

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 підкранових балок

Виконав: магістрант групи ТБВК-24м
Клімов Олександр Анатолійович
(прізвище, ім'я, по батькові)

Керівник випускної роботи Ш доц. Шишкіна О.О.
Нормоконтролер Є Єгорова І.В.
Завідувач кафедри Ш доц. Шишкіна О.О.

Кривий Ріг

2025 р.

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

Освітньо-кваліфікаційний рівень - магістр
Спеціальність – 192 Будівництво та цивільна інженерія
ОПІ – «Технологія будівельних матеріалів, виробів та конструкцій»

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри

18 Шишкіна О.О.

“12” грудня 2025 року

ЗАВДАННЯ НА МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ МАГІСТРАНТУ

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

1. Тема роботи Завод з виготовлення підкранових балок

керівник роботи доц. Шишкіна О.О.

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

2. Строк подання студентом роботи 7 грудня 2025 року

3. Вихідні дані до роботи

вид залізобетонної конструкції, потужність заводу

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

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

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

5. Консультанти розділів роботи

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

6. Дата видачі завдання

30 травня 2025р

7. Календарний план

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

	повітрі, парі, воді	16.10.25	
9	Організація вантажопотоків	22.10.25	
10	Структура, організація і управління підприємством	04.11.25	
11	Розрахунок потреби робітників	12.11.25	
12	Об'ємно-планувальне рішення підприємства	26.11.25	
13	Охорона праці і техніка безпеки	04.12.25	

Магістрант


(підпис)

Клімов О.А.
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи


(підпис)

Шмидт О.О.
(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

магістерської кваліфікаційної роботи

студента гр.. ТБВК-24м Клімова Олександра Анатолійовича

на тему: «Завод з виготовлення підкранових балок»

Актуальність теми. На сьогоднішній день будівельний сектор нашої держави як складова державної економіки зазнає складних викликів. Українська держава зазнала масштабних руйнувань різноманітних будівель та споруд. Це означає, що стоїть колосальне завдання щодо відновлення, що включає не тільки реконструкцію зруйнованого, але й будівництво нових об'єктів промислового, цивільного та інфраструктурного призначення. При цьому доцільне врахування сучасних стандартів енергоефективності, екологічності та безпеки.

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

Об'єктом дослідження є завод з випуску залізобетонних підкранових балок.

Завдання: 1) обґрунтування визначеного району будівництва, вигляду і обсягів продукції, що застосовується до випуску, наявність сировинних і енергетичних ресурсів, необхідних для цього; 2) обґрунтований вибір технології виробництва для всієї номенклатури продукції; 3) встановити режим роботи підприємства; 4) провести аналіз наукових джерел та обґрунтувати вибір пропонованого способу вдосконалення виготовлення конструкції; 5) описати технологічні процеси та операції які здійснюються при виготовленні конструкції в порядку їх виконання; 6) дати характеристику всім матеріалам та комплектуючим, які будуть застосовані, розрахувати їх потребу; 7) запроектувати роботу бетонозмішувального цеху; 8) запроектувати роботу арматурного цеху; 9) запроектувати роботу

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

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

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

Обсяг кваліфікаційної роботи: Магістерська кваліфікаційна робота складається з пояснювальної записки, викладеної на 106 сторінках, яка складається зі вступу, тринадцяти розділів, які містять 18 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.....	21
3. Розрахунок фондів часу роботи підприємства.....	26
4. Наукова частина.....	30
4.1. Аналітичний огляд.....	30
4.2. Наукова (теоретична частина).....	32
4.3.Науково-практична (прикладна) частина.....	33
5. Організація виробництва конструкцій.....	39
5.1. Технологічні процеси і операції	39
5.2. Характеристика матеріалів та комплектуючих	43
5.3. Бетонозмішувальний цех	47
5.4. Арматурний цех	53
5.5. Формувальний цех	57
5.5.1. Поопераційний графік	57
5.5.2. Тижнево-добовий графік	68
5.5.3. Розрахунок потужності технологічної лінії	71
5.5.4. Розрахунок загального часу виготовлення планового об'єму продукції	71
6. Складське господарство.....	72

6.1. Розрахунок потреби в компонентах й комплектуючих	72
6.2. Склади в'язучих.....	74
6.3. Склади заповнювачів.....	75
6.4. Склади арматури та арматурних виробів.....	76
6.5. Склад готової продукції	78
6.6. Матеріально-технічні склади та склади комплектуючих	79
7. Лабораторія і контроль якості.....	80
8. Розрахунок потреби в електроенергії, стислому повітрі, парі, воді.....	85
9. Організація вантажопотоків.....	88
10. Структура, організація і управління підприємством.....	90
11. Розрахунок потреби робітників.....	93
12. Об'ємно-планувальне рішення.....	96
13. Охорона праці.....	100
Список використаної літератури.....	105

ВСТУП

На сьогоднішній день будівельний сектор нашої держави як складова державної економіки зазнає складних викликів. Українська держава зазнала масштабних руйнувань різноманітних будівель та споруд. Це означає, що стоїть колосальне завдання щодо відновлення, що включає не тільки реконструкцію зруйнованого, але й будівництво нових об'єктів промислового, цивільного та інфраструктурного призначення. При цьому доцільне врахування сучасних стандартів енергоефективності, екологічності та безпеки.

Зважаючи на означене, вбачається, що збірний спосіб виготовлення бетонних та залізобетонних конструкцій та виробів набуде більших масштабів. Оскільки питання забезпечення будівельної галузі якісними, довговічними та економічно вигідними будівельними конструкціями як ніколи стоїть гостро. Популярні методи монолітного будівництва, попри свої переваги, часто стикаються з обмеженнями щодо швидкості виконання робіт, залежності від погодних умов та потреби у значних людських ресурсах безпосередньо на майданчику будівництва. Саме тому потреба у заводах з виготовлення збірних залізобетонних конструкцій (ЗЗБК) стає дедалі більш нагальною.

Використання збірних елементів, що виготовляються у заводських умовах, дозволяє досягти високої точності геометричних розмірів, однорідності складу бетону, створити оптимальні умови для догляду за бетоном у процесі набору міцності, що, в свою чергу, гарантує високі якість та надійність кінцевої продукції. Заводське виробництво мінімізує впливання людського фактора та зовнішніх умов на якість продукції, дозволяє стандартизувати виробничі процеси та впроваджувати автоматизацію.

1. ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

Кваліфікаційна робота присвячена проектуванню заводу з виготовлення балок підкранових певної марки. Локацією для розміщення заводу з виготовлення такого виду залізобетонних збірних виробів було обрано околиці міста Кривий Ріг в Дніпропетровській області. Ця локація була обрана виходячи з переліку низки суттєвих переваг, зумовлених як географічним положенням, так і економічно-промисловим потенціалом регіону, як то:

- достатньо легка доступність до ресурсів, що є сировинними:
 - інертні матеріали: Кривий Ріг та прилеглі райони відомі своїми значними запасами будівельних матеріалів, зокрема щебеню та піску. Це забезпечує легкий доступ до основних інертних заповнювачів для бетону, дозволяючи мінімізувати транспортні витрати на їх доставку до заводу. Багато кар'єрів розташовані безпосередньо в регіоні.
 - цемент: безпосередньо в місті функціонує цементний завод, який має достатні обсяги виробництва та виготовляє продукцію високої якості.
 - металеві вироби: Кривий Ріг є великим металургійним центром (ПАТ "АрселорМіттал Кривий Ріг"). Це забезпечує прямий доступ до металопрокату, який є критично важливим для виробництва арматури та закладних деталей ЗЗБК. Близькість до металургійного комбінату суттєво знижує логістичні витрати та час постачання арматурної сталі.
- розвинута транспортна інфраструктура:
 - залізничні шляхи: Кривий Ріг є великим залізничним вузлом. Наявність розвиненої мережі залізниць дозволяє ефективно транспортувати як сировину, так і готову продукцію на значні відстані.

- автомобільні дороги: місто забезпечено автомобільними магістралями, що забезпечує зручне та швидке доставлення готової продукції на будівельні майданчики як в Кривому Розі та Дніпропетровській області та і сусідніх областях.

- наявність кваліфікованих кадрів: у місті знаходяться вищі навчальні професійно-технічні навчальні заклади, які займаються підготовкою фахівців відповідних спеціальностей з високим рівнем професіоналізму, що спрощує набір персоналу та його підготовку, та є однією із запорук високої якості;

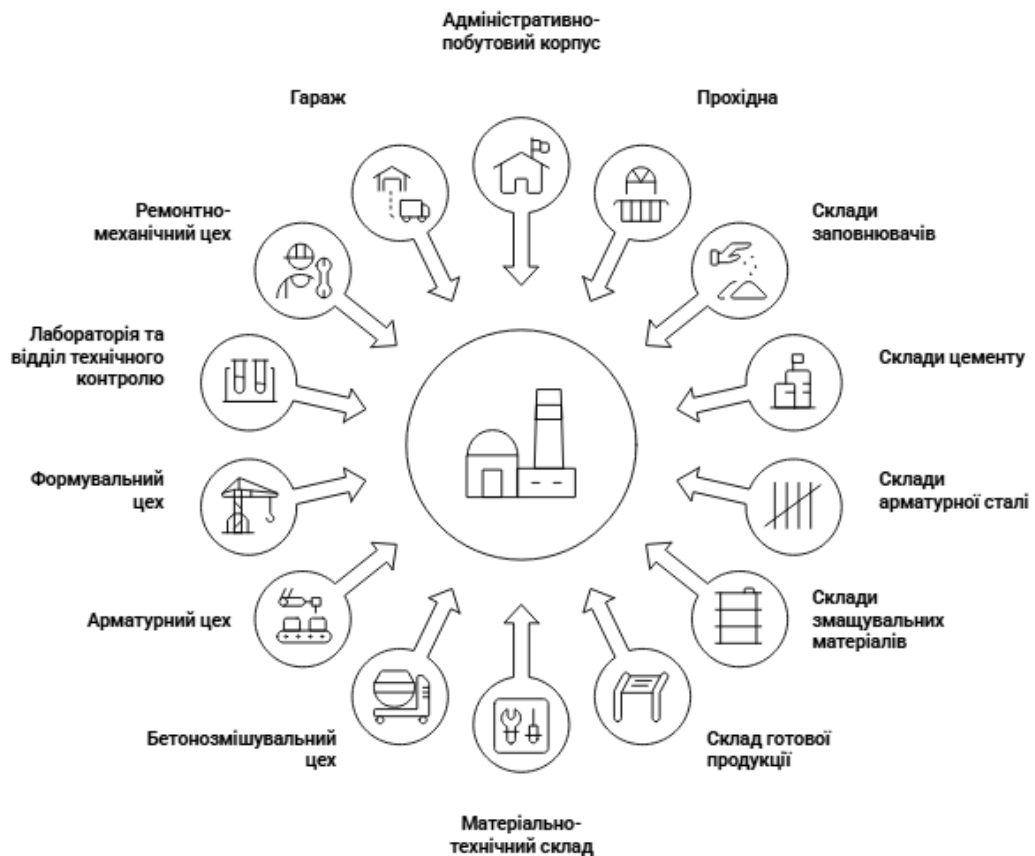
- потенційний попит на продукцію: Кривий Ріг та Дніпропетровська область є потужним промисловим регіоном. Відновлення та модернізація існуючих підприємств, а також будівництво нових виробничих потужностей (особливо післявоєнна відбудова) створюють значний попит на підкранові балки, фундаментні блоки, колони та інші ЗЗБК для промислових об'єктів;

- розвинена інфраструктура: наявність електроенергії, газу, водопостачання та каналізації, які є необхідними для функціонування великого виробничого підприємства, розгалужена мережа банківських послуг, логістичних компаній, ремонтних майстерень та інших сервісів, які підтримують функціонування промислових підприємств.

Завод, робота якого в даному випадку підлягає проектуванню, за своєю спеціалізацією відноситься до вузькопрофільних. Адже передбачається, що цей завод буде виробляти тільки такий вид збірних залізобетонних виробів як балки підкранові. Проте, в разі потреби буде змога переоблаштувати завод для виготовлення іншого виду продукції, яка передбачає використання того самого методу виробництва ЗЗБК. Слід відмітити, що це процес не буде легким та дешевим, проте, зважаючи на те, що на дуже великій кількості промислових підприємств використовуються крани, отже є потреба у підкранових балках. В тому числі на тих підприємствах, які не відбудовуватимуться з нуля, а потребують модернізації або реконструкції.

За обсягами виробництва (потужністю), даний завод відноситься до підприємств малої потужності – проектна потужність заводу становить 9500 м³.

Перелік складових частин даного заводу представлений на схемі:



Основною продукцією на даному заводі є балка підкранова залізобетонна марки. Підкранові балки – це ключові несучі елементи каркасу промислових будівель, що слугують опорою для кранових колій. Їхнє основне призначення – сприймати та передавати на колони каркаса значні вертикальні, горизонтальні та динамічні навантаження від мостових і підвісних кранів, які переміщуються по рейках, що лежать безпосередньо на цих балках. Підкранові балки широко застосовуються в цехах заводів, складських приміщеннях, логістичних центрах, портах та інших об'єктах, де використовується мостове або козлове кранове обладнання для переміщення вантажів.

На заводі, що проєктується, планується до випуску балка підкранова однієї марки – БК6-2AV-с. Дані балки дозволяється використовувати як опалюваних, так і в неопалюваних будівлях (при зимовій температурі повітря нижче мінус 40°C) з залізобетонним каркасом прольотами 18, 24 та 32 метри, які обладнані мостовими кранами загального призначення легкого та середнього режиму роботи, а також в естакадах на відкритому повітрі. Балки даної марки можуть витримувати сейсмічні впливи величиною 7,8 та 9 балів.

Для балки даної марки та розрахованої на роботу крану вантажопідйомністю 10 тон, передбачається робота двох кранів в прольоті. Для кріплення рейок в полиці балки робляться отвори з кроком 750 мм. В отвори закладують сталеві трубки для захисту бетону від руйнування при передаванні горизонтальних кранових навантажень.

Підкранові балки кріпляться при монтажі до колон болтами з наступним приварюванням закладних деталей до закладних деталей в колонах.

Балка має тавровий перетин та висоту 800 мм (табл. 1).

Номенклатура конструкцій, які будуть випускатися на даному підприємстві наведена в таблиці 1. Характеристичні дані продукції, що планується до випуску на заводі, що проєктується представлена в таблиці 2.

Таблиця 1

Номенклатура продукції, що планується до виготовлення

Найменування виробів	Ескіз виробів	Марка виробів	Відповідний ДСТУ, ТУ	Доля, % в загальному випуску	Задана річна продуктивність	
					м ³	шт
Балка підкранова		БК6-2AV-с	ДСТУ Б В.2.6-2:2009	100	9500	6785

Таблиця 2

Характеристика продукції, що планується до виготовлення

Марка виробу	Основні розміри виробу, мм	Основні властивості		Маса виробу, кг	Витрати матеріалів	
		Клас бетону	Марка морозостійкості		бетон, м ³	сталь, кг
БК6-2AV-с	5950×600/200 ×800	С 25/30	F100	3500	1,4	160

Рисунок 1 представляє загальний вигляд балки підкранової залізобетонної БК6-2AV-с з відповідними розмірами. На рисунку 2 наведені розрізи балки БК6-2AV-с згідно рис. 1. На рисунках 3 – 8 приведено зображення армувальних елементів, якими здійснюється армування балки підкранової залізобетонної марки БК6-2AV-с.

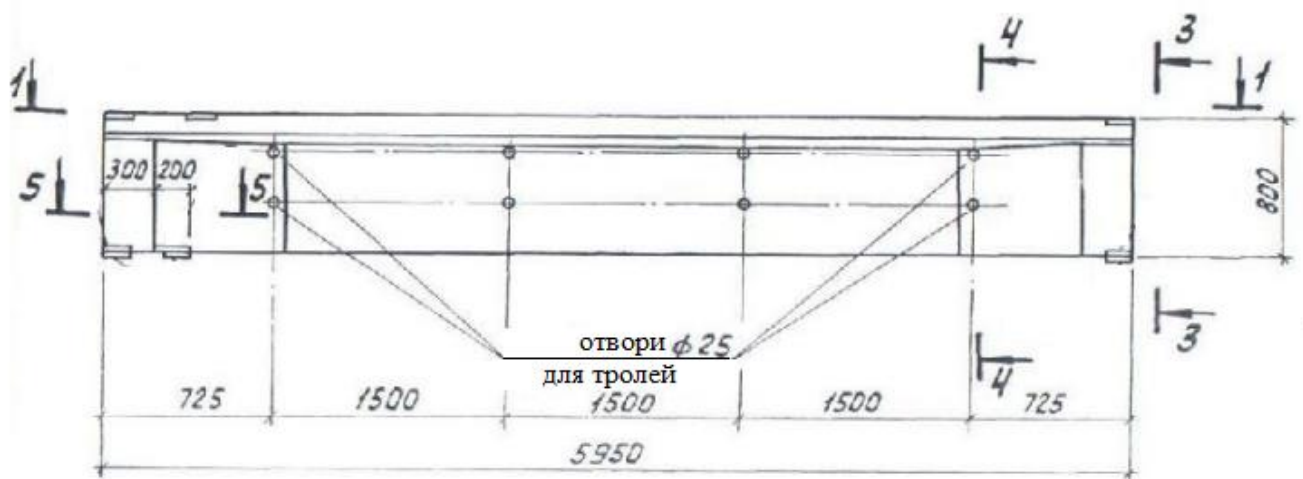
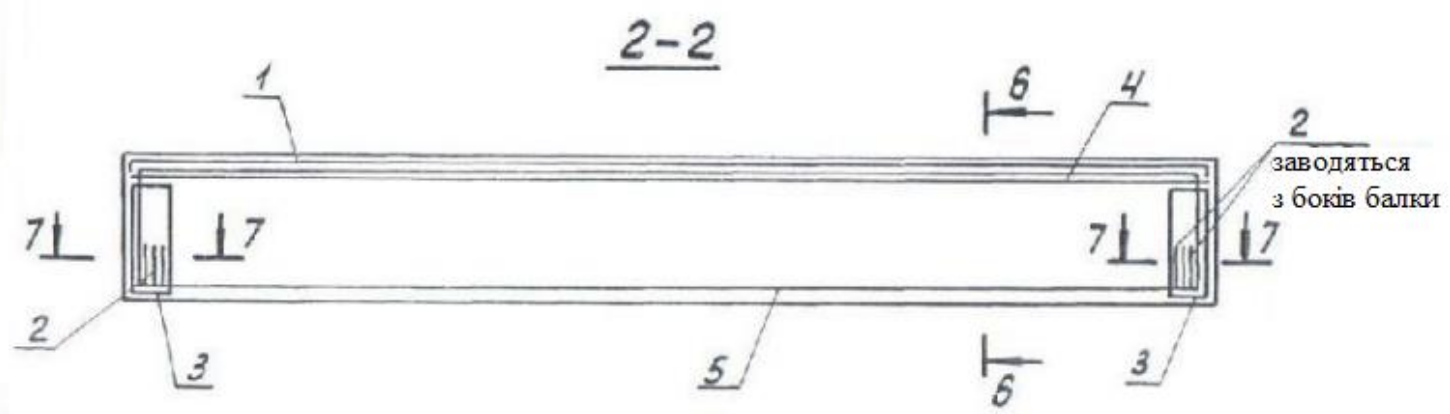
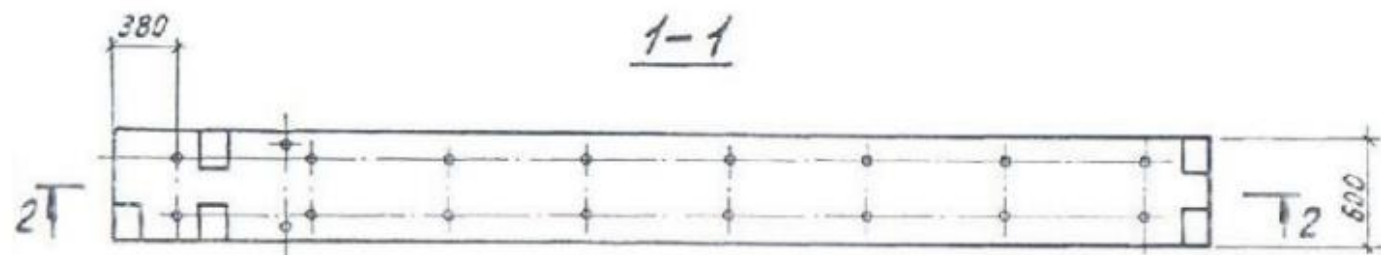


Рис. 1 Збірне креслення балки підкранової



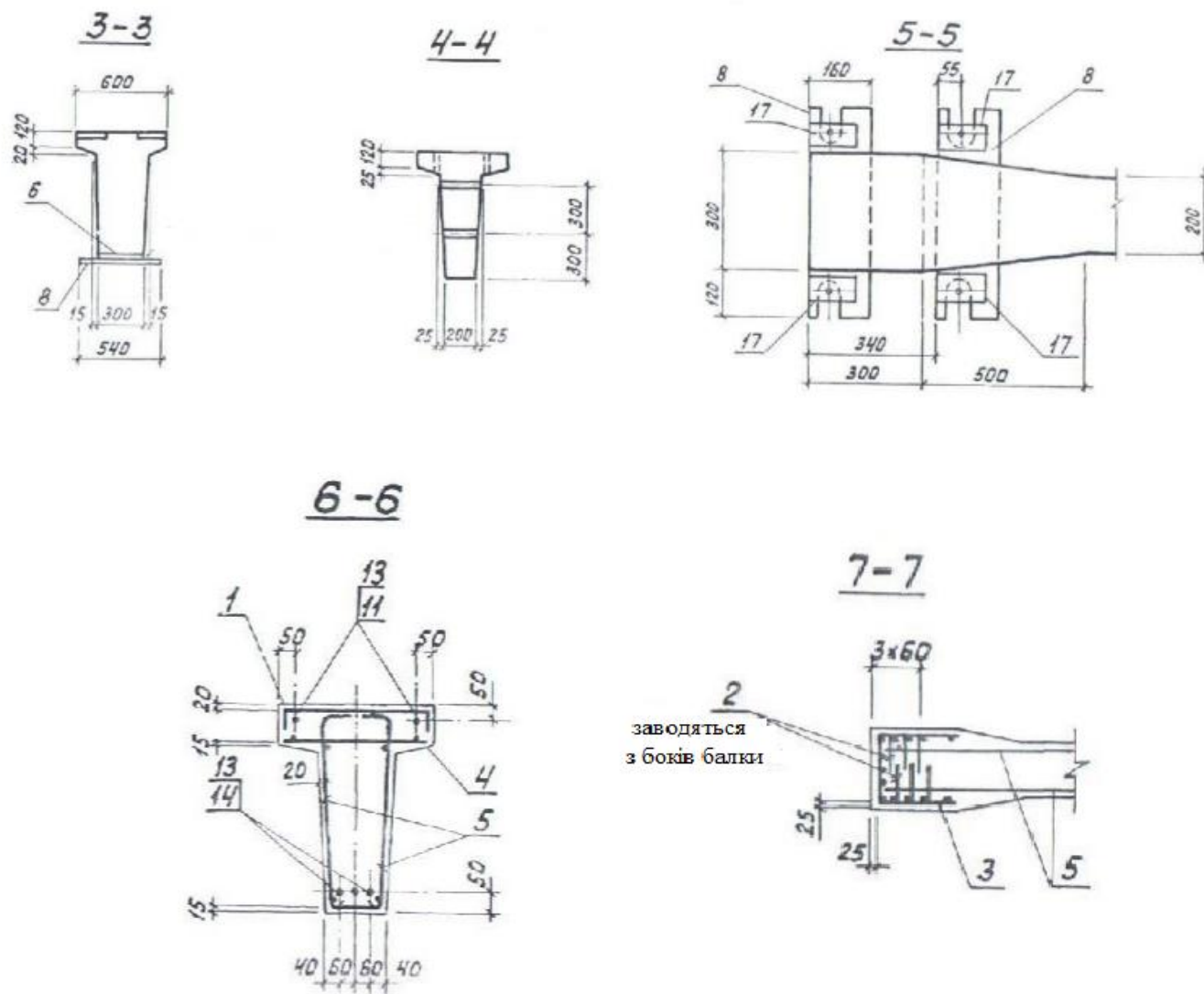
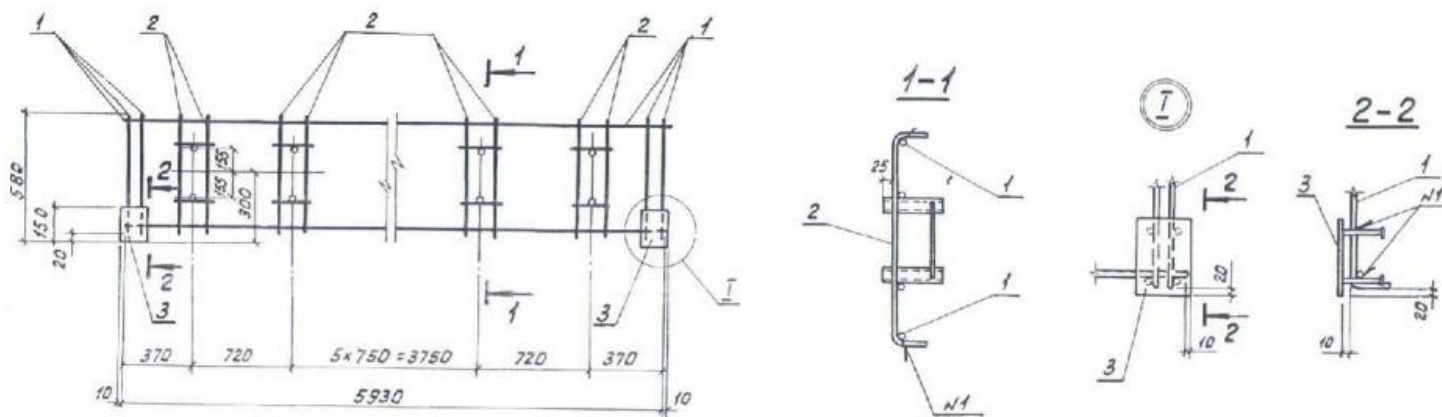


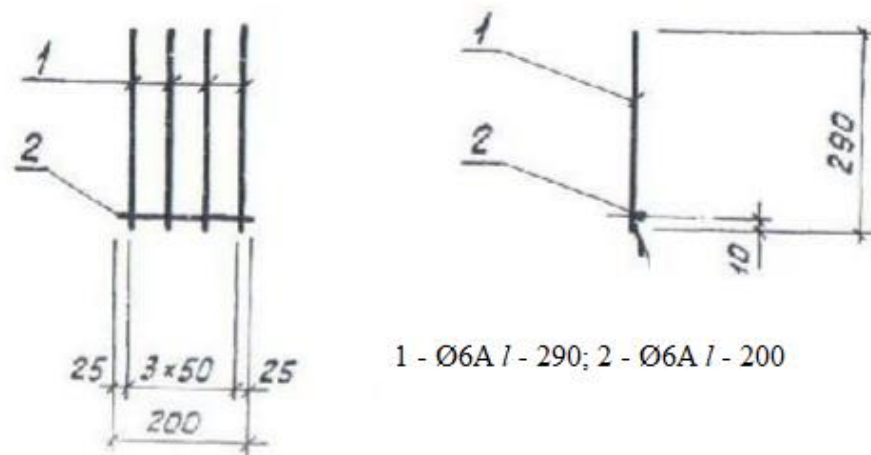
Рис. 2. Креслення розрізів підкранової балки марки БК6-2AV-с:

1-8, 11,13,14,17 – позначення арматурних елементів



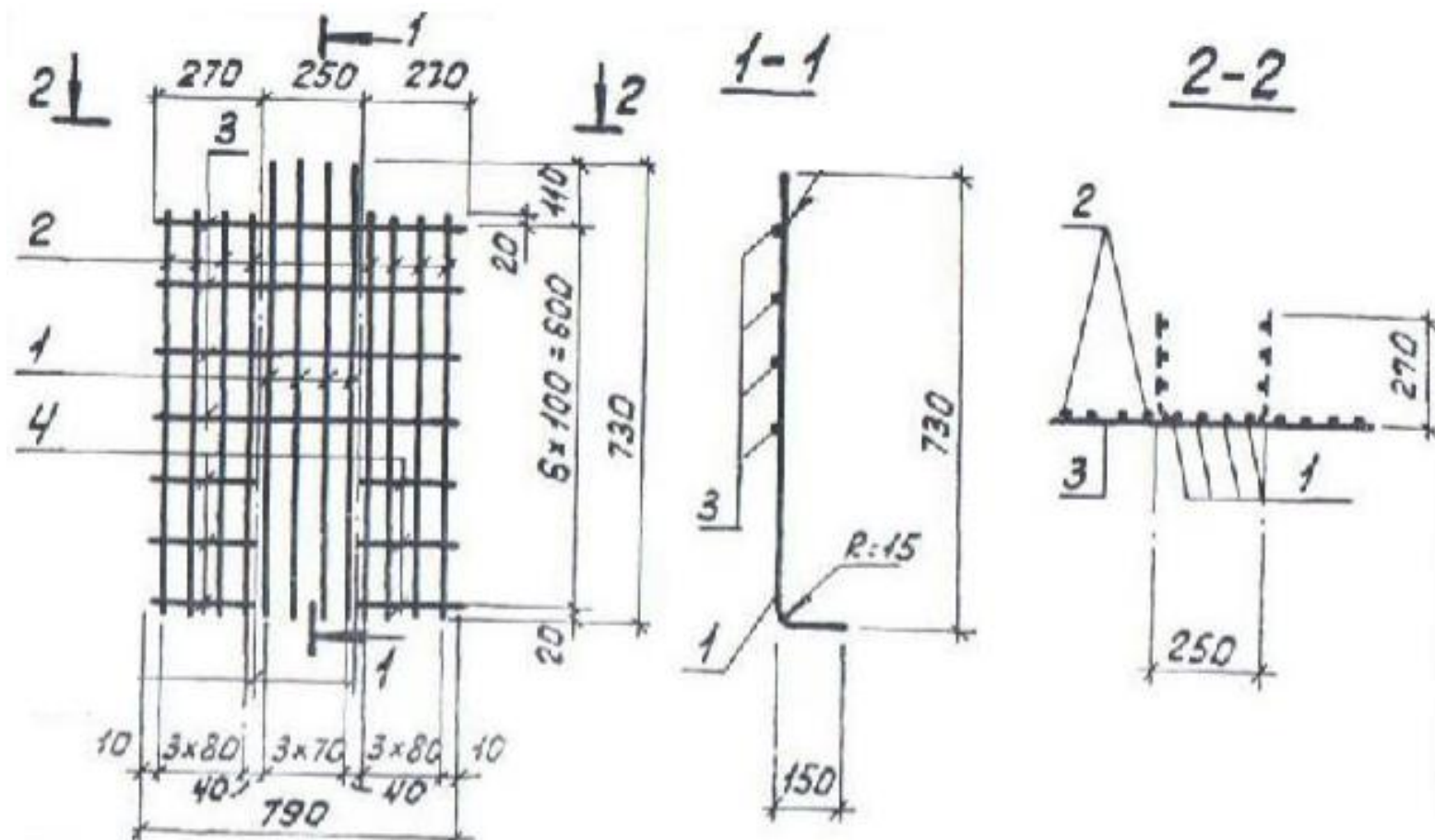
1 - сітка арматурна С-4; 2 - каркас плоский КР-1; 3 - виріб закладний М6-1-1

Рис. 3. Каркас просторовий КП-1



1 - Ø6A l - 290; 2 - Ø6A l - 200

Рис. 4. Сітка арматурна С-1



1 - Ø12A I - 880; 2 - Ø6A I - 640; 3 - Ø6A I - 790; 4 - Ø6A I - 260

Рис. 5. Сітка арматурна С-2

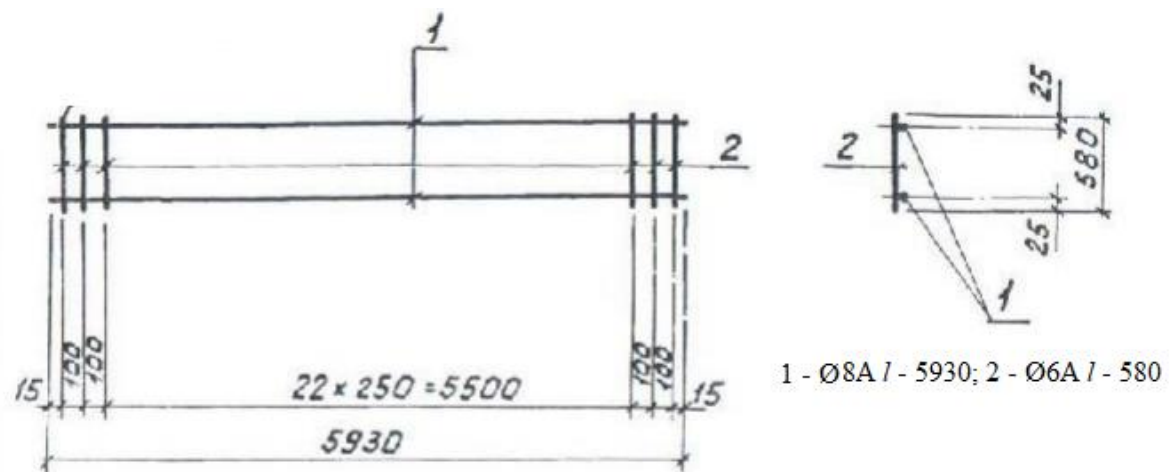


Рис. 6. Сітка арматурна С-3

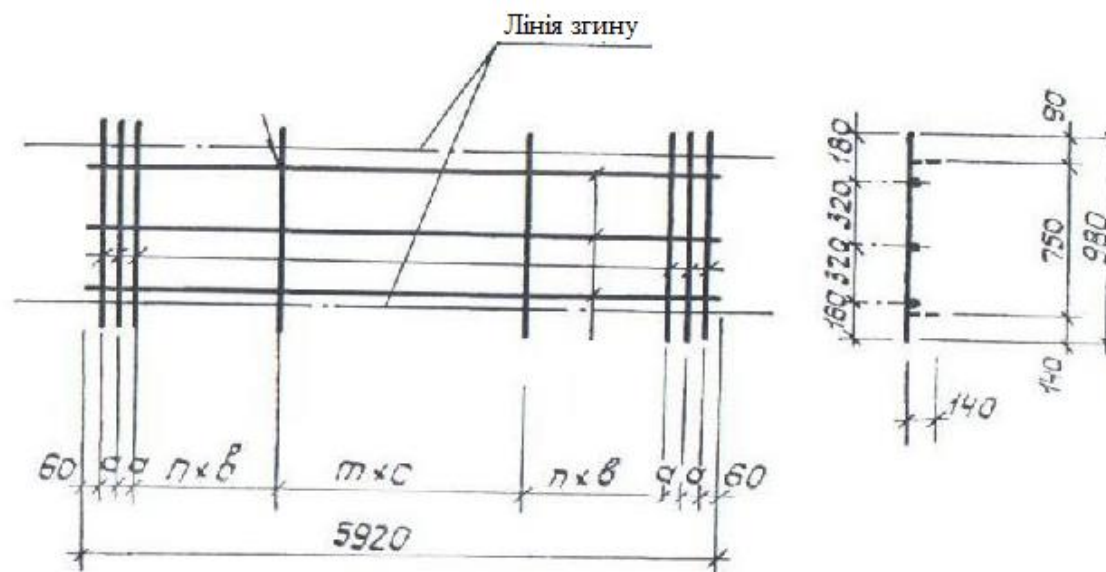
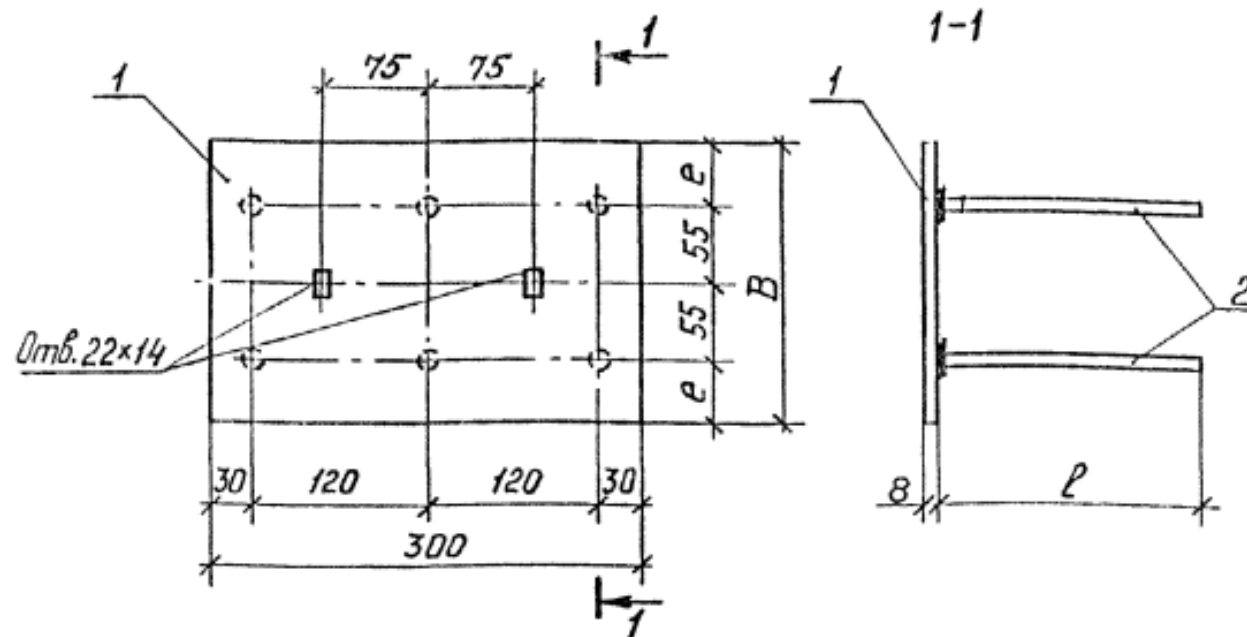


Рис.7. Сітка арматурна С-5



1 - лист 300x8 В - 200; 2 - Ø10АШ 7 - 180

Рис. 8. Виріб закладний М6-4

2. ВИБІР І ОБҐРУНТУВАННЯ ПРИЙНЯТОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА

У сучасному промисловому будівництві залізобетонних конструкцій застосовують три основні технологічні схеми виробництва: агрегатно-поточний, конвеєрний та стендовий. Кожна з цих схем має свої особливості, переваги та недоліки, що визначають сферу їхнього найефективнішого застосування. Вибір методу залежить від низки факторів, таких як обсяг виробництва, номенклатура продукції, розміри та маса виробів, необхідна якість та наявні ресурси.

Агрегатно-поточний метод є одним з найбільш поширених та гнучких. Його суть полягає в тому, що технологічне обладнання (агрегати), таке як вібромайданчики, формувальні пости, камери тепловологісної обробки, пости розпалубки тощо, розміщуються стаціонарно, утворюючи технологічні лінії. Форми з виробами переміщуються від одного агрегату до іншого для виконання послідовних операцій. Кожна форма, або група форм, проходить повний цикл виробництва, переходячи від однієї робочої зони до іншої. Транспортування форм між агрегатами здійснюється за допомогою кранів, візків або іншого транспортного обладнання.

Переваги:

- Гнучкість у номенклатурі (дозволяє виготовляти широку номенклатуру виробів, що відрізняються розмірами та конфігурацією, оскільки кожний агрегат може бути налаштований на виконання певної операції для різних типів форм);
- Можливість зміни циклу (забезпечує відносну легкість зміни тривалості окремих технологічних операцій (наприклад, збільшення часу тепловологісної обробки) без суттєвої перебудови всього циклу);
- Висока якість поверхні;

- Ефективне використання обладнання (агрегати працюють безперервно, обробляючи форми, що надходять, що підвищує коефіцієнт використання обладнання).

Недоліки:

- Значні площі (потреба значних виробничих площ для розміщення агрегатів та забезпечення простору для маневрування транспорту);
- Великий парк форм (необхідність значного оборотного фонду форм, оскільки кожна форма проходить через увесь цикл виробництва);
- Трудомісткість транспортування (переміщення форм між агрегатами може бути трудомістким та потребувати значних витрат енергії);
- Залежність від кранового обладнання (залежність від наявності та працездатності підйомно-транспортних засобів).

Конвеєрний метод є найбільш автоматизованим та призначений для масового виробництва однотипних залізобетонних виробів у великих обсягах. У цьому методі форми (або піддони з формами) безперервно або дискретно переміщуються по замкнутому циклу на спеціальному конвеєрі (стрічковому, роликовому, ланцюговому). Кожна технологічна операція (очищення та змащення форм, встановлення арматури, бетонування, ущільнення, тепловологісна обробка, розпалубка) виконується на певній ділянці конвеєра. Після завершення повного циклу форми повертаються на початкову позицію для повторного використання.

Переваги:

- Висока продуктивність (безперервність та висока автоматизація процесів);
- Мінімальна трудомісткість (максимальна механізація та автоматизація дозволяють скоротити кількість робітників);
- Малі виробничі площі (компактне розміщення обладнання та замкнутий цикл це економія виробничих площ);

- Стабільна якість (завдяки високій ступені автоматизації та стандартизації операцій).

Недоліки:

- Вузька номенклатура (зміна типу продукції вимагає значної перебудови лінії);
- Високі капітальні витрати (пусконаладження та інвестування в конвеєрне обладнання є дуже дорогими);
- Низька гнучкість (будь-яка затримка або поломка на одній ділянці зупиняє всю лінію);
- Складність обслуговування (потрібен кваліфікований персонал для обслуговування та ремонту автоматизованих систем).

Стендовий метод характеризується тим, що робоче місце (стенд) є стаціонарним, а технологічне обладнання (вібрмашини, паропроводи для тепловологісної обробки, засоби для натягування арматури, формувальні машини) та робітники переміщуються вздовж цих стендів, виконуючи послідовні операції. Вироби залишаються на одному місці протягом усього циклу, від підготовки до бетонування, твердіння, до набору необхідної міцності та розпалубки. Стенди являють собою, як правило, довгі армовані бетонні або металеві майданчики, оснащені необхідними комунікаціями. Цей метод дозволяє виготовляти великогабаритні та важкі вироби.

Переваги:

- Виробництво великогабаритних та важких виробів (ідеально для виготовлення довгомірних та масивних конструкцій, які важко переміщувати);
- Висока міцність та довговічність (забезпечуються оптимальні умови для набору міцності бетоном, оскільки виріб не піддається переміщенням у ранньому віці);
- Мінімальна кількість форм (сам стенд виступає як елемент форми, що зменшує капітальні витрати на оснащення);

- Гнучкість та універсальність (можна легко змінювати номенклатуру продукції та пристосовуватися до індивідуальних замовлень);
- Висока якість поверхні (завдяки стаціонарному положенню та можливості ретельного оздоблення поверхні форм).

Недоліки:

- Значні виробничі площі (потреба великих площ для розміщення стендів);
- Низька продуктивність (через стаціонарність виробів і переміщення обладнання);
- Велика залежність від кранового обладнання (потрібні потужні мостові крани, що переміщуються вздовж стендів);

Для виробництва залізобетонних підкранових балок стендовий метод є найбільш доцільним та обґрунтованим з кількох ключових причин, які безпосередньо впливають з їхніх конструктивних особливостей та експлуатаційних вимог:

1. Габарити та маса виробів: переміщення в процесі виробництва є вкрай складним, небезпечним та економічно недоцільним. Використання стендового методу дозволяє фіксувати виріб на одному місці від початку до кінця виробничого циклу, зводячи до мінімуму ризики пошкодження конструкції під час транспортування на ранніх стадіях твердіння бетону.

2. Високі вимоги до міцності та жорсткості (попереднє напруження): підкранові балки працюють в умовах значних динамічних навантажень від рухомих кранів, що вимагає їхньої високої міцності, жорсткості та тріщиностійкості. Стендовий метод дозволяє зручно та точно виконувати операції з натягування арматури на упори стенда (наприклад, методом натягування арматури на упори або методом натягування арматури на бетон), подальшого бетонування та контрольованого зняття напруження після набору бетоном необхідної міцності. Стабільне положення балки на стенді забезпечує рівномірний розподіл напружень і мінімізує ризики деформацій.

3. Стендовий метод забезпечує необхідну гнучкість для виготовлення широкої номенклатури підкранових балок різної довжини, висоти та несучої здатності. На одному стенді можна виробляти різні типи балок, змінюючи лише бортові елементи форми та схему армування. Це робить його економічно вигідним для серійного та дрібносерійного виробництва.

4. Висока якість поверхні та точність геометрії: підкранові балки мають відповідати строгим геометричним допускам для забезпечення плавного руху кранів та їхньої довговічності. Стендовий метод, завдяки стаціонарності та використанню якісних металевих форм-бортів, дозволяє досягти високої точності геометричних розмірів та гладкої поверхні виробів, що зменшує необхідність у подальшій обробці.

5. Оптимальні умови для твердіння бетону: на стенді можна створити оптимальні умови для тепловологісної обробки бетону, що забезпечує рівномірний набір міцності та мінімізує ризики утворення тріщин. Контрольовані умови твердіння є критично важливими для попередньо напружених конструкцій.

Підсумовуючи, хоча агрегатно-потоківий та конвеєрний методи мають свої переваги для інших типів залізобетонних виробів, саме **стендовий метод** є найефективнішим та найдоцільнішим для виробництва підкранових балок. Він оптимально поєднує здатність виробляти великогабаритні та важкі попередньо напружені конструкції, забезпечує високу якість та точність, а також пропонує необхідну гнучкість для адаптації до різноманітної номенклатури, що є типовою для таких відповідальних елементів промислових будівель.

3. РОЗРАХУНОК ФОНДІВ ЧАСУ РОБОТИ ПІДПРИЄМСТВА

Робота заводу, де основним виробом виготовлення є балка підкранова марки БК6-2AV-с, буде ефективною та продуктивною тоді, коли раціонально та виважено встановлений режим його праці. Зважаючи на положення [1] приймаємо такий режим роботи заводу:

- номінальний фонд часу роботи обладнання, кількість робочих діб на рік	260;
- теж саме, по вивантаженню сировини й матеріалів залізничним транспортом	365;
- тривалість робочої зміни, год.	8;
- кількість робочих змін на добу без теплової обробки	2;
- кількість робочих змін на добу для теплової обробки	2;
- кількість робочих змін по прийманню матеріалів	2.

Наступним кроком у проектуванні роботи заводу з виготовленн балок підкранових визначають скільки саме часу робоче устаткування буде працювати за річний робочий час:

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

де T_n – номінальний фонд часу роботи обладнання;

$T_{рем}$ – термін планових зупинок обладнання на ремонт;

$T_{пер}$ – витрати робочого часу, які пов'язані з переналагоджуванням формульовального обладнання» [2].

Скільки часу будуть займати ремонтні роботи устаткування ($T_{рем}$) визначаємо згідно таблиці 4, а скільки часу потрібно на перенагодження устаткування в разі потреби ($T_{пер}$) визначаємо згідно таблиці 5. Ці данні обираються відповідно до прийнятого на заводі методу виробництва.

Таблиця 4

Часові витрати на ремонт робочого устаткування

Технологічна лінія та основне технологічне обладнання	Термін планових зупинок на ремонт ($T_{рем}$), діб
Агрегатно-потоківі та стендові лінії, касетні установки	7
Конвеєрні лінії	13
Бетонозмішувальні цехи	7

Таблиця 5

Часові витрати на переналагодження робочого устаткування

Технологічна лінія	Додаткові витрати робочого часу ($T_{пер}$) при способі виконання переналагоджування та змінності роботи					
	Усе переналагоджування виконується на спецпостах		На спецпостах виконується тільки переналагоджування, що не вкладається в темп роботи лінії		Усе переналагоджування проводиться на лінії	
	2	3	2	3	2	3
Конвеєрна та касетно-конвеєрна	2	3	3	4	-	-
Агрегатно-потоківі	1	2	1	2	-	-
Стендова	-	-	2	3	4	6
Касетна, при виготовленні марок виробів на рік в одній касеті:						
10	-	-	3	5	4	6
15	-	-	5	7	6	8
20	-	-	7	9	8	10

З врахуванням того, що номінальний фонд роботи робочого устаткування (T_n) складає 260 діб, і те, що прийнято, що всі переналагоджувальні роботи

будуть виконуватися на спеціально відведених для цього постах, розраховуємо річний фонд часу для роботи робочого устакунання на заводі:

$$T_{річ} = 260 - 7 - 0 = 253 \text{ доби}$$

Так званий «коефіцієнт змінного фону ($t_{змн}$)» відбиває продуктивність роботи на даному заводі:

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

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

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

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

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

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

q_i розраховується як сума різних видів додаткових витрат часу, кожна з яких має своє значення у відсотках від загального часу. Обсяг таких видів діяльності наведені в таблиці 6.

Номінальні та розрахункові показники робочого фонду часу на даному заводі приведені в таблиці 7.

Таблиця 6

Показники внутрішніх змінних витрат часу

Категорія додаткових витрат часу у змінну (e)	Додаткові витрати часу (q_i) при способах виробництва
	стендовий спосіб
Підготовчо-завершальні роботи - $t_{п.з.о}$	4,0
Обслуговування робочого місця	4,0
Перерви технологічні - t_m	3,0
Відпочинок та особисті потреби - $t_{від}$	10,0

$$\sum q_i = q_1 + q_2 + q_3 + q_4$$

$$\sum q_i = 4 + 4 + 3 + 10 = 21\%$$

$$K_{BC} = 1 - \frac{21}{100} = 0,79$$

$$t_{змн} = 8 \times 0,79 = 6,32 \text{ год}$$

Таблиця 7

Номінальні й розрахункові показники робочого фонду часу

	Показники			
	Номінальні		Розрахункові	
	діб	годин	діб	годин
зміна	–	$t_{зм} = 8$	–	$t_{змн} = 6,32$
доба	1	$T_{добн} = t_{зм} \times n_{зм} = 8 \times 2 = 16$	1	$T_{доб} = t_{змн} \times n_{змн} = 6,32 \times 2 = 12,64$
місяць	$T_M = \frac{T_H}{12} = \frac{260}{12} = 21,67$	$T_M \times t_{зм} \times n_{зм} = 21,67 \times 8 \times 2 = 346,72$	$T_{МР} = 253 / 12 = 21,08$	$T_{МР} \times t_{змн} \times n_{змн} = 21,08 \times 6,32 \times 2 = 266,45$
рік	$T_H = 260$	$T_H \times t_{зм} \times n_{зм} = 260 \times 8 \times 2 = 4160$	$T_{РГЧ} = 253$	$T_{РГЧ} \times t_{змн} \times n_{змн} = 253 \times 6,32 \times 2 = 3198$

4. НАУКОВА ЧАСТИНА

4.1 Аналітичний огляд

Міцність бетону є однією з найважливіших його властивостей, що визначає несучу здатність та довговічність залізобетонних конструкцій. Розрізняють міцність на стиск, розтяг та згин. Для важкого бетону, який використовується у відповідальних конструкціях, таких як підкранові балки, міцність на згин (також відома як міцність на розтяг при згині) має особливе значення.

Міцність на згин – це здатність бетону чинити опір руйнуванню при дії згинального моменту, який викликає одночасне виникнення розтягуючих напружень в одній частині перерізу та стискаючих напружень в іншій. Для бетону, який дуже добре працює на стиск, але погано на розтяг (його міцність на розтяг становить лише 8-15% від міцності на стиск), міцність на згин є критичною, оскільки руйнування від згину починається саме з розтягнутої зони.

Визначення міцності на згин здійснюється шляхом випробування зразків-балок (зазвичай розміром 150x150x600 мм або 100x100x400 мм) на спеціальних пресах при триточковому або чотириточковому згині до руйнування. Отримана величина характеризує здатність бетону чинити опір розтягувальним напруженням, що виникають при згині.

Міцність на згин бетону залежить від багатьох факторів, які можна згрупувати за наступними категоріями:

1. Склад бетону:

- Водоцементне відношення (В/Ц): зі зменшенням В/Ц (за умови достатньої рухливості суміші та належного ущільнення) міцність бетону зростає, оскільки зменшується пористість цементного каменю. Чим менше води по відношенню до цементу, тим щільнішою та міцнішою стає цементна матриця.

- Активність (марка) цементу: чим вища марка цементу, тим більшу міцність він може забезпечити, відповідно, і міцність бетону на згин зростає.

- Тип та якість заповнювачів:

- Щебінь: форма зерен (перевага кубоподібним, а не лещадним), міцність самих зерен (залежить від матеріалу зерен), зерновий склад (оптимальний гранулометричний склад забезпечує максимальну щільність суміші).

- Пісок: модуль крупності, відсутність шкідливих домішок (глина, пил), оптимальний зерновий склад.

- Зчеплення цементного каменю із заповнювачами: шорстка поверхня заповнювачів сприяє кращому зчепленню.

- Наявність та тип хімічних добавок: пластифікатори, суперпластифікатори дозволяють знизити В/Ц без втрати рухливості, що підвищує міцність. Повітрозалучаючі добавки можуть дещо знизити міцність на згин через збільшення пористості, але при цьому покращують морозостійкість.

2. Технологія виготовлення та ущільнення:

Якість перемішування: гомогенна бетонна суміш забезпечує рівномірне розподілення компонентів і, відповідно, однорідну міцність.

Ущільнення бетону: недостатнє ущільнення призводить до наявності повітряних пустот (пор), які різко знижують міцність, в тому числі на розтяг і згин. Вібрація є основним методом ущільнення.

3. Умови твердіння бетону:

Вологість: бетон повинен тверднути у вологому середовищі. Висихання бетону в ранньому віці призводить до значного сповільнення аж до припинення припинення гідратації цементу і, як наслідок, недобору проектної міцності.

Температура: оптимальна температура твердіння сприяє швидкому набору міцності. Низькі температури сповільнюють реакції гідратації, а

надто високі можуть призвести до швидкого випаровування води та утворення дефектів. Тепловологісна обробка (пропарювання) прискорює процес твердіння, дозволяючи швидше досягти необхідної міцності.

4. Вік бетону: міцність бетону зростає з часом, оскільки реакції гідратації цементу тривають достатньо довгий час. Стандартна міцність визначається у віці 28 діб нормального твердіння, але зростання міцності може тривати місяці й навіть роки.

4.2. Наукова (теоретична частина)

З огляду на специфіку навантажень, підкранові балки повинні володіти низкою важливих властивостей. Насамперед, це висока міцність на згин та зріз, оскільки вони піддаються значним вертикальним і горизонтальним зусиллям. Також критичною є жорсткість для мінімізації деформацій і коливань, що можуть призвести до динамічних навантажень та прискореного зносу кранового обладнання. Важливою є і тріщиностійкість, особливо в зоні дії локальних навантажень від коліс крана. Крім того, балки повинні мати високу витривалість до циклічних навантажень, адже кран працює постійно, викликаючи повторювані напруження. Довговічність та стійкість до агресивних середовищ також є обов'язковими, оскільки промислові умови часто передбачають вплив вологи, температурних перепадів та хімічних речовин.

Міцність бетону є фундаментальною характеристикою, що визначає несучу здатність та довговічність будівельних конструкцій. Серед різноманітних видів міцності особливе місце посідає міцність на згин, яка відображає здатність матеріалу протистояти руйнуванню під дією згинальних моментів.

Ця властивість є критично важливою для елементів, що працюють на вигин, таких як балки, плити перекриття, фундаментні плити, та, зокрема, для залізобетонних підкранових балок. Підкранові балки є ключовими несучими

елементами в промислових будівлях, на які передаються значні динамічні та статичні навантаження від коліс кранів, що рухаються. Отже, їхня міцність на згин безпосередньо впливає на безпеку експлуатації та тривалість служби всієї споруди, запобігаючи передчасним деформаціям та руйнуванням під впливом циклічних згинальних навантажень.

Недостатня міцність на згин може призвести до утворення тріщин у розтягнутій зоні бетону, що в кінцевому підсумку може спричинити втрату несучої здатності та аварійний стан конструкції. Для підкранових балок, які піддаються високим циклічним навантаженням та зміні знаку згинальних моментів, забезпечення належної міцності на згин є не лише питанням ефективності, а й критичним аспектом безпеки. Таким чином, дослідження та підвищення міцності на згин важкого бетону є актуальним науковим завданням, що має значне практичне значення для забезпечення надійності та довговічності інженерних споруд.

Тож доцільно вживати заходів для підвищення міцності на згин бетону, який призначений для виготовлення підкранових балок.

4.3. Науково-практична (прикладана) частина

Наразі існує достатньо велика кількість наукових досліджень, які пропонують різні варіанти поліпшення показників міцності на вигин при розтягу важкого бетону.

Так, науковці з Київського національного університету будівництва і архітектури акцентують увагу на тому, що сучасним та ефективним способом поліпшення механічних та інших властивостей конструкцій із залізобетону є часткова або повна заміна традиційної сталевих арматури на різні види неметалевої арматури [3]. Таке поширення використання альтернативних до металу матеріалів для армування пояснюється тим, що, як відомо, метал погано переносить вплив в першу чергу вологи та загалом агресивних середовищ. При цьому існують матеріали, які дозволяють не втрачати у

механічних властивостях. Дослідники [3] пропонують замінити металеві арматурні елементи, які використовуються зазвичай на армування дисперсними частинками. В даному випадку матеріалом для дисперсного армування виступає фібра з базальту. Армування фіброю значно покращує механічні характеристики армованого бетону, що в результаті підвищує експлуатаційну здатність конструкцій, виконаних з такого бетону. До того ж сировинні запаси базальту в Україні достатньо значні.

В дослідженнях в тому числі з'ясовували як міцність на розтяг при вигині залежить від того, яка кількість фібрового армування з базальту була застосована (рис. 9). Експерименти проводилися з виготовленням серій бетонних зразків, які мали різні міцності при стиску. Вміст фібри з базальту варіювався в таких межах: 2%, 4%, 6%, 8%.

Аналіз результатів проведених експериментів показав, що для бетону, що має клас за міцність при стиску С20/25 відбувається збільшення міцності на вигин при використанні базальтової фібри близько 11,6%, для бетону класу С 25/30 при тому самому вмісті фібри підвищення становить 9,83%, а для класу бетону С30/35 – 14, 7% [3]. При цьому найбільш ефективно використовувати вміст базальтової фібри у кількості 2 – 4%.

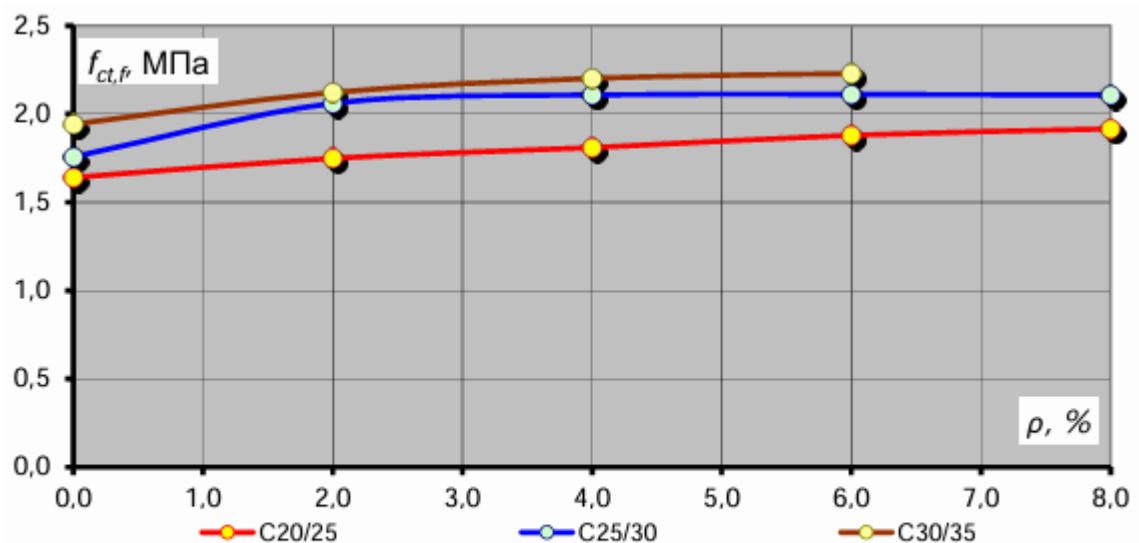


Рис. 9. Залежність середніх значень міцності на розтяг при вигині важкого бетону від відсотку армування базальтовою фіброю та класу бетону

Науковці ж з Національного університету «Львівська політехніка» пропонують інший варіант дисперсного армування – застосовувати для дисперсного армування композицію поліпропіленових фібр типу “поліарм” та “мікроарм” [4], зовнішній вигляд яких представлений на рисунку 10.



фібра "поліарм"



фібра "мікроарм"

Рис. 10. Вигляд фібрових волокон

Вибір запропонованого виду фібрових волокон дослідники пояснюють тим, що полімерні матеріали добре опираються впливу лужного середовища, яке виникає в системах з використанням портландцементу (хімічна стійкість).

Фіброве поліпропіленове волокно типу PoliArm представляє собою волокно синтетичного походження (виготовляється з первинного поліпропілену), що є жостким та має форму синусоїдально-хвилясту. Ці волокна попередньо обробляються спеціальними складами, які дозволяють підвищити міцність зчеплення фібри з тілом бетону.

В свою чергу фібра типу MicroArm – це високоміцні волокна, виготовлені методом екструзії, та піддані композитному, а також хімічному модифікуванню.

Вплив використання композиційного дисперсного (полідисперсного) армування фіброю, що є поліпропіленовою, на міцність на розтяг при вигині представлена на рис. 11.

При виконанні експериментів виготовлялися різні серії бетонних зразків – з різними типами фібри поліпропіленової. На рисунку 11а видно, що бетонні зразки з 4тої серії (армовані фіброю типу “поліарм”) володіють міцністю на розтяг при згині 10,95 МПа. Це більше найнижчої міцності ($f_{ctfm}=7,93$ МПа) бетонних зразків з серії 2 (перевищення на 38%). Схожа картина спостерігалася і в бетонах, армованих фіброю типу “мікроарм” (рис. 11б). Найвища міцність на розтяг при згині серії 32 (11,40 МПа) перевищує найнижчу міцність при згині серії 19 (7,55 МПа) на 51 % [4].

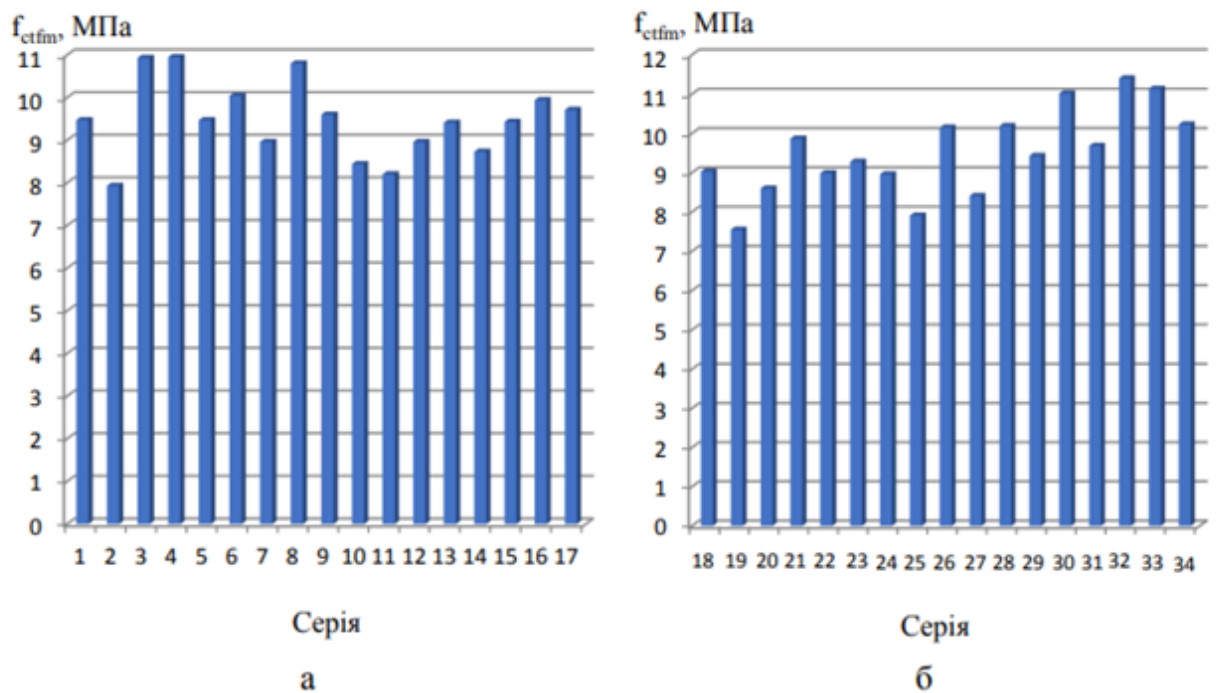


Рис. 11. Міцність на розтяг при вигині бетонів армованих поліпропіленовими фібрами: а – типу “поліарм”, б – типу “мікроарм”

В роботі [5] наведені положення, які говорять про те, що ефективним мікронаповнювачем в складі бетону є метакаолін. Використання його в складі бетону призводить до поліпшення механічних характеристик бетону, в тому числі міцності на згин (рис. 12).

Як видно з рисунка, значення міцності на згин відрізняються в залежності від його вмісті у складі бетону. При цьому спостерігається наростання міцності на згин з часом [5].

За умовами проведених експериментальних досліджень, метакаоліном замінюлася частина цементу – 5%, 10%, 15%, 20%. Найліпші показники механічних властивостей спостерігалися при вмісті метакаоліну у кількості 10% від маси цементу. До тогож використання мета каоліну дозволяє покрити опір бетону агресивним середовищам (зокрема, які містять хлориди).

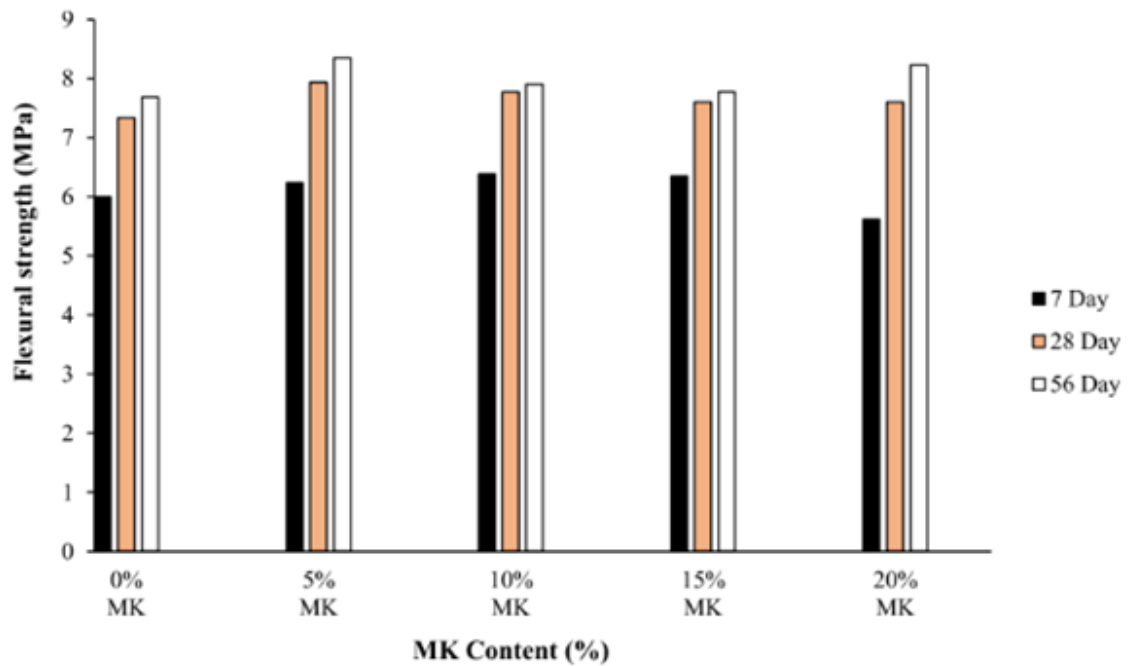


Рис. 12. Вплив введення різної кількості метаколіну до складу бетону на міцність при згині

Висновок

Порівняльний аналіз досліджуваних наукових джерел, в яких пропонуються варіанти збільшення міцності на згин важкого бетону дав змогу зробити наступні висновки. Всі проаналізовані методи дозволяють ефективно підвищити міцність на згин важкого бетону. При цьому серед аналізованих способів найвищі показники спостерігаються при застосуванні армування композицією дисперсних часток – фібри поліпропіленової типу «мікроарм» та «полірам». Проте слід зважати на те, поліпропіленова фібра є достатньо дорогим матеріалом. До того ж досі не розроблені ефективні та прості у використанні методи, які дозволяють рівномірн промішувати фібру в об'ємі бетонної суміші. Зважаючи на викладене, приймаємо до застосування варіант введення до складу бетону метакоаліну, який є більш дешевим, має менше недоліків з точки зору рівномірного розподілу і дає достатньо хороший результат підвищення міцності на згин.

5. ОРГАНІЗАЦІЯ ВИРОБНИЦТВА КОНСТРУКЦІЙ

5.1. Технологічні процеси і операції

Кількість, склад та порядок виконання технологічних процесів та операцій, які будуть виконуватися при виробництві підкранових балок марки БК6-2AV-с відповідають обраному способу виготовлення – стендовому. Також, буде використовуватися відповідний перелік технологічного устаткування.

Для забезпечення злагодженої та ефективної роботи заводу за виготовлення підкранових балок марки БК6-2AV-с в кожному відділенні (цеху) повинно бути дотримане чітке виконання відповідного процесу, яке відбувається в цьому відділенні (цеху).

В бетонозмішувальному цеху виготовляють бетонну суміш, з якої формують підкранову балку. Процес виготовлення представлений на схемі:

Технологічний процес	Технологічна операція
Виготовлення бетонної суміші	- Дозування компонентів бетонної суміші; - Перемішування компонентів бетонної суміші

В даному цеху буде задіяне таке устаткування як прилади для відозовування компонентів бетонної суміші – дозатори, обладнання, в якому відбувається безпосереднє виготовлення бетонної суміші – змішувачі.

Паралельно в арматурному цеху відбувається процес виготовлення арматурних заготовок (арматурних елементів), що представлений на схемі:

Виготовлення арматурних і закладних виробів	- Очищення арматурної сталі; - Рівняння арматурної сталі; - Різання арматурної сталі; - Згинання арматурної сталі; - Зварювання; - Збирання плоских каркасів.
---	---

Основним відділенням (цехом) на даному заводі є формувальний цех – відділення, де відбувається власне вироблення кінцевої продукції – підкранової балки марки БК6-2AV-с. Принципи організування технологічних ліній в даному цеху будуть залежати від того, який же спосіб виробництва був прийнятий. Так як дану підкранову балку вирішено виготовляти за стендовою організацією, на спеціально обладнаних постійних стендах, що дозволяє досягти високої точності геометричних параметрів виробів та забезпечити необхідні експлуатаційні характеристики, етапи її формування виглядають наступним чином.

1. Підготовка стенду та арматурних канатів

Першим кроком є підготовка силового стенду. Стенд – це залізобетонна плита з анкерними пристроями на кінцях, здатна витримувати значні розтягувальні зусилля. На стенд укладають і фіксують пакети високоміцних арматурних канатів. Канали для канатів можуть бути виконані з гофрованих металевих або полімерних труб. Залежно від конструкції балки та її довжини, кількість і діаметр канатів можуть варіюватися.

2. Натягнення арматури

Після укладання канатів здійснюється їх натягнення. Ця операція є однією з найважливіших. Натягнення виконується за допомогою гідравлічних домкратів, які встановлюються на анкерних пристроях стенду. Домкрати послідовно розтягують канати до проєктного зусилля, яке контролюється за допомогою манометрів та динамометрів. Проєктне напруження в арматурі може сягати 70–80% від її межі міцності. Після досягнення необхідного натягу, канати фіксуються в анкерних пристроях. Для контролю за цим процесом використовують спеціальне вимірювальне обладнання, що дозволяє відстежувати силу натягу та подовження арматури.

3. Установка форми та армування

На наступному етапі на стенд встановлюється металева опалубка (форма), яка формує контури майбутньої балки. Опалубка повинна бути

міцною, жорсткою та точною, щоб забезпечити відповідність геометричних параметрів виробу. У форму встановлюється додаткова ненапружена арматура (звичайна сталева арматура класів А500С, А800), яка виконує роль конструктивної та монтажної арматури, а також сітки для забезпечення цілісності конструкції. Важливо забезпечити правильне положення каналів з арматурою та їх захист від бетону.

4. Бетонування

Після підготовки форми та арматурного каркаса відбувається бетонування. Для виробництва підкранових балок використовується високоміцний бетон. Бетонна суміш подається у форму за допомогою бетононасосів або баддей. Для забезпечення ущільнення бетону та видалення повітряних бульбашок застосовуються височастотні вібратори, які кріпляться до форми або занурюються безпосередньо в бетонну суміш. Якість бетонування є критично важливою, оскільки вона безпосередньо впливає на міцність та довговічність балки.

5. Термічна обробка та передача напружень

Після бетонування виріб проходить термічну обробку, яка значно прискорює процес набору міцності бетоном. Стенд з балкою накривається теплоізоляційним тентом, і через спеціальні трубки подається пар або гаряче повітря. Термічний режим складається з декількох фаз:

- Фаза витримки: кілька годин (зазвичай 2-4 години) при кімнатній температурі, щоб запобігти утворенню тріщин від різкого нагріву.
- Фаза підйому температури: повільне підвищення температури до 80–90°C.
- Фаза ізотермічного прогріву: витримка при максимальній температурі протягом 8–12 годин для прискорення гідратації цементу та набору бетоном проектної міцності.
- Фаза охолодження: поступове охолодження до температури навколишнього середовища.

Процес термічної обробки контролюється автоматизованою системою, що дозволяє підтримувати задані параметри.

Коли бетон досягає необхідної передавальної міцності (зазвичай 70% від проєктної), відбувається передача напружень на бетон. Це найвідповідальніший етап, що завершує процес створення попереднього напруження. Домкрати на кінцях стенду розвантажуються, і натягнення арматури передається на бетон через анкерні пристрої. Арматура, яка тепер прагне повернутися у свій початковий стан, стискає бетон, створюючи в ньому внутрішні сили стиснення. Це дозволяє балці ефективно протистояти майбутнім розтягувальним напруженням, що виникають під дією кранового навантаження.

6. Зняття виробу та фінальна обробка

Після передачі напружень балка звільняється від анкерів стенду і знімається з форми за допомогою мостового крана. Після цього відбувається фінальна обробка: зачистка поверхні від напливів бетону, заповнення технологічних отворів, а також нанесення захисних покриттів, якщо це передбачено проєктом. Готова балка маркується, проходить контроль якості та відправляється на склад готової продукції.

Дотримання вимог, правил та норм дасть змогу забезпечити випуск готової підкранової балки марки БК6-2AV-с високої якості.

Загальний вигляд лінії по формуванню підкранових балок стендовим способом представлений на рис. 13.

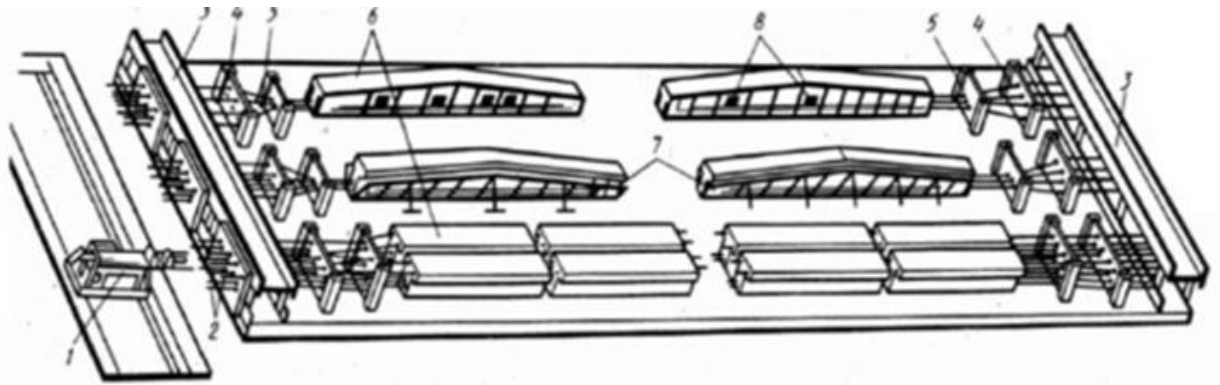


Рис. 13. Загальний вигляд лінії по формуванню підкранових балок стендовим способом:

1 – гідродомкрат, 2 – тяги з захватами; 3 – упор стенду; 4 – направляючі; 5 – фіксуючі діафрагми; 6 – виріб; 7 – форми; 8 – вібратори.

5.2. Характеристика матеріалів та комплектуючих

Балка залізобетонна підкранова марки БК6-2AV-с виготовлюється з таких основних матеріалів як важкий бетон класу С 20/25 та металеві арматурні вироби.

З врахуванням того, що в ході дослідження та аналізу наукових джерел щодо поліпшення міцності на згин (Розділ 4), було прийнято, що для виготовлення даної підкранової балки до складу бетону буде введений метакаолін, перелік компонентів бетону буде виглядати наступним чином:

1) В'язуча речовина

В якості в'язучого обраний цемент портландський другого типу, який позначають згідно нормативних документів [6, 7, 8] СЕМ II/B-S або ПЦ II/Б-III. Тобто даний портландцемент є зі шлаком у кількості не більше 35%, але й не менше 21%, а додаткових компонентів не більше 5%. Вміщення сульфатів SO_3 має не перевищувати 3,5%. А утримання хлориду не більше 0,10%.

Клас по міцності даного цементу 42,5 N. Це означає, що міцність такого цементу у віці 2х діб повинна бути не менше 10 МПа, а міцність у стандартному віці (28 діб) повинна бути не менше 42,5 МПа і не більше або

дорівнювати 62,5 МПа. Термін початку тужавіння такого цементу повинен наставати не раніше 60 хвин. Рівномірність зміни об'єму має бути не більше 10 міліметрів.

Густина цементу насипна ($\rho_{\text{н цемент}}$) становить 1200 кг/м³, густина цементу істинна ($\rho_{0 \text{ цемент}}$) становить 3100 кг/м³.

2) Дрібний заповнювач

Дрібним заповнювачем для бетону, з якого буде формуватися балка підкранова марки БК6-2AV-с в даному випадку буде використаний пісок природний щільний річковий. Характеристики піску підібрані відповідно нормативним документам [9, 10] Гранулометрична характеристика цього піску $M_k = 2,3$. Величина значення пиловидних і глинистих часточок становить не більше чотирьох відсотків. Вміст органічних домішок низький. Форма зернят такого піску обкочена, характер поверхні зернят піску – гладка. Порожністість піску не більше 30%. Пишлава поверхня середня. Марка за міцністю 400. Густина піску середня становить 2400 кг/м³, а густина насипна становить 1600 кг/м³. При цьому кількість частинок розміром в проміжку 5÷10 мм повинна бути не більше 10%. Частинок, які будуть розміром більше 10 міліметрів не повинно бути більше пів відсотка. Часточки, які відносяться до пиловидних, тобто ті, як пройшли крізь сито №016 при просіюванні повинні бути у кількості не більше 15%. Хімічний склад піску регламентується за [10].

3) Крупний заповнювач

Заповнювачем, який відносять до крупного в даному випадку буде камінь природного походження – гравій з гранітних гірських порід. Розмір гранітних гравійних зерен лежить у діапазоні фракції 10-20 мм.

Цей матеріал має густину насипну 1450 кг/м³ та густину середню – 2600 кг/м³. Його характеристики відповідають даним, наведеним в ДСТУ Б В.2.7-75-98 [11]. Так, марка за дробимістю Др даного заповнювача (гравія гранітного) становить 1000. Відповідно до [11] утримання частинок слабких порід має бути за масою не більше 10%. Часточок, що знижують міцність зчеплення

гравію з бетонною матрицею, тобто пилу та глини, має бути не більше 1%, а глини у грудках не більше 0,25%.

Так як матеріал є природнім, форма зерен буде обкатаною, тож, відповідно до [12], кількість зерен, що мають голчасту чи пластинчасту форму буде менше 10% за масою. Марка за морозостійкістю гравію F100.

4) Вода замішування

Характеристики води, що буде використанна для замішування бетону мають відповідати ДСТУ Б В.2.7-273:2011 [13]. Показники води для приготування бетону наведені в таблиці 8.

Таблиця 8

Утримання різних речовин у воді замішування

Показник	Допустимий вміст
вміст органічних ПАР, фенолів, цукрів	не більше 10 мг/л (кожного)
вміст розчинних солей	не більше 2000 мг/л
вміст іонів SO_4	не більше 600 мг/л
вміст іонів Cl	не більше 350 мг/л
вміст зважених часток	не більше 200 мг/л
окислюваність	не більше 15 мг/л

Показник рН становить 7.

5) Метакіаолін

В складі бетону використовуватиметься метакіаолін МК-40, який відрізняється високою реакційною здатністю. Як матеріал, що використовується для регулювання властивостей бетону, метакіаолін повинен відповідати вимогам ДСТУ EN 934-1:2022 [14] та ДСТУ EN 934-2:2019 [15].

Масова доля в перерахунку на прокалену речовину становить не менше 40%. Вологість не більше 1%. Густина насипна – 1400 кг/м³, густина середня – 2400 кг/м³.

Бетонна суміш буде виготовлятися з рухомістю (за осадкою конуса) – 120 мм, що відповідає марці за рухомістю РЗ. Клас затверділого бетону за міцністю при стиску – С 25/30.

Склад бетону наведений в таблиці 9.

Таблиця 9

Склад бетону, з якого буде формуватися балка підкранова марки БК6-2AV-с на даному заводі

Компонент	Витрата, кг/м ³
Цемент	320
Метакаолін	40
Пісок	600
Гравій	1010
Вода	205

Водоцементне відношення – 0,57.

Для виконання армування балки підкранової марки БК6-2AV-с будуть використовуватися наступні елементи:

- каркас просторовий КП1 у кількості 1 шт. (складається з сітки арматурної С4(1 шт) та каркасу плаского КР1 (8 шт) та виробу закладного М6-1-1 (2 шт);

- сітка арматурна С1 у кількості 12 шт (складається з 4 стрижнів Ø12 мм довжиною 290 мм та 1 стрижня Ø 6 мм довжиною 200 мм зі сталі А400);

- сітка арматурна С2 у кількості 2 шт (складається з 4 стрижнів Ø12 мм довжиною 880 мм, 8 стрижнів Ø6 мм довжиною 640 мм, 4 стрижнів Ø6 мм довжиною 790 мм та 6 стрижнів Ø6 мм довжиною 260 мм зі сталі А400);

- сітка арматурна С3 у кількості 1 шт (складається з 2 стрижнів Ø8 мм довжиною 5930 мм, та 27 стрижнів Ø6 мм довжиною 580 мм зі сталі А400);

- сітка арматурна С5 у кількості 2 шт (складається з 3 стрижнів Ø8 мм довжиною 5920 мм, та 23 стрижнів Ø8 мм довжиною 980 мм зі сталі А400);

- виріб закладний М6-4 у кількості 2 шт;
- стрижень напружуваний діаметром 14 мм зі сталі А800 довжиною 5950 мм у кількості 2 шт;
- стрижень напружуваний діаметром 20 мм зі сталі А800 довжиною 5950 мм у кількості 3 шт.

5.3. Бетонозмішувальний цех

Одним з основних складових ланок заводу з виготовлення залізобетонних конструкцій є такий підрозділ як цех, де відбувається виробництво одного з основних напівфабрикатів для балки залізобетонної підкранової (бетонна суміш) – бетонозмішувальний.

Даний цех – це не просто ділянка виробництва, а ключовий стратегічний підрозділ. Його ефективна та безперебійна робота є запорукою успіху всього підприємства та конкурентоспроможності його кінцевої продукції на ринку.

Проектування цього цеху повинно має виконуватися таким чином, щоб була забезпечена безперебійна подача бетонної суміші, з якої буде формуватися підкранова балка. Для цього необхідно здійснити певний перелік кроків (рис.14).

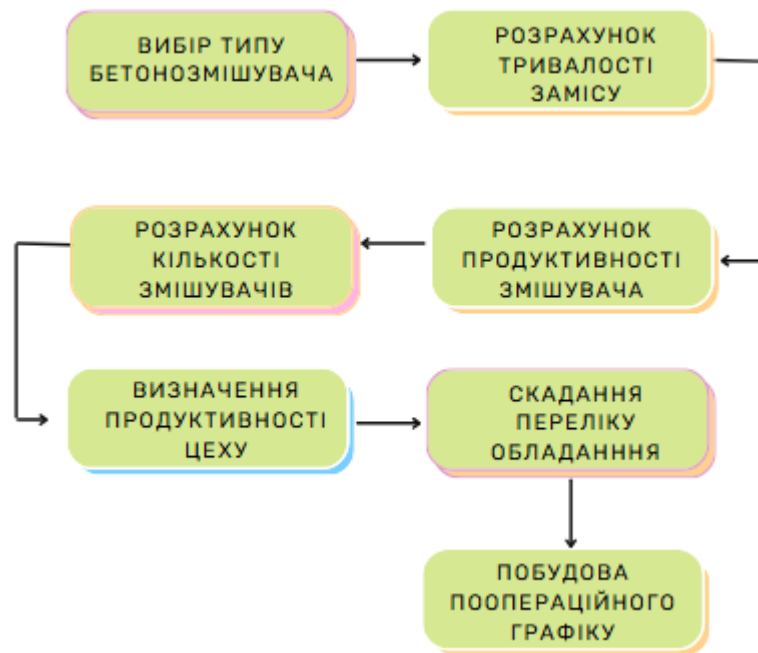


Рис. 14. Узагальнена схема проектування роботи бетонозмішувального цеху заводу з виробництва підкранових залізобетонних балок марки БК6-2AV-с.

Вибір типу бетонозмішувачів відбувається з врахуванням того, який тип бетонної суміші буде продукуватися. Так як дана залізобетонна конструкція – балка підкранова марки БК6-2AV-с виготовляється з важкого бетону, вбачається ефективним вибором бетонозмішувач, в якому перемішування компонентів відбувається із залученням сили гравітації – гравітаційний. Враховуючи, що всі сировинні компоненти, які будуть використовуватися є щільними, використання гравітаційного змішувача буде раціональним, адже такий тип буде споживати менше електричної енергії, дозволяючи при цьому отримати гомогенну суміш із заданими характеристиками – в першу чергу рухомістю.

Склад технологічного процесу виготовлення суміші важкобетонної з зазначенням часу, який потрібен на виконання кожного етапу приведені в таблиці 10.

Таблиця 10

Розрахункова тривалість технологічних операцій під час приготування (з автоматизованим дозуванням) важкої бетонної суміші в гравітаційному змішувачі

Назва технологічної операції	Тривалість, хв
Завантаження компонентів у бетонозмішувач	2
Перемішування компонентів (з врахуванням рухомості майбутньої бетонної суміші)	2,4
Вивантаження бетонної суміші	1
Повернення змішувача у вихідне положення	1

Тобто час виготовлення однієї порції (замісу) бетонної суміші буде розрахована як сума наведених в табл. 10 операцій:

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

де t_1 - задана тривалість перемішування, с;

t_2 - час завантаження матеріалів;

t_3 - час розвантаження суміші;

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

$$t_{\text{ц}} = 2 + 2,4 + 1 + 1 = 6,4 \text{ хв.}$$

Тепер можна дізнатися, яке кількість замішувань буде виходити з одного змішувача за проміжок часу в 1 год:

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

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

Приймаємо значення K_n як 0,7.

$$n_{\text{зб}} = 60 \cdot 0,7 / 6,4 = 6,6 \text{ шт.}$$

Згідно схеми (рис. 14) наступним етапом є розрахунок продуктивності змішувача за 1 годину часу:

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

де $V_{\text{б}}$ - ємність барабана змішувача по об'єму матеріалів, що завантажуються, м^3 ;

$K_{\text{в}}$ - коефіцієнт виходу суміші (у щільному тілі)

Для забезпечення надійного виготовлення бетонної суміші з заданими параметрами та необхідної кількості, варто ретельно підійти до вибору бетонозмішувача. Для потреб даного заводу підходить, наприклад, змішувач WOODEX B-700. Він має обсяг чаші 700 літрів, працює за гравітаційним принципом.

З врахуванням того, що $K_{\text{в}}$ для важких сумішей становить 0,67, а змішувач будемо використовувати обсягом 700 л, проводимо підрахунки:

$$P_{\text{год}} = 700 \cdot 6,6 \cdot 0,67 / 1000 = 3,09 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Кільсть змішувачів у цеху, що забезпечить необхідний обсяг бетонної суміші для виготовлення планованої кількості продукції (підкранових балок) розраховується наступним чином:

$$n_{\text{зп}} = (P_{\text{max}} \cdot K_{\text{н}}) / (T_{\text{річ}} \cdot P_{\text{год}}), \text{ шт},$$

де P_{max} - річна програма випуску виробів, куб. м.;

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

$K_{\text{н}}$ - коефіцієнт річного використання устаткування (0,5 - 0,8).

$K_{\text{н}}$ приймаємо як 0,7.

$$n_{\text{зп}} = (9500 \cdot 0,7) / (3198 \cdot 3,09) = 0,67 \text{ шт}.$$

Отримане значення округлюється до цілого числа. Отже, на даному заводі з виготовлення підкранових балок залізобетонних в бетонозмішувальному цеху буде розташований один змішувач.

З врахуванням всіх отриманих раніше значень, можна визначити фактичну продуктивність даного цеху за рік роботи:

$$P_{\text{річ}} = P_{\text{год}} \cdot T_{\text{річ}} \cdot n_{\text{зп}}, \text{ м}^3,$$

$$P_{\text{річ}} = 3,09 \cdot 3198 \cdot 1 = 9881,82 \text{ м}^3.$$

Тож, цей бетонозмішувальний цех буде працювати з деяким перевищенням запланованого обсягу в 4%. Таке незначне перевищення плану є достатньо раціональним.

Дані щодо переліку тих механізмів та устаткування, яке буде задіяно в даному бетонозмішувальному цесі наведені в таблиці 11.

На основі обраного виду змішувача і відповідних до цього тривалостей виконання технологічних операцій по виготовленню бетонної сумші, яка буде використана для формування залізобетонної підкранової балки марки БК6-2AV-с виконується розробка поопераційного графіку виготовлення бетонної сумші (рис.15).

Таблиця 11

Відомість обладнання бетонозмішувального цеху

Відділення	Вид та марка обладнання	Кіл.	Продуктивність, т/год	Потужність, кВт	Витрати стислого повітря, м³/хв
Надбункерне	Вібросито Metso	2	200	2×7,5=15	-
	Ковшовий елеватор Cimbrja	1	25	5	-
	Стрічковий транспортер ELKON	1	50	7,5	-
Дозувальне	Дозатор цементу WAMGROUP SILOEX CSD-500	1	5	2,2	0,3
	Дозатор метаксаоліну WAMGROUP BatchPro SBB-200	1	1	1,5	0,2
	Дозатор піску Euromecс WBZ-1000	1	20	4	-
	Дозатор гравію Euromecс WBZ-2000	1	70	5,5	-
	Дозатор води Sicoma WBH-500	1	1	1,1	-
Змішувальне	Гравітаційний змішувач WOODEX B-700	1	7,4	40	-

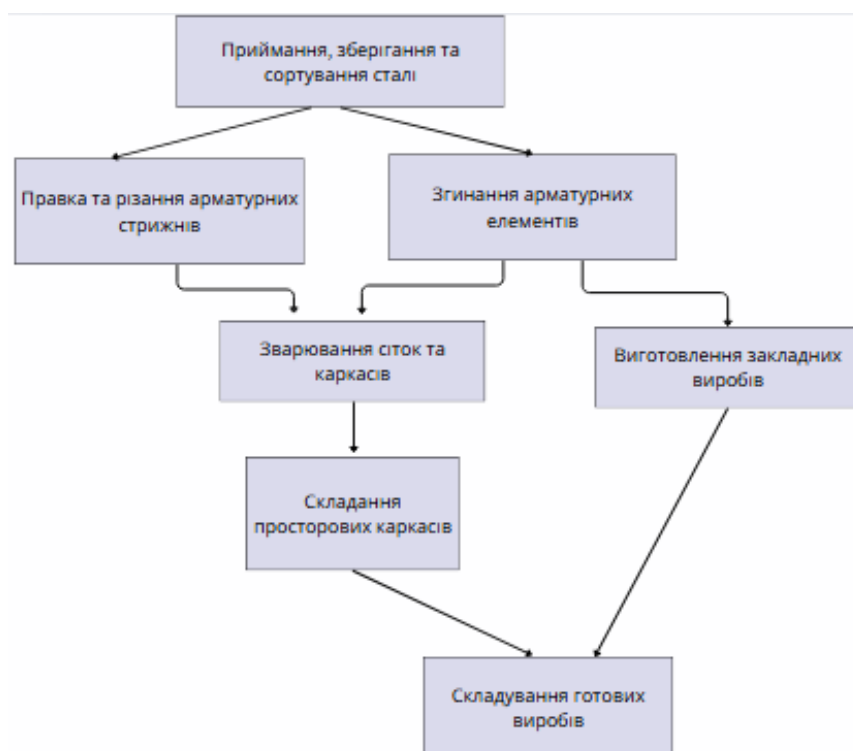
Процес	Технологічна операція	Використовуване обладнання	Виконавці		Час виконання, с.	Тривалість виконання, с.															
			проф.	кіль.		12															
Виготовлення бетонної суміші	Завантаження компонентів	Дозатори	оператор	1	120																
	Перемішування компонентів	Бетонозмішувач	оператор	1	144																
	Вивантаження готової суміші	Бетонозмішувач	оператор	1	60																
	Повернення змішувача у вихідне положення	Бетонозмішувач	оператор	1	60																

Рисунок 15. Поопераційний графік виготовлення бетонної суміші

5.4. Арматурний цех

Арматурний цех є одним з ключових структурних підрозділів будь-якого заводу з виробництва збірних залізобетонних конструкцій, в тому числі заводу з виробництва залізобетонних підкранових балок марки БК6-2AV-с. Його основне завдання – виготовлення всіх необхідних арматурних виробів (каркасів, сіток, закладних деталей) відповідно до проєктної документації. Цех виконує повний цикл робіт: від приймання арматурної сталі до передачі готових виробів на формувальні пости.

Основними технологічними процесами, що відбуваються в арматурному цеху, є:



Для ефективної роботи цех зазвичай поділяється на кілька функціональних зон. Це дозволяє оптимізувати потік матеріалів і мінімізувати переміщення. У складській зоні здійснюється приймання та зберігання арматурної сталі. Важливо розділяти різні класи, діаметри та профілі арматури, щоб уникнути плутанини. Для зберігання стрижнів і бунтів (мотков) використовуються стелажі, касети або відкриті майданчики під навісом. Склад

обладнується краном-балкою або козловим краном для розвантаження та подачі матеріалу.

У зоні правки та різання арматурна сталь, що надходить у бухтах, випрямляється і ріжеться на стрижні потрібної довжини. Цех повинен мати кілька верстатів для правки та різання, щоб одночасно обробляти арматуру різних діаметрів.

Зона згинання призначена для згинання стрижнів для створення хомутів, скоб та інших гнутих елементів, а також для формування плоских каркасів. Використовуються верстати для згинання арматури, які можуть бути автоматизовані для підвищення точності та продуктивності.

Зона зварювання та складання є серцем арматурного цеху, де відбувається зварювання плоских сіток і каркасів. Тут розташовані машини для контактного точкового зварювання, зварювальні пости для ручного дугового зварювання, а також складальні стенди. Для виготовлення просторових каркасів використовують спеціальні кондуктори, що забезпечують точність геометрії.

Зона виготовлення закладних деталей спеціалізується на виробництві дрібних металевих елементів, які монтуються в залізобетонну конструкцію. Тут виконується різання металопрокату, згинання пластин, зварювання анкерних стрижнів тощо. Необхідне обладнання включає гільйотинні ножиці, преси, зварювальні апарати.

Розташування обладнання в цеху:

- Пост різання та правки розташовується ближче до складської зони, щоб мінімізувати переміщення необробленої арматури.
- Ділянки згинання та зварювання (верстати для гнуття, зварювальні машини, столи) розміщуються централізовано, щоб забезпечити зручну подачу матеріалів і формування плоских елементів.
- Пост ручного зварювання та складання просторових каркасів займає окрему площу, обладнану кран-балкою для переміщення важких конструкцій.

- Ділянка для виготовлення закладних деталей може бути відокремлена через специфіку робіт (різання, свердління, зварювання) і відрізняється від основних ліній.

Така послідовність та організація дозволяє створити ефективний технологічний потік, що забезпечує безперебійне виробництво арматурних виробів високої якості підкранової балки марки БК6-2AV-с.

Для організування роботи арматурного цеху, потрібно знати, яку кількість часу буде займатиме кожна технологічна операція, виконувана в цьому арматурному цеху. На базі таких даних складається поопераційний графік роботи арматурного цеху (рис.16). Також створюється таблиця переліку необхідного устаткування в арматурному цеху даного заводу з вказанням ключових характеристик обладнання (табл.. 12).

Таблиця 12

Відомість устаткування арматурного цеху

Відділення	Вид та марка обладнання	Кіл.	Продуктивність	Потужність, кВт
Заготування	Автоматична лінія правки та різання Wafios BSA 60	1	до 100 м/хв	15
	Автоматичний верстат для гнуття та формування хомутів StemaPedax Twin Master 12	1	до 1800 хомутів/год	11
	Стрічкопильний верстат Proma E-128	1		2,6
	Прес для пробивання отворів P 160	1		1,2
Зварювання	Машина контактного точкового зварювання M.E.P. Synchro-Line	1	до 250 точок/хв	50
Укрупнювальне збирання	зварювальний апарат Fronius TransPocket 180	4		5

5.5. Формувальний цех

5.5.1. Поопераційний графік

Формувальний цех можна вважати центральним виробничим підрозділом заводу з виготовлення залізобетонних підкранових балок. Основним його призначенням є забезпечення процесу формування конструкцій та виробів із заданими геометричними параметрами та експлуатаційними властивостями. Саме тут відбувається закладання арматурних каркасів у форми, укладання та ущільнення бетонної суміші, а також початкові етапи твердіння виробів. Від якості організації роботи формувального цеху значною мірою залежить точність геометрії, міцність і довговічність готових конструкцій.

У складі цеху знаходяться спеціалізовані стенди для виготовлення підкранових балок марки БК6-2AV-с, устаткування для укладання й ущільнення бетонної суміші, установки для попереднього натягу арматури, а також допоміжне оснащення для транспортування та подачі напівфабрикатів для залізобетонної підкранової балки – бетонної суміші та армувальних виробів. Важливим етапом є процес термовологісної обробки, що забезпечує прискорене твердіння бетону та отримання необхідних фізико-механічних характеристик у стислі строки.

Таким чином, формувальний цех виконує роль центральної ланки у виробничому циклі заводу: саме тут відбувається безпосереднє створення виробу з поєднанням арматурного каркаса і бетонної суміші в єдину суцільну конструкцію.

Найменнування, склад та тривалість технологічних операцій формування підкранової залізобетонної балки приведені в таблиці 13.

З метою ефективного організування виконання кожної технологічної операції на виробництві, створюються та передаються на виробничі пости спеціальні таблиці, які називають «поопераційні нормалі». В них міститься вся

необхідна робітникам інформація як то: скільки робітників, якої професії та якого розряду потрібно для того, щоб якісно виконати операцію, деталі виконання операції, заходи техніки безпеки та інше.

Нижче приведені поопераційні нормалі на технологічні операції формування залізобетонної підкранової балки марки БК6-2AV-с.

Таблиця 13

Склад та тривалість технологічних операцій формування підкранової балки

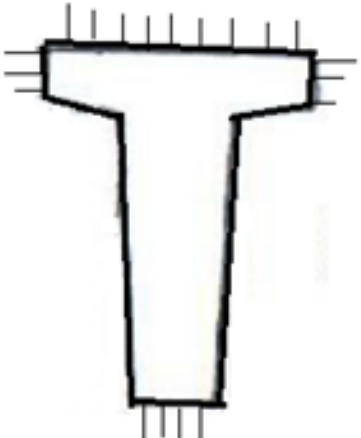
Технологічна операція	Складові технологічної операції	Тривалість, хв..
Розформування виробів	Зняття тепляків зі стенду	7
	Передача напруження на бетон	7
	Обрізання кінців арматури	7,5
	Розформування виробу виробу	7,5
	Виймання виробу	6
	Опрацювання готового виробу	7
	Подача виробу на склад готової продукції	4
Чищення, змащення, збирання форм	Очищення	7
	Змащення	5
	Встановлення та збирання стенду	6
	Встановлення та натяг арматури	58,8
	Збиранн форми	4,2

Армування	Установка каркасів, сіток, окремих стрижнів із закріпленням їх між собою	42
Бетонування	Укладання, розрівнювання та ушільнення бетонної суміші	17
Обробка	Вирівнювання та загладжування відкритих поверхонь	14
	Установка тепляків на стенд	7
Всього		207

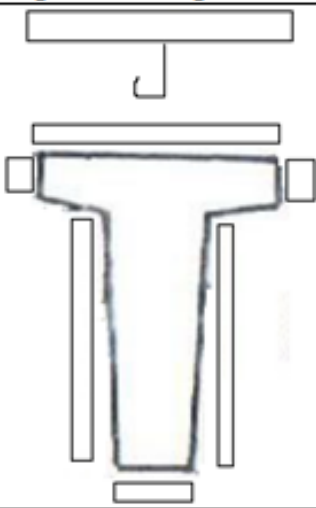
Поопераційна нормаль №1

Найменування операцій – зняття тепляків зі стенду						
I Схема організації робочого місця				II Технічні умови виконання		
				Насосна станція повинна бути відключена. Тепляки знімають зі стенду		
				III Умови безпеки праці		
				Працівники повинні знаходитися на безпечній відстані при відключенні насосної станції та при знятті тепляків зі стенду		
IV Елементи операції	Виконавці			Трудомісткість, чол-хв.	Обладнання й інструмент	Контроль
	Кількість	Професія	Розряд			
1.Відключення насосної станції 2.Зняття тепляків зі стенду 3. Опускання та укладання тепляків у відведене місце	2	Формувальник	3	14,28	Кран	

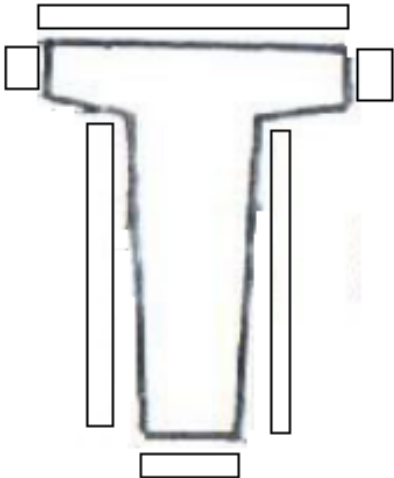
Поопераційна нормаль №2

Найменування операцій - передача напруження на бетон та обрізання кінців арматури						
I Схема організації робочого місця				II Технічні умови виконання		
				Домкрати повинні бути відключені від джерела живлення, затискачі на кінцях стрижнів повністю зняті. Кінці арматури повинні бути обрізані врівень з габаритами конструкції		
				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. Домкрати відключити від живлення 2. Зняти затискачі 3. Обрізання кінців арматури	2	Формувальник	3,5	165,48	Гідродомкрат, електродувий зварювальний апарат	Перевіряють правильність обрізання кінців арматури

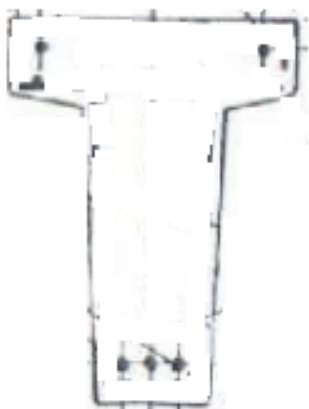
Поопераційна нормаль №3

Найменування операцій - розформування та виймання виробу						
I Схема організації робочого місця				II Технічні умови виконання		
				Борти форми повинні бути повністю розкритими та знаходитися у горизонтальному положенні. Готовий виріб стропують та переміщую на пост доробки		
				III Умови безпеки праці Працівники, які виконують роботу мають знаходитися на безпечній відстані при опусканні бортів форми у горизонтальне положення та при переміщенні готового виробу		
IV Елементи операції	Виконавці			Трудомісткість, чол-хв.	Обладнання й інструмент	Контроль
	Кількість	Професія	Розряд			
1.Зняття замків форми 2.Відкриття стінок форми 3. Опускання стінок форми 4. Стропування та переміщення виробу	3	Формувальник	3,4,5	27,72	Кран, набір гайкових ключів або гайковерт	

Поопераційна нормаль №4

Найменування операцій - Очищення та змащування форм						
I Схема організації робочого місця				II Технічні умови виконання		
				Форма має бути ретельно, повністю очищена та рівномірно змащена		
				III Умови безпеки праці Робітники мають бути одягнені у спец. одяг, рукавиці, працювати у захисних окулярах		
IV Елементи операції	Виконавці			Трудомісткість, чол-хв.	Обладнання й інструмент	Контроль
	Кількість	Професія	Розряд			
1. Очищення залишків бетону 1.Заправка розпилювача 2.Змащування форми	2	Формувальник	3	23,52	Металеві щітки Розпилювач	Візуально перевіряють чистоту форми та щоб не було ділянок поверхні не змащених маслом

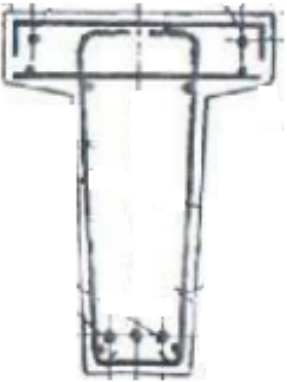
Поопераційна нормаль №5

Найменування операцій - Встановлення та натягнення арматури						
I Схема організації робочого місця				II Технічні умови виконання		
				Всі попередньо напружувані арматурні елементи повинні бути встановлені у проектне положення. Арматурні стрижні повинні бути зафіксовані гідравлічним домкратом		
				III Умови безпеки праці		
				Робітники мають бути одягнені у спец. одяг, рукавиці, працювати у захисних окулярах		
IV Елементи операції	Виконавці			Трудомісткість, чол-хв.	Обладнання й інструмент	Контроль
	Кількість	Професія	Розряд			
1. Встановлення арматури 1.Фіксація стрижнів 2.Натяг арматури	2	Формувальник	3,5	1176	Кран, гідравлічні домкрати	Перевіряють правильність встановлення стрижнів. Контролюють силу натягу

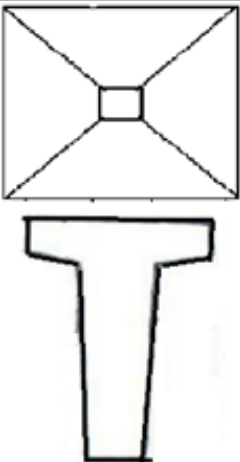
Поопераційна нормаль №6

Найменування операцій - Збирання форми						
I Схема організації робочого місця				II Технічні умови виконання		
				Борти форми повинні бути повністю закритими та знаходитися у вертикальному положенні		
				III Умови безпеки праці Працівники мають знаходитися на безпечній відстані при підйманні бортів форми у вертикальне положення, бути одягнені у спец. одяг, рукавиці		
IV Елементи операції	Виконавці			Трудомісткість, чол-хв.	Обладнання й інструмент	Контроль
	Кількість	Професія	Розряд			
1. Підймання бортів форми 2. Установлення їх у проектне положення 3. Закріплення за допомогою крану	3	Формувальник	3,4,5	12,6	Гайковий ключ кран	Контроль замків форми, наявності щілин між бортами та між бортами і піддоном, геометричн і форми

Поопераційна нормаль №7

Найменування операцій - Укладання арматури у форму						
I Схема організації робочого місця				II Технічні умови виконання		
				Сітки, каркас та стрижні повинні встановлюватися згідно з проектом. Арматурні елементи скріплюються між собою електродуговим зварюванням		
				III Умови безпеки праці Робітники мають бути одягнені у спец. одяг, рукавиці, не знаходитися у зоні руху арматурних елементів. При роботі зі зварювальним апаратом повинні бути захисні маски.		
IV Елементи операції	Виконавці			Трудомісткість, чол-хв.	Обладнання й інструмент	Контроль
	Кількість	Професія	Розряд			
1. Підвезення краном арматури до робочого місця 2. Установка арматурних елементів у форму 3. Закріплення арматурних елементів між собою електродугове зварюванням у проектному положенні	3	Формувальник	3,4,5	126	Мостовий кран, електродуговий зварювальний апарат	Контроль розташування арматурних елементів

Поопераційна нормаль №8

Найменування операцій - Укладання, ущільнення, розрівнювання бетонної суміші						
I Схема організації робочого місця				II Технічні умови виконання		
				Бетонна суміш повинна бути укладена так, щоб вона не розшаровувалась. Бетонна суміш повинна ущільнитися та прийняти форму виробу		
				III Умови безпеки праці Робітники мають бути одягнені у спец. одяг, рукавиці, мають знаходитися на безпечній відстані від форми		
IV Елементи операції	Виконавці			Трудомісткість, чол-хв.	Обладнання й інструмент	Контроль
	Кількість	Професія	Розряд			
1.Керування бетоноукладачем з пульту керування 2.Подавання бетоноукладача до форми 3.Укладання бетонної суміші у форму бетоноукладачем, ущільнення та розрівнювання її по формі 4.Установка бетоноукладача у вихідне положення	3	Формувальник	3,4,5	50,4	Бетоноукладач, гладилки	Контроль за розшаруванням бетонної суміші, за заповненням бетонною сумішшю форми. Контроль ступеня ущільнення бетонної суміші, прийняттям нею форми виробу

Використовуючи інформацію з поопераційних нормалей створюється поопераційний графік виготовлення залізобетонної підкранової балки з важкого бетону марки БК6-2AV-с (рис.17).

5.5.2 Тижнево-добовий графік

Тижнево-добовий графік – це документ, що використовується для планування та організації виробничого процесу. Він відображає не тільки продовжуваність виготовлення самих виробів (в даному випадку підкранових балок), але й скільки часу займають інші технологічні роботи. До таких відносяться роботи по підготовці, по обслуговуванню робочого місця, завершальні роботи. Також тут враховується тривалість обідньої перерви.

В результаті можна визначити яку кількість виробів вдасться заформувати протягом однієї робочої зміни, а відповідно до цього розрахувати яка кількість буде виготовлятися на добу – в залежності від прийнятої кількості змін в роботі заводу. В даному випадку це дві робочі зміни.

При цьому потрібно враховувати нормативну тривалість однієї робочої зміни – 8 годин.

Тижнево-добовий графік формування підкранових залізобетонних балок марки БК6-2AV-с представлений на рисунку 18. Він створений в врахуванням того, що виготовлення однієї підкранової балки триває 207 хвилин, а підготовчо-завершальні роботи та обслуговування робочого місця на початку та в кінці зміни займають по 4% робочого часу.

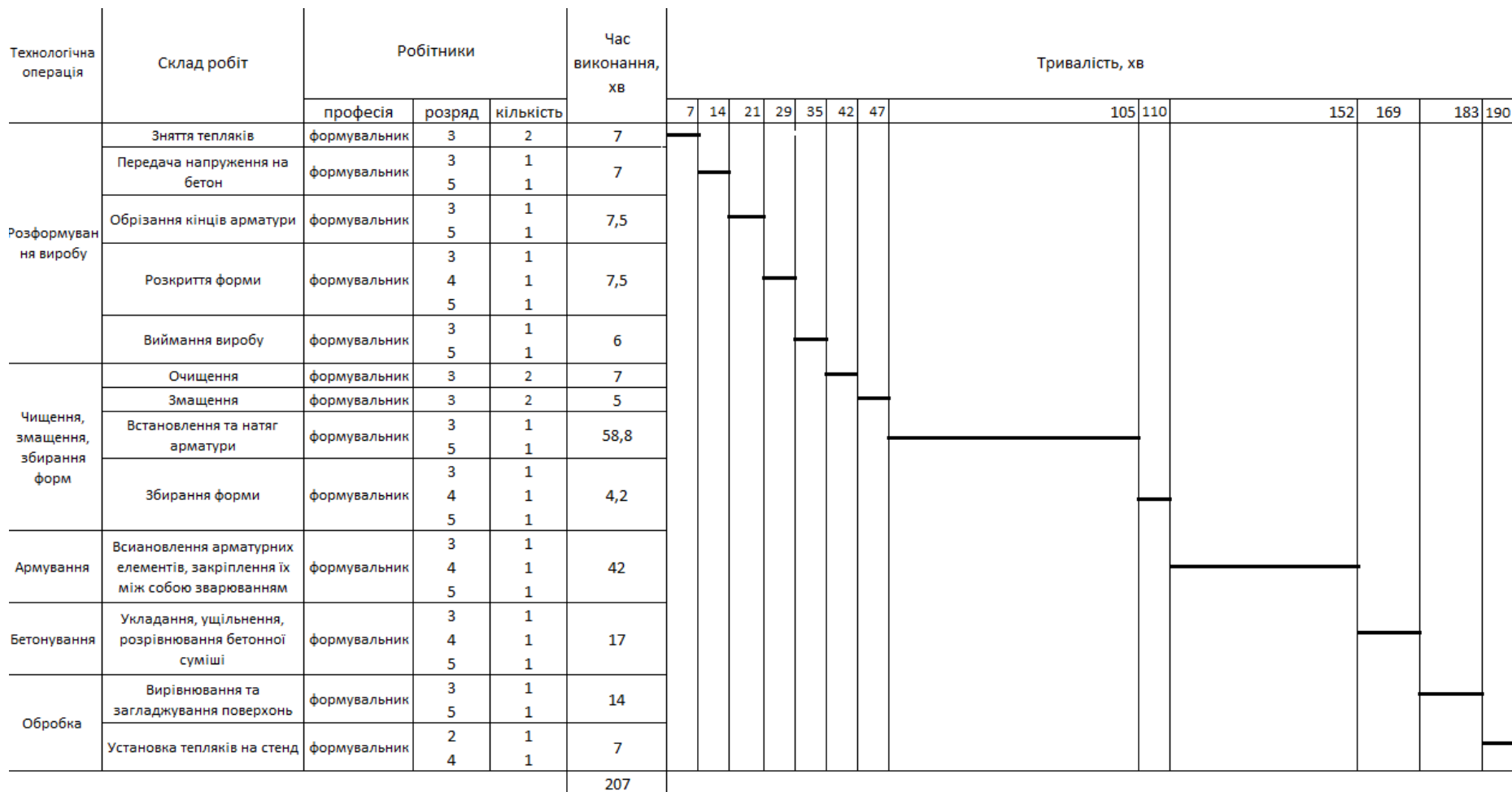


Рисунок 17. Поопераційний графік формування підкранової балки марки БК6-2AV-с

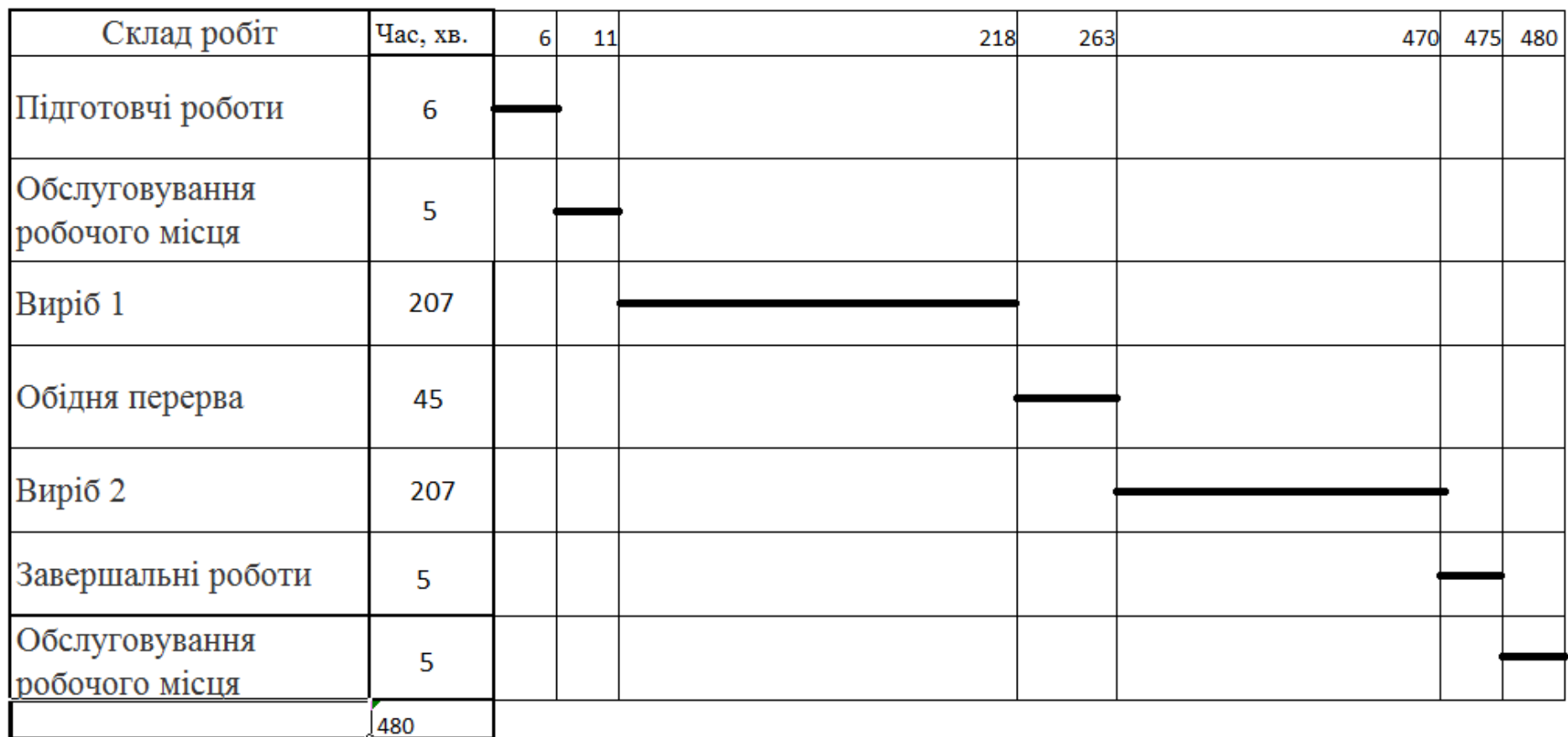


Рисунок 18. Тижнево-добовий графік

5.5.3 Розрахунок потужності технологічної лінії

За даними тижнево-добового графіку ми визначили, що одна технологічна лінія за одну зміну здатна заформувати 2 підкранової балки даної марки. З врахуванням планової потужності заводу в 6785 штук вирів на рік, визначаємо кількість необхідних ліній на заводі [2]:

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

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.

$$N_{\text{вир}}^3 = 6785 / 253 \cdot 2 = 13,4 \text{ штук на добу.}$$

З врахуванням того, що виробнича здатність однієї лінії 2 вироби, то розрахунок необхідної кількості ліній:

$$13,4 : 2 \approx 7 \text{ ліній}$$

5.5.4. Розрахунок загального часу виготовлення планового об'єму продукції

«Фактична виробнича потужність у кількості одиниць виробів з виробництва одного виду (марки) виробів визначається як:

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

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

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

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

$T_{\text{річ}}$ – річний фонд часу роботи устаткування, діб» [2].

$$N_{\text{іл}} = 2 \cdot 2 \cdot 7 \cdot 253 = 7084 \text{ шт.}$$

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

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

де N_{il} – фактична виробнича потужність у кількості одиниць виробів однієї технологічної лінії;

$V_{\text{вир}}$ – об'єм виробу, м^3 [2].

$$P_i = 7084 \cdot 1,4 = 9917,6 \text{ м}^3/\text{рік}.$$

Метою роботи заводу є випуск 9500 м^3 продукції на рік, отже завод буде працювати з перевиконанням плану на 4,4%. Такий показник не буде обтяжливим у фінансовому плані.

6. СКЛАДСЬКЕ ГОСПОДАРСТВО

6.1 Розрахунок потреби в компонентах й комплектуючих

Кількість компонентів важкого бетону для виготовлення підкранової балки наведена в таблиці 14.

Таблиця 14

Відомість в потребі компонентів бетону

Компонент	Одиниця виміру	Потреба		
		1 $\text{кг}/\text{м}^3$	зміна	доба
Цемент М500	кг	320	6249,2	12498,4
Пісок	кг	600	11717,3	23434,6
Гравій	кг	1010	19724,1	39448,2
Вода	кг	205	4003,4	8006,8
Метакаолін	кг	40	781,2	1562,4

Відомість витрати бетонної суміші з додаванням метакаоліну представлена у таблиці 15.

Таблиця 15

Відомість в потребі бетону

Клас бетону	Необхідна кількість за годину, м ³	Необхідна кількість в зміну, м ³	Необхідна кількість в добу, м ³	Необхідна кількість на рік, м ³
С 25/30	3,09	19,53	39,1	9881,6

Потреба у сталі для виготовлення арматурних виробів міститься у таблиці 16.

Таблиця 16

Відомість у потребі арматурної сталі

Арматурна сталь	Потреба у арматурній сталі, кг			
	у зміну	у добу	у місяць	на рік
Арматурна сталь А-III Ø8	81,6	163,2	3440,8	41289,6
Арматурна сталь А-III Ø12	40	80	1686,7	20240
Арматурна сталь А-III Ø6	46,4	92,8	1956,5	23478,4
Арматурна сталь А-III Ø10	4,4	8,8	185,5	2226,4
Попередньо-напружувана арматурна сталь А-V Ø14	28,8	57,6	1214,4	14572,8

Попередньо-напружувана арматурна сталь А-V Ø20	88,2	176,4	3719,1	44629,2
Прокат Б-10	7,6	15,2	320,5	3845,6
Прокат Вст 3 КП 2 8Б	1	2	42,2	506
Прокат Вст 3 КП 2 8×150	5,6	11,2	236,1	2833,6
Прокат Вст 3 КП 2 10×160	14,8	29,6	624,1	7488,8

6.2. Склади в'язучих

Логістичні шляхи портландцементу на даному заводі будуть здійснюватися автомобільними дорогами за допомогою спеціалізованого транспортного обладнання – автоцементовозів.

Цемент буде зберігатися в герметичних металевих силосах. Такий вид зберігання забезпечить надійність його збереження –захист від вологи з повітря.

Так як на заводі, що проектується буде виготовлятися лише один вид конструкцій – балка підкранова однієї марки, відповідно цемент буде використовуватися лише одного виду. Тобто не знадобиться велика кількість силосів.

Об'єм силосів, необхідний для зберігання цементу з запасом на 7 діб розраховується як [2]:

$$V = (Ц \cdot n \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5) / \gamma_в, \text{ м}^3$$

де Ц – витрата в'яжучого в бетоні на добу, кг/м³;

n – запас зберігання в'яжучого (приймаємо 7 діб);

K₁ – коефіцієнт нерівномірності надходження цементу на склад, (приймаємо 1,4);

K₂ – коефіцієнт нерівномірності споживання цементу (приймаємо 1,4);

K₃ – коефіцієнт можливих втрат цементу при розвантаженні (приймаємо 1,04);

K₄ – коефіцієнт використання технологічного устаткування (приймаємо 0,943);

K₅ – коефіцієнт заповнення ємності складу (дорівнює 0,9);

γ_в – щільність цементу в насипному стані (приймаємо 1000 кг/м³)

$$V = (12498,4 \cdot 7 \cdot 1,4 \cdot 1,4 \cdot 1,04 \cdot 0,943 \cdot 0,9) / 1000 = 151,35 \text{ м}^3$$

Обираємо типовий притрасовий склад цементу місткістю 240 т. До його складу входять 4 банки силосів по 60 т. загальна площа складу 180 м².

Скориставшись попередньою формулою розраховуємо необхідну місткість складу для метакіоліну:

$$V = (1562,4 \cdot 7 \cdot 1,4 \cdot 1,4 \cdot 1,04 \cdot 0,943 \cdot 0,9) / 1400 = 13,51 \text{ м}^3$$

Склад буде у вигляді силосу площею 12 м².

6.3 Склади заповнювачів.

Виходячи з класифікації складів наведені в [2], призначенням яких є зберігання заповнювачів до бетону, обираємо для складування та зереження гравію та піску склад резервно-розхідний інвентарний бункерний притрасовий постійного розміщення. На складах буде міститися запас матеріалів на 7 діб роботи заводу з виготовлення підкранових залізобетонних балок.

Розрахунок складів заповнювачів здійснюється по ємності зберігача мого матеріалу за формулою:

$$V = 3 \cdot n \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 / \Pi_3, \text{ м}^3$$

де 3 – витрата крупного заповнювача у бетоні на добу, кг ;

n – нормативний запас збереження заповнювача (приймаємо 7 діб);

K₁ – коефіцієнт нерівномірності надходження заповнювача на склад (приймаємо 1,4);

K₂ – коефіцієнт нерівномірності споживання заповнювача (приймаємо 1,4);

K₃ – коефіцієнт можливих утрат заповнювача при розвантаженні (приймаємо 1,04);

K₄ – коефіцієнт використання технологічного устаткування (приймаємо 0,943);

Π₃ – щільність заповнювача в насипному стані» [2].

Розрахунки проводяться окремо для гравію та піску.

Місткість складу гравію:

$$V = 39448,2 \cdot 7 \cdot 1,4 \cdot 1,4 \cdot 1,04 \cdot 0,943 / 1450 = 366,1 \text{ м}^3$$

Місткість складу піску:

$$V = 23434,6 \cdot 7 \cdot 1,4 \cdot 1,4 \cdot 1,04 \cdot 0,943 / 1600 = 197,1 \text{ м}^3$$

Для складування заповнювачів обираємо типовий склад ємністю 550 м³ площею 513 м².

6.4. Склади арматури та арматурних виробів.

Матеріал для виготовлення арматурних виробів – сталь, буде приїздити на завод залізницею. Зберігання сталі повинно виключати її забруднення та іржавіння, а отже склад має бути закритим. Постачання сталі відбуватиметься у лотках. Робиться запас сталі для виготовлення арматурних виробів на 25 діб.

Кожен вид сталі (за діаметром та видом) буде зберігатися в окремому відсіку. За [1] складування сталі не повинно перевищувати 3,2 тони на один метр квадратний площі складу.

Готові вироби (сітки, просторові каркаси) повинні складуватися на стелажі. Запас готових виробів повинен бути на чотири доби.

При розрахунку місця зберігання (складу) арматури й арматурних виробів необхідно враховувати всі окремі полощі для складування кожного окремого виду сталі та кожного окремого виду виробів з арматури:

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

де Q_c - добова витрата арматури даного виду;

K_n - коефіцієнт, що враховує збільшення площі складу на проходи при збереженні арматури на стелажах:

- при ємності складу до 500 тн - 3;

- при ємності складу понад 500 тн - 2;

N_{xp} - термін збереження арматури на складі, 25 діб.

P_i - маса сталі, розміщеної на 1 м² площі ;

Площа складування сталі АІІІ Ø6:

$$S_{ai} = 25 \cdot 3 \cdot 92,8 / 3200 = 2,175 \text{ м}^2$$

Площа для збереження АІІІ Ø8:

$$S_{ai} = 25 \cdot 3 \cdot 163,2 / 3200 = 3,825 \text{ м}^2$$

Площа для збереження АІІІ Ø10:

$$S_{ai} = 25 \cdot 3 \cdot 8,8 / 3200 = 0,206 \text{ м}^2$$

Площа для збереження АІІІ Ø12:

$$S_{ai} = 25 \cdot 3 \cdot 80 / 3200 = 1,875 \text{ м}^2$$

Площа складування попередньо-напруженої арматурної сталі А-V Ø14:

$$S_{ai} = 25 \cdot 3 \cdot 57,6 / 3200 = 1,35 \text{ м}^2$$

Площа для збереження попередньо-напруженої арматурної сталі А-V Ø20:

$$S_{ai} = 25 \cdot 3 \cdot 176,4 / 3200 = 4,134 \text{ м}^2$$

Площа для збереження прокату Б-10:

$$S_{ai} = 25 \cdot 3 \cdot 15,2 / 3200 = 0,356 \text{ м}^2$$

Площа для збереження прокату Вст 3 КП 2 8Б:

$$S_{ai} = 25 \cdot 3 \cdot 2 / 3200 = 0,047 \text{ м}^2$$

Площа для збереження прокату Вст 3 КП 2 8×150:

$$S_{ai} = 25 \cdot 3 \cdot 11,2 / 3200 = 0,263 \text{ м}^2$$

Площа для збереження прокату Вст 3 КП 2 10×160:

$$S_{ai} = 25 \cdot 3 \cdot 29,6 / 3200 = 0,694 \text{ м}^2$$

Сумарна площа зберігання з врахуванням проходів та проїздів:

$$S_a = (2,175 + 3,825 + 0,206 + 1,875 + 1,35 + 4,134 + 0,356 + 0,047 + 0,263 + 0,694) \cdot 1,5 = 22,38 \text{ м}^2$$

6.5 Склад готової продукції

В даному відділенні будуть складуватися підкранові балки, які пройшли етап теплової обробки та доробки поверхні і є повністю готовими до відправки споживачу. Так як продукція заводу – підкранові балки довжиною 6 метрів є довгомірними, відвантажуватися замовнику вони будуть на спеціалізований автомобільний транспорт.

Місце для складування готових підкранових балок марки БК6-2AV-с повинно бути обладнано таким чином, щоб забезпечуват належні умови їх зберігання – захист від навколишнього середовища та механічних впливів.

Передбачається зберігання у штабелях з використанням спеціальних підкладок.

Запас готових виробів на складі буде на 10 робочих діб.

За [1] по висоті штабелювати балки підкранові можна не вище 2,5 метрів з врахуванням товщини прокладок між виробами в 0,3 метри.

З врахуванням поздовжніх та поперечних проходів на складі, а також проміжків між стелажми, площа складу готових підкранових балок розраховується як:

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

де S_P - площа, яку займає один виріб;

T_{xp} - нормативний запас збереження;

K_1 – коефіцієнт збільшення площі складу;

K_2 – коефіцієнт збільшення площі складу, який враховує проїзди й площу під коліями мостового крану, візків, а також площі для проїзду автомашин та під залізничні колії» [2].

$$S_P = 4,76 \text{ м}^2$$

$$T_{xp} = 10 \text{ діб}$$

$$K_1 = 1,5$$

$$K_2 = 1,3 \text{ (для мостового крану)}$$

Тож:

$$S = 4,76 \cdot 10 \cdot 1,5 \cdot 1,3 = 92,82 \text{ м}^2$$

6.6. Матеріально-технічні склади та склади комплектуючих

Матеріально-технічні склади призначені для розміщення там різних комплектувальних елементів, допоміжних компонентів і так далі.

Запас допоміжних матеріалів та компонентів здійснюється виходячи з добової їх потреби.

На даному виді складу повинні бути забезпечені належні параметри середовища – відповідна вологість ($\leq 75\%$) та температура (не нижче -5°C).

Розміри всіх проходів, проїздів, робочих зон приймають за [1]. Прийняті планувальні рішення наведені в тал. 17.

Таблиця 17

Розміри проїздів, проходів, робочих зон в матеріально-технічному складі

Прохід, проїзд, зона	Розмір, мм
прохід між штабелями або стелажими	1000
прохід між штабелями і будівельними конструкціями	800
прохід між штабелями і стропувальними пристроями	1000
прохід між стіною і стелажими	200
проїзд для одностороннього руху транспорту	ширина транспорту +600
робоча зона	900

7. ЛАБОРАТОРІЯ І КОНТРОЛЬ ЯКОСТІ

Для того щоб підприємство мало гарну репутацію в споживачів, продукція, яку воно випускає має бути якісною. Це означає, що ця продукція відповідатиме показникам нормативної документації, а також задовольнить вимоги та очікування споживача.

Щоб досягти поставленої мети по показникам продукції, варто не лише ретельно продумати та організувати виробничий цикл, але й запровадити на підприємстві високий рівень контролю якості. Для цього перевірка якісних показників повинна здійснюватися не лише для повністю готової продукції,

але й впродовж усього виробничого циклу. Тож на підприємстві повинен функціонувати відповідний відділ, який матиме за функцію здійснення контролю якості. Цю роль виконують такі структурні підрозділи як ВТК, тобто відділ технічного контролю та/або лабораторія якості. На працівників цих відділів покладається важлива місія здійснення перевірки показників властивостей продукції та комплектуючих на відповідність до даних, вказаних у відповідних нормативних документах, а також до поставлених споживачем задач. Тож контролери якості повинні бути висококваліфікованими фахівцями в даній галузі – виробництва залізобетонних конструкцій.

Щоб мати змогу ефективно виконувати таку роботу, заводська лабораторія та ВТК повинні мати в своєму арсеналі певний перелік обладнання та устаткування.

Контроль якості на даному підприємстві з випуску залізобетонних підкранових балок марки БК6-2AV-с розрізняють таких видів:



Починається моніторинг якості з визначення властивостей вихідної сировини. Для даного випадку (виробництва підкранових залізобетонних

балок) це – вихідні компоненти бетону та сталь для арматури. Для цього відбирають проби компонентів зі складів та проводять відповідні дослідження.

Також контролювання якісних показників здійснюється при виконанні кожного технологічного процесу (операції) в кожного цеху – бетонозмішувальному, армувальному, формувальному.

Після завершення теплової обробки та проведення доробки поверхні конструкцій, їх піддають фінальному – приймальному контролю. За результатами цього контролю приймають остаточне рішення щодо якості продукції і відбувається приймання партій конструкцій. Це означає, що продукція готова до відправки споживачу.

Опис контрольованих параметрів при здійсненні всіх видів контролю наведений в таблиці 18.

Таблиця 18

Організація виробничого контролю якості на заводі з випуску підкранових балок

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

При здійсненні вхідного контролю повинні порівнюватися характеристики вихідних компонентів з даними нормативної документації (ДСТУ). Періодичність такого контролю – раз на поставлену партію або вибірково.

При здійсненні операційного контролю моніторять роботу устаткування та проміжні результати – якість напівфабрикатів.

Приймальний контроль базується на співставленні характеристик готової конструкції з показниками на дану продукцію поданими в Державних стандартах України на цю продукцію.

Для того, щоб лаборанти, контролери, працівники ВТК мали чітки план дій складається карта контролю якості, де зазначаються основні операції, які підлягають контролю, в чому полягає контроль, місце здійснення контролю, якими засобами та методами проводять контроль, з якою періодичністю виконують перевірку, конкретна особа, яка виконує даний вид контролю та документи, в якому реєструються результати. Карта контролю якості ви виготовленні підкранової залізобетонної балки марки БК6-2AV-с представлена в таблиці 19.

Виходячи з того, що річна потужність даного заводу становить 9500 м^3 , приймаємо, що плаща, яку буде займати лабораторія становитиме 100 м^2 , а площа ВТК – 30 м^2 .

Таблиця 19

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 4. Температура	1. Відповідність форм проектним 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. Ємність	1—3. Пост формування 4—5. Лабораторія	Цех	Пост розпалубки, склад готової продукції
Метод і засоби контролю	Порівняння із проектом	Віброграф. Паспорт	1. Порівняння з еталоном 2. Вимірювання рулеткою, лінійкою, штангенциркулем 3. Візуальний відбір проб і випробування	Відбір проб і випробування	Вимірювання сталевим 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 раз 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

При роботі заводу з виготовлення підкранових балок марки БК6-2AV-с використовується електрична енергія, вода, пара, стисле повітря. Ці види ресурсів споживає різне устаткування. Окрім того, на території заводу має бути організоване побутове освітлення, місця водокористування. Для забезпечення ефективних та надійних комунікаційних мереж, проводиться розрахунок в потребі таких видів ресурсів.

Так, споживачі електричної енергії на заводі з виготовлення підкранових балок наведені в табл.. 20.

Таблиця 20

Споживачі електроенергії та їх потужність

Цех	Назва електроприймача	Кількість	Встановлена потужність кВт
Склад цементу	Розвантажувально-передавальне обладнання	1	50,8
Склад заповнювачів	Розвантажувально-передавальне обладнання	1	24,9
Бетонозмішувальний цех	1) Вібросито	2	15
	2) Ковшовий елеватор	1	5
	3) Стрічковий транспортер	1	7,5
		5	14,3

	4)Дозатори	1	40
	5) Змішувач		
Арматурний цех	1) Автоматична лінія правки та різання	1	15
	2) Автоматичний верстат для гнуття та формування хомутів	1	11
	3) Стрічкопильний верстат	1	2,6
	4)Прес для пробивання отворів	1	1,2
	5) Машина контактного точкового зварювання	1	50
	6) зварювальний апарат	4	20
	7) Мостовий кран вантажопідйомністю до 10 т	1	7,3
Формувальний цех	1) Кран-балка	1	5
	2)Бетоноукладач СМЖ-69А	1	21
	3) Гідродомкрат	2	15
	4) Електродуговий зварювальний апарат	1	28,9
	5)Візок для вивозу		

	готової продукції	2	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			448,75

Витрати води на мийку обладнання, санітарні потреби, можливі запасні витрати на термовологісну обробку чи охолодження становлять 800,68 м³ на добу.

Витрати стислого повітря приведені в таблиці 21.

Таблиця 21

Витрати стислого повітря для роботи обладнання

Назва обладнання	Витрати стислого повітря, м ³ /хв
гвинтовий пневмонасос КС-287С	9
склад цементу	36,4
гвинтовий пневмопідйомник	3,5

9. ОРГАНІЗАЦІЯ ВАНТАЖОПОТОКІВ

Організація вантажопотоків на заводі з виготовлення залізобетонних підкранових балок базується на принципах раціонального розташування цехів та складів відносно один одного. Основним завданням є забезпечення безперервного руху сировини, напівфабрикатів і готової продукції в прямому напрямку технологічного процесу без перехресних і зворотних переміщень. Це дозволяє мінімізувати витрати часу і ресурсів на транспортування, уникнути простоїв і підвищити безпеку виробництва. Також немаловажним пунктом є організація вантажопотоків безпечними для робітників.

Для внутрішнього транспортування використовуються мостові крани, електрокари, рейкові візки та автонавантажувачі. Всі транспортні шляхи розміщуються з урахуванням прямих ліній переміщення, що виключає перехрещення потоків сировини, напівфабрикатів і готової продукції. Така організація дозволяє підвищити ефективність виробництва, скоротити трудомісткість транспортувальних операцій та забезпечити безпеку праці.

Вантажопотоки на заводі з випуску залізобетонних підкранових балок включають доставку сировинних компонентів – цементу, заповнювачів, метакаоліну, арматурної сталі (вхідні потоки), переміщення вихідних компонентів та напівфабрикатів – бетонної суміші та арматурних виробів, допоміжних матеріалів та комплектуючих по території заводу (внутрішні потоки), та транспортування готових виробів (вихідні потоки).

Вхідні потоки реалізуються за допомогою такого обладнання як труби з пневмонасосом, конвеєри або транспортери, самохідні візки. Сировинні компоненти з транспортних засобів (цементовозів, залізничних вагонів) потрапляють у відповідні склади. Компоненти бетону постачаються насипом, арматурні стрижні спактованими в пачки, а гнучка рамутра у вигляді бухт. На складах використовуються транспортерні лінії, автонавантажувачі, мостові або козлові крани.

Далі цемент, метакаолін та заповнювачі потрапляють до бетонозмішувального цеху. Це відбувається за допомогою дозувально-транспортних систем. З бетонозмішувального цеху виготовлена бетонна суміш доставляється в формвальний цех за допомогою цебрів, які рухають крани, або бетоноукладальних візків або бетоноводів.

Арматурна сталь до арматурного цеху може переміщуватися за допомогою крану, рейкових візків.

На території формувального цеху вантажі можуть рухатися на кранах (мостових, козових), візках. Після завершення формування та твердіння готові підкранові балки транспортуються на склад готової продукції і далі – на відвантажувальний майданчик.

Для руху рейкових візочків по території заводу повинні бути влаштовані рейкові шляхи. Для транспортування вантажів електрокарами повинно бути організоване автодороги. зазвичай вони мають замкнений контур по території заводу. В обох випадках повинні бути передбачені майданчики розвороту транспорту.

Всі транспортні шляхи розміщуються з урахуванням прямих ліній переміщення, що виключає перехрещення потоків сировини, напівфабрикатів і готової продукції. Шляхи руху вантажів мають бути чітко позначені. В зимовий час вуличні шляхи вантажопотоків повинні очищуватися від снігу та льоду. І зовнішні і внутрішні шляхи мають бути очищені від сміття. Маршрути руху вантажів повинні бути найкоротшими, щоб уникнути зайвих витрат часу та енергії. До того ж це дозволить уникнути затримок у постачанні матеріалів. Така організація дозволяє підвищити ефективність виробництва, скоротити трудомісткість транспортувальних операцій та забезпечити безпеку праці.

10. СТРУКТУРА, ОРГАНІЗАЦІЯ І УПРАВЛІННЯ ПІДПРИЄМСТВОМ

З точки зору організації, структура керуванням промислового підприємства є основою його ефективного функціонування. Вона визначає як розподілення обов'язків між різними підрозділами та конкретними працівниками, яким чином здійснюється підпорядкування, характер взаємозв'язків та методи координації діяльності. Чітко вибудовані структура та організація дають змогу оптимально використовувати ресурси, своєчасно приймати рішення щодо управління та досягати запланованих виробничих результатів.

Організаційна структура промислових підприємств уособлює упорядковану систему органів керування, які пов'язані між собою відносинами підпорядкованості та кооперації. Її головними завданнями є: забезпечити безперервність виробничого процесу, контролювання якості продукції, оптимально розподілити ресурси і відповідальності, створити умови для розвитку й удосконалення виробництва.

У теорії та практиці управління виділяють кілька основних типів організаційних структур промислових підприємств:

- Лінійна структура – найпростіша, де кожний керівник має у безпосередньому підпорядкуванні певну групу працівників. Перевага – чіткість і простота управління. Недолік – надмірне навантаження на керівників та обмежені можливості спеціалізації.
- Функціональна структура – передбачає поділ управлінських функцій між спеціалізованими відділами (виробництво, планування, збут, технічний розвиток тощо). Її перевагою є високий рівень компетентності керівників у своїй сфері, недоліком – складність координації між підрозділами.
- Лінійно-функціональна структура – найбільш поширена на середніх промислових підприємствах. Вона поєднує чіткість

лінійних зв'язків і переваги функціональної спеціалізації. При цьому керівник має підпорядкованих начальників функціональних служб, які виконують завдання в межах своєї компетенції.

- Дивізіональна структура – застосовується на великих підприємствах або концернах, де управління здійснюється за видами продукції, регіонами або групами клієнтів. Вона забезпечує гнучкість, але потребує значних витрат на дублювання функцій.
- Матрична структура – поєднує лінійні та проектні взаємозв'язки, характерна для інноваційних компаній, де важливо забезпечити гнучке управління проектами. Вона досить складна в реалізації та не завжди виправдана для серійного виробництва.

Для проектного заводу з виготовлення підкранових балок марки БК6-2AV-с, розрахованого на річну потужність 9500 м³, найбільш ефективною є лінійно-функціональна організаційна структура. Такий тип забезпечує оптимальне поєднання централізованого керівництва та спеціалізації управлінських функцій. Враховуючи середні масштаби виробництва, підприємство не потребує складних матричних чи дивізіональних структур, але водночас повинно мати спеціалізовані служби, які відповідають за технічні, економічні та якісні показники.

Схема підпорядкування та взаємозв'язків структурних підрозділів заводу з виготовлення залізобетонних підкранових балок представлена на рисунку 19.

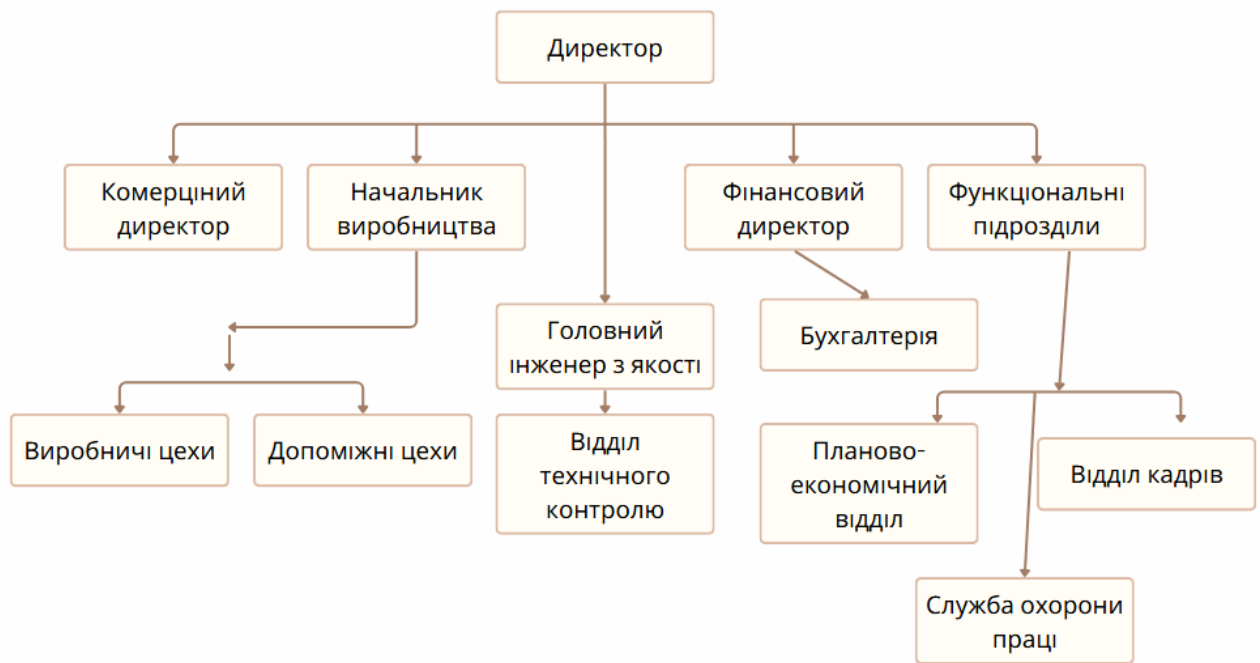


Рис. 19 Організаційна структура заводу з випуску залізобетонних підкранових балок

На чолі підприємства стоїть директор, який здійснює загальне управління та несе відповідальність за виробничо-господарську діяльність.

Взаємодія між підрозділами здійснюється за принципом підпорядкування: виробничі служби роблять завдання, які окреслені керівництвом, функціональні відділи мають за завдання надати необхідні ресурси та забезпечують контроль. Така структура дозволяє чітко розподілити обов'язки між усіма учасниками виробничого процесу, забезпечити гнучкість управління та ефективну координацію роботи.

Звісно, що ефективна робота заводу буде залежати й від того, наскільки налагоджені комунікації між окремими службами та підрозділами. Без цього не вийде випускати продукцію (підкранові балки) належної (заданої) якості. Всі учасники роботи заводу, включаючи керівництво, управлінські та допоміжні служби повинні бути чітко обізнані в меті та завданні роботи заводу.

11. РОЗРАХУНОК ПОТРЕБИ РОБІТНИКІВ

Для того щоб сформувати робочий колектив на заводі з випуску підкранових балок, необхідно підрахувати скільки працівників знадобиться для того щоб забезпечити ефективну роботу заводу.

Для цього проводять підрахунок необхідної кількості робочих, які будуть здійснювати виробничі процеси. Це роблять з врахуванням того, які методи та технології будуть застосовані на заводі.

Для даного заводу була прийнята стендовий метод виробництва. З врахуванням положень, які викладені в розділах 2, 5 та 6 потреба в працівниках з розбивкою по виробничим підрозділам викладена в таблиці 22.

Таблиця 22

Необхідна кількість працівників виробничих підрозділів

Цех або підрозділ	Професія	Кількість на 1 зміну
Бетонозмішувальний цех	- моторист транспортних засобів, галерей та бункерів	2
	- оператор надбункерного відділення	4
	- дозувальник	2
	- оператор бетонозмішувача	1
	- електрик	1
	- змінний майстер	1
Арматурний цех	- оператор лінії правки та різання	6
	- оператор автоматичного верстата	2
	- оператор стрічковийного верстата	2
	- оператор преса	1
	- оператор машини зварювання	2
	- зварювальник	4

	- складальник - матеріальник - електрик - змінний майстер	7 2 1 1
Формувальний цех	- машиніст крану - формувальник 2 розряду - формувальник 3 розряду - формувальник 4 розряду - формувальник 5 розряду - електрик - змінний майстер	7 6 18 12 12 1 2
Склад цементу та мінеральних добавок	- робітник складу - оператор по прийманню матеріалів - комірник	3 1 1
Склад заповнювачів	- робітник складу - оператор по прийманню матеріалів - комірник	3 1 1
Склад арматурної сталі	- такелажник - комірник	2 1
Склад готової продукції	- такелажник - комірник	2 1
Матеріальний склад	- робітник складу - комірник	1 1
Ремонтно-механічний цех	- слюсар - токар - механік	1 1 1
Паросиловий цех	- машиніст насосів - оператор паропроводу	2 1
Електроділеньця	- електрик - електрослюсар	1 1
Лабораторія	- лаборант	2

Усього на 1 зміну	124	
Усього на добу	248	
Начальники виробничих відділів	- начальник бетонозмішувального цеху	1
	- начальник арматурного цеху	1
	- начальник формувального цеху	1
	- спеціаліст з якості	1
	4	
Усього	252	

Управлінсько-адміністративна частина повинна налічувати працівників не більше п'ятнадцяти відсотків від людей, задіяних у виробничому секторі. В даному випадку ця кількість становить 38 людей:

- директор
- головний технолог
- фінансовий директор
- комерційний директор
- плановий відділ: начальник, 3 співробітники
- економічний відділ: начальник, 3 співробітники
- виробничий відділ: начальник, 5 співробітники
- технологічний відділ: начальник, 5 співробітники;
- бухгалтерія: начальник, 3 співробітники
- відділ постачання та збуту: начальник, 2 співробітники
- відділ кадрів: начальник, 2 співробітники
- відділ охорони праці та техніки безпеки: начальник, 3 співробітники

12. ОБ'ЄМНО-ПЛАНУВАЛЬНЕ РІШЕННЯ

Втілення об'ємно-планувальних рішень на підприємствах промисловості визначає планвальну організацію його виробничих приміщень, цехів та допоміжних зон, а також їхні просторові співвідношення. Вона формується з урахуванням виробничих процесів, що виконуються на підприємстві, габаритів обладнання, вимог ергономіки, охорони праці, пожежної та техногенної безпеки.

Рациональне об'ємне планування дасть змогу створити безперервний виробничий процес, знизити втрати часу на логістику сировини та напівфабрикатів, створити зручні та безпечні умови праці для персоналу. При проєктуванні варто враховувати вимоги чинних нормативних документів, зокрема [1], в яких регламентуються найменші можливі відстані між устаткуванням, лінії проходів для персоналу та транспортних засобів, ширину ліній проїздів, а також відстань від обладнання до стін будівлі.

Для заводу з виготовлення підкранових балок основна планувальна структура повинна включати три основні виробничі цехи: арматурний, бетонозмішувальний та формувальний. Кожен із них має специфічне обладнання, що визначає його функціональне зонування та розміри.

Зональний розподіл цеху для виготовлення арматурних виробів з врахуванням проходів, проїздів наведений в табл. 23

Таблиця 23

Склад арматурного цеху заводу з виготовлення підкранових балок марки БК6-2AV-с

Найменування зони	Обладнання, яке знаходиться в зоні	Вимоги по розмірам проходів, проїздів
	Автоматична лінія правки та різання	відстань між великим обладнанням: не менше

1,5 м;

відстань до стін: не

менше 1 м

Технологічна зона	Автоматичний верстат для гнуття та формування хомутів	1,0–1,2 м
	Стрічкопильний верстат	
	Прес для пробивання отворів	
	Машина контактного точкового зварювання	
	Зварювальні пости	
Зона складання арматурних каркасів і сіток	Робочі столи	
	Зварювальні місця	
	Стенди для фіксації виробів	
Зона тимчасового зберігання готових арматурних виробів	Стелажі для сіток, каркасів та закладних деталей	
Допоміжна зона	Побутові приміщення	
	Технічні шафи	

З врахуванням габаритних розмірів устаткування, що знаходиться в усіх зонах арматурного цеху, довжина цеху – 45 м., ширина цеху – 18 м, висота – 6 м. Приймаємо площу арматурного цеху 900 м².

Об'ємне планування бетонозмішувального цеху повинно ґрунтуватися на габаритних розмірах задіяного обладнання, допустимих значень прохідних та проїздних ліній, нормованих меж вільного доступу до устаткування. Зонування бетонозмішувального цеху наведено в табл.. 24.

**Склад бетонозмішувального цеху заводу з виготовлення
підкранових балок марки БК6-2AV-с**

Найменування зони	Обладнання, яке знаходиться в зоні	Вимоги по розмірам проходів, проїздів
Зона приймання та підготовки інертних матеріалів	Вібросито, ковшовий елеватор	Проходи між агрегатами $\geq 1,2$ м; від елеватора до стіни $\geq 1,5$ м
Технологічна зона	Дозатор цементу, дозатор мета каоліну, дозатор піску, дозатор гравію	Прохід $\geq 1,2$ м між стіною та дозаторами
	Гравітаційні змішувачі	Відстань між змішувачем та іншими агрегатами $\geq 1,5$ м; $\geq 4,5$ м для завантаження/вивантаження
Зона прийому готової бетонної суміші	Приймальний бункер	Ширина робочої зони $\geq 1,5$ м

З врахуванням устаткування, що знаходиться в кожній зоні, величини відстаней, довжина бетонозмішувального цеху становитиме 38 м., ширина – 18 м., висота – 12 м., площа – 685 м².

У формувальному цеху відбувається одночасна робота сімох технологічних ліній, де на кожній формується по дві підкранові балки на змфну. Виходчи з цих даних здійснюється планування цеху.

**Склад формувального цеху заводу з виготовлення підкранових
балок марки БК6-2AV-с**

Найменування зони	Обладнання, яке знаходиться в зоні	Вимоги по розмірам проходів, проїздів
Складувальна зона	Столи приймання арматурних виробів	робочі проходи ≥ 1 м
Технологічна зона	Стенди	Відстань між стедами $\geq 1,5$ м відстань від стенду до стіни ≥ 1 м
	Бетоноукладачі	Поперечні проходи між робочими зонами $\geq 1,5$ м Ширина головних проїздів для мостового крана та транспортних засобів $\geq 4,5$ м
	Тепляки	
Зона складування готової продукції	Стелажі для складування	

Габаритні розміри формувального цеху: довжина 15 метрів, ширина 14 метрів, висота 10 метрів, площа – 210 м².

13. ОХОРОНА ПРАЦІ І ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ

Метакаолін є високоактивною пуцолановою добавкою, яка використовується для покращення властивостей цементних систем, зокрема бетону

Метакаолін – це безводний силікат алюмінію, який отримують шляхом термічної обробки (кальцинації) каолінітової глини при температурі близько 650° - 850°C . У процесі кальцинації каолініт ($\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$) втрачає свої гідроксильні групи, перетворюючись на аморфну та високореакційну фазу – метакалініт ($\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_7$). Саме ця аморфна структура надає метакалініну його видатну пуцоланову активність. Метакаолін реагує з гідроксидом кальцію ($\text{Ca}(\text{OH})_2$), який утворюється під час гідратації цементу. Ця реакція (пуцоланова реакція) призводить до утворення додаткових гідратів силікату кальцію (C-S-H гелю), які є основним компонентом, що відповідає за міцність цементного каменю.

Метакаолін використовують в якості мікронаповнювача в складі бетону. Дослідження, які проводилися, встановили, що застосування мета каоліну як мікронаповнювача бетону дає такі позитивні ефекти:

- збільшення приросту міцності на стиск та вигин;
- зниження проникності бетону, підвищує його водонепроникність;
- зниження водо потреби бетонної суміші;
- підвищення опірності до сульфатної корозії та агресивних середовищ;
- зниження утворення кальцієвих висолів на поверхні бетону;
- часткове заміщення цементу метакалініном дає змогу зменшити викиди CO_2 .

Для виготовлення бетонів із використанням метакалініну застосовується стандартне обладнання бетонозмішувальних цехів, але з підвищеними вимогами до точності дозування тонкодисперсних матеріалів та інтенсивності змішування.

Метакаолін – дуже дрібнодисперсний, реакційно-активний порошок. Щоб реалізувати його переваги й уникнути пиління, грудкування та похибок дозування, необхідна модернізація бетонозмішувального цеху за чотирма напрямками: приймання й зберігання, транспортування, дозування, змішування та контроль якості.

1. Приймання і зберігання дрібнодисперсного порошку

Силоси для мета каоліну повинні забезпечувати герметичність, бути оснащеними антипиловими муфтами, показчиками рівня та системою розрихлення (аерація, віброактиватори). Необхідно вживати заходів щодо пилогазоочистки: встановлювати фільтри на кришках силосів (картриджні або рукавні), застосовувати локальну аспірацію вузлів пересипання, щоб зменшити пил і втрати продукту.

Клімат-контроль повинен виконуватися у вигляді підтримання сухості зберігання (контроль точки роси, вентиляція) для мінімізації злежування.

2. Транспортування та подача до дозатора

Для подачі метакаоліну від транспортного засобу до місця зберігання, а також від силосів до дозаторів потрібно застосовувати пневмотранспорт низького тиску. Перевагами такої подачі є контрольований потік повітря з циклонами/фільтрами на кінцевих точках, щоб транспортувати порошок без агломерації. Можливе застосування шнекових живильників для переміщення мета каоліну. Вони повинні бути з регульованою подачею для коротких ділянок, із антизлежувальними вставками і рівномірним завантаженням.

3. Дозування

Точне дозування всіх метакаоліну є надзвичайно важливим для отримання високоякісного бетону з мета каоліном у складі, оскільки він зазвичай заміщує від 5% до 15% цементу.

Для дозування мета каоліну повинен застосовуватися окремий ваговий бункер з точністю дозування не більше $\pm 0,5-1,0\%$ від порції.

4. Змішування з компонентами бетону

Головна вимога до обладнання – це здатність забезпечити високу однорідність бетонної суміші. Неякісне змішування призведе до того, що метакаолін не зможе повноцінно вступити в пуцоланову реакцію та виконати свою функцію ущільнювача мікроструктури, і, як наслідок, знизить очікуваний ефект підвищення міцності та довговічності бетону.

При використанні тонко дисперсних добавок в складі бетону рекомендується застосування примусових змішувачів – двохвальних або планетарних. Такі змішувачі забезпечують інтенсивне зсувне перемішування та рівномірний розподіл метакаоліну в цементній матриці.

Може знадобитися оптимізація конфігурації лопатей: заміна/налаштування лопатей і скребків для зменшення «мертвих зон» і прискорення диспергування дрібнодисперсних часток.

Найкращі результати досягаються, коли метакаолін вводиться разом з цементом або додатковою водою та суперпластифікатором після попереднього змішування основних сухих компонентів (цемент, пісок, щебінь). Це допомагає уникнути агрегації (злипання) тонких частинок.

При використанні метакаоліну, як і будь-якого тонкодисперсного порошкоподібного матеріалу, виникають певні ризики та небезпеки, що потребують дотримання правил охорони праці.

Основні ризики:

- Пиління: метакаолін має дуже дрібні частки, які легко потрапляють у повітря, створюючи ризик інгаляції.
- Вплив на органи дихання: тривале вдихання пилу може спричинити подразнення слизових оболонок, кашель, бронхіт або розвиток професійних захворювань (пневмоконіоз).
- Подразнення шкіри та очей: при контакті з вологою утворює лужне середовище, що може викликати сухість, дерматит чи кон'юнктивіт.

- Злежування та грудкування: при неправильному зберіганні метакаолін може утворювати грудки, що ускладнює дозування та створює додаткове пиління при руйнуванні.
- Ергономічні ризики: при ручному пересипанні з мішків або гнучких котейнерів можливі травми через вагу тари та незручність роботи.

Вимоги по охороні праці при роботі з метакаоліном :

1) Захист органів дихання:

- використання респіраторів - персонал, що працює у зоні пилоутворення (завантаження, обслуговування, прибирання розливів), повинен обов'язково використовувати протипилові респіратори з високим ступенем фільтрації (наприклад, класу FFP2 або FFP3).

- примусова вентиляція – у приміщеннях, де відбувається робота з метакаоліном, повинна бути встановлена та ефективно працювати примусова вентиляція та місцева витяжна система для захоплення пилу безпосередньо в місцях його утворення (наприклад, біля дозаторів та змішувачів).

2) Захист шкіри та очей:

- захисні окуляри/щитки: - обов'язкове використання щільно прилеглих захисних окулярів або лицьових щитків для запобігання потраплянню пилу в очі.

- захисний одяг: працівники повинні носити спецодяг, що захищає відкриті ділянки шкіри.

- рукавиці – використання захисних рукавиць, стійких до лужного середовища (наприклад, нітрилові або гумові), особливо при роботі з вологою сумішшю.

3) Організаційні та технологічні вимоги:

- герметизація обладнання – усі вузли, пов'язані зі зберіганням, транспортуванням та дозуванням метакаоліну (силоси, шнеки, дозатори), мають бути максимально герметизовані для мінімізації пилоутворення.

- чистота робочого місця - регулярне прибирання приміщень вологим способом або за допомогою промислових пилососів із HEPA-фільтрами. Забороняється сухе підмітання, яке піднімає пил у повітря.

- навчання персоналу – проведення обов'язкового інструктажу для персоналу щодо правильних методів роботи з порошковими матеріалами, використання ЗІЗ та дій у разі аварійних ситуацій.

4) Допомога при контакті:

- контакт зі шкірою – при потраплянні на шкіру негайно промити уражену ділянку великою кількістю води та нейтральним милом.

- контакт з очима – негайно промивати очі великою кількістю чистої проточної води протягом щонайменше 15 хвилин та звернутися до лікаря.

- вдихання – вивести потерпілого на свіже повітря.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. 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 : УкрНДНЦ, 2017. 34 с.
2. Шишкін О.О., Іванов Є.Г., Хільченко О.П. Проектування підприємств з виробництва залізобетонних виробів : навч.посібник. Кривий Ріг : Мінерал, 2002. 115 с.
3. Клімов, Ю. (2024). Експериментальні дослідження міцності на розтяг бетону армованого базальтовою фіброю. Будівельні конструкції. Теорія і практика, (15), с. 5–18.
4. Турба Ю.В. Тріщиностійкість дисперсно-армованого бетону : дис. ... канд. техн.. наук : 05.23.05. Львів : Національний університет «Львівська політехніка», 2021. 25 с.
5. Bolotov, M., Bolotov, H., Prybytko, I., Korzachenko, M. (2024). Sustainable practices of concrete manufacturing. Technical sciences and technologies, (2(36)), p. 15-30.
6. 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.
7. 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.
8. ДСТУ Б В.2.7-46:2010 Будівельні матеріали. Цементи загальнобудівельного призначення. Технічні умови. На заміну ДСТУ Б В.2.7-46-96 ; чинний від 2011-09-01. Вид. офіц. Київ : Мінрегіон України, 2011. 20 с.
9. ДСТУ Б В.2.7-29-95 Будівельні матеріали. Дрібні заповнювачі природні, із відходів промисловості, штучні для будівельних матеріалів,

виробів, конструкцій та робіт. Класифікація. З Поправкою. На заміну ГОСТ 25137-82 (СТ СЭВ 5445-85) у частині вимог до дрібних заповнювачів ; чинний від 1996-01-01. Вид. офіц. Київ : Мінрегіон України, 1995. 21 с.

10. 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.

11. 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.

12. ДСТУ Б В.2.7-74-98. Будівельні матеріали. Крупні заповнювачі природні, із відходів промисловості, штучні для будівельних матеріалів, виробів, конструкцій та робіт. Класифікація. З Поправкою. На заміну ГОСТ 25137-82 (СТ СЭВ 5445-85) у частині вимог до великих заповнювачів ; чинний від 1999-01-01. Вид. офіц. Київ : Держбуд України, 1999. 16 с.

13. 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.

14. ДСТУ EN 934-1:2022 Додатки для бетону та будівельного розчину. Частина 1. Загальні вимоги (EN 934-1:2008, IDT). Чинний від 2023-12-31. Брюссель : CEN, 2007. 11 с.

15. ДСТУ EN 934-2:2019 Додатки для бетонів і будівельних розчинів. Частина 2. Додатки для бетонів. Визначення, вимоги, відповідність, маркування та етикетування (EN 934-2:2009+A1:2012, IDT). На заміну ДСТУ Б В.2.7-171:2008 (EN 934-2:2001, NEQ) ; чинний від 2025-02-01. Київ : Технічний комітет стандартизації ТК 303 «Будівельні конструкції», 2025. 37 с.