготовчі роботи, так і на обслуговування робочого місця. Такі ж 12-хвилинні інтервали передбачені на

кінці зміни для завершальних робіт та фінального обслуговування робочого місця. Між виготовленням першого та другого виробу запланована технічна перерва тривалістю 20 хвилин. Найбільший інтервал виділено між виробництвом другого та третього виробу – це обідня перерва, яка становить 76 хвилин. Сумарний час, відведений на всі операції та перерви, складає рівно 480 хвилин, що дорівнює повній робочій зміні

Таблиця 5.5.2

5.5.2 Тижнево-добовий графік									
Склад Робіт	Час, хв	10	20	144	212	336	460	470	480
Підготовчі роботи	10								
Обслуговування робочого місця	10								
Виріб 1	124								
Обідня перерва	68								
Виріб 2	124								
Виріб 3	124								
Завершальні роботи	10								
Обслуговування робочого місця	10								
Всього	480								

5.5.3 Розрахунок загального часу виготовлення планового об'єму продукції

Планова кількість виробів була встановлена на рівні 20 000 одиниць, виходячи з розрахунків, що враховують як об'єм кожного окремого виробу, так і загальний план виготовлення продукції.

Планова кількість виробів однієї марки, яку необхідно виготовляти на одній технологічній лінії на одну добу:

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

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.

$$N^3 = 20000$$

$$T_{\text{річ}} = 249$$

$$n_{\text{зм}} = 2$$

$$N_{\text{вир}} = 20000 / (249 \cdot 2) = 40.2$$

Необхідна кількість технологічних ліній для виробництва:

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

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

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

$$n_{\text{л}}^p = 40.2 / 3 = 13.386$$

5.5.4 Розрахунок загального часу виготовлення планового об'єму продукції

Фактична потужність виробництва у кількості одиниць виробів, з виробництва однієї марки виробів визначається як:

$$N_{\text{іл}} = N_{\text{вир}} \cdot n_{\text{зм}} \cdot n_{\text{л}}^p \cdot T_{\text{річ}},$$

$$N_{\text{іл}} = 3 \cdot 2 \cdot 7 \cdot 249 = 10458$$

де $N_{\text{вир}}$ – кількість одиниць виробів за одну зміну, відповідно тижнево-добового

графіку;

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

$n_{\text{л}}^p$ – кількість технологічних ліній;

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

$$N_{\text{іл}} = 3 \cdot 2 \cdot 7 \cdot 249 = 10458$$

Так як за такими показниками планове виробництво не досягається, доцільно збільшити кількість робочих змін до 3, а кількість формувальних ліній до 9

$$N_{\text{іл}} = 3 \cdot 3 \cdot 9 \cdot 249 = 20169$$

перевипуск 0,845%

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

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

$$P_i = 20169 \cdot 1.1 = 22185.9$$

де $N_{\text{іл}}$ – це фактична виробнича потужність у кількості одиниць виробів однієї технологічної лінії;

$V_{\text{вир}}$ – це об'єм виробу, м^3

6. Складське господарство

6.1 Розрахунок потреби в компонентах й комплектуючих

Таблиця 6.1.1

в потребі компонентів бетону				
Компонент	Одиниця виміру	Потреба		
		1 кг/м ³	змiна	доба
цемент	кг	190	4559.886	13679.66
пісок	кг	1200	28799.28	86397.84
щебінь	кг	1034.48	24826.980	74480.94
вода	л	676.70	16239,518	48718554
добавка	кг	190	4559.886	13679.66

Таблиця 6.1.2

Відомість в потребі бетону				
Клас бетону	Необхідна кількість за годину, м ³	Необхідна кількість в зміні, м ³	Необхідна кількість в добу, м ³	Необхідна кількість на рік, м ³
C28/35	3.81	24	72.01	17930.24

Таблиця 6.1.3

Відомість у потребі арматурної сталі

Арматурна сталь	Потреба у арматурній сталі, кг			
	у зміні	у добу	у місяць	на рік
КП1с	557.61	1672.83	34711.22	416534.67
C14	23.76	71.28	1479.06	17748.72
MH1	21.84	65.52	1359.54	16314.48
Ø14 AtV, L = 6440	46.68	140.04	2905.83	34869.96

6.2 Склади в'яжучих

Ключова характеристика складу, це його місткість, яка визначається :

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

де Цд - витрата в'яжучого даного виду і марки на добу, кг; (27817)

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

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

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

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

K4 - коефіцієнт використання технологічного устаткування, рівний 0,943;

K5 - коефіцієнт заповнення ємності складу, рівний 0,9;

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

$$V \text{ цементу} = 13679.66 \cdot 10 \cdot 1.4 \cdot 1.4 \cdot 1.04 \cdot 0.943 \cdot 0.9 / 1000 = 323.09$$

6.3 Склади заповнювачів

Склади заповнювачів для підприємств із стендово-лінійним виробництвом ригелів класифікують як постійні за тривалістю експлуатації, резервно-розхідні за призначенням, середні за ємністю та вантажообігом, стаціонарні за надійністю, прирельсові за видом транспортних засобів та напівбункерні за способом складування й зберігання. Кількість та об'єм відділень (контейнерів) визначаю залежно від кількості фракцій щебеню, що застосовуються у технології виготовлення ригелів, а також від продуктивності системи постачання заповнювачів. Для кожного типу та фракції заповнювача повинна бути передбачена окрема ємність. Вибір типу заповнювача ґрунтується на його техніко-економічних характеристиках, а основною характеристикою складу є його загальна місткість:

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

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

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

К1 - коефіцієнт нерівномірності надходження в'язучого на склад, рівний 1,1 для автомобільного транспорту;

К2 - коефіцієнт нерівномірності споживання в'язучого, дорівнює 1,3;

К3 - коефіцієнт можливих утрат в'язучого при розвантаженні, рівний 1,04;

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

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

$$V \text{ щебеню} = 74480.94 * 10 * 1.4 * 1.4 * 1.4 * 1.04 * 0.943 * 0.9 / 1450 = 1214.11$$

Дрібний заповнювач планується зберігати на комбінованому інвентарному складі закритого типу, оснащеному автоматизованою системою та виконаному у формі силосів. Основною характеристикою такого складу є його місткість, яку визначають за відповідною методикою розрахунку.

$$V = 3д \cdot п \cdot K1 \cdot K2 \cdot K3 \cdot K4 / Пз , м^3$$

де 3д – витрата дрібного заповнювача у бетоні на добу, 78109 кг ;

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

К1 - коефіцієнт нерівномірності надходження в'язучого на склад, рівний 1,1 для автомобільного транспорту;

К2 - коефіцієнт нерівномірності споживання в'язучого, дорівнює 1,3;

К3 - коефіцієнт можливих утрат в'язучого при розвантаженні, рівний 1,04;

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

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

$$V \text{ Піску} = 86397.84 * 10 * 1.4 * 1.4 * 1.4 * 1.04 * 0.943 * 0.9 / 1600 = 1275.93$$

Місткість для складу летючої золи обчислюють так:

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

де Зола – витрата дрібного вяжучого на добу, 78109 кг ;

n – нормативний запас збереження вяжучого (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;

Пв – щільність піску в насипному стані – 650 кг/м³.

$$V_{\text{зола}} = 13679.66 \cdot 10 \cdot 1.4 \cdot 1.4 \cdot 1.4 \cdot 1.04 \cdot 0.943 \cdot 0.9 / 650 = 497.06$$

6.4 Склади арматурної сталі

Арматурні вироби зберігають у спеціально обладнаних закритих складських приміщеннях, де забезпечується захист від корозії, механічних пошкоджень і забруднення. Уся арматурна сталь та виготовлені елементи повинні бути впорядковані з чітким розподілом за типом, маркою сталі та геометричними характеристиками. Готові арматурні вироби, зокрема зварні сітки, монтажні петлі, закладні деталі й інші елементи, розміщують на спеціальних стелажах або в інвентарних контейнерах. Допустима висота складування арматурних сіток становить 1,5 м при горизонтальному зберіганні та 4,0 м — при вертикальному. Площа складу для арматури та арматурних виробів визначається як сума окремих зон, призначених для кожного виду продукції. Розрахунок площі під конкретний тип арматури здійснюють відповідно до необхідного об'єму зберігання та нормативної висоти укладання.

Вид арматури	Діаметр	Клас сталі
Поздовжня робоча нижня	Ø16 мм	A500C
Поздовжня робоча верхня	Ø12 мм	A500C
Хомути / поперечна	Ø8 мм	A240C
Розподільча / монтажна	Ø8 мм	A240C

$$S_{\text{Поздовжня робоча нижня}} = 25 \cdot 2 \cdot 1115.22 / 50 = 1115.22$$

$$S_{\text{Поздовжня робоча верхня}} = 25 \cdot 2 \cdot 47.52 / 50 = 47.52$$

$$S_{\text{Хомути / поперечна}} = 25 \cdot 2 \cdot 43.68 / 10 = 218.4$$

$$S_{\text{Розподільча / монтажна}} = 25 \cdot 2 \cdot 93.36 / 50 = 93.36$$

Загальна площа складу обчислюється шляхом множення сумарної площі зберігання усіх видів арматури (сталі та готових виробів) на коефіцієнт збільшення (1,5), який враховує необхідні проходи та проїзди.

$$S = (1115.22 + 47.52 + 218.4 + 93.36) \cdot 1,5 = 1474 \cdot 1,5 = 2211$$

6.5 Склад готової продукції

Площа складування готових виробів визначається як

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

де S_p - площа, яку займає один виріб;

$T_{\text{хр}}$ - 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

$$S = 13.5817 \cdot 1,5 \cdot 1,3 \cdot 10 = 264.84315$$

7. Лабораторія і контроль якості

Ефективна робота виробничого підприємства, що випускає близько 20000 залізобетонних виробів на рік, критично залежить від належного функціонування Відділу технічного контролю (ВТК) та Лабораторії, які мають бути повністю забезпечені необхідним контрольно-вимірювальним обладнанням та приладами для оцінки якості продукції та моніторингу технологічних процесів. Згідно з чинними нормативами, для забезпечення безперебійної діяльності та розміщення обладнання ці підрозділи потребують відповідних площ: для лабораторії передбачено близько 100М², а для ВТК, де організовуються робочі місця та ведеться документація, — 30М². Надзвичайно важливим аспектом є суворе дотримання вимог охорони праці, що передбачає обов'язкове використання персоналом засобів індивідуального захисту (окуляри, рукавички, спецодяг), регулярну перевірку справності всього лабораторного обладнання та безпечне зберігання хімічних реагентів у спеціально відведених та маркованих місцях. Крім того, працівники обох підрозділів повинні систематично проходити інструктажі з безпеки та бути готовими до дій у аварійних ситуаціях, оскільки виконання цих вимог не лише гарантує безпеку, але й забезпечує високу точність контролю якості, що є запорукою стабільності всього виробництва.

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, строповочних 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. Колювання виробничої документації 2. Технічний стан устаткування	1. Марка сталі 2. Відповідність розмірів арматури 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 виробничого 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 натагу. Лабораторія	Арматурний цех	Зварювальний пост. Лабораторія	Пост формування	Дозатори Бетономішувачі	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. Вимірювання рулеткою, лінійкою, штангенциркулем 3. Візуальний відбір проб і випробування	Відбір проб і випробування	Вимірювання сталевих рулеткою, мірною лінійкою. Візуальний	1. Спостереження за приладами 2. Перевірка, тарування приладів 3. Відбір проб і випробування 4. Термометр	1. Вимірювання рулеткою й рівнем 2. Огляд 3. Відбір проб і випробування	1. Вимір лінійкою 2. Секундомір 3. Цилиндромір 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 процесі 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 сховані 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 бетономішувально го цеху	начальник цеху	Начальник цеху, зав. Лабораторією	Зав. лабораторією, начальник паросилового цеху	Начальник цеху

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

Цех	Назва електроприймача	Кількість	Встановлена потужність кВт
Дозатор	Дозатор цементу ДВЦ-1000	1	1.1
	Дозатор заповнювачів ДМЗ-40/50	1	3
	Ваговий дозатор води ДВВ-250/500	1	0.55
	Дозатор хімічних добавок ДХД-50	1	0.75
Бункери та силоси для зберігання матеріалів	Вібратори на бункерах для покращення сходу матеріалів ВБ-30/40	2	0.5
Транспортні механізми	Стрічковий транспортер для подачі заповнювачів до змішувача ТЛ-400/500	1	7.5
	Шнековий транспортер для цементу ШТ-219/273	1	7.5
	Ковшовий підйомник або скіповий підйомник для подачі суміші СП-1200	1	11
Система пилоподавлення та аспірації	Аспіраційна установка для цементних силосів РУК-150	1	5
	Фільтри рукавного типу	1	4
	Вентилятори витяжні	1	4

Цех	Назва електроприймача	Кількість	Встановлена потужність кВт
Пульт управління	Пульт управління та автоматика Siemens S7-1200	1	2
Арматурний цех	Для різання арматурної сталі використовується верстат GQ60	1	7.5
	Для заготівлі коротких арматурних стрижнів обрано верстат СГА-40	1	3
	Для згинання стрижневої арматури використовується верстат GW-42В	1	3
	Для зварювання сіток застосовується контактна зварювальна машина МТПП-75	1	75
	Для різання сіток використовується верстат СМЖ-60 з технічними	1	5
Допоміжне обладнання	Вібросита для просіювання піску СМ-141М	1	2
	Бетонолом для випробування кубів ПГМ-100М	1	1.5

Цех	Назва електроприймача	Кількість	Встановлена потужність кВт
	Сушильна шафа СНОЛ-1,5/2	1	1.2
Офісне обладнання	Освітлювальні прилади	130	

Цех	Назва електроприймача	Кількість	Встановлена потужність кВт
Дозатор	Дозатор цементу ДВЦ-1000	1	1.1
	Дозатор заповнювачів ДМЗ-40/50	1	3
	Ваговий дозатор води ДВВ-250/500	1	0.55
	Дозатор хімічних добавок ДХД-50	1	0.75
Бункери та силоси для зберігання матеріалів	Вібратори на бункерах для покращення сходу матеріалів ВБ-30/40	2	0.5
Транспортні механізми	Стрічковий транспортер для подачі заповнювачів до змішувача ТЛ-400/500	1	
Усього			274.55

Обчислення потреби у стислому повітрі

$$323.09 \times 44.4 = 14346.5$$

Обчислення витрати пару

$$S_{\text{виробу}} * 170 = 1635,57 * 170 = 278046,9$$

9. Організація вантажопотоків

На заводі з виготовлення залізобетонних ригелів організація руху вантажів, транспорту є одним із ключових факторів безпечного та ефективного функціонування виробництва. Рациональне планування потоків дозволяє мінімізувати простой, уникати перетинання транспортних маршрутів, зменшувати ризики травматизму та підвищувати продуктивність.

У цьому розділі наведено структуру логістичних потоків, організацію внутрішніх і зовнішніх маршрутів, характеристику проїздів і проходів, а також перелік обладнання, яке здійснює рух по території підприємства.

Загальні принципи організації вантажопотоків

Побудова системи руху вантажів базується на таких принципах:

- Прямолінійність вантажопотоків.

Рух матеріалів має відбуватися з мінімальною кількістю повернень та перехресть.

- Розділення потоків.

Потоки сировини, готової продукції, відходів, а також рух персоналу організовано так, щоб вони не перетиналися.

- Односторонній рух техніки.

На території заводу передбачені односторонні маршрути автотранспорту для уникнення зустрічного руху.

- Безпека.

Всі маршрути транспорту відокремлені від пішохідних проходів, а перетини — обладнані попереджувальною розміткою.

Основні вантажні потоки на заводі

На підприємстві виділяються такі ключові матеріальні потоки:

1. Потік сировини

цемент з авто → склад цементу через провід → бетонозмішувальний цех → формувальна лінія;

щебінь, пісок з авто → відкритий інертний склад за допомогою транспортера в → дозувальні бункери → бетонозмішувач;

вода з авто → насосна станція через труби → змішувач;

хімічні добавки / інгібітори корозії → склад реагентів → дозатор → бетонозмішувач.

2. Потік арматури

арматурний склад відгружається краном → арматурний цех (різання, гнуття, зварювання) відгружається краном → формувальний цех

3. Потік бетонної суміші

бетонозмішувач → мостовий кран → заливка форм.

Альтернативно: подача бетонопроводом або а по внутрішньому маршруту.

4. Потік готових ригелів

розпалубка відгружається краном → склад готової продукції → навантаження краном → автотранспорт → споживач.

Проходи та проїзди на території підприємства

Для забезпечення безпечної та безперервної роботи на території підприємства передбачено такі елементи інфраструктури:

Проїзди:

Головний транспортний проїзд

Ширина: 6 м для руху вантажного автотранспорту.

Призначення: заїзд автомобілів з матеріалами, вивезення готової продукції.

Внутрішньоцехові проїзди

Ширина: 4,5 м.

Використовуються навантажувачами, електровізками.

Проїзди біля складів інертних матеріалів

Ширина: 5 м, дозволяє маневрування самоскидів і фронтальних навантажувачів.

Проїзд для пожежного транспорту

Мінімальна ширина: 3,5 м по всьому периметру будівлі.

Проходи:

Між обладнанням у формувальному цеху — не менше 1,5 м.

Пішохідні доріжки з жовтою розміткою — 1 м.

Обхідні шляхи навколо кранів і небезпечних зон — 2 м.

У місцях роботи з інгібіторами корозії — спеціальні сигнальні проходи, виділені червоною розміткою.

Обладнання, яке рухається по території заводу

На заводі застосовується як зовнішній транспорт, так і власні засоби переміщення вантажів:

1. Вантажна техніка на території:

- Автомобілі-самоскиди для інертних матеріалів.
- Тягачі з платформою для перевезення готових ригелів.

2. Внутрішньоцехове обладнання:

- Мостові крани 10–20 т для транспортування арматурних каркасів та ригелів.
- Фронтальні навантажувачі — для переміщення щебеню та піску.
- Електровізки — для контейнерів із добавками.
- Бадді для бетонної суміші з пересуванням краном.
- Арматурні візки — для транспортування прутків у цех.

10. Структура, організація і управління підприємством

Організаційна структура підприємства є однією з ключових складових ефективного управління виробничим процесом. Вона визначає порядок взаємодії між підрозділами, розподіл обов'язків і відповідальності, а також забезпечує чітке підпорядкування на всіх рівнях управління. На сучасних промислових підприємствах застосовують різні типи організаційних структур, кожен з яких має свої переваги та недоліки в залежності від специфіки виробництва, масштабу діяльності та стратегічних цілей підприємства.

1. Типи організаційних структур

Існує кілька основних типів структурних організацій, які використовуються на промислових підприємствах:

Лінійна структура управління – характеризується чіткою вертикаллю підпорядкування, коли кожний працівник підпорядковується лише одному безпосередньому керівнику. Цей тип структури забезпечує простоту управління та зрозумілість обов'язків, проте може бути недостатньо гнучким при складних виробничих процесах, що потребують спеціалізованих знань.

Функціональна структура – передбачає об'єднання працівників за функціональними напрямками, наприклад, виробництво, технічне забезпечення, логістика, збут та фінанси. Кожен функціональний підрозділ очолює спеціаліст відповідного профілю. Така структура дозволяє підвищити ефективність виконання специфічних завдань, але іноді ускладнює координацію між різними підрозділами.

Лінійно-функціональна структура – поєднує переваги лінійної та функціональної системи. Керівник має право приймати остаточні рішення, при цьому функціональні підрозділи забезпечують спеціалізовану допомогу та консультації. Ця структура є досить поширеною на середніх і великих промислових підприємствах, оскільки дозволяє поєднати чітке підпорядкування з високою кваліфікаційною підтримкою.

Дивізіональна структура – передбачає виділення підрозділів за продуктами, територіями або групами клієнтів. Кожний дивізіон має власний комплект функціональних служб, що забезпечує автономність і оперативність управління. Такий тип структури доцільний для великих підприємств з різноманітною продукцією.

Матрична структура – поєднує вертикальні та горизонтальні зв'язки, коли працівник одночасно підпорядковується керівнику проекту і керівнику функціонального підрозділу. Матрична структура дозволяє ефективно управляти проектами та оптимально використовувати ресурси, але потребує високого рівня координації та комунікацій.

2. Організаційна структура данного заводу з випуску залізобетонних ригелів

Для підприємства, що спеціалізується на виробництві залізобетонних ригелів, обрана лінійно-функціональна структура управління. Вона забезпечує чітке підпорядкування та одночасно дозволяє залучати функціональних спеціалістів для контролю технологічних процесів і оптимізації виробництва.

На найвищому рівні управління знаходиться керівництво заводу, яке включає:

1. Директора заводу – головний керівник, який відповідає за стратегічний розвиток підприємства, фінансові результати та взаємодію з зовнішніми організаціями;

2. Заступники директора – кожен відповідає за певний напрям діяльності: виробництво, технічне забезпечення, економіка та фінанси, комерційна діяльність.

На наступному рівні розташовані начальники цехів та відділів, які забезпечують безпосереднє управління виробничими підрозділами:

- Начальник бетонного цеху – відповідає за якість бетонної суміші, дотримання технологічних норм та організацію роботи зміни;

- Начальник арматурного цеху – керує виготовленням арматурних каркасів, контролює точність розмірів та відповідність стандартам;
- Начальник складів матеріалів – забезпечує своєчасну доставку сировини та матеріалів до цехів, веде облік запасів;
- Начальник відділу контролю якості – здійснює лабораторні перевірки матеріалів та готової продукції, контролює дотримання стандартів і технічних умов.

Кожен цех поділяється на зміни та ділянки, де працюють бригади робітників, які безпосередньо виконують технологічні операції. Наприклад, у бетонному цеху виділяються ділянки замішування, подачі матеріалів. У арматурному цеху – ділянки різання, згинання та зварювання арматури. Кожна бригада має свого бригадира, який відповідає за організацію роботи та дотримання правил безпеки на ділянці.

11. Розрахунок потреби робітників

Формувальник, 5 розряд – 1 робітник

Формувальник, 3 розряд – 2 робітник

Формувальник, 2 розряд -2 робітник

Оператор обладнання - 1

У формувальному цеху працює 6 робітників на одній лінії, а дано 7 ліній.

Верстат GQ60 -1 робітник

Верстат СГА-40 - 1 робітник

Верстат GW-42B - 1 робітник

Верстат МТПП-75 - 1робітник

Верстат СМЖ-60 - 1 робітник

Електрозварювальник ручного зварювання, 3 розряд -1 робітник

Мостовий кран - 1 робітник

Оператори бетонозмішувальних установок- 4 робітник

Обслуговування дозаторів- 2 робітник

Склад заповнювачів-5 робітник

Склад в'язучих матеріалів: 6 робітник

Склад готової продукції: 2 робітник

Склад арматури і арматурних виробів: 2 робітник

Матеріально-технічні склади, склади комплектуючих елементів і допоміжних матеріалів: 2 робітник

Лабораторія: 2 робітник

Загальна кількість працівників на одну зміну:

$$(1+2+2+1)*7+1+1+1+1+1+1+1+4+2+5+6+2+2+2+2=66$$

Загальна кількість працівників за добу:

$$66*2=122 \text{ робітники}$$

Адміністрація має включати 15% від чисельності виробничих робітників:

$$122*0,15=18 \text{ Робітників}$$

Отже загальна кількість працівників разом з адміністративним персоналом

$$122+18=140 \text{ робітників}$$

12. Об'ємно-планувальне рішення підприємства

Планування території заводу з виробництва залізобетонних ригелів повинно забезпечувати оптимальні умови для виконання технологічних процесів, раціональну організацію праці та ефективне використання земельних ресурсів. Об'ємно-планувальне рішення орієнтоване на досягнення максимальної виробничої ефективності при дотриманні санітарних, протипожежних та містобудівних вимог. Щільність забудови території підприємства приймається на рівні, що відповідає вимогам чинних нормативів, з урахуванням необхідності формування резервних площ для можливого майбутнього розширення.

У генеральному плані заводу передбачаються такі ключові положення:

1. Функціональне зонування території, що визначається специфікою технологічних потоків виробництва ригелів, санітарно-захисними вимогами, протипожежними нормами, а також інтенсивністю транспортних потоків.
2. Ефективні виробничі, транспортні та інженерні зв'язки між основними цехами — арматурним, формувальним, бетонозмішувальним вузлом, лабораторією, складськими зонами та адміністративно-побутовим комплексом.
3. Максимальна кооперація основних та допоміжних виробничих підрозділів з метою скорочення внутрішньозаводських транспортних витрат.
4. Раціональне використання території із забезпеченням 4-гектарного майданчика необхідними резервними площами для збільшення виробничих потужностей у майбутньому.
5. Організація загальнозаводської системи обслуговування працівників, включаючи адміністративно-побутові приміщення, лабораторії, побутові кімнати, їдальню або буфет.
6. Можливість реалізації будівництва поетапно, що дозволяє вводити окремі виробничі ділянки в експлуатацію чергами.

7. Благоустрій території, включаючи озеленення, тверді покриття, облаштування пішохідних зон і забезпечення водовідведення.

8. Формування єдиного архітектурного ансамблю, який відповідає виробничим вимогам і гармонійно інтегрується у промислову структуру міста Кривий Ріг.

9. Захист території від ерозійних процесів, підтоплень, забруднення, що забезпечується відповідними інженерними рішеннями та організацією поверхневого водовідведення.

10. Рекультивація земель, які тимчасово будуть задіяні під час будівництва об'єктів.

Під час розробки генерального плану заводу враховуються природні умови Кривого Рогу:

1. Кліматичні особливості регіону: помірно-континентальний клімат, спекотне літо, холодна зима, значна кількість вітряних днів.

2. Стан ґрунтів та можливі зміни їх несучої здатності в процесі освоєння території.

3. Характерні для регіону вітрові навантаження та снігові відкладення.

4. Ризики пилових перенесень, що характерні для степових районів Дніпропетровської області.

Усі виробничі та допоміжні об'єкти розміщуються таким чином, щоб уникнути негативного впливу технологічних процесів на персонал та обладнання. Зони зі шкідливими факторами (наприклад, бетонозмішувальний вузол, формувальна діляниця, навантажувальні майданчики) віддаляються від адміністративно-побутових приміщень.

Гаражі для персонального транспорту не передбачаються, натомість виділяється майданчик для стоянки спеціалізованої техніки та обслуговуючих машин (кран, навантажувач) відповідно до потреб заводу.

Територія підприємства поділяється на зони:

- передзаводську,

- виробничу,
- підсобну,
- складську.

Планування передзаводської зони орієнтоване на основні підходи персоналу та транспортних засобів. На території виділяється простір для контрольного-пропускного пункту, адміністративно-побутового корпусу та автостоянки.

Виробнича зона включає:

- арматурний цех,
- формувальний цех,
- бетонозмішувальний вузол,
- лабораторію контролю якості,
- транспортну інфраструктуру з крановим обладнанням,
- внутрішньозаводські магістральні проїзди.

У зоні складів розміщуються:

- склад арматури (закритий),
- склад цементу, заповнювачів та хімічних добавок,
- відкритий склад готової продукції з можливістю роботи

стаціонарного крана.

Планування території також передбачає розміщення об'єктів допоміжного господарства: інженерних мереж, підстанцій, водопроводу, каналізації та насосних станцій.

У передзаводських та громадських зонах допускається облаштування відкритих паркувальних майданчиків для легкового транспорту згідно з вимогами нормативів.

Прохідні пункти розміщуються відповідно до вимог щодо віддаленості від основних виробничих будівель, а також враховуючи кліматичні умови Кривого Рогу. Відстані між пропускними пунктами та побутовими приміщеннями визначаються нормами та не повинні перевищувати гранично

допустимих значень. У холодний період року допускається облаштування критих переходів.

Для розширення заводу резервні площі передбачаються за межами основного виробничого периметра, але всередині 4-гектарної ділянки. У генеральному плані враховується можливість організації додаткових формувальних ліній та складів продукції.

Виробничі, складські та допоміжні будівлі об'єднуються в укрупнені блоки у випадках, коли це дозволяє технологія виготовлення ригелів та дотримуються протипожежні та санітарні вимоги.

При розміщенні будівель враховуються наступні фактори:

1. Орієнтація поздовжніх осей будівель у межах $45\text{--}110^\circ$ від меридіана, що забезпечує оптимальне природне освітлення.
2. Орієнтація аераційних ліхтарів відповідно до переважаючих вітрів для підвищення ефективності вентиляції формувального та арматурного цехів.
3. Умови снігопереносу: у районах зі значними сніговими відкладеннями передбачаються наскрізні проїзди, що сприяють провітрюванню території.
4. Урахування можливих пилових бур, характерних для Кривого Рогу: вздовж навітряного боку підприємства передбачено зелену захисну смугу.
5. Обмежене використання напівзамкнених дворів, яке допускається лише за технологічної необхідності.

Ширина внутрішніх дворів та проїздів відповідає нормативам і забезпечує безпечне пересування кранової техніки та автотранспорту.

13. Охорона праці і техніка безпеки

У технологічному процесі виготовлення ригелів типу **2P4.65-3AtV-C**, де як мінеральну добавку використовують летючу золу ТЕЦ, питання охорони праці набувають особливої актуальності через значний обсяг операцій із переміщення, зберігання та дозування дрібнодисперсних порошкових компонентів. Ригелі виробляються у формувальному цеху з використанням бетонної суміші, до складу якої вводиться зола-виносу. Вона покращує технологічні властивості бетону та підвищує якість готових конструкцій, проте під час роботи з нею створюється низка специфічних небезпек, які необхідно враховувати в організації виробництва.

Летюча зола як продукт спалювання вугілля на ТЕЦ має високу дисперсність: частинки зазвичай коливаються у межах 1–100 мкм, і домінуюча фракція не перевищує 40 мкм. Під час пересипання, дозування, подачі у бетонозмішувальний вузол або очищення обладнання частинки золи легко переходять у завислий стан і тривалий час залишаються у повітрі формувального та бетонозмішувального цехів. У технологічному процесі виготовлення ригелів це особливо актуально під час підготовки бетонної суміші, коли працівники контактують із відкритими точками пересипання або знаходяться поблизу незамкнених транспортних систем. Підвищений вміст пилу становить ризик для органів дихання, оскільки дрібні частинки можуть проникати глибоко в альвеоли. Короткочасний вплив викликає подразнення слизових оболонок, почервоніння очей, сухий кашель, алергічні реакції. Тривале або систематичне вдихання пилу летючої золи може призвести до розвитку хронічного бронхіту, ХОЗЛ, пилкових захворювань легень, а у випадку підвищеного вмісту кристалічного кремнезему — до професійного захворювання силікозу. У деяких випадках фіксуються також дерматити й шкірні подразнення через налипання пилу на вологу поверхню шкіри та його лужну реакцію.

Шкідливість летючої золи для працівників формувального цеху пов'язана не лише з її пилопридатністю, але й з хімічним складом. Основні компоненти золи — оксиди кремнію, алюмінію, кальцію та заліза, а також домішки сірки, магнію, натрію й калію. У золі можуть міститися важкі метали (кадмій, ртуть, миш'як, свинець) у слідових концентраціях. Хоча їхній вміст у золі невеликий, постійний контакт із пилом підвищує ризик їх потрапляння в організм. У поєднанні з вологою деякі компоненти золи можуть набувати сильної лужної реакції, здатної викликати мікроопіки шкіри, а також подразнення очей при безпосередньому попаданні частинок на слизову оболонку.

У виробництві ригелів додаткову небезпеку становить пожежно-вибуховий аспект. Через наявність незгорілого вуглецю летюча зола може бути джерелом локального тління. У силосах, бункерах та на стиках транспортних систем можливе нагрівання матеріалу або накопичення пилу, що створює вибухонебезпечні пилоповітряні суміші. У випадку наявності іскри або статичного розряду можливий пиловий вибух, наслідки якого можуть бути особливо небезпечними для працівників формувального та арматурного цехів, де знаходиться значна кількість обладнання та металевих конструкцій.

Для мінімізації ризиків у виробничому процесі необхідно забезпечити комплексний підхід до організації умов праці. Насамперед технологічні вузли приготування бетонної суміші для ригелів повинні бути максимально герметизовані. Пересипи летючої золи доцільно проводити у закритих лотках, шнеках або пневмотранспортерах. Усі місця можливого утворення пилу — точки завантаження силосів, вузли дозування, вузли подачі в бетонозмішувач — мають бути оснащені потужною аспірацією з рукавними фільтрами. Фільтри повинні регулярно очищатися, а система вентиляції — проходити регламентне технічне обслуговування. У силосах необхідно встановити датчики температури та вологості, фільтри-знепилювачі та системи заземлення для запобігання накопиченню статичної електрики. У формувальному цеху варто передбачити

локальні відсмоктувачі та пилопригнічення у вигляді тонкодисперсного водяного туману на ділянках з інтенсивним переміщенням матеріалів.

Організаційні заходи включають регулярне навчання працівників, ознайомлення їх з характеристиками летючої золи та специфічними ризиками при виготовленні ригелів. Працівники мають використовувати респіратори класу FFP2–FFP3, захисні окуляри, рукавички та спецодяг, який не накопичує пил. У цехах слід встановити станції для промивання очей та забезпечити доступ до засобів першої медичної допомоги. Важливо проводити періодичні медичні огляди працівників, особливо тих, хто займається транспортуванням, дозуванням та приготуванням сумішей із золою.

У порівнянні з цементом летюча зола має інший спектр небезпек. Цемент є більш агресивним щодо шкіри та слизових оболонок, оскільки має високу лужність і може спричиняти глибокі хімічні опіки. Натомість зола є значно небезпечнішою з точки зору респіраторного впливу через надзвичайно дрібний розмір частинок та їх здатність довго перебувати в повітрі. Хоча хімічна агресивність золи нижча, наявність домішок важких металів і незгорілого вуглецю доповнює її потенційні ризики. Крім того, цементний пил рідше викликає пожежні й вибухові ситуації, тоді як зола, особливо при великому обсязі використання у виробництві ригелів, потребує суворішого контролю за пожежною безпекою. Таким чином, у технологічному процесі виготовлення ригелів 2P4.65-3AtV-C летюча зола вимагає особливої уваги до систем аспірації, герметизації обладнання та індивідуального захисту працівників, щоб забезпечити безпечні умови роботи й мінімізувати ризики для здоров'я персоналу.

Список використаної літератури

1. Zhang Y., Zhang M., Ye G. Influence of moisture condition on chloride diffusion in partially saturated ordinary Portland cement mortar. *Construction and Building Materials*, 2018. 175 p.
2. Zomorodian A., Behnood A. Review of Corrosion Inhibitors in Reinforced Concrete: Conventional and Green Materials. *Buildings*, 2023, Vol. 13(5). Article 1170. MDPI. 34 p.
3. Campos Silva H. G., Garces Terradillos P., Zornoza E., Mendoza-Rangel J. M., Castro-Borges P., Juarez Alvarado C. A. Improving Sustainability through Corrosion Resistance of Reinforced Concrete by Using a Manufactured Blended Cement and Fly Ash. *Sustainability*, 2018, Vol. 10(6). Article 2004. MDPI. 19 p.
4. ДСТУ Б В.2.7-46:2010. Будівельні матеріали. Цементи загальнобудівельного призначення. Технічні умови. Чинний від 2011-01-01. Київ : Мінрегіонбуд України, 2010. 34 с.
5. ДСТУ Б В.2.7-75:1998. Будівельні матеріали. Заповнювачі пористі неорганічні для будівельних робіт. Технічні умови. Чинний від 1999-07-01. Київ : Держбуд України, 1998. 28 с.
6. ДСТУ-Н Б В.2.7-175:2008. Настанова щодо використання доменних гранульованих шлаків та зол виносу в будівництві. Чинний від 2009-01-01. Київ : Міністерство регіонального розвитку та будівництва України, 2008. 48 с.
7. ДБН А.3.1-5:2016. Організація будівельного виробництва. Чинний від 2017-06-01. Київ : Мінрегіон України, 2016. 46 с.
8. ДБН А.3.2-2:2009. Система стандартів безпеки праці Охорона праці і промислова безпека в будівництві. Основні положення. Чинний від 2010-01-01. Київ : Мінрегіонбуд України, 2009. 28 с.