

Міністерство освіти і науки України
КРИВОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Будівельний факультет

КАФЕДРА ТЕХНОЛОГІЙ БУДІВЕЛЬНИХ ВИРОБІВ, МАТЕРІАЛІВ І КОНСТРУКЦІЙ

Пояснювальна записка

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

Тема роботи: Завод з виготовлення залізобетонних шпал типу

Виконав:

магістрант групи ТБВК-24м

Віріч Олексій Володимирович

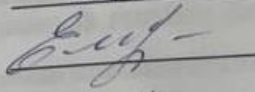
(прізвище, ім'я, по батькові)

Керівник випускної роботи



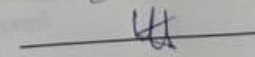
доц. Астахова Н.В.

Нормоконтролер



Єгорова І.В.

Завідувач кафедри



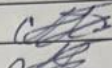
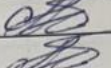
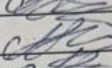
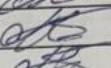
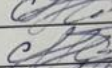
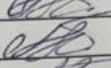
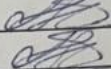
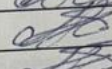
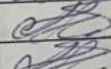
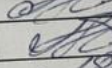
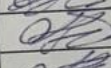
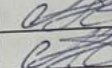
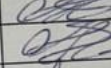
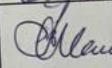
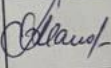
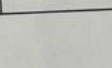
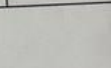
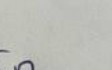
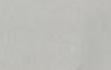
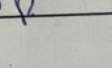
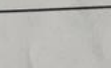
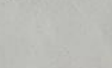
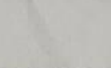
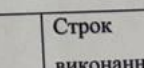
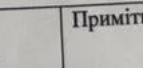
доц. Шишкіна О.О.

Кривий Ріг

2025 р.

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

5. Консультанти розділів роботи

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

6. Дата видачі завдання

30 травня 2025 р

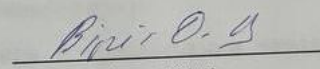
7. Календарний план

№ 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	22.10.25	
10	Структура, організація і управління підприємством	4.11.25	
11	Розрахунок потреби робітників	12.11.25	
12	Об'ємно-планувальне рішення підприємства	26.11.25	
13	Охорона праці і техніка безпеки	4.12.25	

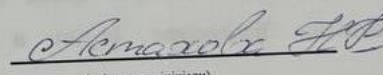
Магістрант


(підпис)


(прізвище та ініціали)

Керівник роботи


(підпис)


(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

магістерської кваліфікаційної роботи

студента гр.. ТБВК-24м Віріча Олексія Володимировича

на тему: «Завод з виготовлення залізобетонних шпал»

Актуальність теми. Залізобетонні шпали є ключовим елементом залізнодорожного шляху, який піддається значним навантаженням та впливам навколишнього середовища. Від їх довговічності напряду залежить безпека та ефективність залізнодорожного руху.

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

Об'єктом дослідження є завод з випуску залізобетонних шпал.

Завдання: 1) обґрунтування визначеного району будівництва, вигляду і обсягів продукції, що застосовується до випуску, наявності сировинних і енергетичних ресурсів, необхідних для цього; 2) обґрунтований вибір технології виробництва для всієї номенклатури продукції; 3) встановити режим роботи підприємства; 4) провести аналіз наукових джерел та обґрунтувати вибір пропонованого способу вдосконалення виготовлення конструкції; 5) описати технологічні процеси та операції які здійснюються при виготовленні конструкції в порядку їх виконання; 6) дати характеристику всім матеріалам та комплектуючим, які будуть застосовані, розрахувати їх потребу; 7) запроектувати роботу бетонозмішувального цеху; 8) запроектувати роботу арматурного цеху; 9) запроектувати роботу формувального цеху; 10) запроектувати склади компонентів та готової продукції; 11) дослідити та описати методи та засоби контролю якості на підприємстві; 12) встановити потребу в електроенергії, стислому повітрі, парі, воді; 13) встановити вантажопотоки на підприємстві; 14) описати структуру, організацію та управління підприємством; 15) провести розрахунок потреби робітників; 16)

виконати об'ємно-планувальне рішення для підприємства; 17) описати положення охорони праці та техніки безпеки на підприємстві.

Практичне значення отриманих результатів полягає у пропозиції по проєктуванню заводу з випуску залізобетонних шпал та вдосконалення технології виготовлення

Ключові слова: бетон, залізобетонні конструкції, залізобетонні шпали, технологія виготовлення, проєктування роботи підприємств

Обсяг кваліфікаційної роботи: Магістерська кваліфікаційна робота складається з пояснювальної записки, викладеної на 92 сторінках, яка складається зі вступу, тринадцяти розділів, які містять 17 рисунків, 25 таблиць, списку використаних джерел з 15 найменувань, та графічної частини, яка складається з 8 листів формату А3.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	9
1. Загальна частина.....	10
2. Вибір та обґрунтування технології виробництва.....	19
3. Розрахунок фондів часу роботи підприємства.....	24
4. Наукова частина.....	27
4.1. Аналітичний огляд.....	27
4.2. Наукова (теоретична частина).....	28
4.3. Науково-практична (прикладна) частина.....	29
5. Організація виробництва конструкцій.....	33
5.1. Технологічні процеси і операції	33
5.2. Характеристика матеріалів та комплектуючих	35
5.3. Бетонозмішувальний цех	37
5.4. Арматурний цех	44
5.5. Формувальний цех	47
5.5.1. Поопераційний графік	49
5.5.2. Тижнево-добовий графік	49
5.5.3. Розрахунок потужності технологічної лінії	58
5.5.4. Розрахунок загального часу виготовлення планового об'єму продукції	58
6. Складське господарство.....	59

6.1. Розрахунок потреби в компонентах й комплектуючих	59
6.2. Склади в'язучих.....	60
6.3. Склади заповнювачів.....	63
6.4. Склади арматури та арматурних виробів.....	66
6.5. Склад готової продукції	67
6.6. Матеріально-технічні склади та склади комплектуючих	69
7. Лабораторія і контроль якості.....	70
8. Розрахунок потреби в електроенергії, стислому повітрі, парі, воді.....	75
9. Організація вантажопотоків.....	77
10. Структура, організація і управління підприємством.....	80
11. Розрахунок потреби робітників.....	82
12. Об'ємно-планувальне рішення.....	85
13. Охорона праці.....	87
Список використаної літератури.....	91

Вступ

Залізобетон є одним із найбільш поширених і універсальних будівельних матеріалів у світі. Це багатокомпонентний матеріал, який поєднує в собі переваги двох складових: бетону та арматури (найчастіше сталевोї). Бетон відмінно працює на стиск, але слабкий на розтяг. Натомість, сталева арматура добре сприймає розтягувальні напруження. Завдяки надійному зчепленню між цими двома матеріалами, вони працюють спільно як єдине тіло, де бетон сприймає стискаючі зусилля, а арматура розтягуючі, що забезпечує конструкції високу міцність та витривалість. Додаткові переваги залізобетону включають його вогнестійкість, стійкість до атмосферних впливів та хімічну й біологічну стійкість.

Широке застосування ЗБК зумовлене їхніми високими експлуатаційними якостями та економічністю. Вони є основою для зведення об'єктів у всіх ключових галузях будівництва, таких як промислове, цивільне, житлове, гідротехнічне, інфраструктурне будівництво.

Особливе місце в сучасному будівництві займають збірні залізобетонні конструкції, які виготовляються на спеціалізованих заводах, а потім переміщуються на місце ведення будівництва для монтажу. Такий підхід має низку значних переваг порівняно з монолітним бетонуванням як то:

- постійна якість (виготовлення в заводських умовах дозволяє суворо контролювати склад бетонної суміші, якість арматури та дотримання технологічних процесів, що гарантує високу та стабільну якість виробів);
- швидкість будівництва (використання готових великорозмірних елементів істотно скорочує терміни монтажних робіт на об'єкті, оскільки основна частина трудомістких процесів переноситься на завод);
- ефективність (знижується потреба у великій кількості робочої сили безпосередньо на майданчику будівництва, мінімізується утворення будівельних відходів та залежність від погодних умов).

1. Загальна частина

Метою кваліфікаційної магістерської роботи є проектування роботи заводу, що буде випускати конкретну продукцію – шпали для залізничних колій із залізобетону.

При виборі місця розташування заводу з випуску залізобетонних шпал (ЗБШ) головними факторами є: наявність і доступність сировинних ресурсів (складові бетону – в'язуче, заповнювачі, арматура – сталь), енергетичне забезпечення, доступ до кваліфікованої робочої сили та інженерно-технічних кадрів, а також ефективні логістичні зв'язки для постачання сировини і збуту готової продукції. Місто Кривий Ріг має ряд природних та інфраструктурних переваг, що роблять його привабливим для розміщення такого підприємства. Кривий Ріг є однією з найбільших промислових агломерацій України з великою чисельністю населення та добре розвиненою залізничною та автомобільною інфраструктурами.

Для виробництва виробів із залізобетону критичною складовою є цемент високої якості. Адже цемент є тим складником, який буде у багато в чому формувати якісні характеристики бетону, який в свою чергу є компонентом композиційного матеріалу залізобетону. У Кривому Розі функціонує Криворізький цементний завод (ПрАТ «Кривий Ріг Цемент»), який є одним з

великих виробників цементу в регіоні, що забезпечує можливість регулярних поставок цементу без значних логістичних витрат (існування можливість доставки автотранспортом чи залізницею). Локальна присутність цементного виробника знижує ризики дефіциту і зменшує транспортну складову собівартості.

У Криворізькому районі та прилеглих територіях є численні кар'єри гранітного щебеню та інших видів заповнювачів (включно з кар'єрами, що обслуговують промислові підприємства регіону). Наявність кар'єрів дозволяє організувати постачання щебеню як крупного заповнювача для залізобетону, а також кар'єрного піску, як дрібного заповнювача. Логістика від кар'єру до заводу – переважно автомобільна або вагонна – дозволяє оптимізувати витрати даної категорії.

В той же час Кривий Ріг відомий як великий центр металургійного виробництва (зокрема ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг»), де виробляється сортовий прокат і арматура. Це дає перевагу в доступності арматурних матеріалів, можливості довгострокових контрактів на постачання та зниження логістичних витрат на металопродукцію. Для заводу з випуску ЗБШ локальна наявність арматури є важливим фактором зниження собівартості й ризиків дефіциту.

Виробництво ЗБШ вимагає стабільного енергопостачання (електроенергія для роботи різноманітного устаткування), водозабезпечення та інших видів ресурсів (газ, пара, тепло). Кривий Ріг – це індустріальний центр з розвиненою мережевою інфраструктурою носіїв.

Слід пам'ятати, що налагодити ефективну роботу будь-якого промислового підприємства, зокрема заводу з випуску ЗБШ неможливо без штату працівників, кожен з яких буде мати високу кваліфікацію у відповідній професії. В Кривому Розі історично склалася розвинена когорта професійно-технічних і вищих навчальних закладів, випускники яких є фахівцями у галузях будівництва, механіки, транспорту та економіки (зокрема, Криворізький національний університет (КНУ)).

Нормальне функціонування заводу з випуску ЗБ виробів, зокрема шпал для залізних колій, не представляється можливим без належної логістики, як вхідної, так і вихідної. Для виробництва ЗБ шпал, залізниця є ключовим елементом ниток логістики: вагонні поставки цементу, заповнювачів, арматури, а також відвантаження готової продукції для перевезень на внутрішні ринки України та у порти для подальшого міжнародного постачання. Кривий Ріг представляє важливий залізничний вузол Придніпровської залізниці – наявність розвиненої вузлової інфраструктури дає змогу організувати як регулярні великі поставки сировини, так і відвантаження великих серій готових шпал залізницею.

Водночас місто має розвинене автодорожнє сполучення з іншими регіонами України, що забезпечує ефективну доставку сировини від сусідніх сировинних баз та гнучку логістику для роздрібних або локальних замовлень. Для експорту у віддалені регіони або на порти (Одеса, Миколаїв) можливе комбіноване використання залізничних і автотранспортних маршрутів. Існуючі прямі та транзитні маршрути дозволяють доставляти продукцію до центральних і південних регіонів країни.

З точки зору можливості збуту продукції даного підприємства, представляють значні перспективи. Адже ЗБ шпали є продукцією, яка користується великим попитом як на внутрішньодержавному ринку, так і міжнародному. З огляду на те, що завод розташовуватиметься у великому промисловому регіоні, де активно задіяна залізниця як спосіб доставки вантажів, потреба у залізобетонних шпалах є практично постійною. Також наразі потреба у даному виді продукції підвищена через те, що значна частина залізничних шляхопроводів була пошкоджена або зруйнована військовими діями.

Завод, який планується до запуску є малопотужним заводом – його планований об'єм виробництва становить 35000 м³ за рік. Окрім залізобетонних шпал для залізничних колій, на заводі поки що не планується виготовлення

іншої продукції. З таким врахуванням особливостей характеристик даного заводу буде плануватися його структура, схема якої наведена на рис. 1.1.

Кожна складова частина підприємства має свою функцію та організацію. Ретельне та докладне проектування їх роботи дає в сумі злагоджену та продуктивну роботу всього заводу.

Показники роботи заводу зведені в таблицю 1.1.

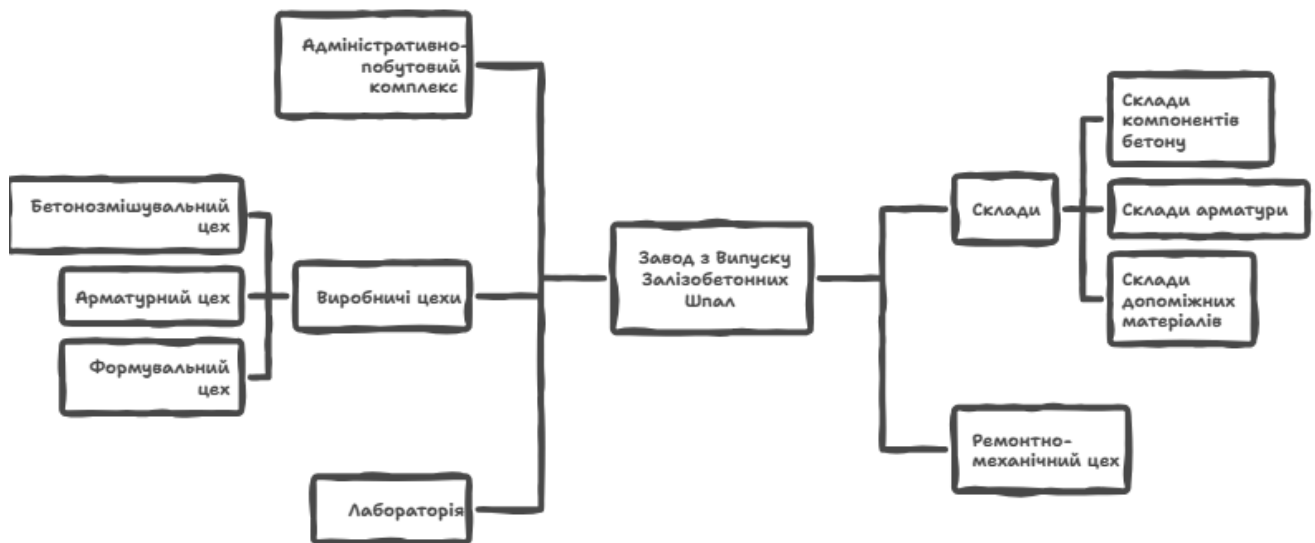


Рис. 1.1. Структурна схема заводу з виробництва залізобетонних шпал, що проектується

На підприємстві, проектування якого розглядається, планується до виготовлення залізобетонні шпали, призначені для вкладання залізничних колій марки Ш1-3. Такі шпали призначені для настилу колій, що матимуть ширину 1520 мм. Технічні вимоги до даного виду залізобетонної продукції викладені в ДСТУ Б В.2.6-209:2016 [1]. Згідно цього нормативного документу, така марка шпал застосовується для колій з рейками типу типів Р65, а також UIC60 і Р50. Закладні шайби в таких шпалах мають форму літери «П». Скріплення використовується клемно-болтове рейкове марок КБ, СКД65-Б. Кут нахилу упорних кромок становить 55°.

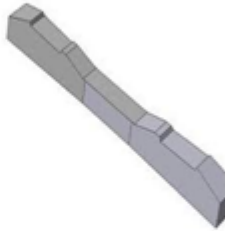
При виготовленні шпал Ш1-3 також спираються на ДБН В.2.6-98:2009 [2].

Характеристичні дані по шпалам, як предмету випуску на даному заводі містяться в таблиці 1.2.

Зображення шпали та її креслення представлені на рисунках 1.2-1.1.4.

Схема розташування арматури в шпалі міститься на рисунку 1.5.

Таблиця 1.1. Номенклатура продукції, що випускається:

Найменування виробів	Ескіз виробів	Марка виробів	Відповідний ДСТУ	Доля, % в загальному випуску	Задана річна продуктивність	
					м³	шт.
Залізобетон на шпала		Ш1-3	ДСТУ Б В.2.6-209:2016	100	5000	46300

Таблиця 1.2. Характеристика продукції, що випускається

Марка виробу	Розміри виробу, мм	Клас бетону за міцністю	Маса виробу кг	Видаток матеріалів	
				бетон, м³	сталь, кг
Ш1-3	2700×300×230	C32/40	276	0,108	6,72



Рис.1.2. Зовнішній вигляд шпали Ш1-3

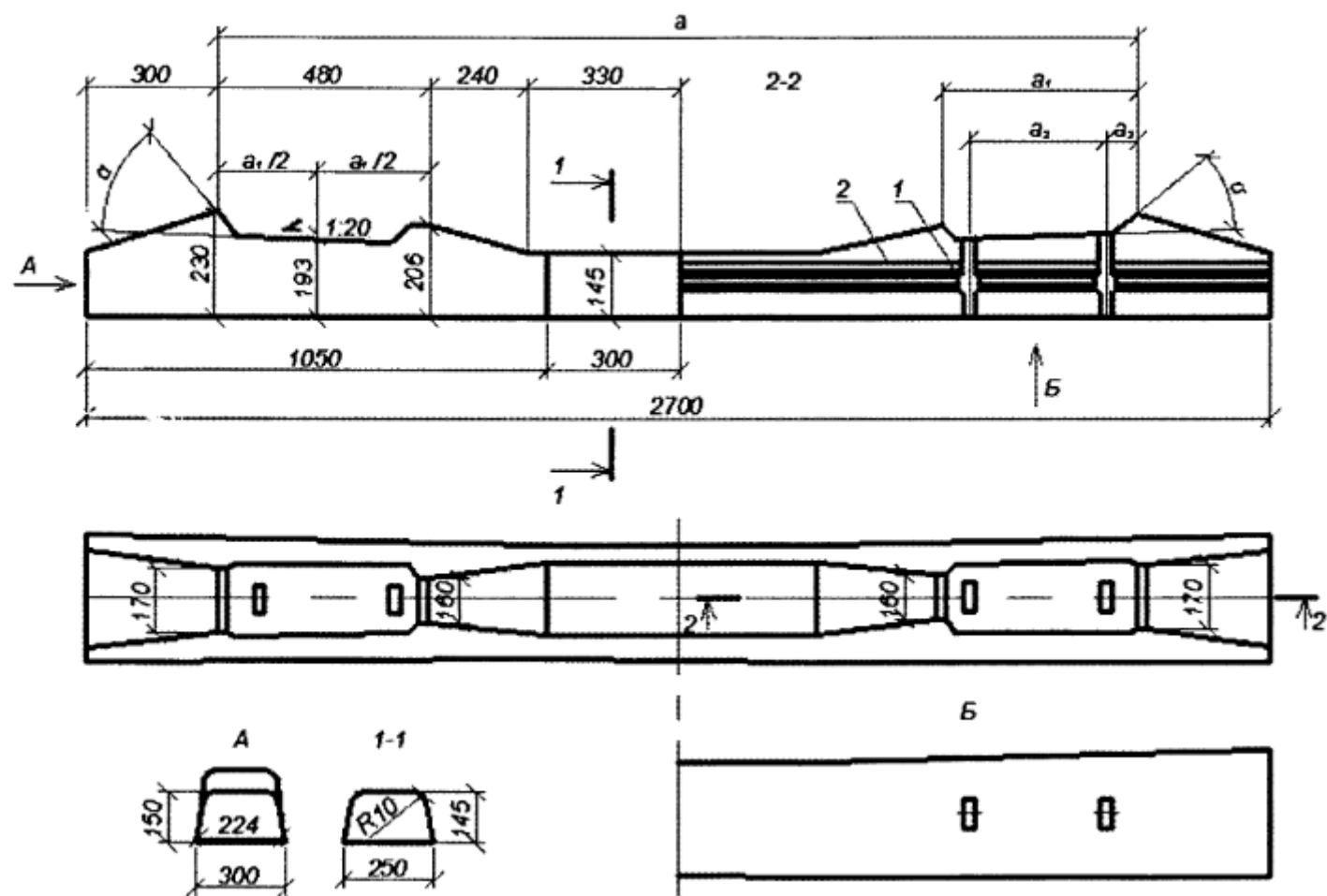
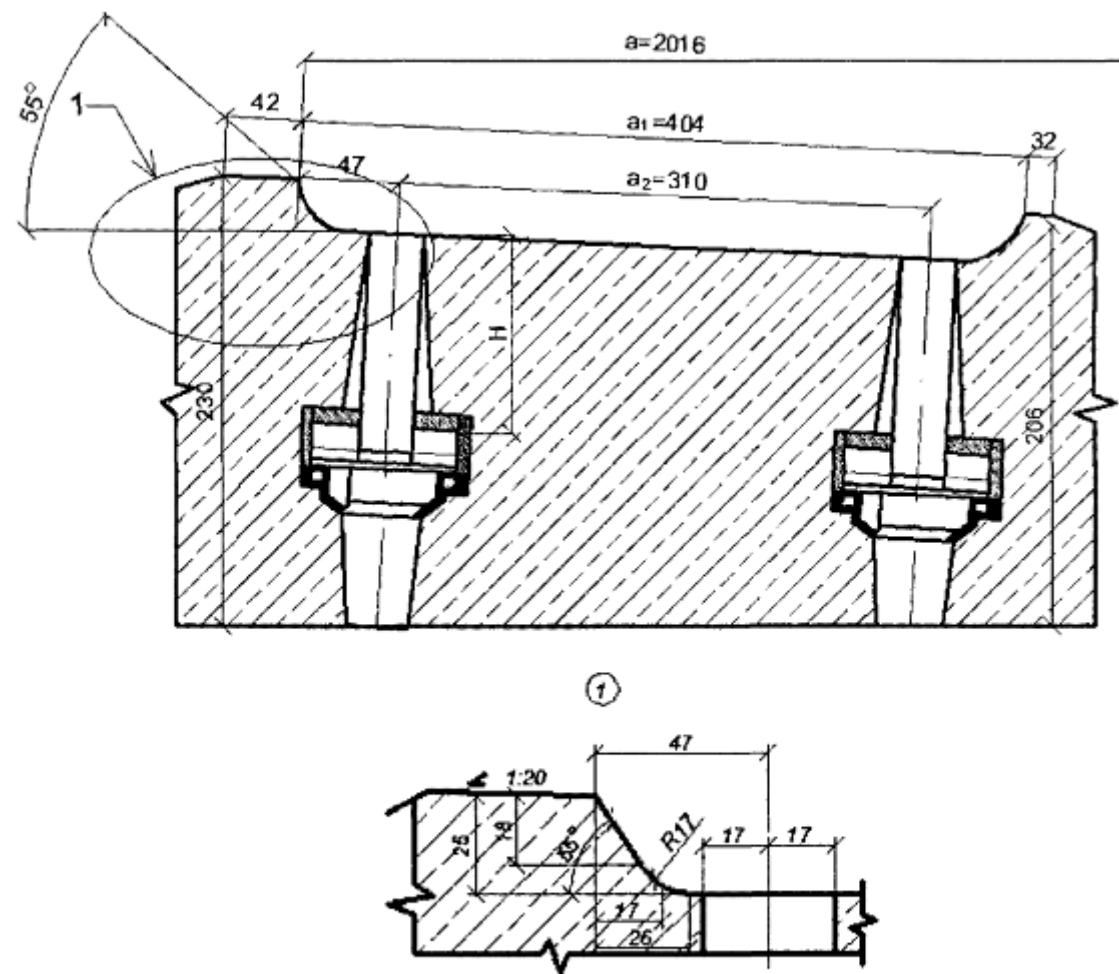


Рис.1.3. Креслення шпали Ш1-3



Розмір Н для пустотоутворювачів ПЗШ-1 і ПЗШ-3 81 мм, для ПЗШ-2 88 мм

Рис.1.4. Підрейкова частина шпали Ш1-3

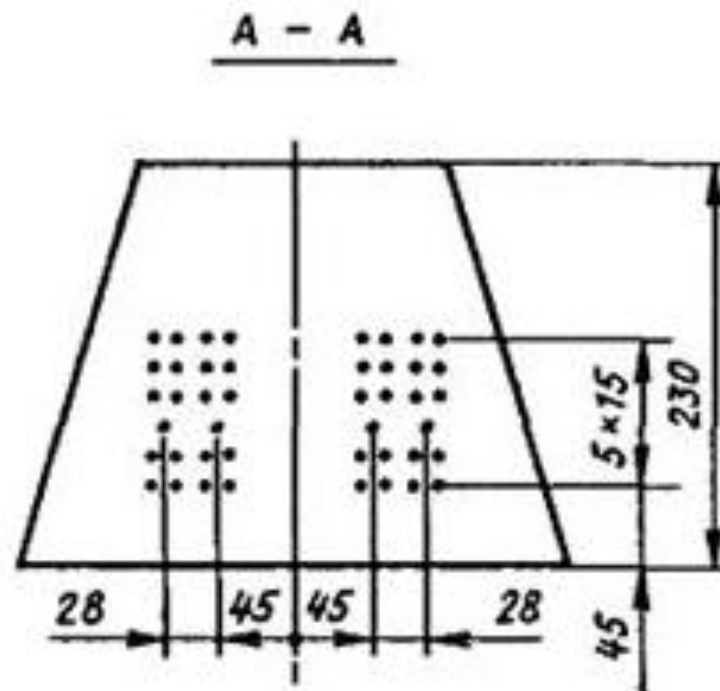


Рис.1.5. Схема армування шпали Ш1-3

2. Вибір і обґрунтування прийнятої технології виробництва

Виробництво ЗБ виробів, у тому числі шпал для колій залізниці, здійснюється із застосуванням різних технологічних методів, що визначають організацію виробничого процесу, тип устаткування, рівень механізації та продуктивність. Залежно від варіанту переміщення форм, оснащення та технологічного циклу, вирізняють потокові (агрегатно-потоковий, конвеєрний) та стендові (стендовий, касетний) групи методів виготовлення.

Основною метою впровадження поточкових методів є підвищення продуктивності, скорочення тривалості виробничого циклу та досягнення стабільної якості продукції. Стендові методи, своєю чергою, забезпечують більшу гнучкість і простоту впровадження при менших обсягах виробництва або за умов обмежених площ. Вибір конкретного способу визначається типом виробів, обсягами виробництва, технологічними вимогами до міцності та геометричної точності, а також наявними виробничими ресурсами.

Так, агрегатно-потоковий спосіб базується на принципі послідовного виконання технологічних операцій на спеціалізованих робочих постах, які обслуговуються окремими агрегатами – вузлами або машинами, об'єднаними в єдину технологічну лінію. Основна ідея полягає у тому, що форма або виріб переміщується між робочими місцями після завершення кожної операції (установка арматури, операції по бетонуванню, тепловолгісна обробка, розпалублення, контроль якості).

Характерними особливостями агрегатно-потокового методу є:

- застосування рухомих форм (сталевих, металевих або композитних);
- механізоване транспортування форм з одного поста на інший (роликові шляхи, візки, підвісні системи);
- автоматизація процесів дозування, бетонування, ущільнення та термовологообробки;
- можливість безперервного або напівбезперервного циклу роботи лінії;
- висока точність геометрії виробів, оскільки форми стандартизовані.

Позитивні характеристики способу такі:

- висока продуктивність (до 300–400 шпал за зміну);
- скорочення виробничого циклу за рахунок потокової організації;
- можливість стабільного контролю якості на кожній операції;
- ефективне використання трудових і енергетичних ресурсів.

Негативні риси способу:

- значні початкові капіталовкладення у технологічне обладнання та лінії;
- складність реконструкції або переоснащення при зміні асортименту виробів;
- потреба у кваліфікованому технічному персоналі для обслуговування лінії.

На сьогоднішній день на заводах централізованого випуску ЗБ виробів агрегатно-потоковий метод досі достатньо поширений.

Конвеєрний метод є різновидом потокового, однак передбачає безперервне пересування формоснащення або піддонів по конвеєрній лінії зі сталим ритмом. На кожній ділянці конвеєра виконується окрема технологічна операція, синхронізована у часі з попередніми та наступними етапами.

Основні характеристики конвеєрного методу:

- чітко регламентований ритм виробництва, який задається швидкістю руху конвеєра;
- можливість повної автоматизації всіх операцій;
- висока продуктивність та короткий технологічний цикл (до кількох годин);
- рівномірне навантаження обладнання та персоналу.

Переваги способу:

- максимальна механізація й автоматизація процесів;
- стабільна якість і повторюваність продукції;
- мінімальні витрати ручної праці;
- можливість інтеграції систем контролю та управління.

Недоліки конвеєрного виробництва:

- дороговизна організації;
- вимога до чіткої синхронізації усіх операцій, що ускладнює експлуатацію;
- менша гнучкість у зміні типів виробів;
- складність обслуговування великогабаритного обладнання.

Спосіб з використанням конвеєру зазвичай застосовується для масового виробництва малогабаритних залізобетонних виробів, таких як блоки, плити, тротуарна продукція.

Стендовий спосіб передбачає виготовлення виробів у непереміщуваних формах або безпосередньо на спеціальних «стендах», розташованих у виробничому цеху. Формоутворювальне обладнання є стаціонарним, а переміщуються лише допоміжні механізми (бетонозмішувачі, крани, вібратори тощо).

Сутність стендового методу:

- процес бетонування, ущільнення та твердіння відбувається на одному місці, без транспортування формоутворюючого оснащення;
- можливість одночасного виготовлення декількох виробів на одному стенді (довжиною до 100 м);
- зручність у разі виготовлення довгомірних елементів.

З переваг:

- простота технологічної схеми;
- менші капітальні витрати;
- висока якість за рахунок використання індивідуальних форм;
- можливість варіювати типи виробів на різних стендах.

Щодо недоліків:

- більша тривалість виробничого циклу (через твердіння на місці);
- обмежена продуктивність;
- підвищені вимоги до площ цеху;
- складність механізації окремих процесів.

Стендовий метод ефективний для середніх і малих підприємств або при виробництві нестандартних, одиничних конструкцій.

Касетний метод є різновидом стендового і реалізується при створенні виробів у вертикально розташованих металевих касетах із багаторазовим використанням. Касети являють собою таку собі систему камер, розділених металевими перегородками, у які заливається бетонна суміш.

Вирізняльні риси касетного способу:

- компактність обладнання (значна економія виробничої площі);
- можливість одночасного виготовлення десятків однотипних елементів;
- зручна теплова обробка у замкнутому об'ємі касети (паровим або електричним нагрівом);
- мінімальні втрати тепла та висока рівномірність прогріву.

В чому полягають плюси:

- висока щільність і якість поверхні виробів;
- ефективне використання теплової енергії;
- мінімальні витрати площі;
- можливість серійного виготовлення тонкостінних елементів.

В чому полягають мінуси способу:

- складність обслуговування та очищення касет;
- обмеження за габаритами виробів (переважно панелі, плити);
- потреба у точному дотриманні режиму бетонування.

Касетний метод найчастіше використовується для виготовлення стінових панелей, плит перекриття, проте для залізобетонних шпал його застосування обмежене через масивність та специфічну геометрію виробу.

Виробництво залізобетонних шпал для залізничних колій має низку специфічних технологічних умов:

- висока геометрична точність (допуски у межах $\pm 1-2$ мм);
- однорідність структури бетону та точне дотримання класу міцності;
- попереднє напруження арматури;
- часто масове серійне виробництво (сотні шпал на добу);

- необхідність прискореного твердіння бетону (обробка при тепло-вологісних умовах).

З урахуванням викладених вимог найбільш ефективним вбачається саме агрегатно-потоківий метод, адже він дозволяє для даного випадку:

1) забезпечити ритмічність і безперервність виробничого процесу при великому обсязі випуску;

2) організувати контроль якості на кожній стадії – армування, бетонування, ущільнення, термообробки, розпалублення;

3) мінімізувати ручну працю завдяки комплексній механізації й автоматизації основних операцій;

4) досягти стабільних показників міцності бетону за рахунок оптимізованої теплологічної обробки (у парових камерах або камерах періодичної дії);

5) максимально можливо скоротити цикл виробництва шпал.

Крім того, потоківі агрегатні лінії легко інтегруються у систему автоматичного управління виробництвом (АСУТП), що дає змогу контролювати витрати цементу, води, добавок, температуру та тривалість обробки. У сучасній практиці саме цей метод використовується на більшості спеціалізованих підприємств України, що займаються випуском саме ЗБ шпал.

Таким чином, агрегатно-потоківий спосіб є оптимальним рішенням для заводу з випуску залізобетонних шпал у м. Кривий Ріг, оскільки він відповідає високим вимогам до точності та якості виробів; може забезпечити масштабність та економічну ефективність виробництва; дозволяє гнучко організувати виробничу лінію у межах промислового майданчика.

3. Розрахунок фондів часу роботи підприємства

Одним з перших кроків при проектуванні роботи заводів з виготовлення ЗБК, в тому числі шпал попередньонапружених ШП1-3, є призначення часового робочого фонду. Це означає, що потрібно визначитися з тим, яка кількість часу (в добах, годинах) буде приділятися власне виконанню виробничих процесів та операцій всіх типів.

Такі показники зведені до таблиці 3.1.

Таблиця 3.1. Режим роботи заводу з випуску залізобетонних шпал ШП1-3

Показник	номінальний фонд часу роботи обладнання T_n	робочих змін $n_{зм}$	тривалість робочої зміни номінальна $t_{зм}$
Тривалість	260 діб/рік	2	8 годин

Устаткування та обладнання на заводі також має фонд часу роботи, що визначається як:

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

де T_n – номінальний фонд часу роботи обладнання, робочих днів на рік;

$T_{пер}$ – втрати робочого часу, які пов'язані з переналагоджуванням формувального обладнання, діб;

$T_{рем}$ – термін запланованого призупинення обладнання на ремонт, діб

Значення T_n приймаємо за таблицею 3.1, $T_{пер}$ – за таблицею 3.2, $T_{рем}$ – за таблицею 3.3.

І за прийнятими даними розраховуємо:

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

Показники робочого фонду часу заводу з випуску залізобетонних попередньо напружених шпал ШП1-3 матимуть значення (табл. 3.4).

Таблиця 3.2. Робочий час, який витрачається на переналагоджування
формульного обладнання

Тип технологічної лінії	Витрати робочого часу на переналагоджування					
	переналагодження усі на спец. постах		переналагодження, які не вкладаються в темп лінії на спец. постах		переналагодже ння усі на лінії	
	2	3	2	3	2	3
Конвеєрний	2	3	3	4	-	-
Агрегатно- потоківий	1	2	1	2	-	-
Стендовий	-	-	2	3	2	6

Таблиця 3.3. Робочий час, який витрачається на ремонт

Тип технологічної лінії	Тривалість зупинок на ремонт					
Конвеєрний	2	3	3	4	-	-
Агрегатно- потоківий	1	2	1	2	-	-
Стендовий	-	-	2	3	2	6

Таблиця 3.4

Номінальні й розрахункові показники робочого фонду часу

	Показники			
	Номінальні		Розрахункові	
	діб	годин	діб	годин
зміна	—	$t_{зм} = 8$	—	$t_{змн} = 6,4$
доба	1	16	1	13
місяць	21,6	347	21	1607
рік	260	4160	251	3213

Тож по факту робочий рік триватиме 251 добу та 3213 годин, робочий місяць 21 добу та 1607 годин, робоча зміна - 6,4 годин, на добу дві робочі зміни.

Самі ці данні будуть в подальшому прийняті для розрахунків.

4. Наукова частина

4.1 Аналітичний огляд

Ефективним матеріалом для створення шпал, що призначені для укладання залізничних колій, є залізобетон, що представляє собою поєднання бетону та арматури. Для таких виробів використовують бетон, що відноситься по класифікації по щільності до важких ($\rho = 2200 - 25 \text{—кг/м}^3$).

Важкий бетон для залізобетонних шпал характеризується високою міцністю, щільністю та довговічністю, що забезпечує стійкість конструкцій до значних навантажень і агресивних умов експлуатації. Саме ці властивості роблять його основним матеріалом для виробництва залізобетонних шпал.

Для виробництва залізобетонних шпал для залізничного полотна застосовують важкий бетон класом по міцності C20/25 – C50/60 та вище, що дозволяє витримувати значні статичні та динамічні навантаження від руху поїздів. Бетон повинен володіти низькою пористістю і високою стійкістю до проникнення води та агресивних середовищ, адже шпали експлуатуються у відкритих умовах і піддаються впливу атмосферних опадів та ґрунтової вологи.

Для регіонів із холодними порами року важливо, щоб важкий бетон мав достатню морозостійкість, що гарантує збереження міцності при багаторазових циклах заморожування та відтавання. Важкий бетон для шпал повинен мати марку водонепроникності W6 –W8, що запобігає проникненню води в структуру матеріалу та корозії арматури.

Для важкого бетону, з якого виготовляються залізничні залізобетонні шпали важливо забезпечити підвищену стійкість до стирання та механічних пошкоджень, що дасть змогу їм витримувати багаторазовий рух поїздів. Також немаловажне значення має міцність зчеплення бетону з арматурою.

4.2. Наукова (теоретична частина)

Окрім наведених властивостей важкого бетону, вагоме значення має така властивість як тріщиностійкість. Адже вона безпосередньо формує довговічність залізобетонних шпал.

Залізобетонні шпали є ключовим елементом залізно дорожнього шляху, який піддається значним навантаженням та впливам навколишнього середовища. Від їх довговічності напряду залежить безпека та ефективність залізно дорожнього руху. Тому тріщиностійкість бетону, з якого роблять шпали, відіграє важливу роль.

Достатня тріщиностійкість:

- забезпечує захист арматури від корозії – бетон виконує функцію захисту сталеві арматури від корозії. Якщо в захисному шарі бетону з'являються тріщини, вони відкривають шлях волозі та агресивним речовинам напряду до арматури.

- забезпечує довговічність – тріщини знижують здатність бетону опиратися механічним навантаженням. В умовах експлуатації залізнодорожніх шляхів, коли шпали піддаються циклічним навантаженням від приходящих поїздів, тріщини можуть швидко розповсюджуватися, що призведе до передчасного руйнування шпали.

- запобігає деформаціям – поява тріщин провокує деформації шпали під навантаженням. Це може бути причиною погіршення геометрії залізничного полотна, погіршення плавності ходу поїздів, збільшення динамічних навантажень на рухомий склад.

- дає можливість знизити експлуатаційні витрати – чим менше тріщин, тим рідше та меншого обсягу ремонту потребують шпали. їх рідше доводиться замінювати. Тож знижуються експлуатаційні витрати на утримання залізниці, підвищує її надійність та скорочує простої.

Тріщиностійкість бетону сама по собі не має певного вираження. Її визначають через дослідження інших властивостей.

До методів підвищення тріщиностійкості важкого бетону відносять:

- використання високоякісного цементу;
- оптимізація рецептури бетону;
- застосування добавок в складі бетону;
- попередній натяг арматури;
- ретельний контроль якості.

4.3. Науково-практична (прикладна) частина

В статті авторів Шейніч Л.О., Петрикова Є.М., Миколаєць М.Г., Мудрик М.С. [3] висвітлено дослідження впливання фібри з базальтового волокна на властивості важкого бетону, в тому числі його тріщиностійкість. Автори в статті зазначають, що використання фібри з базальтового волокна вбачається доцільним в нашій державі з врахуванням того, що поклади базальту є достатніми. Окрім доступності сировини, відомими є й інші позитивні властивості базальтофібри – вона нетоксична, не проводить тепло, значну міцність та інші фізико-механічні характеристики.

В статті відмічається, що ефективність базальтової фібри в бетоні залежить від довжини її волокон [3].

Для здійснення експериментів дослідники брали в якості вихідних складників бетону стандартні матеріали – шлакове цементне в'язуче марки 400, пісок з кварцу митий, щебінь з граніту. Фібра з базальту мала довжину волокон 24 мм. Для оцінювання тріщиностійкості фібробетону дослідники вивчали деформації такого бетону у ранні строки твердіння та порівнювали отримані значення із деформаціями ранніх строків твердіння зразків бетону того ж складу, але без фібри [3]. Для цього у свіжовідформовані зразки у вигляді призм прямокутного перетину розміром 10×10×40 см встановлювали два репери. Їх встромляли у бетонну суміш таким чином, щоб вони були віддалені від торців зразків на 10 см. Коли термін тужавіння цементу спливав, брали перший відлік відстані між реперами. Це робили за допомогою

спеціального приладу «SDM 50/500», який обладнаний індикатором годинникового типу з ціною поділки 0,01 мм. Показання наступних відліків брали кожну добу. За значення деформації приймали різницю між першим і кожним наступним відліками. Графічне зображення результатів аналізу досліджень приведені на рис. 4.1.

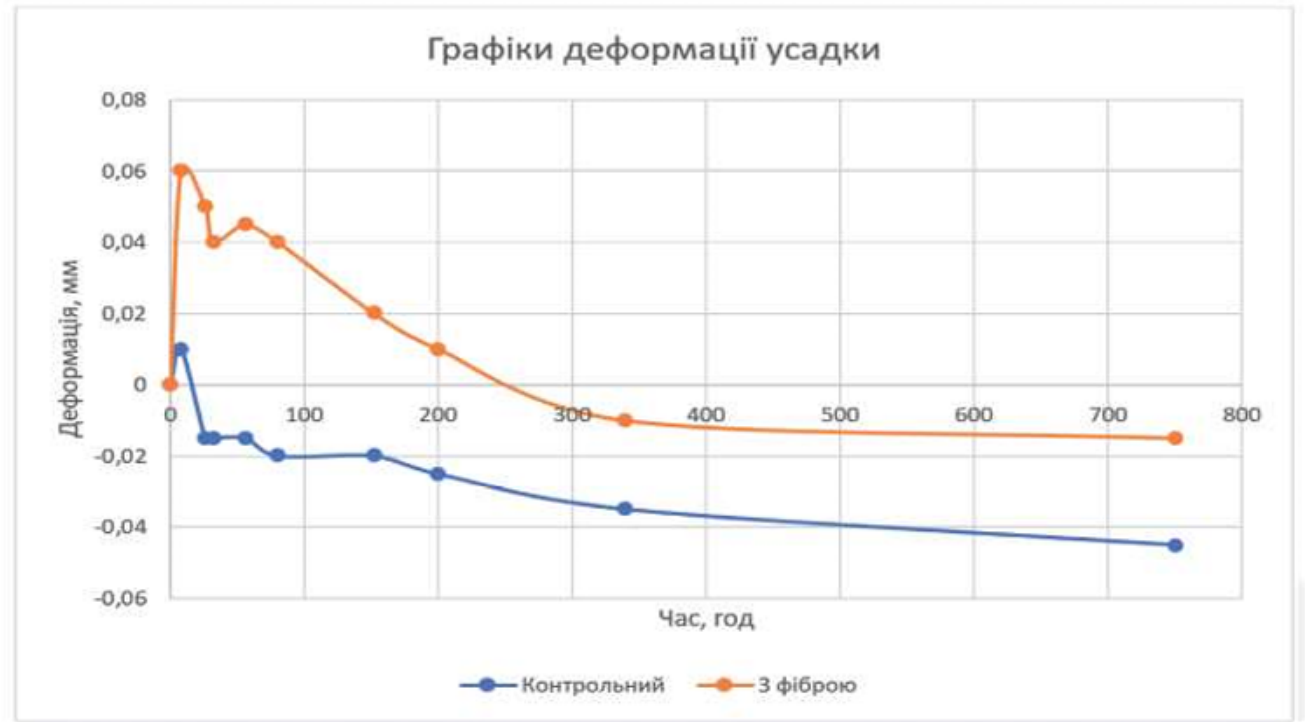


Рис. 4.1. Графіки деформації усадки фібробетону та контрольного бетону [3].

У іншому науковому джерелі вивчали проблему тріщиностійкості високоміцного бетону [4]. Автори зазначають, що такі бетони схильні до крихкого руйнування. У своїй роботі, вони звертають увагу на те, що на стійкість бетону до появи та розкриття тріщин впливають такі його властивості як усадка, міцність при розтязі, повзучість, модуль пружності.

У дослідженні порівнювалися між собою показники бетону контрольного складу (без добавок) та бетонів з різними видами мінеральних тонкомелених добавок, якими замінювали частину цементу. Для регулювання рухомості бетонної суміші в склад бетону вводили суперпластифікатор [4]. В'язучою речовиною виступав цемент портландський марки 400. В складі були присутні

пісок річковий та гранітний щебінь. Як тонкомелені добавки-замінники цементу застосовували:

- мікрокремнезем,
- метакполін,
- золу-винесення ТЕС,
- вапнякове борошно.

Кожною добавкою заміняли 10% цементу.

Для модельних досліджень автори застосовували спеціальне програмне забезпечення LCUT, яке ґрунтується на методі кінцевих елементів.

Початковий модуль пружності для досліджуваних бетонів був отриманий такий:

- мікрокремнезем – 50,4 ГПа,
- зола-винесення, вапнякове борошно, бездобавочний – 41-42 ГПа,
- метакполін – 36,6 ГПа.

Прогнозовані значення за моделюванням розкриття тріщин в бетонах з різними типами мінеральних добавок та контрольного складу зведені у діаграму (рис. 4.2).

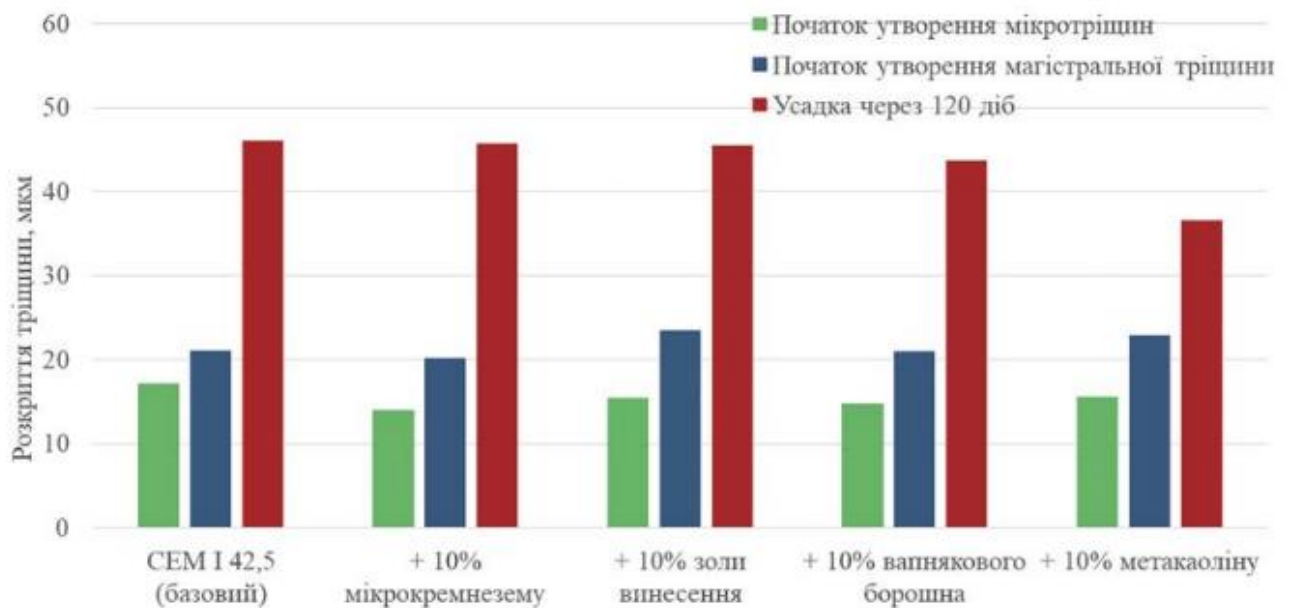


Рис. 4.2. Діаграми розкриття тріщин при моделюванні [4].

Також була побудована діаграма залежності використовуваного заміниці цементу та часу початку утворення мікроскопічних тріщин усадки (рис. 4.3).

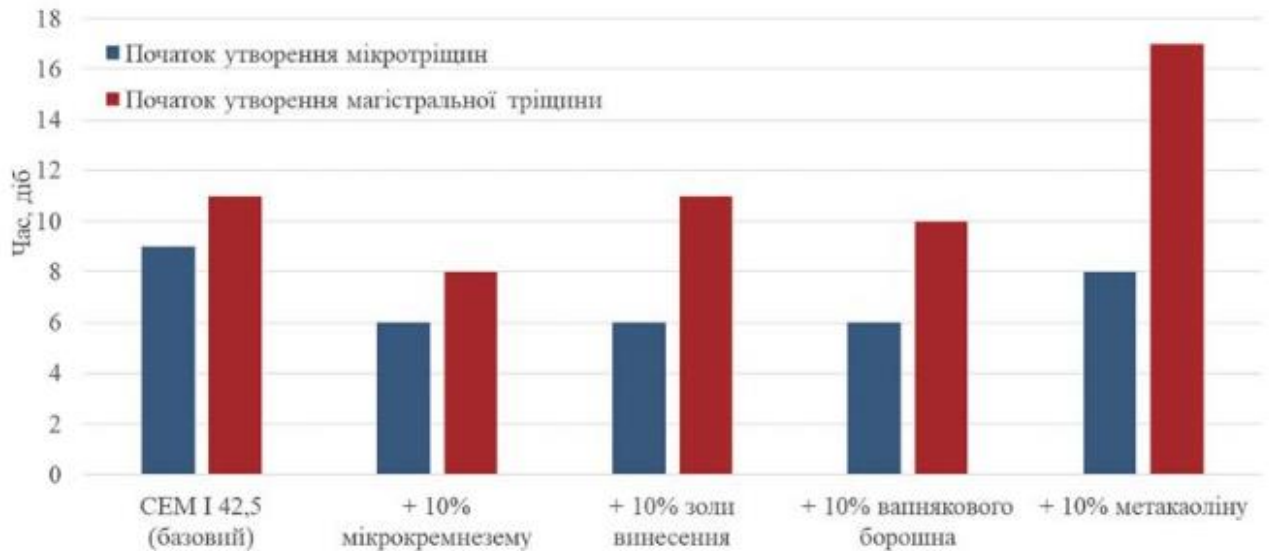


Рис. 4.3. Прогнозований час початку утворення усадочних тріщин в досліджуваних бетонах [4].

На основі порівняння описаних способів поліпшення тріщиностійкості важкого бетону, приймаємо, що на даному заводі, залізобетонні шпали марки Ш1-3 будуть випускатися із вмістом фібри з базальту у складі бетону. Це вбачається доцільним, адже фібра забезпечує покращення практично всіх основних характеристик бетону, а отже і шпал. Тож такі шпали з базальтофібробетону будуть довговічними та забезпечать ефективне використання залізничних колій.

5. Організація виробництва конструкцій

5.1. Технологічні процеси і операції

Завод з виробництва шпал залізобетонних Ш1-3 складається з виробничих та невиробничих підрозділів. Саме у виробничих підрозділах здійснюються ті роботи, результатом яких є готова продукція – шпали залізобетонні для залізничних колій Ш1-3.

Виробництво залізобетонних шпал є складним багатостадійним процесом, що включає в себе кілька основних етапів, починаючи від складування вихідних компонентів до готової продукції, що готова до відправки. Процес на заводі, де використовують агрегатно-потоківий метод, передбачає безперервний рух матеріалів через всі технологічні операції з мінімальними затримками та високою автоматизацією.

1. Складування вихідних компонентів

Всі компоненти складаються на спеціальних майданчиках, де відбувається їхнє зберігання в залежності від типу і складу. Важливою умовою є правильне зберігання для забезпечення їх якісного використання в процесі приготування бетонної суміші.

2. Приготування бетонної суміші

Цей етап включає змішування всіх сировинних компонентів у бетонозмішувачах. Для підвищення якості бетону можуть додаватися пластифікатори та інші добавки. Пропорції компонентів для бетонної суміші визначаються технологічними картами і нормативними вимогами.

На агрегатно-потоківому методі підготовка суміші здійснюється безперервно в спеціалізованих бетонозмішувальних установках. Товарний бетон подається на конвеєр для подальшого формування.

3. Формування залізобетонних шпал

На заводах з агрегатно-потоким методом виробництва залізобетонних шпал формується через спеціальні форми. Процес формування включає кілька операцій:

- Підготовка форм: позбавлення від залишків бетону від попереднього використання, покриття мастильними матеріалами, збирання.

- Армування: у форму укладаються арматурні вироби. Це має відбуватися строго за проектною документацією.

- Укладання суміші бетонної: після розміщення арматури в форму подається бетонна суміш, яка рівномірно розподіляється по всій формі. Для запобігання утворенню пустот і повітряних кишень проводиться вібрація бетону.

- Затвердіння бетону: цей процес відбувається із застосуванням заходів по прискоренню твердіння – в більшості це тепло-вологісне опрацювання бетону.

Після того, як бетон затвердів до необхідної міцності, форми знімаються. Витягування залізобетонних шпал з форм здійснюється за допомогою підйомних механізмів, таких як крани або лебідки. Шпали переміщуються на наступні етапи обробки або складування.

4. Контроль якості та маркування

Кожна залізобетонна шпала перевіряється на відповідність технічним вимогам. Це включає вимірювання геометрії, тестування міцності на стиснення, а також візуальний огляд на відсутність дефектів.

Фарбування та маркування: після перевірки якості шпали можуть бути пофарбовані для захисту від корозії та марковані для подальшого транспортування і використання.

5. Транспортування готової продукції

Готові залізобетонні шпали після контролю якості відправляються на склад, де їх зберігають до відправки споживачам. Транспортування шпал здійснюється за допомогою кранів та спецтехніки.

Перелік та взаємозв'язок виконуваних виробничих процесів та операцій приведений на блок-схемі (рис. 5.1.1).

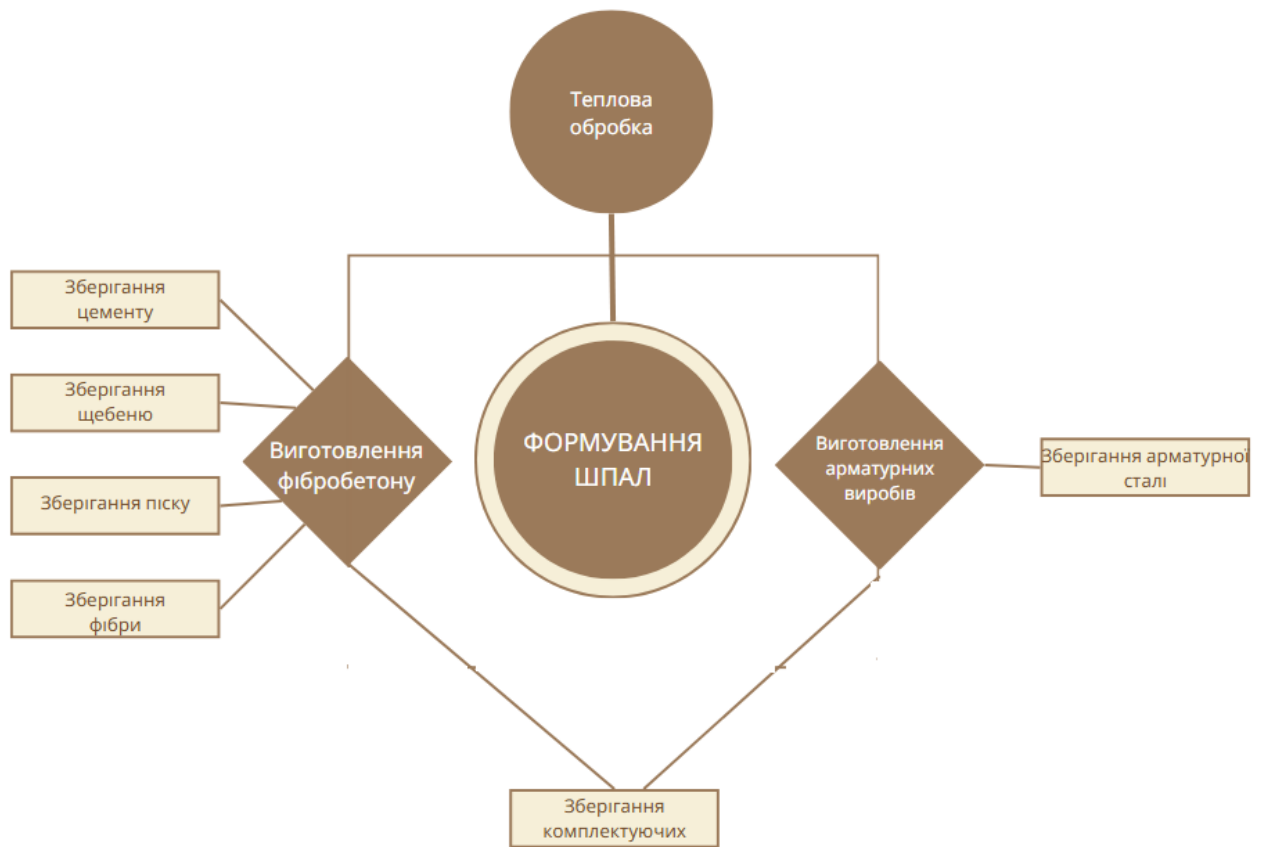


Рис. 5.1.1. Технологічні процеси виготовлення залізобетонних шпал

5.2. Характеристика матеріалів та комплектуючих

Всі вихідні складові та допоміжні комплектуючі, які задіюються для виготовлення залізничних залізобетонних шпал Ш1-3 повинні відповідати вимогам нормативних документів.

За результатами виконаного аналізу досліджень на тему підвищення тріщиностійкості бетону, був прийнятий такий склад бетону (табл. 5.2.1)

Таблиця 5.2.1. Склад фібробетону

Компонент	Витрата на 1 м ³ бетонної суміші, кг
Цемент	470
Пісок	650
Щебінь 5-10 мм	200
Щебінь 10-20 мм	950
Вода	155
Суперпластифікатор	3,5
Фібра базальтова	3

Цемент типу СЕМ III/B-SR, в складі якого від 20 до 34% клінкеру. Клас по міцності 42.5 N, марка 400.

Пісок з кварцу, відмитий з розміром часток, що відповідає модулю крупності $M_k = 1,4$.

Щебінь з граніту двох фракцій – 5-10 мм та 10-20 мм.

Фібра з базальтового волокна довжиною 24 мм та діаметром 18 мкм.

У воді, якою буде замішуватися фібробетонна суміш повинен бути нормований вміст солей та мінералів.

Армування виконується з дроту ВрII вигляді довгих струн (або пучків струн). Діаметр дроту 3 мм.

Всі вихідні компоненти повинні супроводжуватися технічними паспортами. На заводі періодично здійснюється перевірка властивостей сировинних матеріалів на відповідність нормативним документам. Перелік документів наведений в таблиці 5.1.1.

Таблиця 5.1.1

Нормативні документи на матеріали для виготовлення шпал ШІ-3

Вид матеріалу	Нормативний документ
Цемент	ДСТУ Б EN 197-1:2015 ДСТУ 9183:2022
Пісок кварцовий	ДСТУ Б В.2.7-32-95
Щебінь з граніту	ДСТУ Б В.2.7-75-98
Вода	ДСТУ Б В.2.7-273:2011
Фібра базальтова	ТУ У В.2.7-26.8-34323267-002:2009
Суперплатифікатор SikaPlast 520	SikaPlast-520N-uk-UA-(11-2020)-1-1
Дріт сталевий ВрІІ	ДСТУ ISO 23717:2009
Бетон важкий	ДСТУ 9208:2022

5.3. Бетонозмішувальний цех

Ефективна організація роботи бетонозмішувального цеху є важливою умовою стабільного виробництва залізобетонних шпал, адже саме тут формується якість бетонної суміші, від якої залежить міцність та довговічність шпал, а отже і безпека залізничної інфраструктури.

Організація роботи БЗ цеху має забезпечувати ритмічне постачання суміші до формувальних ліній. Будь-які збої у виробництві бетону призводять до простоїв обладнання та зниження продуктивності заводу.

Ефективна система управління дозволяє мінімізувати втрати цементу, води та заповнювачів, а також оптимізувати витрати електроенергії. Це знижує собівартість шпал і підвищує конкурентоспроможність підприємства.

Технологічний процес у бетонозмішувальному цеху складається з таких етапів:

1. Підготовка і дозування компонентів

На першому етапі в бетонозмішувальний цех подають вихідні матеріали: цемент, пісок, щебінь, фібру, воду та добавку. Для автоматизації цього процесу використовуються дозувальні апарати, які точно відміряють необхідну кількість кожного компонента.

Цемент, фібра та добавка за допомогою спеціальних дозаторів подається у змішувальний агрегат. Щебінь та пісок за допомогою конвеєрних ліній транспортуються до дозаторів та далі у змішувач. Вода дозується через водопостачальні установки.

2. Приготування бетонної суміші

Після дозування компоненти надходять у бетонозамісні машини. У цих установках компоненти ретельно перемішуються, поки не утвориться однорідна суміш. Для більшої ефективності перемішування в змішувачах встановлені вібратори або механічні лопаті, що забезпечують рівномірний розподіл всіх компонентів.

3. Транспортування готової суміші

Після приготування фібробетонна суміш транспортується зі змішувача до форми, де вона буде використовуватися для виготовлення шпал. Для транспортування суміші на агрегатно-потоковому заводі використовуються пневматичні або конвеєрні системи, які подають бетон до відповідних форм.

4. Операції контролю якості

В процесі змішування на певних етапах контролюється в першу чергу однорідність (відсутність розшарування) та задана легкоукладальність бетонної суміші. Кожна партія суміші проходить перевірку на відповідність технологічним вимогам.

Блок-схема технологічного процесу виготовлення фібробетонної суміші наведена на рис. 5.3.1.

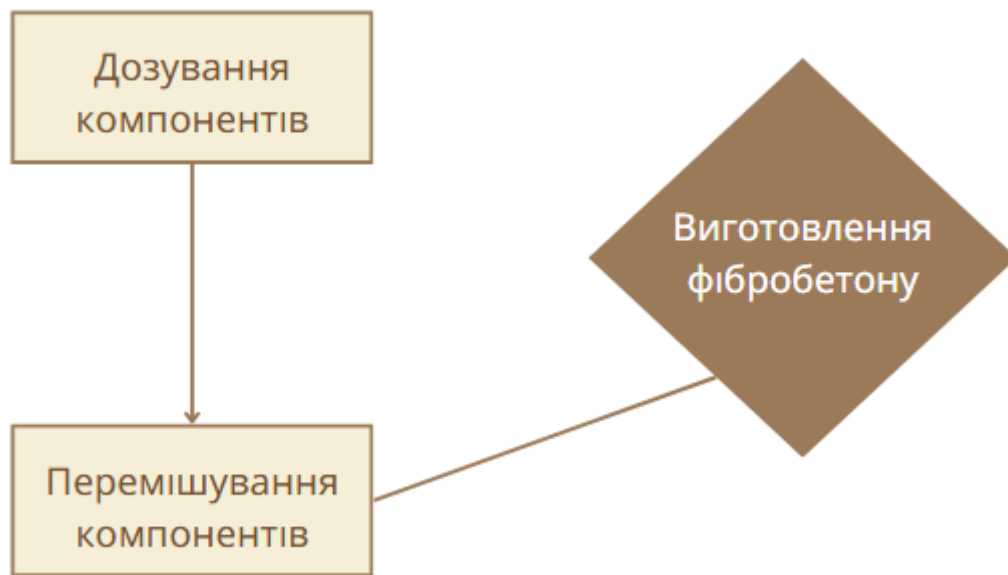


Рис. 5.3.1. Блок-схема виготовлення бетонної суміші

Введення базальтової фібри в бетонну суміш вимагає ретельної уваги до дозування та рівномірного розподілу волокон для запобігання утворенню грудок (так званого "їжака"). Для дозування фібри варто встановити у бетонозмішувальному цеху автоматизований дозатор для фібри. Це може бути система на основі тензометричних датчиків або вагових бункерів, що забезпечує високу точність зважування $\pm 2\%$.

Базальтова фібра є легким, але об'ємним матеріалом, який має тенденцію до злипання. Для її ефективного диспергування потрібні змішувачі примусової дії (наприклад, планетарні або двохвалові горизонтальні) з високою інтенсивністю перемішування. Для досягнення однорідності фібро бетонної суміші необхідна оптимізація послідовності завантаження компонентів у змішувач: спершу по чергово завантажують заповнювачі, далі цемент, далі поступово базальтову фібру. Останніми додаються вода разом з пластифікаторами.

У таблиці 5.3.1 наведений час, який займає виконання кожної дії по приготуванню фібробетонної суміші.

Таблиця 5.3.1. Тривалість виготовлення фібробетонної суміші

Операція	Тривалість, хв.
завантаження компонентів бетонної суміші у бетонозмішувач	2
перемішування компонентів бетонної суміші	2
вивантаження бетонної суміші	1
необхідний для повернення перекинутого барабана у вихідне положення	0

Тобто загалом одне замішування триває п'ять хвилин ($t_{ц}$).

По наведеним даним будуть поопераційний графік для роботи цеху з виготовлення бетонної суміші (таблиця 5.3.2).

Число замісів за годину часу:

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

де K_n - коефіцієнт нерівномірності, $K_n = 0,6 \div 0,8$.

$$n_{3б} = 60 \cdot 0,7 / 5 = 8,4$$

Робота (продуктивність) змішувача за годину:

$$P_{год} = V_{б} \cdot n_{3б} \cdot K_{в} / 1000, \text{ м}^3/\text{год.},$$

де $V_{б}$ – ємність барабана змішувача по об'єму матеріалів, що завантажуються, л;

$n_{3б}$ – кількість замісів, що видається за годину роботи змішувачем;

$K_{в}$ - коефіцієнт виходу сумішей.

Як вже вказувалося раніше, змішувач потрібен той, який проводить змішування під дією примусових сил. Обираємо змішувач Скіф БСПТ – 1000 вітчизняного виробника ОО "СКІФ ДП" з об'ємом ємності 1000 л.

$$P_{год} = \frac{1000 \cdot 8,4 \cdot 0,67}{1000} = 5,6 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Потреба у бетонозмішувачах:

$$n_3^p = \frac{P_{max} \cdot K_n}{T_{рiч.год} \cdot P_{год}} \text{ шт.},$$

де P_{max} - річна програма випуску виробів, м³;

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

K_n - коефіцієнт річного використання устаткування (0,5 ÷ 0,8).

$$n_3^p = \frac{3500 \cdot 0,7}{3213 \cdot 5,6} = 1,4 \approx 2 \text{ шт.}$$

Ще один змішувач буде резервним.

По факту бетонозмішувальний цех буде мати таку потужність:

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

$$P_{рiч} = 5,6 \cdot 3213 \cdot 2 = 35986 \text{ м}^3$$

Тобто цех буде випускати на 2,8% більше фібробетонної суміші ніж стоїть по плану.

Перелік та характеристики механізмів в бетонозмішувальному цеху подані в таблиці 5.3.3.

Робота БЗЦ повинна здійснюватися у відповідності до правил охорони праці та заходів техніки безпеки.

Бетонозмішувачі та дозувальні пристрої повинні бути обладнані блокуванням, яке унеможливорює роботу обладнання при відкритих завантажувальних або розвантажувальних люках.

Очищення бетонозмішувачів дозволяється тільки після їх повної зупинки, відключення електроживлення, вивішування попереджувальних плакатів та за наявності наряду-допуску. При роботі конвеєрів забороняється чистити ролики, прибирати матеріал з-під стрічки, регулювати натяжні пристрої.

Таблиця 5.3.3. Відомість механізмів бетонозмішувального цеху

Відділення	Марка обладнання	Кількість	Продуктивність, т/год	Електрична потужність, кВт	Витрати стислого повітря, м ³ /хв

Надбункерне	Пневматичний гвинтовий насос	1	36	30	18
Дозаторне	Стрічковий конвеєр	1	100	5	18
	Ваговий дозатор заповнювачів з тензодатчиками	3	35	2,2	-
	Ваговий дозатор цементу (з гнучкими рукавами та повітряним вібратором)	1	5	1,5	-
	Ваговий дозатор води	1	3000	1,1	-
	Спеціалізований дозатор фібри	1	0,5	0,5	-
Змішувальне	Об'ємний дозатор суперпластифікатора	1	50	0,2	-
	Змішувачі Скіф БСПТ – 1000	2	5,6	11	-

Таблиця 5.3.2. Поопераційний графік для фібробетонної суміші

Процес	Технологічна операція	Використовуване обладнання	Виконавці		Час виконання, с.	Тривалість виконання, с.																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
			проф.	кіл.		12																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														

5.4. Арматурний цех

Іншою немаловажною виробничою складовою заводу з випуску шпал із залізобетону Ш1-3 є арматурний цех. Тут відбувається заготовка арматурних виробів, якими будуть армувати шпали.

Особливості проєктування цеху арматурного полягає у виді арматурних елементів для армування шпал Ш1-3. Це пучки дроту ВрІ.

Ефективно побудована робота цього цеху в такій же мірі як і робота БЗ цеху забезпечить сталий обсяг готової продукції з якістю, яка відповідає нормативам та вимогам споживачів.

Блок-схема технологічного процесу виготовлення арматурних виробів для залізничних шпал Ш1-3 наведена на рис. 5.4.1.



Рис. 5.1.3. Блок-схема виготовлення арматурних струнпакетів

Структура АЦ заводу з виготовлення шпал Ш1-3 наведена в таблиці 5.4.1.

Таблиця 5.4.1. Структура арматурного цеху заводу з випуску шпал Ш1-3

Ділянка	Основні функції	Обладнання
Зберігання	Приймання, зберігання та підготовка арматурного дроту у бухтах	Стелажі, розмотувачі бухт, крани, візки
Різання та вирівнювання	Нарізання дроту на необхідну довжину, вирівнювання для формування пучків	Автоматичні різальні машини, вирівнювальні установки
Формування пучків	Збирання дроту у пучки заданої кількості та діаметра, фіксація кінців	Верстати для формування пучків, зварювальні апарати
Складування готових пучків	Перевірка геометрії пучків, рівномірності натягу та якості зварних з'єднань	Вимірювальні інструменти, стенди для випробувань

Для того щоб АЦ працював стало та ефективно складають поопераційний графік виготовлення арматурних пучків (табл. 5.4.2.)

Таблиця 5.4.3 містить дані про основне устаткування цього цеху.

Ефективність роботи арматурного цеху визначається якістю формування пучків, точністю обладнання та організацією виробничих потоків. Це забезпечує високу міцність і довговічність залізобетонних шпал, що відповідають вимогам залізничної інфраструктури.

Таблиця 5.4.2. Поопераційний графік виготовлення арматурних елементів
для шпал ШІ-3

Процес	Операція	Обладнання	Робочі		Термін операції, хв.	Поточний час, хв.				
			професія	кількість		5	10	15	20	25
Заготування	Очищення, правлення та різання арматури	Правильно-відрізна машина	Арматурник	2	1					
Усього					1 хв					

Таблиця 5.4.3. Характеристики устаткування арматурного цеху

Пост	Устаткування	Кількість	Продуктивність	Електрична потужність, кВт
Заготування	Автоматична правочно-різальна лінія	1	570 від/год	20
	Верстат для формування пучків	1	18 пучків/год	2

Все устаткування повинно бути справним, працівники мають дотримуватися правил та процедур техніки безпеки.

Заготовки арматури повинні складуватися у стійкі штабелі на підкладках та прокладках, що унеможливають їх падіння.

5.5. Формувальний цех

При проєктуванні заводу з виготовлення залізобетонних залізничних шпал Ш1-3 всі проєктувальні рішення виконуються таким чином, щоб забезпечити безперебійну роботу цеху формування. Адже саме тут відбувається основний виробничий процес – створення готової продукції. Кінцева якість шпал буде залежати в тому числі від того, наскільки дотримується послідовність виконання операцій формування, чи застосоване підходяще устаткування, чи дотримані норми та рекомендації по виконанню робіт.

Особливістю формувального цеху даного заводу є те, що він працюватиме за потоково-агрегатним методом. Відповідно до обраного способу будуть організовані робочі пости та застосовуватиметься певне обладнання.

Агрегатно-потоковий метод передбачає розподіл виробничого процесу на окремі агрегати (ділянки), які працюють у єдиному потоці. Кожна операція виконується на спеціалізованому обладнанні, а шпали переміщуються від одного етапу до іншого безперервно. Це дозволяє досягти високої ритмічності та продуктивності виробництва.

Основні ділянки формувального цеху

- ділянка підготовки форм: очищення, змащування та встановлення арматурних пучків;
- ділянка бетонування: подача бетонної суміші з бетонозмішувального цеху, її укладання у форми;
- вібраційне ущільнення: використання вібростолів або вібраційних установок для забезпечення щільності бетону;
- теплова обробка: камери пропарювання або електропрогрів для прискорення твердіння бетону;
- розпалубка: зняття форм після досягнення необхідної міцності;
- контроль якості: перевірка геометрії, міцності та відповідності стандартам;

- складування готової продукції: тимчасове зберігання шпал перед відправкою.

Умовами ефективної роботи цеху формування є

- безперервність виробничого потоку – синхронізація роботи всіх ділянок, щоб уникати простоїв;
- автоматизація процесів – застосування сучасних ліній для бетонування та ущільнення суміші, що знижує трудомісткість і підвищує точність;
- раціональна логістика – ефективне транспортування форм і шпал між ділянками за допомогою конвеєрів або кранових систем;
- контроль технологічних параметрів – температура та вологість у камерах пропарювання, час вібрації, точність дозування бетонної суміші;
- система контролю якості – регулярні випробування міцності, перевірка геометрії та відповідності стандартам ДСТУ;
- безпека праці – дотримання норм охорони праці при роботі з важким обладнанням, високою температурою та бетонними сумішами;
- гнучкість виробництва – можливість переналаштування обладнання для випуску шпал різних типів (звичайних та попередньо-напружених).

Для організації роботи цеху формування складають такі відомості:

- поопераційні нормалі;
- поопераційний графік;
- тижнево-добовий графік.

В поопераційних нормалях приводиться інформація щодо деталей здійснення кожного етапу формування шпал Ш1-3 – скільки та які працівники (професія, кваліфікація) виконують дану роботу, скільки часу займе виконання, яке обладнання знадобиться, які вимоги здійснення операції та які заходи щодо безпеки праці. Також схематично наводять як буде організований робочий пост. Нижче наведені поопераційні нормалі виготовлення залізобетонних шпал Ш1-3.

5.5.1 Поопераційний графік виробництва конструкції

За даними поопераційних нормалей складають поопераційний графік. Поопераційний графік це документ, який відображає послідовність і тривалість виконання кожної технологічної операції при виготовленні залізобетонних виробів (підготовка форм, укладання арматури, бетонування, ущільнювання, теплова обробка, розпалубка, контроль якості).

Він забезпечує чітку організацію виробничого процесу; дозволяє визначити час виконання кожної операції та уникати простоїв; слугує основою для планування завантаження обладнання та персоналу; допомагає синхронізувати роботу різних ділянок цеху в єдиному потоці. Завдяки поопераційному графіку досягається ритмічність виробництва, що особливо важливо при агрегатно-потоковому методі виготовлення шпал.

Поопераційний графік наведений на рис. 5.5.1.

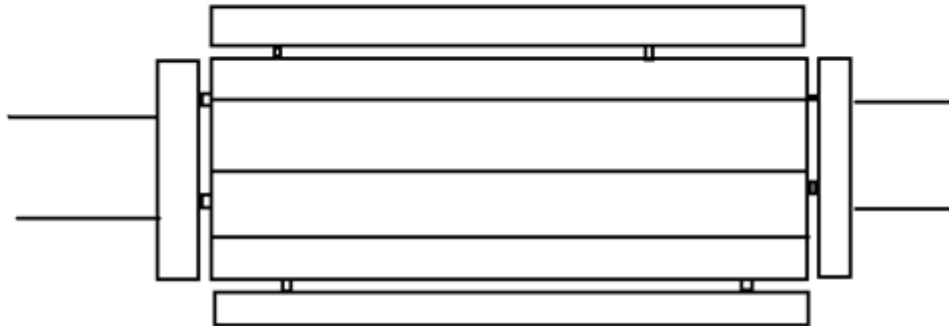
5.5.2 Тижнево-добовий графік виробництва конструкції

Тижнево-добовий графік представляє собою плановий документ, який визначає обсяги виробництва залізобетонних виробів на кожен день та тиждень. Він враховує кількість формувальних ліній, продуктивність обладнання, тривалість змін та режим роботи цеху. Його призначенням є забезпечити рівномірне завантаження виробничих потужностей протягом тижня. Він дозволяє планувати постачання сировини, енергії та допоміжних матеріалів та є основою для організації логістики готової продукції та її відвантаження. Також тижнево-добовий графік допомагає контролювати виконання виробничої програми та своєчасно коригувати процес. Тижнево-добовий графік забезпечує узгодженість між виробничими планами заводу та потребами залізничної галузі, дозволяє уникати перевантаження обладнання та персоналу.

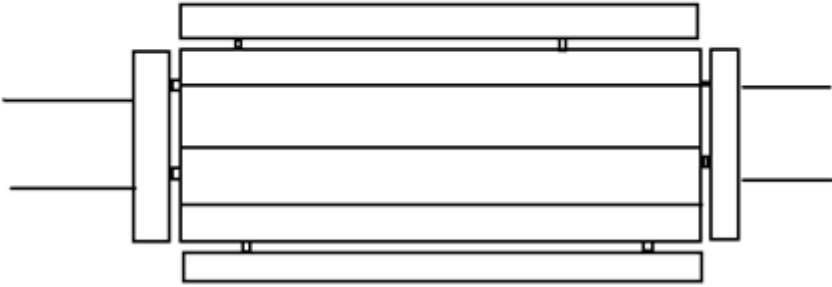
На рис. 5.5.2 представлений тижнево добовий графік.

На рис. 5.5.3. представлена загальна схема формувального цеху.

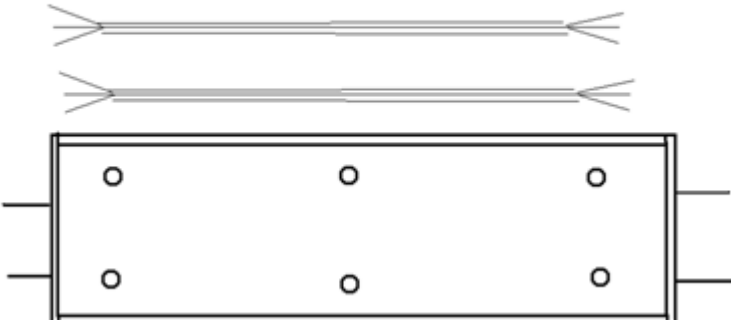
Поопераційна нормаль 1

Найменування операцій – розкриття форм						
I Схема організації робочого місця				II Технічні умови виконання		
				Борти форми повинні бути повністю розкритими та знаходитися у горизонтальному положенні		
				III Умови безпеки праці		
				Працівники мають знаходитися на безпечній відстані при опусканні бортів форми у горизонтальне положення		
IV Елементи операції	Виконавці			Трудомісткість, чол-хв.	Обладнання й інструмент	Контроль
	Кількість	Професія	Розряд			
1.Розкріпити борти 2.Опустити борти	2	Формувальник	3	36	Гайковий ключ, кран	

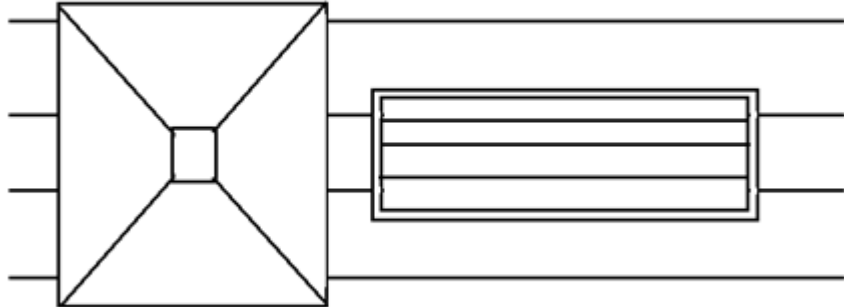
Поопераційна нормаль 2

Найменування операцій - Чищення і змащування форм						
I Схема організації робочого місця				II Технічні умови виконання		
				На поверхні форми не повинно бути залишків бетону		
				III Умови безпеки праці		
				Працівники повинні бути одягнені у спец. одяг, спец. взуття та працювати у захисних окулярах.		
IV Елементи операції	Виконавці			Трудомісткість, чол-хв.	Обладнання й інструмент	Контроль
	Кількість	Професія	Розряд			
1.Очистка форми вручну від залишків бетону 2.Збірка відходів у контейнер	2	Формувальник	3	20	Шкребки, металеві щітки	Візуально перевіряють наявність залишків бетону

Поопераційна нормаль 3

Найменування операцій - Укладання арматури у форму						
I Схема організації робочого місця				II Технічні умови виконання		
				Сітки повинні встановлюватися згідно з проектом		
				III Умови безпеки праці		
				Робітники мають бути одягнені у спец. одяг, рукавиці, не знаходитися у зоні руху арматури.		
IV Елементи операції	Виконавці			Трудомісткість, чол-хв.	Обладнання й інструмент	Контроль
	Кількість	Професія	Розряд			
1.Підвезення краном арматури до робочого місця 2.Установка арматурних сіток у форму 3. Закріплення арматурних елементів	2	Формувальник	3	52	Мостовий кран	Контролюють розташування струнпакетів

Поопераційна нормаль 4

Найменування операцій - Укладання бетонної суміші						
I Схема організації робочого місця				II Технічні умови виконання		
				Бетонна суміш повинна бути укладена так, щоб вона не розшаровувалась.		
				III Умови безпеки праці Робітники мають бути одягнені у спец. одяг, рукавиці, мають знаходитися на безпечній відстані від форми		
IV Елементи операції	Виконавці			Трудомісткість, чол-хв.	Обладнання й інструмент	Контроль
	Кількість	Професія	Розряд			
1. Керування бетоноукладачем з пульта керування 2. Подавання бетоноукладача до форми 3. Укладання бетонної суміші у форму бетоноукладачем та розрівнювання її по формі 4. установка бетоноукладача у вихідне положення	1	Машиніст формувального агрегату	5	38	Бетоноукладач гладилки	Контроль за розшаруванням бетонної суміші, за заповненням бетонною сумішшю форми.

№	Найменування операцій	Робітники			Трудоміс- ткість, чол.-хв.	Тривалість, хв.	Хвилини																							
		професія	розряд	кількість																										
1	Розкриття форми	формувальник	3	2	36	18																								
2	Очищення та змащування форм	формувальник	3	2	20	10																								
5	Армування	машиніст	5	1	52	26																								
8	Укладання бетонної суміші	машиніст	5	1	38	19																								
Усього:						73	73																							

Рис. 5.5.1. Поопераційний графік для формування шпал залізобетонних ШІ-3

Виріб (робота)	тривалість	10	20	73*3=219	239	244	309	314	73*2=146	460	470	480
Підгот	10											
ОБСЛ	10											
1	73											
2	73											
3	73											
ТЕХН	5											
ОБІД	65											
ТЕХН	5											
14	73											
23	73											
ОБСЛ	10											
ЗР	10											

Усього 5*5=25 виробів за добу

Рис. 5.5.2. Тижнево-добовий графік формувального цеху заводу з виготовлення залізобетонних шпал Ш1-3



Preparing Molds → Pre-Tensioning Of Strands → Concreting



→ Steam Curing → Removing Molds → Wet Curing

Рис. 5.5.3. Поетапність формування залізобетонних шпал

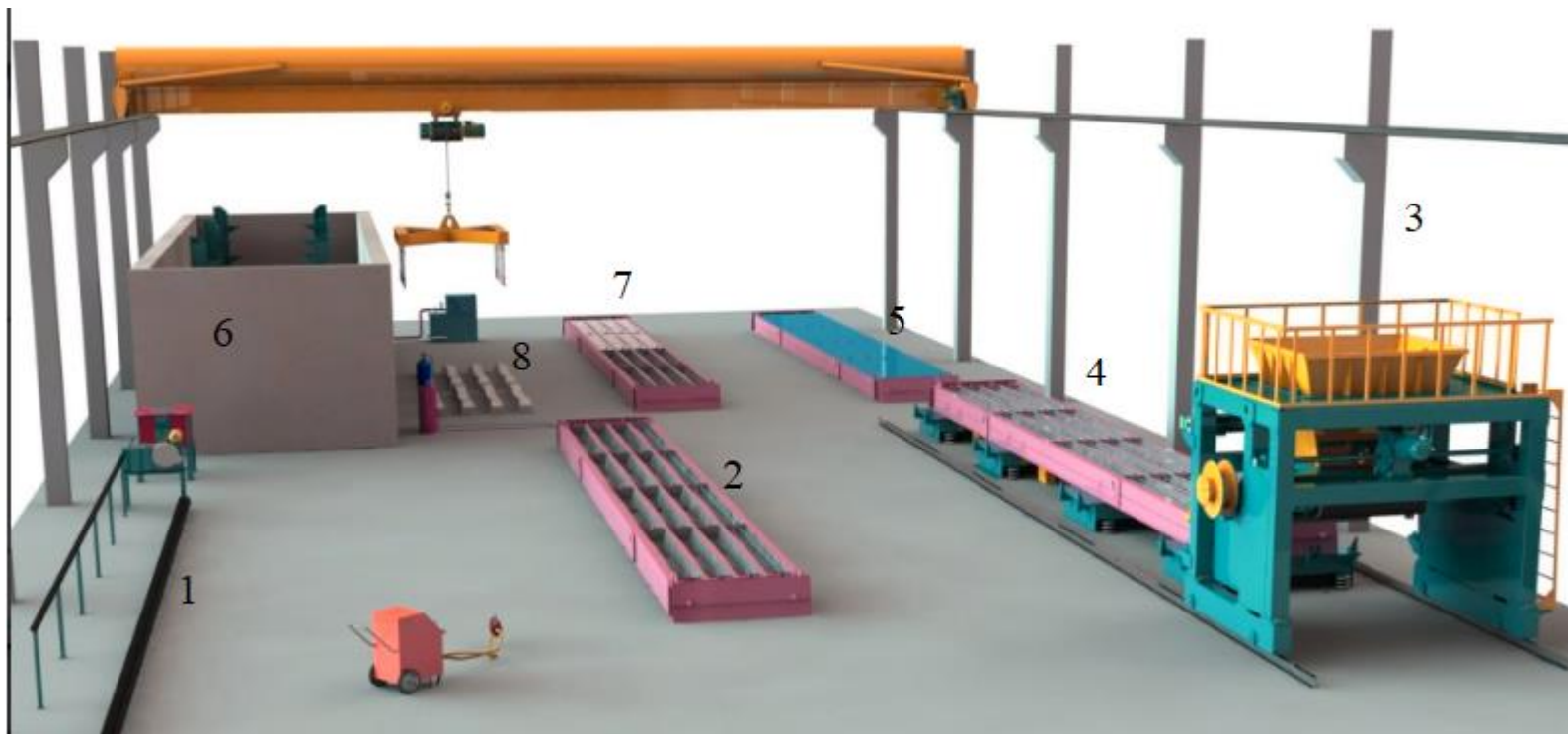


Рис. 5.5.4. Формувальний цех:

1 – складування арматури; 2 – пост встановлення арматури; 3 – бетоноукладач;
4 – пост укладання бетонної суміші; 6 – теплова камера; 7 – пост розпалублення; 8 – пост доробки виробів

5.5.3 Розрахунок потужності технологічної лінії

Потужність технологічної лінії – це інтегральний показник ефективності виробництва, який визначає можливості підприємства щодо випуску продукції у встановлені терміни. Для заводу з виробництва залізобетонних шпал цей параметр безпосередньо впливає на здатність забезпечувати потреби залізничної інфраструктури та виконувати замовлення у задані строки.

Виходячи з поставленого плану виробництва у 35000 метрів кубічних продукції, кількість шпал, яка планується до випуску – 46300 виробів на рік.

Потужність однієї лінії формувальної на заводі, що проєктується буде розраховуватися як:

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

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

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

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

$$N^3_{\text{вир}} = \frac{46300}{251 \cdot 2} = 92 \text{ шпали}$$

Згідно тижнево добового графіку одна агрегатна лінія за зміну формуватиме 25 виробів. Тож потрібна кількість ліній:

$$\frac{92}{25} = 3,7 \approx 4 \text{ ліній.}$$

5.5.4. Розрахунок загального часу виготовлення планового об'єму продукції

Фактична потужність характеризується добутком виробів за зміну однієї агрегатної лінії, кількості робочих змін за астрономічну добу, кількості ліній, що одночасно працюють та річного фонду роботи устаткування:

$$N_{\text{іл}} = 25 \cdot 2 \cdot 4 \cdot 251 = 50200 \text{ шт.}$$

Тобто у дійсності підприємство випускатиме на 8% більше запланованого.

6. Складське господарство

Ефективне складське господарство на заводі з виробництва залізобетонних шпал повинно забезпечувати збереження якості матеріалів, безперервність постачання у виробництво, безпечні умови роботи та раціональну логістику. Від його організації залежить стабільність виробничого процесу та економічна ефективність підприємства.

6.1 Розрахунок потреби в компонентах й комплектуючих

Для того щоб відділ закупівель вчасно здійснював придбання необхідних матеріалів, потрібно визначити потребу у всіх сировинних складових та напівфабрикатах на кожен відрізок часу роботи заводу.

Витрата компонентів фібробетону наведена в табл. 6.1.1. Потреба у фібробетонній суміші міститься в таблиці 6.1.2. Відомість витрат арматурної сталі представлена у вигляді таблиці 6.1.3.

Таблиця 6.1.1

Витрата компонентів фібробетону

Найменування компоненту	Витрати компонентів бетону, кг				
	на 1 м ³	у зміну	у добу	у місяць	на рік
цемент М400	470	16845	33690	704683	8456190
щебінь фр. 5-10 мм	200	7168	14336	299861	3598336
щебінь фр. 5-10 мм	950	34048	68096	1424341	1709210
пісок	650	23296	46592	974549	11694592
вода	155	5555	111104	232393	2788710
фібра	3	108	215	4498	53975
суперпластифікатор	3,5	125	251	5248	62971

Таблиця 6.1.2

Потреба у фібробетонній суміші

Клас бетону	Необхідна кількість в час, м ³	Необхідна кількість в зміну, м ³	Необхідна кількість в добу, м ³	Необхідна кількість на рік, м ³
C 32/40	5,6	35,8	71,7	17992

Таблиця 6.1.3

Витрати арматурної сталі

Арматурна сталь	Потреба у арматурній сталі, кг			
	на один виріб	на зміну	у добу	на рік
Арматурний дріт ВрІ	6,72	672	1344	337344

6.2. Склади в'язучої речовини та добавок

Цемент на заводі зберігається у спеціальних ємностях – силосах (рис. 6.2.1) – вертикальних циліндричних ємностях, призначених для безтарного зберігання.

Основні елементи силосу:

- корпус: металеві або залізобетонні циліндричні стінки, що сприймають навантаження від матеріалу.
- покрівля: захищає від атмосферних опадів, обладнана люком для обслуговування та патрубком для аспіраційної системи.
- завантажувальний патрубок: трубопровід для пневматичного закачування цементу з цементовозів.
- вивантажувальна лійка: нижня частина силосу, що має форму конуса для забезпечення самопливного вивантаження.
- аераційна система: система подачі стисненого повітря (аераційні форсунки або мати), яка розпушує цемент на конусі, запобігаючи його злежуванню та утворенню склепінь.

- фільтр або аспіраційна система: встановлюється на покрівлі для очищення повітря, що витісняється під час завантаження цементу, та забезпечення екологічної безпеки.

- датчики рівня: прилади для контролю максимального та мінімального рівня заповнення.

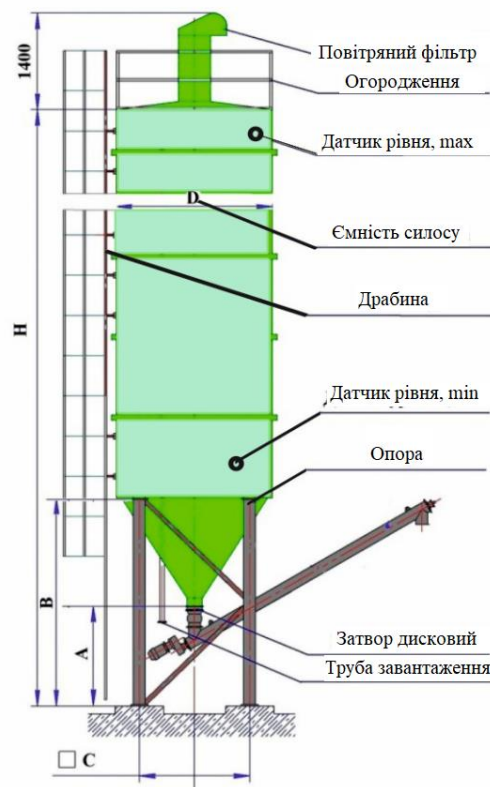


Рис. 6.2.1. Силос цементний

Вимоги до силосів регламентуються будівельними нормами та технологічними стандартами (ДБН, ДСТУ). На заводі шпал необхідно дотримуватися таких умов зберігання цементу:

1) Збереження якості цементу забезпечується герметичністю та волого непроникністю. Силос має бути абсолютно герметичним для запобігання потраплянню атмосферної вологи. Вологість викликає гідратацію цементу та утворення грудок, що робить його непридатним для використання.

Також в силові повинен бути встановлений належний тепловий режим. Стінки та покрівля повинні мінімізувати різкі перепади температури, що також може спричинити конденсацію вологи.

2) Технологічна ефективність відбивається у надійності вивантаження, точності обліку та екологічній безпеці.

Конструкція вивантажувальної лійки та аераційної системи має гарантувати безперебійне та повне вивантаження цементу без зависання (склепіння). Потрібна наявність справних та точних датчиків рівня та можливість підключення до централізованої системи обліку. Аспіраційні фільтри на покрівлі повинні забезпечувати ступінь очищення повітря від цементного пилу відповідно до екологічних норм і ГДК.

3) Безпека експлуатації виражається в:

- міцності: конструкція повинна витримувати значні навантаження від цементу, вітрові та снігові навантаження.

- захисті від надлишкового тиску: силос повинен бути обладнаний запобіжним клапаном для скидання надлишкового тиску, що виникає під час пневматичного завантаження.

- обслуговуванні: наявність безпечних драбин, огорожень та майданчиків для обслуговування фільтрів і датчиків.

Для типового заводу ЗБВ металеві силоси є кращим вибором завдяки високій герметичності, швидкості введення в експлуатацію та надійності в промислових умовах.

Раціонально обирати батарею (ряд) окремих силосів з об'ємом, розрахованим на 5-10 діб роботи, щоб забезпечити роздільне зберігання та безперебійну подачу компонентів.

Об'єм силосу виражається:

$$V_{\text{ц}} = \frac{\text{Ц} \cdot n \cdot K1 \cdot K2 \cdot K3 \cdot K4}{\rho_{\text{ц}}}, \text{ м}^3$$

Ц – потреба у цементі на добу, кг;

n – термін зберігання запасу цементу;

K1 – коефіцієнт втрат цементу при розгрузці;

K2 – коефіцієнт нерівномірності поставки цементу;

K3 – коефіцієнт нерівномірності використання цементу;

K4 – коефіцієнт нерівномірності роботи технологічного обладнання;

K5 – коефіцієнт заповнення ємності складу;

$\rho_{\text{ц}}$ – насипна густина цементу.

Приймаємо:

$\text{Ц} = 33690 \text{ кг};$

$n = 7 \text{ діб}$

$K1 = 1,4$

$K2 = 1,4$

$K3 = 1,04$

$K4 = 0,943$

$K5 = 0,9$

$\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$

$$V_{\text{ц}} = \frac{33690 \cdot 7 \cdot 1,4 \cdot 1,4 \cdot 1,04 \cdot 0,943 \cdot 0,9}{1000} = 453 \text{ м}^3$$

Підходить стандартний склад вмістимістю 480 т, який має 4 силоси по два у два ряди. Площа складу 156 м^2 .

Для складування фібри використовують закрите, сухе складське приміщення з твердим покриттям підлоги. Фібра зберігається у заводську пакуванні – мішки по 10-25 кг, коробки або біг-беги до 500-1000 кг. На складі окремо виділяють ділянку для приймання партій фібри та її подальшого транспортування у бетонозмішувальний цех.

Ємність складу фібри:

$$V_{\text{ц}} = \frac{215 \cdot 7 \cdot 1,4 \cdot 1,4 \cdot 1,04 \cdot 0,943}{2800} = 1,03 \text{ м}^3$$

6.3 Склади заповнювачів

З урахуванням того, що до шпал, які призначенні для влаштування залізничних колій, висуваються високі вимоги, для того щоб забезпечити вищу якість необхідно організувати складування компонентів, і заповнювачів в тому числі таким чином, щоб вони зберігали свою якість.

З цією метою варто оберігати заповнювачі від впливу навколишнього середовища. Тож доцільно проєктувати склади напівзакритими. Такі склади мають відкриті з одного або кількох боків навіси, що мають дах і бічні стінки. Покриття використовується тверде (бетонне або асфальтове), щоб запобігти змішуванню заповнювачів із ґрунтом. Матеріали зберігаються у відокремлених відсіках (щебінь різних фракцій, пісок), розділених бетонними або металевими перегородками. Передбачені майданчики для розвантаження автомобільних вантажівок. Передбачено використання навантажувачів, грейферних кранів або транспортерів для подачі матеріалів у бетонозмішувальний цех.

За обсягом склади повинні бути розраховані на добову потребу крупного та дрібного заповнювача:

$$V_{\text{щ}} = \frac{\text{Щ} \cdot n \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4}{\gamma_{\text{щ}}}, \text{ м}^3$$

Щ – добова потреба у щебені і-ої фракції;

n – час зберігання запасу щебеню і-ої фракції;

K₁ – коефіцієнт втрат щебеню при розгрузці;

K₂ – коефіцієнт нерівномірності поставки щебеню;

K₃ – коефіцієнт нерівномірності використання щебеню;

K₄ – коефіцієнт нерівномірності роботи технологічного обладнання;

γ_щ – насипна густина щебеню, γ_щ=1500кг/м³.

Приймаємо:

$$\text{Щ}_{5-10} = 14336 \text{ кг};$$

$$\text{Щ}_{10-20} = 68096 \text{ кг};$$

$$n = 7 \text{ діб}$$

$$K_1 = 1,4$$

$$K_2 = 1,4$$

$$K_3 = 1,04$$

$$K_4 = 0,943$$

$$K_5 = 0,9$$

$$\gamma_{\text{щ}} = 1500 \text{ кг/м}^3$$

$$V_{\text{ш } 5-10} = \frac{14336 \cdot 7 \cdot 1,4 \cdot 1,4 \cdot 1,04 \cdot 0,943}{1500} = 126 \text{ м}^3$$

$$V_{\text{ш } 10-20} = \frac{68096 \cdot 7 \cdot 1,4 \cdot 1,4 \cdot 1,04 \cdot 0,943}{1500} = 611 \text{ м}^3$$

$$V_{\text{п}} = \frac{\text{П} \cdot n \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4}{\gamma_{\text{ш}}}, \text{ м}^3$$

П – добова потреба у піску;

n – час зберігання запасу піску;

K₁ – коефіцієнт втрат піску при розгрузці;

K₂ – коефіцієнт нерівномірності поставки піску;

K₃ – коефіцієнт нерівномірності використання піску;

K₄ – коефіцієнт нерівномірності роботи технологічного обладнання;

γ_п – насипна густина піску.

Приймаємо:

П = 46592 кг;

n – 7 діб

K₁ = 1,4

K₂ = 1,4

K₃ = 1,04

K₄ = 0,943

K₅ = 0,9

γ_п = 1000 кг/м³

$$V_{\text{п}} = \frac{46592 \cdot 7 \cdot 1,4 \cdot 1,4 \cdot 1,04 \cdot 0,943}{1550} = 404 \text{ м}^3$$

Загальна площа складу заповнювачів – 1141 м³

6.4. Склади арматури та арматурних виробів

Склад арматурної сталі на заводі з виробництва залізобетонних шпал має бути організований з урахуванням того, що основним видом арматури є арматурний дріт, який використовується для формування пучків у шпалах типу Ш1-3. Це визначає специфіку зберігання, транспортування та підготовки матеріалу.

Загальні характеристики складу арматурної сталі наведені в таблиці 6.4.1.

Таблиця 6.4.1

Характеристики складу арматурної сталі

Тип складу	закрите або напівзакрите приміщення/навіс, що захищає дріт від атмосферних опадів та корозії
Форма зберігання	дріт постачається у бухтах або котушках, які зберігаються на спеціальних стелажах чи піддонах
Зона приймання	майданчик для розвантаження автомобільних вантажівок із можливістю механізованого переміщення бухт
Внутрішня логістика	використання кранів, візків або навантажувачів для транспортування дроту до арматурного цеху

Площа ділянки зберігання бухт дроту S_{BPI} :

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

де Q_c – добова витрата арматури, кг;

K_p – коефіцієнт, який враховує збільшення площі складу на проходи при збереженні арматури на стелажах;

N_{xp} – термін зберігання арматури на складі;

P_i – маса металу, розміщеної на 1 м² площі.

Приймаємо:

$$Q_c = 6,72 \text{ кг}$$

$$K_p = 1,5$$

$$N_{xp} = 25$$

$$P_i = 1200 \text{ кг}$$

$$S_{BPI} = \frac{1344 \cdot 1,5 \cdot 25}{1200} = 42 \text{ м}^2$$

Відповідно до вимог [13] пучки струн з арматури будуть займати 67, 2 м²

Тож загальна площа складу становитиме 109,2 м²

6.5 Склад готової продукції

Склад готової продукції на заводі з випуску залізобетонних шпал відповідно до ДСТУ-Н Б А.3.1-35:2016 [13] має забезпечувати збереження якості виробів, їх безпечне штабелювання, зручність навантаження та відвантаження, а також відповідати вимогам логістики та охорони праці.

Основні вимоги до проектування складу готової продукції згідно [13]:

- Розташування складу: має бути розміщений у безпосередній близькості до формувального цеху, щоб мінімізувати

витрати на транспортування шпал. Повинен мати зручні під'їзні шляхи для автомобільного та залізничного транспорту.

- Покриття та площа: майданчик складу виконується з твердим покриттям (бетон, асфальт), яке витримує навантаження від штабелів шпал та вантажної техніки. Площа розраховується виходячи з виробничої потужності заводу та необхідного запасу готової продукції (зазвичай не менше 10–15 діб роботи).

- Штабелювання шпал: шпали зберігаються у штабелях із прокладками для забезпечення вентиляції та запобігання деформаціям. Висота штабеля не повинна перевищувати нормативні значення (зазвичай 2,5–3 м). Штабелі розташовуються рядами з проходами для навантажувальної техніки.

- Механізація складу: передбачаються крани, автонавантажувачі або інші механізми для переміщення та навантаження шпал. Відвантаження здійснюється безпосередньо на автомобільний або залізничний транспорт.

- Умови зберігання: забезпечується захист від надмірної вологи та забруднень. Для шпал, що проходять контроль якості, виділяється окрема зона тимчасового зберігання. Організується система маркування та обліку продукції (партія, дата виготовлення, тип шпали).

- Безпека та охорона праці: проходи між штабелями повинні бути достатньої ширини для безпечного руху техніки. Освітлення складу має відповідати нормам для роботи у вечірній та нічний час. Передбачаються заходи пожежної безпеки та охорони території.

На складі готових шпал Ш1-3 кількість виробів повинна бути із запасом на 14 робочих діб.

Площа складу готових шпал Ш1-3:

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

де S_p - площа, яку займає один виріб;

T_{xp} - нормативний запас збереження;

K_1 – коефіцієнт збільшення площі складу;

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

Приймаємо:

$$S_p = 0,62 \text{ м}^2$$

$$T_{xp} = 14 \text{ діб}$$

$$K_1 = 1,5$$

$$K_2 = 1,3$$

$$S = 0,62 \cdot 14 \cdot 1,5 \cdot 1,3 = 16,95 \text{ м}^2$$

6.6. Матеріально-технічні склади та склади комплектуючих

Матеріально-технічні склади призначені для зберігання допоміжних сировинних матеріалів, напівфабрикатів, що використовуються у виробництві шпал.

Склади повинні проектуватися згідно з положеннями [13].

Склади комплектуючих призначені для зберігання допоміжних елементів, що застосовуються у виробництві шпал: прокладки, закладні деталі, кріпильні елементи, ізоляційні матеріали, інструменти.

- Організація зберігання: комплектуючі зберігаються у закритих приміщеннях на стелажах, у контейнерах або ящиках.
- Умови зберігання: повинні підтримуватися належні температурно-вологісні режими.
- Забезпечення проходів та проїздів: обов'язково повинні організовуватися прохідні та проїзні шляхи для руху вільного руху працівників та вантажного транспорту з вантажами.

- Маркування: кожна партія має бути чітко позначена (тип, розмір, дата постачання), що забезпечує швидкий пошук і видачу.
- Зона приймання та видачі: окремо виділені ділянки для приймання комплектуючих від постачальників та їх видачі у виробничі цехи.
- Механізація: використання візків, навантажувачів, кранів для переміщення важких комплектуючих.
- Безпека та охорона праці: організація проходів між стелажми, освітлення, вентиляція, протипожежні засоби.
- Раціональна логістика: склади комплектуючих повинні бути розташовані поруч із формувальним цехом, щоб забезпечити швидке постачання деталей у процес формування шпал.

7. Лабораторія і контроль якості

Система контролю якості на заводі з виробництва залізобетонних шпал є комплексом організаційних та технічних заходів, спрямованих на забезпечення відповідності продукції вимогам державних стандартів, технічних умов та проектної документації. Вона охоплює всі етапи виробничого процесу – від надходження сировини до відвантаження готових шпал замовнику.

Основна мета контролю якості полягає у:

- забезпеченні високої довговічності та надійності шпал, що експлуатуються у складних умовах залізничної інфраструктури;
- запобіганні випуску бракованої продукції;
- оптимізації виробничих процесів та зниженні витрат;
- гарантуванні безпеки руху поїздів.

Види контролю якості

1. Вхідний контроль

Призначення: перевірка якості та відповідності сировини й матеріалів, що надходять на завод.

Об'єкти контролю: цемент, щебінь, пісок, арматурний дріт, хімічні добавки, комплектуючі.

Методи: лабораторні випробування (визначення міцності цементу, гранулометричного складу піску та щебеню, механічних властивостей арматури), візуальний огляд, перевірка супровідної документації.

Результат: допуск матеріалів у виробництво або їх відбракування.

2. Операційний контроль

Призначення: контроль технологічних процесів безпосередньо у виробничих цехах.

Об'єкти контролю: арматурний цех – якість формування та натягу пучків; бетонозмішувальний цех – точність дозування компонентів, однорідність суміші; формувальний цех – правильність укладання арматури, ущільнення бетону, параметри теплової обробки; розпалубка – стан поверхні шпал, відсутність тріщин та дефектів.

Методи: інструментальний контроль (вимірювання довжини, діаметра, сили натягу), лабораторні аналізи бетонної суміші, візуальний огляд.

Результат: оперативне виявлення відхилень і їх усунення до завершення технологічного циклу.

3. Приймальний контроль

Призначення: остаточна перевірка готових шпал перед відвантаженням.

Об'єкти контролю: геометричні параметри шпал, міцність бетону, якість поверхні, відповідність маркуванню.

Методи: випробування зразків на міцність, перевірка розмірів, огляд партії шпал, контроль маркування та документації.

Результат: формування висновку про придатність партії до експлуатації, видача сертифікатів якості.

Підrozділами, що здійснюють контроль якості є: виробничо-технічна лабораторія ВТЛ (проводить випробування матеріалів та бетонних зразків, контролює якість суміші, здійснює аналіз результатів); відділ технічного контролю ВТК (організовує операційний та приймальний контроль, веде документацію, складає акти браку); цехові майстри та контролери (здійснюють щоденний операційний контроль на робочих місцях); служба головного технолога (розробляє та впроваджує методики контролю, аналізує статистику браку, координує роботу ВТЛ та ВТК).

Періодичність контролю:

- вхідний контроль – кожна партія матеріалів при надходженні на завод.
- операційний контроль – постійно, на кожній технологічній операції (щозмінно).
- приймальний контроль – кожна партія готових шпал перед відвантаженням.
- лабораторні випробування – щозмінно для бетонної суміші, періодично для арматури та добавок.
- комплексні перевірки – щомісячно та щоквартально для оцінки стабільності виробництва.

Карта контролю якості – це технологічний документ, який фіксує перелік контрольованих параметрів продукції або процесу, методи контролю, нормативні значення, періодичність перевірок та відповідальних осіб. Вона є інструментом системного управління якістю на виробництві, зокрема на заводах із випуску залізобетонних шпал.

Мета карти контролю якості полягає у забезпеченні стабільної якості продукції на всіх етапах виробництва; систематизації контрольних операцій (що, коли, як і ким перевіряється); запобіганні браку через своєчасне виявлення відхилень; документальне підтвердження відповідності продукції вимогам стандартів (ДСТУ, ТУ); підвищенні прозорості та відповідальності у процесі контролю.

Задачі карти контролю якості:

- визначити перелік контрольованих параметрів.
- встановити методи контролю – візуальний, лабораторний, інструментальний.
- задати нормативні межі – допуски, граничні значення.
- вказати періодичність перевірок.
- призначити відповідальних осіб або підрозділи.
- фіксувати результати контролю у вигляді записів, підписів, висновків.

Карта контролю якості використовується на виробничих ділянках, у лабораторії (для контролю якості матеріалів та бетонної суміші), у відділі технічного контролю (для приймального контролю готових шпал), майстрами цехів (для щозмінного операційного контролю), службою головного технолога (для аналізу стабільності процесу та коригування технології).

Зазвичай карта контролю якості оформлюється у вигляді таблиці (табл.. 7.1).

Таблиця 7.1

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 віброплощадки 2. Технічний стан устаткування	1. Марка сталі 2. Відповідність розмірів арматури робочим кресленням 3. Зварювання стрижнів і сіток 4. Антикорозійний захист	1. Механічна міцність 2. Розміри швів 3. Співвісність стрижнів 4. Наявність дефектів	1. Відповідність робочим кресленням 2. захисний шар 3. Укладання лицьовального шару 4. Положення арматурного каркаса	1. Точність дозування 2. Час перемішування 3. Консистенція Температура 4.	1. Відповідність форм проєктним розмірам 2. Якість очищення й змащення форм 3. Якість емульсії	1. Товщина шару 2. Час віброушільнення 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 формування й натягу. Лабораторія	Арматурний цех	Зварювальний пост. Лабораторія	Пост формування	Дозатори Бетонозмішувачі	1. Пост розпалубки 2. Місце збірки перед укладанням бетонної суміші 3. Смість	1—3. Пост формування 4—5. Лабораторія	Цех	Пост розпалубки, склад готової продукції
Метод і засоби контролю	Порівняння із проєктом	Віброграф. Паспорт	1. Порівняння з еталоном 2. Вимірювання рулеткою, лінійкою, штангенциркулем 3. Візуальний відбір проб і випробування	Відбір проб і випробування	Вимірювання сталесою 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. Щільномір 4—5. Відбір проб і наступне випробування	Прилади автоматики 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 бетонозмішувального цеху	начальник цеху	Начальник цеху, зав. Лабораторією	Зав. лабораторією, начальник паросилового цеху	Начальник цеху

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

Відомість споживання електричної енергії різними підрозділами заводу з випуску залізобетонних шпал подана у вигляді таблиці 8.1

Таблиця 8.1

Розподіл споживання електроенергії

Цех	Устаткування	Кількість	Встановлена потужність кВт
Склад цементу	Розвантажувально- передавальне обладнання	1	42,8
Склад заповнювачів	Розвантажувально- передавальне обладнання	1	231
Бетонозмішувальний цех	1) Пневматичний гвинтовий насос	1	30
	2) Стрічковий конвеєр	1	5
	3) Бетонозмішувачі	2	22
Арматурний цех	1) Правильно-відрізний станок	1	29
	2) Мостовий кран вантажопідйомністю до 10 т	2	25
	3) Візок для вивозу готової продукції	1	7,3
Формувальний цех	1) Формувальна лінія	2	400
	2) Візок для вивозу готової продукції СМЖ-151А	1	5,5

Склад готової продукції	Мостовий кран вантажопідйомністю до 10 т	2	20
Лабораторія	Випробувальне обладнання	1	4,3
Адміністративно-побутовий комплекс	Освітлювальні прилади		124,45
Усього			946,9

Стиснутого повітря знадобиться $44,4 \text{ м}^3/\text{хв}$.

Питомі витрати пари на теплову обробку виробів складають 170 кг/м^3 .
Витрати пари на побутові потреби складають 10% від технологічних потреб.
Тоді у підсумку витрати пари складають 187 кг/м^3 .

Вода потрібна для виготовлення фібробетонної суміші залежить від потужності виробництва для витрати на один метр кубічний суміші (155 л):

$$Q_{\text{техн}} = 155 \cdot 35000 = 5425000 \text{ л.}$$

На побутові потреби йде до 20% від технологічних потреб:

$$Q_{\text{побут}} = 0,2 \cdot 5425000 = 1085000 \text{ л.}$$

Окремо роблять запас води на випадок пожежі. Цей обсяг становить 10% від технологічних витрат води:

$$Q_{\text{пож}} = 0,1 \cdot 5425000 = 542500 \text{ л.}$$

Тож загалом обсяги використання води :

$$Q_{\text{заг}} = Q_{\text{техн}} + Q_{\text{побут}} + Q_{\text{пож}} = 5425000 + 1085000 + 542500 = 7052500 \text{ л.}$$

9. Організація вантажопотоків

На заводі, який виробляє шпали залізобетонні для залізниці Ш1-3 потоки вантажів проєктуються відповідно до ДСТУ Б В.2.6-209:2016 [1] та ДСТУ-Н Б А.3.1-35:2016 [13]. Основні принципи організації руху вантажів:

- прямолінійність руху матеріалів – від складу до виробничої ділянки без зайвих переміщень.
- розділення потоків – сировина, арматура та готова продукція рухаються окремими маршрутами.
- механізація транспортування – використання транспортерів, кранів, навантажувачів.
- безперервність виробництва – вантажопотоки синхронізовані з ритмом технологічних операцій.

Види та взаємозв'язок потоків вантажів наведені на рис. 9.1.

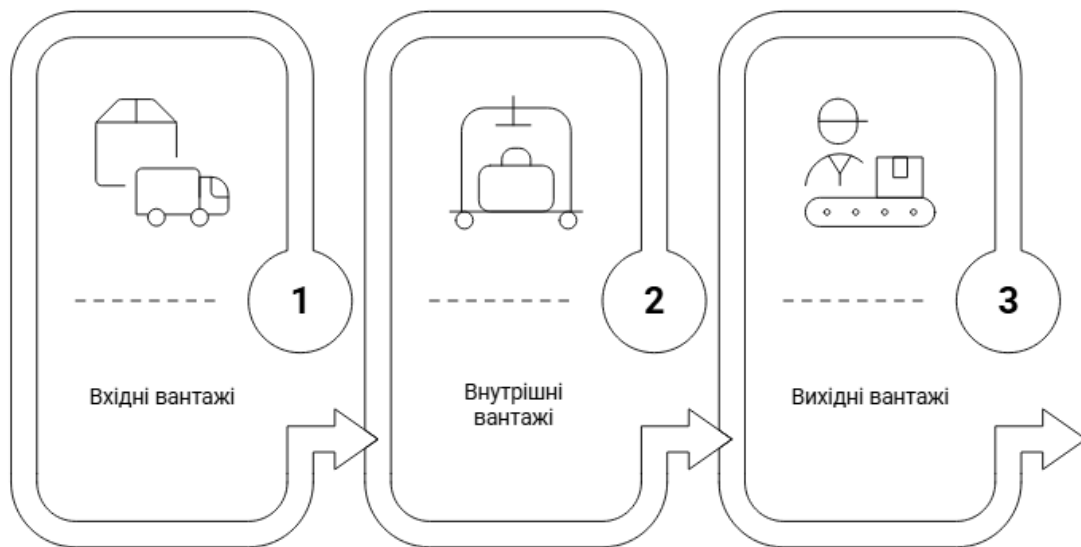


Рис. 9.1 Види вантажообігу на заводі з виготовлення ЗБ шпал Ш1-3

Рух цементу: завод виробника → склад → бетонозмішувальний цех.

Рух заповнювачів: виробник → склад → бетонозмішувальний цех.

Рух фібри: виробник → склад → бетонозмішувальний цех.

Рух добавки: виробник → склад → бетонозмішувальний цех.

Рух сталевих дротів: виробник → склад → арматурний цех.

Рух бетонної суміші: бетонозмішувальний цех → формувальний цех.

Рух пакетів дротів: арматурний цех → формувальний цех.

Рух виробів: формувальний цех → склад готових виробів → споживач.

Переміщення сировини, матеріалів, напівфабрикатів і готової продукції здійснюється за допомогою комплексу механізованих, автоматизованих і транспортних засобів, які забезпечують безперервність технологічного процесу, зниження трудомісткості та підвищення продуктивності.

Засоби вантажообігу на заводі:

1) Автомобільний транспорт

Призначення: доставка цементу, заповнювачів, фібри, арматури, комплектуючих, а також відвантаження готових шпал.

Типи: самоскиди (щебінь, пісок), цементовози, фури, платформи.

Особливість: потребує організації зручних під'їзних шляхів і зон розвантаження.

2) Ковшові навантажувачі

Призначення: переміщення щебеню та піску зі складів у бункери бетонозмішувального цеху.

Типи: фронтальні навантажувачі (типу JCB, CAT).

Переваги: мобільність, швидке завантаження, можливість роботи на відкритих майданчиках.

3) Стрічкові транспортери

Призначення: транспортування заповнювачів, цементу, фібри до бетонозмішувача.

Типи: горизонтальні, похилі, закриті.

Переваги: безперервність подачі, автоматизація процесу.

4) Пневмотранспорт та шнекові живильники

Призначення: подача цементу з силосів у бетонозмішувальний цех.

Особливість: герметичність, захист від пилу, точне дозування.

5) Дозувальні установки

Призначення: точне дозування фібри, хімічних добавок, води та цементу.

Типи: автоматизовані вагові системи, рідинні дозатори.

Переваги: забезпечення стабільності складу бетонної суміші.

6) Крани (мостові, козлові, консольні)

Призначення: переміщення арматурного дроту, форм, готових шпал.

Застосування: у арматурному, формувальному цехах, на складі готової продукції.

Переваги: висока вантажопідйомність, точність позиціонування.

7) Правильно-різальні машини

Призначення: обробка арматурного дроту – вирівнювання, різання, формування пучків.

Зв'язок із вантажообігом: забезпечують підготовку арматури до подачі у форми.

8) Бетоноукладальні машини / бадді

Призначення: подача бетонної суміші у форми шпал.

Типи: мобільні бетоноукладальники, підвісні бадді.

Переваги: рівномірне заповнення форм, зниження втрат суміші.

9) Автонавантажувачі

Призначення: транспортування готових шпал зі зони розпалубки до складу та на відвантаження.

Типи: вилкові, платформні.

Переваги: маневреність, швидкість роботи на складі.

Метою системи вантажообігу є забезпечення ритмічного виробництва шпал Ш1-3 з фібробетону, мінімізація витрати на транспортування, гарантування якості продукції.

Ефективність вантажопотоків досягається завдяки прямолінійності маршрутів, механізації, розділенню потоків та контролю на кожному етапі.

У результаті завод здатний випускати продукцію у відповідності до стандартів, забезпечуючи потреби залізничної інфраструктури.

10. Структура, організація і управління підприємством

Завод з виробництва залізобетонних шпал — це спеціалізоване підприємство, яке виготовляє шпали типу Ш1-3 для залізничної інфраструктури. Його організація базується на таких принципах:

- технологічна безперервність: всі виробничі етапи – від підготовки арматури до відвантаження готової продукції – пов’язані в єдиний логістичний ланцюг.
- модульність: завод поділений на функціональні цехи, кожен з яких виконує окрему технологічну операцію.
- механізація та автоматизація: застосування транспортерів, дозаторів, кранів, бетонозмішувачів, правочно-різальних машин.
- контроль якості: на всіх етапах діє система контролю – вхідний, операційний, приймальний.

Структура виробничого сектору заводу наведена в таблиці 10.1

Таблиця 10.1

Структура виробничого сектору заводу

Підрозділ	Основні функції
Виробничі підрозділи	
Склади матеріалів	Зберігання цементу, піску, щебеню, арматури, фібри, добавок
Арматурний цех	Правка, різання, формування та натяг арматурного дроту
Бетонозмішувальний цех	Приготування фібробетонної суміші
Формувальний цех	Укладання арматури, укладання суміші у форми, ущільнення, ТВО, розпалублювання
Склад готової продукції	Штабелювання, маркування, зберігання шпал

Допоміжні підрозділи	
Лабораторія	Контроль якості матеріалів і бетонної суміші
Відділ технічного контролю	Контроль якості готової продукції
Механічна служба	Обслуговування обладнання, ремонт
Енергетична служба	Забезпечення електроенергією, паром, водою
Служба охорони праці та пожежної безпеки	Контроль умов праці, інструктажі

Адміністративна структура заводу наведена в таблиці 10.2.

Таблиця 10.2

Адміністративна структура заводу

Посада	Функції
Директор	Загальне керівництво, стратегічне планування
Головний інженер	Технічне управління, модернізація обладнання
Головний технолог	Контроль технологій, впровадження нових рішень
Начальники цехів	Оперативне управління виробництвом
Начальники лабораторії та ВТК	Організація контролю якості
Головний енергетик	Енергозабезпечення
Головний механік	Технічне обслуговування
Головний економіст	Фінансове планування, облік витрат
Начальники відділу постачання та збуту	Закупівля матеріалів, організація транспорту

11. Розрахунок потреби робітників

Кожен сектор та підрозділ повинен бути забезпечений певною кількістю робітників. Їх число повинно бути таким, щоб забезпечити належне виконання всіх процесів та досягнення виконання плану виготовлення залізобетонних шпал Ш1-3.

Потреба працівників виробничого сектору заводу наведена в таблиці 11.1.

Таблиця 11.1

Потреба у працівниках виробничого сектору

Підрозділ	Професія	Кількість
Склад в'язучих речовин	працівник складу	2
	приймальник	1
	комірник	1
Склад заповнювачів	працівник складу	2
	приймальник	1
	комірник	1
Склад крейди	працівник складу	1
	приймальник	1
Склад арматурної сталі	такелажник	2
	комірник	1
Матеріально-технічний склад	працівник складу	1
	приймальник	1
Бетонозмішувальний цех	оператор транспортних засобів	2
	дозувальник	2
	оператор бетонозмішувача	1
	змінний майстер	1
	начальник цеху	1

Арматурний цех	оператор правильно-відрізного верстата	2
	машиніст крану	1
	зварювальник	4
	арматурник	6
	змінний майстер	1
	начальник цеху	1
Формувальний цех	формувальник 3 розряду	18
	формувальник 2 розряду	18
	машиніст	9
	бетоноукладача	
	змінний майстер	1
	начальник цеху	1
Паросиловий цех	машиніст насосів	1
	оператор паропроводу	1
Склад готової продукції	такелажник	2
	комірник	1
Ремонтно-механічний цех	слюсар	1
	токарь	1
	механік	1
Електроділеньця	електрики	5
	головний електрик	1
Лабораторія	лаборант	2
	керівник лабораторії	1
Усього за зміну		101

Так як підприємство працює у двухзмінному режимі, потреба у працівниках, що будуть задіяні протягом доби становитиме 197.

Чисельність персоналу управління наведена в таблиці 11.2.

Таблиця 11.2

Потреба у робітниках адміністративного сектору

Відділ	Посада	Кількість
Керівництво	Директор	1
	Головний технолог	1
	Головний економіст	1
Економічний відділ	економіст	2
Бухгалтерія	головний бухгалтер	1
	бухгалтер	2
Плановий відділ	начальник	1
	планувальник	3
Відділ постачання та збуту	начальник	1
	співробітник	2
Технологічний відділ	начальник	1
	технолог	2
Виробничий відділ	начальник	1
	співробітник	3
Відділ кадрів	начальник	1
	інспектор	2
Відділ охорони праці	начальник	1
	інспектор	2
Усього		28

12. Об'ємно-планувальне рішення

Об'ємно-планувальне рішення заводу з виробництва залізобетонних виробів – це комплексне визначення просторової організації виробничих, складських, адміністративних та допоміжних приміщень підприємства. Воно включає:

- розташування цехів та складів на території заводу;
- взаємозв'язок між технологічними ділянками;
- планування внутрішніх приміщень цехів;
- забезпечення оптимальних вантажопотоків;
- відповідність вимогам [13], а також чинним будівельним нормам.

Метою об'ємно-планувального рішення є створення ефективної, безпечної та економічної структури заводу, яка забезпечує безперервність виробництва шпал, мінімізує транспортні витрати та гарантує якість продукції.

Об'ємно-планувальне рішення основних цехів

Бетонозмішувальний цех

Розташування: у центральній частині виробничої зони, максимально наближено до формувального цеху.

Приміщення:

- зона приймання цементу (силоси з пневмотранспортом);
- склади заповнювачів (щебінь, пісок) із бункерами;
- дозувальні установки для цементу, заповнювачів, води, фібри та хімічних добавок;
- бетонозмішувальні агрегати (двохвальні примусові змішувачі);
- транспортна галерея для подачі суміші у формувальний цех.

Вантажопотоки: від складів матеріалів → змішувачі → транспортером у формувальний цех.

Висота приміщення: не менше 8 – 10 м для розміщення силосів та транспортерів.

Санітарні вимоги: системи пиловидалення, вентиляція, шумоізоляція.

Арматурний цех

Розташування: поруч із формувальним цехом для мінімізації транспортування.

Приміщення:

- зона приймання та зберігання арматурного дроту (бухти на стелажах);
- ділянка правки та різання дроту (правильно-різальні машини);
- ділянка формування та натягу пучків;
- зона тимчасового складування готових арматурних каркасів.

Вантажопотоки: від складу арматури → правка та різання → формування пучків → подача у формувальний цех.

Висота приміщення: 6–8 м для роботи мостових кранів.

Безпека: огороження робочих зон, освітлення, вентиляція.

Формувальний цех

Розташування: центральний виробничий корпус, безпосередньо пов'язаний із бетонозмішувальним та арматурним цехами.

Приміщення:

- ділянка встановлення арматурних пучків у форми;
- ділянка заливки бетонної суміші (бетоноукладальні машини, бадді);
- ділянка ущільнення бетону (вібратори, прес-устаткування);
- пропарювальні камери (теплова обробка шпал);
- ділянка розпалубки та первинного контролю якості.

Вантажопотоки: арматура та бетонна суміш сходяться у формувальному цеху → шпали проходять теплову обробку → розпалубка → склад готової продукції.

Висота приміщення: 10–12 м для роботи мостових кранів і розміщення пропарювальних камер.

Безпека: системи вентиляції, протипожежні засоби, освітлення.

13. Охорона праці та техніка безпеки

Введення базальтової фібри в бетонну суміш вимагає ретельної уваги до дозування та рівномірного розподілу волокон для запобігання утворенню грудок (так званого "їжака"). Для дозування фібри варто встановити у бетонозмішувальному цеху автоматизований дозатор для фібри. Це може бути система на основі тензометричних датчиків або вагових бункерів, що забезпечує високу точність зважування $\pm 2\%$.

Базальтова фібра є легким, але об'ємним матеріалом, який має тенденцію до злипання. Для її ефективного диспергування потрібні змішувачі примусової дії (наприклад, планетарні або двохвалові горизонтальні) з високою інтенсивністю перемішування. Для досягнення однорідності фібро бетонної суміші необхідна оптимізація послідовності завантаження компонентів у змішувач: спершу по чергово завантажують заповнювачі, далі цемент, далі поступово базальтову фібру. Останніми додаються вода разом з пластифікаторами.

Так як використання фібри може збільшити в'язкість бетонної суміші, при її транспортуванні варто збільшити кут нахилу транспортерних стрічок, по яким бетонна суміш доставляється до формувального цеху. Або ж використовувати адресну подачу бетонної суміші – автоматизована система подачі бетонної суміші у так званих шатлах – спеціальних ємностях, які рухаються по монорейкам.

Фібра з базальтового волокна не відноситься до токсичних чи вибухонебезпечних речовин. Проте, з врахуванням її дисперсності (довжина волокон від 3 до 50 мм, а діаметр 16-18 мкм), поводження з нею потребує виконання певних заходів по охороні праці.

Захист органів дихання: обов'язкове використання респіраторів з високим ступенем фільтрації. Рекомендовано використовувати респіратори класів P2 або P3 для захисту від дрібного мікрОВОлокна та пилу.

Захист шкіри: закритий спецодяг (комбінезони або костюми) з довгими рукавами та штанинами, бажано з мінімальною ворсистістю, щоб запобігти проникненню волокон.

Рукавички: щільні робочі рукавички (наприклад, прогумовані або з покриттям) для захисту рук від подразнення та порізів.

Захист очей: використання захисних окулярів (закритого типу або з боковим захистом) для запобігання потраплянню мікрочастинок фібри в очі, що може викликати сильне подразнення.

Захист голови: захисний шолом або шапка для запобігання потраплянню волокон у волосся.

Після закінчення робочої зміни працівники, які безпосередньо працювали з фіброю, або знаходилися в зоні роботи з фіброю, повинні обов'язково прийняти душ. Вода повинна бути не гарячою, а прохолодною задля запобігання проникненню дисперсних волокон вглиб шкіри. З цієї ж причини не варто використовувати мочалку. При випадковому потрапленні фібри в очі необхідно негайно промити їх прохолодною водою у великій кількості та звернутися за медичною допомогою.

На заводі повинні здійснюватися заходи спрямовані на мінімізацію пилоутворення та забезпечення безпечних умов на робочому місці, особливо на бетонозмішувальному вузлі. В зоні розпакування, зважування та завантаження фібри має бути встановлена ефективна примусова вентиляція та аспіраційні системи (витяжні шафи або місцеві відсмоктувачі) для вловлювання та видалення базальтового пилу та мікроволокон з повітря робочої зони.

Базальтова фібра повинна зберігатися в заводській герметичній упаковці у сухих, закритих приміщеннях, захищених від прямого сонячного світла та вологи. Пошкоджену упаковку слід негайно замінити або утилізувати.

Робоча зона має бути чистою, прибирання слід проводити вологим способом або за допомогою промислових пиłosосів з НЕРА-фільтрами, щоб уникнути підняття пилу в повітря.

До початку роботи з бетонозмішувачами примусового типу необхідно провести ретельний огляд обладнання та робочої зони:

- переконатися, що всі захисні огорожі, кришки та запобіжні ґрати на завантажувальних та вивантажувальних отворах цілі та надійно заблоковані. Змішувач не повинен вмикатися, якщо ґрати відкриті (наявність блокувальних пристроїв обов'язкова).

- перевірити надійність заземлення корпусу змішувача та справність ізоляції електричних кабелів;

- перевірити роботу пускової та гальмівної апаратури – усі елементи керування мають працювати без заїдань;

- прибрати сторонні предмети, інструменти, залишки бетону та фібри, які можуть заважати роботі або спричинити падіння.

Під час роботи змішувача слід дотримуватись таких правил:

- вмикати змішувач слід лише після переконання, що в робочій зоні немає сторонніх осіб та інструментів;

- завантаження компонентів (щебінь, пісок, цемент, фібра) здійснювати лише у працюючий змішувач (після запуску обертання лопатей);

- слідкувати за рівномірністю завантаження та дотримуватись технологічного часу перемішування.

Категорично заборонено просовувати будь-які частини тіла (руки, ноги) або інструменти в барабан змішувача, навіть для усунення завалів.

Заборонено працювати при знятих або несправних захисних ґратах, кришках чи дверцятах.

Заборонено самостійно ремонтувати, змащувати або регулювати механізми, які рухаються.

Чищення та обслуговування є одними з найнебезпечніших етапів, тому вони вимагають особливої уваги:

- перед початком будь-яких робіт з чищення, огляду або ремонту (включно з входом усередину барабана) змішувач має бути повністю

зупинений, знеструмлений, а на пусковий пристрій обов'язково вивішений попереджувальний плакат: "Не вмикати! Працюють люди!".

- після знеструмлення необхідно вжити заходів для запобігання випадковому або помилковому ввімкненню змішувача іншими працівниками.

- чищення барабана від залишків бетону та фібри слід проводити лише спеціально призначеними скребками та інструментами, а не вручну. Якщо необхідний вхід людини всередину, роботи проводяться за нарядом-допуском та під контролем наглядаючого.

- якщо обслуговування вимагає роботи на висоті (наприклад, обслуговування завантажувального бункера), необхідно використовувати справні драбини, підмостки або площадки з огороженнями.

Інші заходи по охороні праці на заводі з виготовлення залізобетонних шпал Ш1-3 повинні здійснюватися відповідно до НПАОП 26.6-1.02-00 [14] та ДНАОП 6.1.00-1.10-97 [15].

Всі робітники заводу з виготовлення залізобетонних шпал, як з виробничих цехів, так із адміністративно-побутового комплексу повинні регулярно проходити інструктажі та навчання з питань охорони праці.

Всі робітники повинні регулярно перевіряти стан свого здоров'я, шляхом проведення медичних оглядів.

На заводі повинен діяти підрозділ (відділ), який буде відповідальним за дотримання норм та правил охорони праці та пожежної безпеки.

Список використаної літератури

1. ДСТУ Б В.2.6-209:2016 Шпали залізобетонні попередньо напружені для залізниць колії 1520 і 1435 мм. Технічні умови. На заміну ДСТУ Б В.2.6-57:2008 ; чинний від 2017-01-01. Вид. офіц. Київ : Мінрегіон України, 2016. 21 с
2. ДБН В.2.6-98:2009 Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення. Зі Зміною № 1. На заміну СНиП 2.03.01-84* ; чинний від 2020-06-01. Вид. офіц. Київ : Міністерство розвитку та територій України, 2020. 23 с.
3. Миколаєць, М., Шейніч, Л., Петрикова, Є., Мудрик, М. (2024). Вплив фібри на підвищення тріщиностійкості залізобетонних конструкцій. Наука та будівництво, 41(3). С. 35-43.
4. Троян, В., Киндрась, Б. (2019). Моделювання тріщиностійкості високоміцних бетонів, здатних до самоущільнення. Будівельні матеріали та вироби, (1-2(102)). С. 40–43.
5. ДСТУ 9183:2022 Цементи. Загальні технічні умови. На заміну ДСТУ Б.В.2.7-112-2002 ; чинний від 2023-01-01. Вид. офіц. Київ : УкрНДНЦ, 2022. 36 с.
6. ДСТУ Б EN 197-1:2015. Цемент. Частина 1. Склад, технічні умови та критерії відповідності для звичайних цементів (EN 197-1:2011, IDT). На заміну ДСТУ Б EN 197-1:2008 ; чинний від 2016-07-01. Вид. офіц. Київ : Мінрегіон України, 2016. 59 с.
7. ДСТУ Б В.2.7-32-95 Будівельні матеріали. Пісок щільний природний для будівельних матеріалів, виробів, конструкцій і робіт. Технічні умови. На заміну ГОСТ 8736-85, ОСТ 21-1-80, ТУ 218 УРСР 438-92 ; чинний від 1996-01-01. Вид. офіц. Київ : Мінрегіон України, 1995. 32 с.
8. ДСТУ Б В.2.7-75-98. Будівельні матеріали. Щебінь та гравій щільні природні для будівельних матеріалів, виробів, конструкцій та робіт. Технічні умови. На заміну ГОСТ 8267-82, ГОСТ 8268-82, ГОСТ 10260-82, ГОСТ 23254-

78, ГОСТ 26873-86 ; чинний від 1999-01-01. Вид. офіц. Київ : Держ. комітет будівництва, архітектури та житлової політики України, 1999. 16 с.

9. ДСТУ Б В.2.7-273:2011. Вода для бетонів і розчинів. Технічні умови (ГОСТ 23732-79, MOD). На заміну ГОСТ 23732-79 ; чинний від 2012-12-01. Вид. офіц. Київ : Міністерство регіонального розвитку будівництва, та житлово-комунального господарства України, 2012. 5 с.

10. ТУ У В.2.7-26.8-34323267-002:2009.

11. Технологічна карта SikaPlast-520N-uk-UA-(11-2020)-1-1.

12. ДСТУ ISO 23717:2009 Дріт сталевий і дротяні вироби. Дріт для армування рукавів. Технічні умови (ISO 23717:2006, IDT). Чинний від 2011-07-01.

13. ДСТУ 9208:2022 Бетони важкі. Технічні умови. На заміну ДСТУ Б В.2.7-43-96 ; чинний від 2023-09-01. Київ : ДП «НДІБК», 2023. 31 с.

14. ДСТУ-Н Б А.3.1-34:2016 Настанова з виробництва бетонних і залізобетонних виробів На заміну ДБН А.3.1-7-96 ; чинний від 2017-04-01. Вид. офіц. Київ : Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2017. 24 с.

15. ДСТУ-Н Б А.3.1-35:2016. Настанова з проектування підприємств з виробництва залізобетонних виробів. На заміну ДБН А.3.1-8-96; чинний від 2017-04-01. Вид. офіц. Київ : ДП "НДІБВ", 2016. 34 с.