

Вступ

Завод із виготовлення залізобетонних палей є фундаментальною складовою сучасної будівельної індустрії, що забезпечує високу якість, надійність і довговічність інженерних споруд. З розвитком урбанізації, зростанням інфраструктурних проєктів та промислового будівництва роль залізобетонних палей у створенні стабільних і довговічних основ конструкцій постійно зростає. Їх використання має вирішальне значення для підтримки якості та стійкості сучасних будівельних систем.

Залізобетонні палі забезпечують широкий спектр інженерних рішень. Їх застосування є ключовим у спорудженні висотних будівель, мостів, промислових об'єктів і важливих інфраструктурних проєктів, таких як тунелі, гідротехнічні споруди та енергетичні комплекси. Унікальні властивості цих конструкцій дозволяють забезпечувати рівномірний розподіл навантажень на ґрунт, мінімізувати ризики осідання та забезпечувати стабільність навіть у найскладніших геологічних умовах, таких як регіони з високим рівнем ґрунтових вод або нестійкими ґрунтами. Залізобетонні палі стали основою для реалізації багатьох інноваційних інженерних рішень, спрямованих на підвищення стійкості та довговічності сучасних споруд.

Історія розвитку залізобетонних конструкцій є свідченням їхньої універсальності та ефективності. Ще за часів Давнього Риму інженери активно використовували бетон, склад якого включав вапно і вулканічний попіл. Проте справжнього технологічного прориву було досягнуто лише в XIX столітті, коли було винайдено портландцемент, а до бетонної суміші почали додавати арматуру, створюючи сучасні залізобетонні конструкції. Цей прорив дав змогу будувати складні та масштабні конструкції з підвищеною міцністю й довговічністю. Подальший розвиток технологій у XX і XXI століттях дозволив значно вдосконалити методи виготовлення та використання залізобетонних виробів, забезпечивши їхню широку інтеграцію в будівельну індустрію.

Проектування заводу з виготовлення залізобетонних палей є складним і багатокомпонентним процесом, що вимагає врахування численних технічних, економічних і екологічних аспектів. Ключовим є забезпечення оптимального вибору матеріалів, дотримання технологічних стандартів і реалізації систем контролю якості на кожному етапі виробництва. Сучасне проектування передбачає використання передових автоматизованих систем, які забезпечують високу точність, зменшують вплив людського фактора й дозволяють досягти високої рентабельності виробництва. Автоматизація виробничих процесів сприяє не лише підвищенню ефективності, а й створює умови для мінімізації витрат енергії та ресурсів.

Одним із найважливіших аспектів проектування заводу є врахування його інфраструктурного розташування. Вибір місця для будівництва визначається доступністю транспортних шляхів, наявністю джерел сировини та забезпеченням інженерних комунікацій. Наприклад, використання місцевих кар'єрів для постачання піску та щебеню зменшує логістичні витрати, тоді як розташування заводу поблизу залізничних колій чи автомагістралей значно спрощує транспортування готової продукції. Крім того, проектування заводу включає планування складів для зберігання матеріалів і готової продукції, які мають відповідати сучасним нормативам та забезпечувати ефективну організацію виробничих процесів.

Сучасні технології виготовлення залізобетонних паль включають застосування інноваційних матеріалів і рішень, які дозволяють забезпечити високу якість та довговічність продукції. Серед них слід відзначити хімічні добавки, такі як високодисперсний органічний кальцит (крейда), що підвищує водонепроникність бетону, а також захисні просочення, які запобігають корозії арматури. Такі матеріали забезпечують здатність залізобетонних паль протистояти агресивним зовнішнім впливам, продовжуючи термін їхньої експлуатації. Впровадження цих інновацій сприяє підвищенню конкурентоспроможності підприємства та забезпечує відповідність продукції сучасним стандартам будівельної індустрії.

Екологічна складова є важливою частиною проекту. Використання ресурсозберігаючих технологій, альтернативних джерел енергії, таких як сонячні панелі, та сучасних систем очищення води дозволяє зменшити вплив підприємства на навколишнє середовище. Увага до сталого розвитку є не лише відповіддю на сучасні виклики екології, але й вагомою перевагою для підприємства, що прагне зменшити свій екологічний слід.

Метою даної магістерської роботи є комплексний аналіз і проектування заводу з виготовлення залізобетонних паль. У дослідженні розглядаються всі етапи виробництва — від підготовки сировини до виготовлення готової продукції, включаючи впровадження заходів контролю якості та екологічної безпеки. Особлива увага приділяється аналізу сучасних технологічних рішень, що дозволяють забезпечити високу продуктивність і відповідність продукції вимогам міжнародних стандартів. У роботі також висвітлено підходи до оптимізації виробничих процесів і підвищення енергоефективності підприємства.

Таким чином, створення заводу з виготовлення залізобетонних паль є стратегічно важливим кроком у розвитку будівельної індустрії, який сприяє підвищенню якості будівельних конструкцій, зменшенню витрат на їхнє обслуговування та забезпеченню довговічності споруд. Реалізація такого проєкту сприяє не лише задоволенню потреб будівельної галузі, але й створенню нових робочих місць, підвищенню економічного потенціалу регіону та забезпеченню сталого розвитку в умовах сучасних екологічних викликів.

1. Загальна частина

Для будівництва заводу з виготовлення залізобетонних паль обрано район поблизу міста Кривий Ріг, що розташований у центральній частині Дніпропетровської області. Дане місце було обрано завдяки його вигідному географічному положенню, наявності розвиненої інфраструктури та близькості до основних джерел сировини і споживачів продукції. Вибір району також зумовлений наявністю кваліфікованої робочої сили, транспортної доступності та достатнього обсягу ресурсів для забезпечення виробничих потреб підприємства.

У цьому регіоні є значні родовища сировини, необхідної для виготовлення залізобетонних конструкцій. Основні ресурси включають:

- Цемент, який постачається з цементного заводу в радіусі 50 км, що забезпечує стабільні поставки без затримок.
- Пісок і щебінь, доступні з місцевих кар'єрів, зокрема таких, що розташовані в межах 30 км, що мінімізує транспортні витрати.
- Арматурна сталь, яку виробляють металургійні підприємства Кривого Рогу та сусідніх регіонів, що гарантує якість і регулярність постачання.
- Вода, яка забезпечується місцевими водозаборами, з можливістю збільшення обсягів постачання для технологічних потреб підприємства.

Енергопостачання заводу здійснюється через регіональну електромережу, яка має запас потужності для промислових об'єктів. Крім того, передбачено можливість встановлення резервних генераторів для забезпечення безперервності роботи в разі аварійних ситуацій. Проєкт також передбачає використання альтернативних джерел енергії, таких як сонячні панелі, для часткового забезпечення виробничих потреб.

Основними споживачами продукції заводу є:

- Будівельні компанії регіону, які займаються зведенням житлових, промислових і комерційних будівель. Стабільний попит із боку цих компаній забезпечує постійне завантаження виробничих потужностей.
- Підприємства, що спеціалізуються на інфраструктурному будівництві, включаючи мости, дороги та інженерні споруди. Особливо актуально це для реконструкції транспортних магістралей у Дніпропетровській області.
- Локальні склади будівельних матеріалів, які займаються роздрібною торгівлею та забезпечують малих споживачів у межах регіону.

Проектоване підприємство спеціалізується на виготовленні залізобетонних палей, які використовуються як конструктивні елементи для створення фундаментів, підпирних конструкцій та інших критично важливих об'єктів. Основна продукція — залізобетонні палі марки С190 30С, які мають широкий спектр застосування в різних галузях будівництва.

Завод має високу ступінь спеціалізації, орієнтовану на масовий випуск залізобетонних палей із забезпеченням можливості адаптації до індивідуальних потреб замовників. Така гнучкість дозволяє задовольняти вимоги будівельних компаній різних масштабів, а також брати участь у державних тендерах на постачання будівельних матеріалів.

Завод відноситься до середніх підприємств за класифікацією будівельної галузі. Його річна продуктивність становить 6,500 м³ залізобетонних конструкцій, що еквівалентно 3801 шт. залізобетонних палей, що дозволяє забезпечувати потреби регіонального ринку та здійснювати експорт до сусідніх областей.

Завод розміщений із дотриманням усіх протипожежних і санітарних норм:

- **Відстань до житлових районів** — не менше 500 м, що забезпечує зниження рівня шуму та викидів.
- **Відстань до промислових об'єктів** — не менше 300 м, що відповідає санітарно-захисним вимогам.
- **Санітарно-захисна зона** обладнана зеленими насадженнями, які створюють природний бар'єр від шуму та пилу.

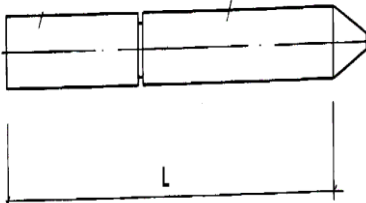
Район будівництва має розвинену мережу житлових районів із достатньою кількістю кваліфікованих працівників. Для залучення персоналу передбачено створення сучасних умов праці, включаючи професійний розвиток, соціальні гарантії та комфортні побутові умови. Особлива увага приділяється забезпеченню безпеки на робочих місцях.

Підприємство призначене для виробництва залізобетонних паль згідно з ДСТУ Б В.2.6-65:2008.

Спроектоване підприємство є спеціалізованим заводом з виробництва залізобетонних виробів, оснащеним сучасним обладнанням та застосуванням новітніх світових технологій у галузі бетону.

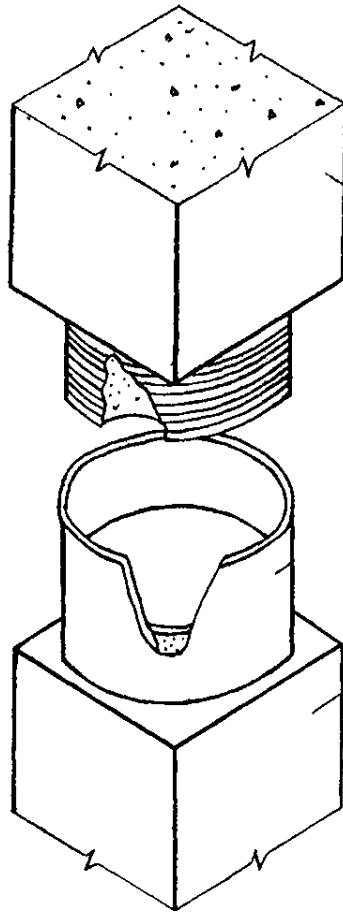
Таблиця 1

Номенклатура продукції, що випускається:

Найменування виробів	Ескіз виробів	Марка виробів	Відповідний ДСТУ	Доля, % в загальному випуску	Задана річна продуктивність	
					Куб. м	шт
Залізобетонна палець		C190 30C	ДСТУ Б В.2.6-65:2008	100	6500	3801

Таблиця 2

Марка виробу	Розміри виробу, мм	Клас бетону за міцністю	Маса виробу кг(т)	Видаток матеріалів	
				бетон, м ³	сталь, кг
C190 30C	19000x300x300	C 20/25	4250 (4,25)	1,71	128,2



2. Вибір і обґрунтування технології виробництва

Для виготовлення залізобетонних паль приймаємо стендовий спосіб виробництва. Даний метод передбачає виготовлення виробів у нерухомих формах або бортоснасті, які розташовані на спеціальних бетонних майданчиках-стендах. Така технологія є найбільш доцільною для виробництва довгомірних залізобетонних конструкцій, включаючи палі, ферми, балки та інші вироби, що вимагають підвищеної точності виконання і якості.

Стендовий спосіб організації виробництва базується на нерухомості виробів у процесі виготовлення. Машини, обслуговуючі механізми та робітники пересуваються, виконуючи відповідні технологічні операції. Такий підхід дозволяє забезпечити високу якість продукції та раціональне використання ресурсів.

Переваги стендового способу

1. **Гнучкість:** стендовий метод дозволяє виготовляти продукцію різних типорозмірів і конфігурацій без значних змін у виробничому процесі.
2. **Економічність:** мінімізуються витрати на транспортування форм і виробів, оскільки вони залишаються нерухомими під час виробничого циклу.
3. **Висока якість:** нерухомість форм забезпечує точність геометричних параметрів виробів і рівномірність ущільнення бетону.
4. **Раціональне використання ресурсів:** можливість паралельного виготовлення кількох виробів у межах одного стенду.

Варіанти організації виробництва

1. **Послідовний рух:** Цей підхід передбачає виконання операцій для одного виробу, після чого механізми та робітники переходять до наступного стенду. Такий метод підходить для малих обсягів виробництва, але менш ефективний для серійного виготовлення.
2. **Паралельний рух:** Виготовлення виробів виконується одночасно на декількох стендах, де кожна бригада працює над окремим виробом. Це значно підвищує продуктивність і скорочує час виробництва.
3. **Паралельно-послідовний рух:** Комбінує елементи обох підходів, забезпечуючи оптимальне використання ресурсів. Наприклад, підготовка форми може здійснюватися послідовно, а заливка бетону — паралельно.

Прийнятий стендовий спосіб виробництва дозволяє досягти оптимального співвідношення між продуктивністю, економічністю та якістю виготовлення залізобетонних паль. Завдяки своїй універсальності та адаптивності до різних умов виробництва, цей метод є найбільш обґрунтованим вибором для даного проекту.

3. Розрахунок фондів часу роботи підприємства

Щоб мати можливість розрахувати режим роботи організації призначаємо:

- номінальний фонд часу роботи обладнання,
робочих днів на рік (T_n) 260;
- тривалість робочої зміни ($t_{зм}$), год. 8;
- робочих змін 1;

Річний фонд часу роботи технологічного обладнання визначаємо за формулою:

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

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

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

Виходячи з таблиць 3 та 4, приймаємо:

$T_{пер}$ – втрати робочого часу, які пов'язані з переналагоджуванням
формульованого обладнання (для стендового виробництва), 7 діб.

$T_{рем}$ – термін запланованого призупинення обладнання на ремонт (для
стендового виробництва), 6 діб.

Таблиця 3

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-поточкова	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

Таблиця 4

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

Тоді

$$T_{річ} = 260 - 7 - 4 = 249 \text{ діб}$$

Змінний фонд продуктивної праці $t_{змн}$, розмір якого визначаємо за формулою:

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

- де $K_{вс}$ – коефіцієнт внутризмінного продуктивного використання робочого часу.

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

де e – кількість регламентованих додаткових витрат часу на протязі зміни.

q_i – тривалість внутризмінних регламентованих додаткових витрат часу, у відсотках від оперативного часу (для стендового методу):

Підготовчо-завершальні роботи	– 4 % (480·0,04=20 хв.);
Обслуговування робочого місця	– 4% (480·0,04=20 хв.);
Перерви технологічні t_m	– 2% (480·0,02=10 хв.);
Відпочинок та особисті потреби $t_{від}$	– 10% (480·0,10=48 хв.);
Усього	– 20%.

$$K_{вс} = 1 - \frac{4 + 4 + 2 + 10}{100} = 0,8$$

Термін робочого часу у зміну:

$$t_{змн} = 0,8 \cdot 8 = 6,4 \text{ год}$$

Таблиця 5. Показники робочого фонду часу

Період часу	Показники			
	Номінальні		Розрахункові	
	Діб	Годин	Діб	Годин
Зміна	–	$t_{3M} = 8$	–	$t_{3MP} = 6,4$
Доба	1	$T_{ДОБ\ H} = t_{3M} \times n_{3M} = 8 \times 1 = 8$	1	$T_{ДОБ} = t_{3MP} \times n_{3MP} = 6,4 \times 1 = 6,4$
Місяць	$T_M = \frac{T_H}{12} = \frac{260}{12} = 21,67$	$T_M \times t_{3M} \times n_{3M} = 21,67 \times 8 \times 1 = 173,44$	$T_{MP} = T_{річ} / 12 = 249 / 12 = 20,75$	$T_{MP} \times t_{3MP} \times n_{3M} = 20,58 \times 6,4 = 131,7$
Рік	$T_H = 260$	$T_H \times t_{3M} \times n_{3M} = 260 \times 8 \times 1 = 2080$	$T_{річ} = 249$	$T_{річ} \times t_{3MP} \times n_{3M} = 249 \times 6,4 \times 1 = 1593,6$

4. Наукова частина

Залізобетонні палі є невід'ємною частиною сучасного будівництва, особливо в складних інженерних і геологічних умовах, і дозволяють переносити навантаження з конструкцій на глибокі і стійкі шари ґрунту. Вони широко використовуються в мостобудуванні, фундаментних системах багатоповерхових будівель, гідротехнічних спорудах і підземних спорудах, де надійність і довговічність конструкцій мають першорядне значення.

Одним з найважливіших параметрів залізобетонних паль, що визначають їх експлуатаційну надійність, є водостійкість. Постійний контакт з водою, в тому числі з ґрунтовими водами і агресивними середовищами, викликає ряд несприятливих явищ, таких як вбирання вологи, корозія армуючих матеріалів, зниження міцності бетону і руйнування загальних конструкцій. Знижена водостійкість може привести до швидкого руйнування фундаменту і привести до значних фінансових витрат на ремонт або реконструкцію конструкцій.

Проблема водостійкості залізобетонних паль набуває особливого значення при роботі в дуже агресивних умовах. Наприклад, ґрунти з високим вмістом сульфатів або інших агресивних хімічних компонентів, а також умови з високим рівнем ґрунтових вод. Дослідження показали, що якщо залізобетонні палі не захищені належним чином, їх довговічність може бути значно знижена, що вплине на несучу здатність всієї конструкції.

Метою даного дослідження є те, що для забезпечення довговічності системи фундаменту необхідно розробити і впровадити ефективний метод

підвищення водостійкості залізобетонних паль. Це дослідження особливо важливе для реалізації проекту будівництва заводу з виробництва залізобетонних паль, який я розглядаю в рамках своєї роботи. Висока водостійкість палі – головний критерій її якості, адже конструкція витримує агресивні умови експлуатації, і від цього залежить її здатність забезпечувати надійність будівель і споруд.

Це дослідження спрямоване на оцінку теоретичних аспектів гідроізоляції залізобетонних паль і надання практичних рекомендацій щодо поліпшення їх властивостей. У цьому дослідженні будуть розглянуті сучасні методи оцінки водостійкості, включаючи лабораторні випробування і стандартні підходи, а також проаналізована можливість поліпшення водостійкості з використанням новітніх технологій і матеріалів.

Особлива увага на підприємстві приділяється вибору матеріалів і технологій, що використовуються при виготовленні залізобетонних паль. Оптимізація складу бетонної суміші, введення хімічних добавок і просочувальних складів дозволяє створювати вироби, що відповідають найвищим вимогам до якості і довговічності. Дослідження спрямоване на вирішення практичних проблем, з якими будівельна галузь стикається в сучасних умовах.

Водостійкість залізобетонних паль визначається як здатність конструкцій витримувати потрапляння води і захищати внутрішню арматуру від корозійних процесів. Це властивість важливо для довговічності пальових фундаментів, які часто використовуються у вологих і агресивних середовищах, таких як ґрунтова вода, морська вода, а також в середовищах з високим вмістом хімічних речовин.

Основними фізичними факторами, що впливають на водостійкість, є щільність і пористість бетону, а також наявність мікротріщин, які сприяють капілярному проникненню води. Вплив агресивних середовищ, таких як хімічні речовини та перепади температури, збільшує руйнування матеріалу. У зв'язку з цим водостійкість залізобетонних паль має вирішальне значення для забезпечення стійкості фундаменту в складних умовах експлуатації.

Водостійкість бетону залежить від низки фізико-хімічних параметрів, таких як:

Пористість бетону. Пори в цементному камені є основними каналами для проникнення води. Їхня кількість та розмір визначають швидкість водопоглинання. Використання добавок, таких як SikaMixPlus, дозволяє зменшити пористість та покращити структуру бетону.

Щільність бетону. Щільніший бетон має менше капілярних каналів, що зменшує проникнення води. Дотримання технології ущільнення бетонної суміші є одним із ключових аспектів забезпечення водостійкості.

Хімічна стійкість цементу. У сульфатостійкому цементі утворюється менше розчинних сполук, що підвищує стійкість бетону до агресивних середовищ.

Додавання гідрофобізаторів. Спеціальні хімічні добавки створюють водовідштовхуючі бар'єри на поверхні або всередині бетонної структури.

4.1 Використання хімічних добавок та просочення бетону

Одним із ключових параметрів, що впливають на водостійкість залізобетону, є співвідношення між міцністю бетону та його здатністю протистояти проникненню води. Як показано на рис. 1, підвищення міцності бетону позитивно впливає на його водонепроникність, що підтверджується експериментальними даними.

Таблиця 6. Результати фізико-механічних характеристик експериментальних зразків

№ Серії	Склад РОЗЧИНУ ЗРАЗКА – КУБИКА			Обмазка- кубика		Пенетрон	мазут	Міцність на стиск, кгс/см ²	Водонепрон икність, W
	Цемент, г	Пісок ,г	Щебінь, г	Вода, г	SikaMix Plus				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	350	600	1100	147	0.7	-	-	296	8
2	350	600	1100	147	0.7	-	-	298	8
3	350	600	1100	147	0.7	-	-	302	10
4	350	600	1100	147	0.7	-	-	305	10
5	350	600	1100	147	0.7	+	-	281	12
6	350	600	1100	147	0.7	+	-	287	12
7	350	600	1100	147	0.7	+	-	294	12
8	350	600	1100	147	0.7	+	-	312	14
9	350	600	1100	147	0.7	-	+	201	12
10	350	600	1100	147	0.7	-	+	209	12
11	350	600	1100	147	0.7	-	+	212	12
12	350	600	1100	147	0.7	-	+	216	14

Рис.1. Відношення водонепроникності до міцності бетону (кубики звичайні)



Графік показує залежність: чим вище міцність на стиск, тим вище водостійкість бетону. Це пов'язано зі зменшенням кількості капілярних каналів в бетонних конструкціях, які є основним шляхом проникнення води.

Водостійкість залізобетонних паль може бути значно знижена під впливом різних факторів, таких як механічні пошкодження, хімічна агресивність, вплив температури і недоліки технічних операцій. Аналіз цих факторів є ключем до розробки ефективних методів збереження.

Механічні пошкодження. Вбивання палі в ґрунт супроводжується значною механічним навантаженням, яка може пошкодити цілісність захисного покриття. Це відкриває доступ воді до пористої структури бетону і знижує його довговічність. Крім того, мікротріщини, що утворюються в процесі жовтня, сприяють капілярному підйому води.

Хімічна агресія. Підземні води часто містять агресивні хімічні речовини, такі як сульфати та хлориди. Їх вплив призводить до утворення вторинних продуктів корозії цементних каменів, які збільшують пористість і сприяють руйнуванню конструкції.

Вплив температури. Цикл замерзання і відтавання води в порах бетону є ще одним важливим фактором. При заморожуванні вода розширюється, викликаючи збільшення розміру пір і тріщин, що значно знижує водостійкість.

Недоліки технологічного процесу. Такі відхилення від технології виробництва бетону, як недостатнє ущільнення суміші, неправильно підібраний склад або порушення процесу укладання, сприяють збільшенню кількості пір і мікротріщин в бетоні.

Дослідження показують, що просочення бетону спеціальними матеріалами, такими як Пенетрон, дозволяє значно знизити негативний вплив вищезазначених чинників. На рис. 2 та рис. 3 представлено порівняння залежності водонепроникності від міцності для різних типів просочення.

Рис.2. Відношення водонепроникності до міцності бетону (кубики, що просоченні Пенетроном)



Рис.3. Відношення водонепроникності до міцності бетону (кубики, що просоченні мазутом)



Аналіз факторів, що знижують водостійкість залізобетонних палей, показує важливість використання сучасних просочуючих матеріалів для мінімізації їх впливу. Використання пенетрону забезпечує значно вищу водостійкість у порівнянні з традиційними матеріалами, такими як мазут.

Проникнення води в бетон відбувається через пористу структуру цементних каменів, капіляри і мікротріщини. Гідростатичний тиск і капілярна сила сприяють підйому води в бетоні. Утворення розчинних сполук з іонів кальцію, що містяться в цементних каменях, призводить до зниження міцності матеріалу.

Залізобетонні палі постійно взаємодіють з водним середовищем, включаючи ґрунтові, осадові або поверхневі води. Ця взаємодія є визначальним фактором довговічності та продуктивності. Процеси, що відбуваються в залізобетоні під впливом води, визначаються фізико-хімічними механізмами проникнення води і реакцією компонентів цементних каменів з агресивними хімічними речовинами.

Основним методом проникнення води в Залізобетон є пориста структура, що утворюється при застиганні цементної суміші. Пори бетону діляться на 2 типи:

Капілярні пори дозволяють воді проникати в товщу бетону під дією капілярного тиску.

Гелеві пори, що утворюються при гідратації цементу, мають невеликі розміри і не є основним каналом водопроникності.

При контакті з водою в бетоні відбувається капілярний підйом через пористості і мікроструктури цементного каменю. Вода може підніматися на висоту до декількох метрів і насичувати матеріал вологою.

Вода, що містить домішки особливо агресивних хімікатів, викликає хімічну реакцію з компонентами цементного каменю. Найбільш поширеними з них є:

Сульфатна корозія. Сульфатні іони взаємодіють з продуктами гідратації цементу, утворюючи етингідрат, який викликає розширення та розтріскування бетону.

Хлоридна корозія. Хлорид-іони прискорюють процес корозії арматури і знижують міцність конструкції.

Корозія вуглекислого газу. Проникнення CO_2 – в бетон призводить до карбонізації цементного каменю, що знижує його рН і знижує його захисні властивості, пов'язані з армуванням.

Важливу роль у механізмах взаємодії відіграють осмотичний тиск і гідростатичний вплив води. У воді з агресивними компонентами створюється градієнт хімічного потенціалу між водою всередині пор бетону та водою, що контактує з поверхнею. Це сприяє:

Міграції активних компонентів води вглиб структури бетону. Утворенню нерозчинних кристалів, які блокують капіляри та пори. Як зазначено в статті, це є основним принципом дії гідроізоляційних матеріалів, таких як Пенетрон.

Якість бетону, зокрема його мікроструктура, визначає здатність матеріалу протидіяти проникненню води. Дослідження показують, що:

Просочувальні матеріали створюють у порах бетону кристалічну структуру, яка ефективно блокує проникнення води.

Оцінка впливу хімічних добавок на водостійкість бетону.

Дослідження показали, що використання спеціальних хімічних добавок, таких як SikaMixPlus, у бетонній суміші суттєво підвищує його водостійкість. Добавки знижують водоцементне співвідношення, що сприяє зменшенню кількості пор та капілярних каналів у цементному камені. Це дозволяє суттєво покращити експлуатаційні характеристики бетону.

Під час експериментів було виготовлено кілька серій бетонних зразків із додаванням SikaMixPlus у різних пропорціях. Результати показали, що навіть незначна кількість добавки (0,1% від маси цементу) дозволяє підвищити водонепроникність до класу W10–W12, що перевищує показники звичайного бетону.

Добавка SikaMixPlus значно покращує мікроструктуру бетону, підвищуючи його стійкість до проникнення води.

Ефективність просочувальних матеріалів

Експериментальні дослідження впливу просочувальних матеріалів, таких як Пенетрон та мазут, показали суттєву різницю у результатах.

Зразки, просочені Пенетрон, продемонстрували:

Максимальну глибину проникнення активних компонентів (до 10 мм).

Збільшення водонепроникності до класу W14.

Підвищення міцності на стиск на 10–15%.

Зразки, просочені мазутом, мали нижчі характеристики:

Глибина проникнення становила лише 5–6 мм.

Водонепроникність обмежувалася класом W10.

Міцність на стиск залишалася без значних змін.

4.2 Використання високодисперсного органогенного кальциту (крейди) для підвищення водостійкості бетону

Додавання крейди до складу бетонної суміші – це сучасний спосіб підвищення водостійкості бетону. Крейда як високодисперсний мінерал знижує пористість цементних каменів і значно покращує фізико-механічні властивості бетону. Його застосування сприяє формуванню більш щільної мікроструктури, підвищує клас водонепроникності і знижує водопоглинання матеріалу.

Основними механізмами впливу крейди на водостійкість бетону є:

- **Ущільнення мікроструктури.** Введення крейди сприяє зменшенню кількості капілярних пор у цементному камені.
- **Зниження водопоглинання.** Частинки крейди заповнюють пори, утворюючи бар'єр для проникнення води.
- **Оптимізація процесів гідратації.** Завдяки зменшенню водоцементного співвідношення утворюються низькоосновні гідросилікати кальцію, що підвищує механічну міцність бетону [3].

Експериментальні дослідження показали, що додавання крейди до бетонної суміші суттєво впливає на її водостійкість:

При додаванні 5% крейди (від маси цементу) водонепроникність підвищується з класу W6 до W8.

При додаванні 10% крейди клас водонепроникності підвищується до W10, а водопоглинання зменшується на 20%.

Максимальний ефект спостерігається при введенні 15% крейди – клас водонепроникності досягає W12, а водопоглинання знижується на 30% [2].

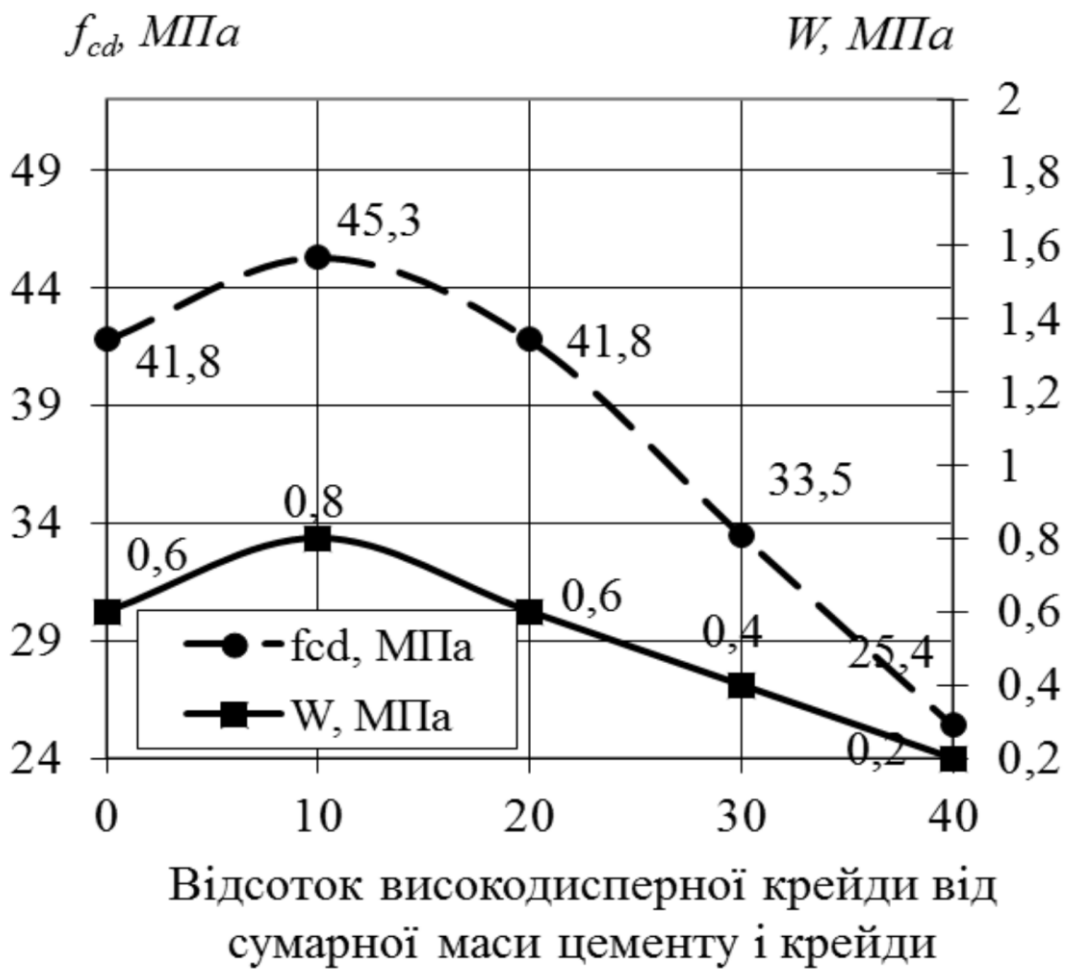


Рис.4.

Залежність міцності на стиск (f_{cd}) та водонепроникності (W) бетонних зразків від вмісту крейди

Результуюче збільшення показників водонепроникності забезпечує зниження ступеня впливу агресивного рідкого середовища, особливо сульфатних і магнезійних поверхневих і підземних вод.

Крейда є доступним і недорогим матеріалом, що значно знижує витрати на виробництво бетонної суміші. Її використання не потребує суттєвих змін у технологічному процесі, що робить метод економічно вигідним [3].

В результаті проведеного дослідження, можемо виділити три основні методи підвищення водостійкості залізобетонних палей:

1. **Добавка SikaMixPlus**

SikaMixPlus – це хімічна добавка для бетонних сумішей, яка знижує водоцементне співвідношення, покращує структуру бетону і збільшує його водонепроникність.

Основні результати:

- Зниження водопоглинання до 15%.
- Підвищення класу водонепроникності до W12 навіть при додаванні 0,1% добавки [1].

Переваги:

1. **Зменшення пористості.** Добавка сприяє ущільненню цементного каменю, що знижує капілярну проникність.
2. **Економічність.** Невелика кількість (0,1–0,15% від маси цементу) забезпечує значний ефект.
3. **Легкість інтеграції.** Не вимагає змін у технологічному процесі виробництва бетону.
4. **Підвищення водонепроникності.** Клас водонепроникності збільшується до W10–W12.

Недоліки:

Ефективність залежить від правильного дозування та якості компонентів бетонної суміші.

Не забезпечує додаткового захисту у випадках пошкодження бетону під час експлуатації (наприклад, тріщин).

2. **Просочувальний матеріал Пенетрон**

Пенетрон – це система матеріалів для проникаючої гідроізоляції бетону, яка утворює нерозчинні кристали всередині пор бетону, запобігаючи проникненню води.

Основні результати:

- Підвищення класу водонепроникності до W14.
- Глибина проникнення активних компонентів до 10 мм [2].

Переваги:

- **Висока ефективність.** Забезпечує клас водонепроникності до W14.
- **Глибина проникнення.** Активні компоненти проникають до 10 мм, заповнюючи капіляри та мікротріщини.
- **Самовідновлення.** Завдяки кристалізації, навіть у разі утворення нових тріщин при контакті з водою захист зберігається.

- **Стійкість до агресивних середовищ.** Пенетрон ефективно протидіє дії сульфатів, хлоридів і CO₂.

Недоліки:

- Висока вартість матеріалу та робіт із нанесення.
- Вимагає додаткового етапу обробки після виготовлення паль.

3. Використання високодисперсного органогенного кальциту (крейди)

Високодисперсний органогенний кальцит (крейда) використовується в якості мінеральної добавки до бетонних сумішей для поліпшення їх фізичних і механічних властивостей. Крейда – це натуральний матеріал, що складається в основному з карбонату кальцію (CaCO₃). Його введення сприяє герметизації цементно-кам'яних конструкцій, що забезпечує підвищення водостійкості бетону і зниження водопоглинання.

Основні результати:

- Додавання 10–15% крейди до бетонної суміші дозволяє підвищити клас водонепроникності до W12.
- Водопоглинання знижується на 20 – 30% [3].
- Міцність на стиск зростає на 10 – 15%[3].

Переваги:

- **Доступність та економічність.** Крейда – недорогий і широко доступний матеріал, і ця технологія економічно вигідна для масового виробництва бетонних виробів.
- **Покращення водостійкості.** Значне підвищення класу водонепроникності дозволяє використовувати бетон у конструкціях, які експлуатуються у вологих і агресивних середовищах.
- **Зниження водопоглинання.** Зменшення водопоглинання збільшує довговічність бетону, захищаючи арматуру від корозії.
- **Сумісність із іншими добавками.** Технологія використання крейди може поєднуватися з іншими хімічними добавками, такими як SikaMixPlus, для досягнення максимального ефекту.

Недоліки:

- **Обмеження у використанні.** Ця технологія може бути не дуже ефективна для бетону з високим вмістом добавок з подібними властивостями.
- **Залежність від якості сировини.** Ефективність технології залежить від дисперсності та чистоти крейди. Неякісні матеріали можуть призвести до зниження продуктивності.
- **Необхідність оптимізації складу суміші.** Введення крейди вимагає точного розрахунку кількості та співвідношення, щоб уникнути зниження міцності бетону через надлишок добавок.

Таблиця 7. Порівняння технологій підвищення водостійкості

Технологія	Клас водонепроникності	Вартість	Стійкість до пошкоджень	Простота впровадження	Ефективність у агресивному середовищі
SikaMixPlus	W10 – W12	Низька	Низька	Висока	Середня
Пенетрон	W14	Висока	Висока	Середня	Висока
Крейда	W12	Низька	Середня	Висока	Середня

З огляду на наведені вище дані і зіставлення всіх технологій, найбільш оптимальним вибором є використання високодисперсного органогенного кальциту (крейди) в якості основного методу підвищення водостійкості залізобетонних паль.

Це рішення виправдане своєю доступністю, економічністю і здатністю значно підвищити водостійкість і міцність бетону. Додавання крейди в бетонну суміш знижує водопоглинання до 30% і забезпечує ефективне ущільнення структури цементного каменю, підвищуючи клас водонепроникності до W12, що досить для більшості умов експлуатації.

Крейда – це просте і універсальне рішення, яке не вимагає складних технологічних процесів і може бути легко інтегровано в виробничий цикл. Завдяки своїм характеристикам дана технологія дозволяє оптимізувати собівартість виготовлення залізобетонних конструкцій без втрати їх якості.

Отже, ми приймаємо його для використання.

5. Організація виробництва конструкції

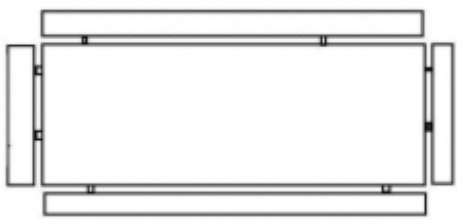
5.1 Технологічні процеси та операції

Таблиця 8. Технологічні процеси й операції

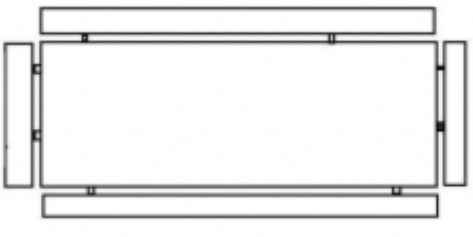
№	Технологічний процес	Технологічна операція
1	2	3
1	Виготовлення бетонної суміші	<ul style="list-style-type: none">- Дозування компонентів бетонної суміші;- Перемішування компонентів бетонної суміші
2	Виготовлення арматурних і закладних виробів	<ul style="list-style-type: none">- Очищення арматурної сталі;- Рівняння арматурної сталі;- Різання арматурної сталі;- Згинання арматурної сталі;- Зварювання;- Збирання плоских каркасів.
3	Формування виробів	<ul style="list-style-type: none">- Розкриття форм;- Чищення та змащування форм;- Закриття форм- Установлення у форму арматурних та закладних виробів;- Укладання бетонної суміші;- Ущільнення бетонної суміші;- Опрацювання готових виробів.
4	Твердіння виробів	Теплова обробка (ТО)
5	Контроль якості виробів	<ul style="list-style-type: none">- Візуальний огляд;- Механічні випробування.
6	Транспортування	<ul style="list-style-type: none">- Транспортування компонентів бетонної суміші;
		<ul style="list-style-type: none">- Транспортування бетонної суміші;- Виймання готових виробів із форм;- Переміщення форм;- Відкриття камер ТО;- Завантаження камери ТО;- Розвантаження камери ТО.

Технологічний процес транспортування не є єдиним, а складається з окремих частин (операцій), які виконуються між технологічними операціями інших процесів.

Поопераційна нормаль №1

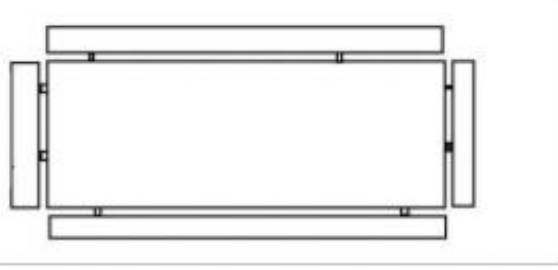
Найменування операцій – Розформування виробів						
I Схема організації робочого місця				II Технічні умови виконання		
				Борти форми повинні бути повністю розкритими та знаходитися у горизонтальному положенні		
				III Умови безпеки праці		
				Працівники мають знаходитися на безпечній відстані при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

Поопераційна нормаль №2

Найменування операцій - Вилучення виробів із форм і подача в зону охолодження, оздоблення або на візок						
I Схема організації робочого місця				II Технічні умови виконання		
				Вироби повинні бути цілісними, без тріщин та інших дефектів.		
				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. Вилучення виробів із форм 2. Подача в зону охолодження, оздоблення або на візок	2	Формувальник	3	1	Підйомне обладнання, захоплювачі, візок, транспортер	Візуально перевіряють цілісність виробів

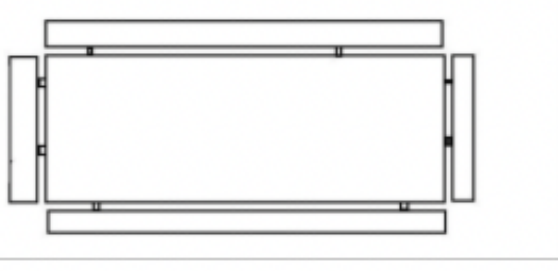
Поопераційна нормаль №3

Найменування операцій - Подача виробів на склад
готової продукції

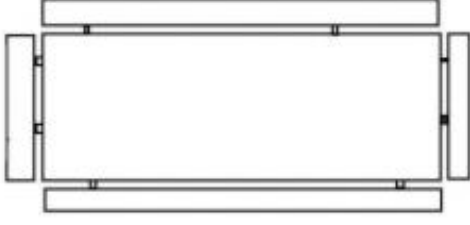
I Схема організації робочого місця				II Технічні умови виконання		
				Вироби повинні бути повністю готові та відповідати технічним вимогам.		
				III Умови безпеки праці		
				Працівники повинні бути одягнені у спец. одяг, спец. взуття та працювати у захисних окулярах.		
IV Елементи операції	Виконавці			Трудомісткість, чол-хв.	Обладнання й інструмент	Контроль
	Кількість	Професія	Розряд			
1.Завантаження виробів на візок 2.Транспортування на склад	2	Формувальник	2	3	Візок, підйомне обладнання, транспортер	Візуально перевіряють цілісність виробів

Поопераційна нормаль №4

Найменування операцій - Очищення і змащування форм і бортоснастки

I Схема організації робочого місця				II Технічні умови виконання		
				Форми повинні бути повністю очищені від залишків бетону та рівномірно змащені.		
				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.Очищення форм від залишків бетону 2.Змащування форм	2	Формувальник	2	2	Шкрепки, металеві щітки, розпилювачі	Візуально перевіряють наявність залишків бетону. Візуально перевіряють рівномірність змащування

Поопераційна нормаль №5

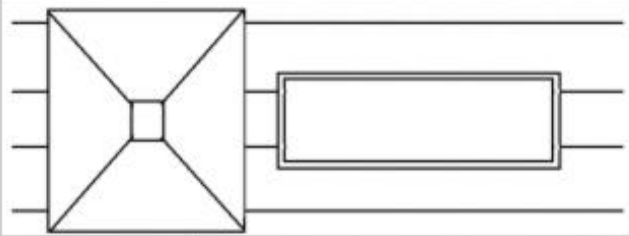
Найменування операцій - Встановлення та складання форм із вивірянням і закріпленням						
I Схема організації робочого місця				II Технічні умови виконання		
				Форми повинні бути точно встановлені і надійно закріплені.		
				III Умови безпеки праці		
				Працівники повинні бути одягнені у спец. одяг, спец. взуття та працювати у захисних окулярах.		
IV Елементи операції	Виконавці			Трудомісткість, чол-хв.	Обладнання й інструмент	Контроль
	Кількість	Професія	Розряд			
1. Встановлення форм 2. Закріплення форм	2	Формувальник	3	3	Закріплювачі, кріпильні елементи, інструменти для вивіряння	Візуально перевіряють правильність встановлення та надійність закріплення

Поопераційна нормаль №6

Найменування операцій - Укладання арматурних каркасів у форму зі встановленням монтажних петель						
I Схема організації робочого місця				II Технічні умови виконання		
				Арматурні каркаси повинні бути точно встановлені згідно з проектною документацією.		
				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. Укладання арматурних каркасів 2. Встановлення монтажних петель	2	Формувальник	3	2	Кріпильні елементи, інструменти, шаблони	Візуально перевіряють правильність укладання та надійність кріплення

Поопераційна нормаль №7

Найменування операцій - Укладання, розрівнювання та ущільнення бетонної суміші вібруванням

I Схема організації робочого місця				II Технічні умови виконання		
				Бетонна суміш повинна бути рівномірно розподілена і ущільнена.		
				III Умови безпеки праці		
				Працівники повинні бути одягнені у спец. одяг, спец. взуття, працювати у захисних окулярах та знаходитися на безпечній відстані від віброплощадки		
IV Елементи операції	Виконавці			Трудомісткість, чол-хв.	Обладнання й інструмент	Контроль
	Кількість	Професія	Розряд			
1. Укладання арматурних каркасів 2. Встановлення монтажних петель	2	Формувальник	3	4	Лопати, рівні, вібратори	Контроль за рівномірністю укладання, рівністю поверхні, щільністю суміші

Поопераційна нормаль №8

Найменування операцій - Вирівнювання та загладжування відкритих поверхонь свіжозаформованих виробів						
I Схема організації робочого місця				II Технічні умови виконання		
				Поверхні повинні бути рівними і гладкими, без дефектів		
				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. Укладання арматурних каркасів 2. Встановлення монтажних петель	2	Формувальник	3	2	Рейки, рівні, гладилки, шпателі	Візуально перевіряють якість загладжування та, за допомогою рівнів, перевіряють рівність поверхні

5.2 Характеристика матеріалів і комплектуючих

Для виготовлення залізобетонних паль, клас бетону яких визначений як С20/25, використовуються матеріали, що забезпечують необхідну міцність, довговічність і відповідність нормативним документам.

Основним в'язучим матеріалом є портландцемент ПЦ І-500, який забезпечує високу міцність і стабільність характеристик бетонної суміші. Цемент відповідає вимогам ДСТУ Б В.2.7-46:2010.

Для забезпечення належної структури бетонного каменю як крупний заповнювач використовується гранітний щебінь фракції 10...20 мм, який має високу міцність М600-М800, низьку пористість (4%) та відсутність органічних

домішок, що відповідає ДСТУ Б В.2.7-75:2013. Щебінь забезпечує необхідну жорсткість і стійкість бетону до зовнішніх навантажень.

Як дрібний заповнювач застосовується річковий пісок із розміром зерен 0,25...0,5 мм, модулем крупності 2,67 та водопоглинанням 9%. Пісок має низький вміст пилоподібних і глинистих часток (до 3%) і відповідає вимогам ДСТУ Б В.2.7-32:2007. Він забезпечує оптимальну зв'язність бетонної суміші та рівномірний розподіл наповнювачів.

Технічна вода, яка використовується для приготування бетонної суміші, відповідає вимогам ДСТУ Б В.2.7-171:2008. Вода не містить домішок, які могли б вплинути на гідратацію цементу, забезпечуючи рівномірне твердіння бетонної маси.

Для армування залізобетонних паль використовується гарячекатана арматура класу А500С із сталі марки 35ГС. Ця сталь має високу пластичність, зварюваність і міцність на розтяг, що відповідає вимогам ДСТУ 3760:2019. Діаметр арматурних стержнів варіюється залежно від конструктивних особливостей і навантажень на залізобетонну палі.

За допомогою формули $f_{c,tf} = 0.08(10f_{cm})^{2/3}$ визначається необхідна міцність при стиску, яка забезпечує досягнення вимог щодо нормованої міцності при згині:

$$f_{cm1} = \left(\frac{5}{0.08}\right)^{1.5} / 10 = 49.4$$

Оскільки $f_{cm1} > f_{cm}$ приймаємо її для подальших розрахунків ($f_{cm} = 49.4$ МПа).

Використовуючи формулу $V_{пв} = \frac{\ln\left(\frac{F}{A_1 \cdot f_{cm}^{A_2}}\right)}{A_3}$, визначаємо необхідний об'єм втягнутого повітря, $V_{пв}$, що забезпечує при заданій міцності задану марку за морозостійкістю. Коефіцієнти $A_1 = 0.91$, $A_2 = 1.47$ вибираємо з врахуванням рухомості бетонної суміші (ОК= 1-4 см):

$$V_{пв} = \ln\left(\frac{150}{\frac{0.91 \times 49.4^{1.47}}{0.35}}\right) = -1.8$$

Повітряну добавку не застосовуємо.

Розраховуємо В/Ц бетонної суміші, що забезпечує розрахункову міцність бетону на стиск. Приймаємо коефіцієнт $A=0,6$:

$$В/Ц = \frac{AR_c}{f_{cm} + 0.5Af_{cm}}$$

$$В/Ц = \frac{0.6 \times 50}{49.4 + 0.5 \times 0.6 \times 50} = 0.46$$

Витрата води для заданої рухомості бетонної суміші з урахуванням особливостей заповнювачів складе 175 л/м³. Кількість води приймаємо на основі стандартних табличних значень.

Витрата цементу:

$$Ц = \frac{В}{В/Ц}$$

$$Ц = \frac{175}{0.46} = 380 \text{ кг/м}^3$$

Витрата щебеню (коефіцієнт розсунення $\alpha_p = 1.34$; пористість щебеню ПЩ = 0.48):

$$\text{Щ} = \frac{1000}{\frac{1}{\rho_{i,r}^{\text{Щ}}} + \alpha \frac{1}{\rho_{c,r}^{\text{Щ}}} \times V_{\text{пуст}}}$$

де $\rho_{i,r}^{\text{Щ}}$ – істинна густина зерен щебеню (гравію), кг/дм³;

$\rho_{c,r}^{\text{Щ}}$ – середня густина щебеню (гравію), кг/дм³;

$V_{\text{пуст}}$ – пустотність щебеню (гравію), частки одиниці;

α – коефіцієнт розсування зерен

$$\text{Щ} = \frac{1000}{\frac{1}{1.27} + 1.34 \times 0.48 \frac{1}{1.4}} = 1220 \text{ кг/м}^3$$

Витрату піску знаходимо з урахуванням втягнутого повітря:

$$\Pi = \left[1000 - \left(\frac{\text{Ц}}{\rho^{\text{ц}}} + \frac{\text{Щ}}{\rho^{\text{щ}}} + \text{В} \right) \right] \rho^{\text{п}},$$

де Ц, Щ, В – витрата цементу, щебеню (гравію) та води, кг;

$\rho^{\text{ц}}, \rho^{\text{щ}}, \rho^{\text{п}}$ – істинна густина цементу, щебеню та піску, кг/дм³.

$$\Pi = \left(1000 - \left(\frac{380}{3.1} + \frac{1220}{2.7} + 175 \right) \right) \times 2.67 = 670 \text{ кг/м}^3$$

Розрахунковий склад бетону:

$$\text{Ц} = 380 \text{ кг/м}^3;$$

$$\text{В} = 175 \text{ кг/м}^3;$$

$$\text{Щ} = 1220 \text{ кг/м}^3;$$

$$\Pi = 670 \text{ кг/м}^3.$$

5.3 Бетонозмішувальний цех

Вихідні дані.

Коефіцієнт виходу сумішей (у щільному тілі) – Кв:

– бетонних важких та легких (для конструкційного бетону) 0,67.

Обираємо бетонозмішувач гравітаційної дії V_6 – 200л. Визначаємо тривалість технологічних операцій по виготовленню бетонної суміші:

- завантаження компонентів бетонної суміші у бетонозмішувач – 2 хв.;
- перемішування компонентів бетонної суміші – 2,2 хв.;
- вивантаження бетонної суміші – 1,0 хв.;
- повернення змішувача у вихідне положення – 1,0 хв.

Годинний коефіцієнт нерівномірності видавання товарної бетонної суміші
приймаємо: 0,8

Розраховуємо необхідну кількість бетонозмішувачів:

а) тривалість циклу готування одного замісу змішувачем:

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

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.

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

б) кількість замісів за годину роботи змішувачем: $K_{\text{н}} = 0,8$.

$$n_{36} = 60 \times K_H / t_{ц}, \text{ шт.}$$

$$n_{36} = 60 \times 0.8 / 6.2 = 7.7, \text{ шт.}$$

де K_H - коефіцієнт нерівномірності,

$$P_{\text{год}} = \frac{V_6 \times n_{36} \times K_B}{1000}, \text{ куб. м/год,}$$

де V_6 - ємність барабана змішувача по об'єму матеріалів, що завантажуються, м³;

K_B - коефіцієнт виходу сумішей (у щільному тілі)

Число бетонозмішувачів n_3 у цеху розраховуємо, виходячи з річної програми потреби у бетонній суміші (бетоні) шт.,

в) годинна продуктивність бетонозмішувача:

$$P_{\text{год}} = 200 \cdot 7.7 \cdot 0.8 / 1000 = 1.2 \text{ куб.м/год}$$

Визначаємо число бетонозмішувачів:

$$n_3^p = \frac{P_{\text{max}} \times K_H}{T_{\text{річ}} \times P_{\text{год}}}, \text{ шт.}$$

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

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

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

$$n_3^p = 6500 \cdot 0.5 / 1593.6 \cdot 1.2 = 2.44 = 3$$

Приймаємо 3 бетонозмішувача, 1 запасний.

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

$$P_{\text{річ}} = 1.54 \cdot 1593.6 \cdot 3 = 7362 \text{ куб.м}$$

Показник перевипуску становить 14%

Таблиця 9. Поопераційний графік виготовлення бетонної суміші

Процес	Операція	Обладнання	Робочі		Термічні операції, сек	Поточний час																		
			Професія	Кількість		1	21	41	61	81	101	121	141	161	181	201	221	253	273	293	313	343		
						20	40	60	80	100	120	140	160	180	200	220	252	272	292	312	342	372		
Виготовлення бетонної суміші	Завантаження компонентів бетонної суміші у бетонозмішувач	Дозатор	Оператор	1	120	_____																		
	Перемішування компонентів бетонної суміші	Бетонозмішувач	Оператор	1	132							_____												
	Вивантаження бетонної суміші	Бетонозмішувач	Оператор	1	60													_____						
	Повернення змішувача у вихідне положення	Бетонозмішувач	Оператор		60																	_____		
					372																			

5.4 Арматурний цех

Арматурний цех проектованого заводу з виготовлення залізобетонних паль спеціалізується на підготовці та обробці арматури, яка використовується для армування залізобетонних виробів. Вибір обладнання базується на специфіці продукції — залізобетонних паль — та враховує необхідність забезпечення високої продуктивності та точності операцій.

Таблиця 10. Обладнання для заготовки та обробки арматури

№	Назва обладнання	Марка	Потужність, кВт	Габарити, мм (Д×Ш×В)	Кількість працівників	Призначення
1	Станок для різання арматурних стержнів	СМЖ-322	3,5	1540×1030×1080	1	Різання арматури на задану довжину
2	Станок для гнуття арматури	СГА-405	3	760×790×1000	1	Формування арматури необхідного профілю
3	Станок для зварювання арматурних сіток	ПДГ-601	3,5	750×780×1020	2	Зварювання арматурних сіток

Виробничий процес в арматурному цеху складається з таких основних етапів:

- Різання арматури – 1 хв.;
- Гнуття арматури – 2 хв.;
- Зварювання арматурних сіток – 14 хв.;
- Переміщення арматури – 4 хв.;

Розташування обладнання в арматурному цеху організовано таким чином, щоб забезпечити ефективність виробничого процесу:

- **Зона підготовки арматури** — у початковій частині цеху розташовані станки для різання та гнуття (СМЖ-322, СГА-405). Вони знаходяться поблизу складу арматури для мінімізації витрат часу на транспортування.
- **Зона зварювальних робіт** — у центральній частині цеху розташовані станки для зварювання сіток (ПДГ-601). Відстань між станками становить не менше 2 м, що відповідає стандартам безпеки.
- **Зона складування** — розміщується вздовж стін цеху. Для зберігання арматурних заготовок використовуються багаторівневі стелажі.

Таблиця 11. Поопераційний графік підготовки арматурної сітки

Процес	Операція	Обладнання	Робочі	Термічні операції, Сек	Поточний час																			
					1	60	61	120	121	180	181	300	301	420	421	540	441	660	661	780	781	900	901	1020
Підготовки арматурної сітки	Різання арматури	Станок СМЖ-322	1	60																				
	Гнуття арматури	Станок СГА-405	1	120																				
	Зварювання арматурних сіток	Станок ПДГ-601	2	840																				
	Переміщення арматури	Кран-балка	1	240																				
					1260																			

5.5 Формувальний цех

5.5.1 Поопераційний графік виробництва конструкції

Таблиця 12. Розподіл та тривалість технологічних операцій

№	Найменування операцій	Робітники			Тривалість, хв.
		професія	розряд	кількість	
1	Розформування виробів	формувальник	3	2	2
2	Вилучення виробів із форм і подача в зону охолодження, оздоблення або на візок	формувальник	3	2	1
3	Подача виробів на склад готової продукції	формувальник	2	2	3
4	Очищення і змащування форм і бортоснастки	формувальник	2	2	2
5	Встановлення та складання форм із вивірянням і закріпленням	формувальник	3	2	3
6	Укладання арматурних каркасів у форму зі встановленням монтажних петель	формувальник	3	2	2
7	Укладання, розрівнювання та ущільнення бетонної суміші вібруванням	формувальник	3	2	4
8	Вирівнювання та загладжування відкритих поверхонь свіжозаформованих виробів	формувальник	3	2	2
Усього:					19

**Таблиця
13.**

Поопераційний графік

№	Найменування операцій	Робітники			Тривалість, хв.	Хвилини											
		професія	розряд	кількість													
1	Розформування виробів	формувальник	3	2	2	_____											
2	Вилучення виробів із форм і подача в зону охолодження, оздоблення або на візок	формувальник	3	2	1	_____											
3	Подача виробів на склад готової продукції	формувальник	2	2	3	_____											
4	Очищення і змащування форм і бортоснастки	формувальник	2	2	2	_____											
5	Встановлення та складання форм із вивірянням і закріпленням	формувальник	3	2	3	_____											
6	Укладання арматурних каркасів у форму зі встановленням монтажних петель	формувальник	3	2	2	_____											
7	Укладання, розрівнювання та ущільнення бетонної суміші вібруванням	формувальник	3	2	4	_____											
8	Вирівнювання та заглажування відкритих поверхонь свіжозаформованих виробів	формувальник	3	2	2	_____											
Усього:					19	19											

5.5.3 Розрахунок загального часу виготовлення планового об'єму продукції

Розрахунок загального часу виготовлення планового об'єму продукції базується на даних тижнево-добового графіка, а також враховує обсяг кожного виробу та річний план виготовлення залізобетонних паль.

Цей розділ дозволяє оцінити ефективність виробничого процесу та відповідність запланованим показникам.

Вихідні дані:

- Обсяг одного виробу – 1,71 м³;
- Річна продуктивність – 6500 м³;
- Кількість виробів за рік – $6500/1,71 = 3801$ шт.
- Кількість виробів за одну зміну – 18 шт.
- Режим роботи – 1 зміна на добу.
- Робочий розрахунковий фонд часу – 249 днів/рік.

Розрахунок кількості змін

Кількість змін, необхідних для виготовлення річного планового обсягу продукції:

$$T = 3801/18 = 211 \text{ змін.}$$

Розрахунок тривалості виробничого процесу

Оскільки підприємство працює в одну зміну на добу, загальна кількість днів, необхідних для виготовлення планового обсягу продукції, дорівнює кількості змін:

$$211/1 = 211$$

Розрахунок резерву часу

Для забезпечення безперервного виконання плану враховується резерв часу, необхідний на технічне обслуговування обладнання, відхилення в постачанні сировини чи інші форс-мажорні обставини.

Резерв становить 10% від загального робочого фонду:

$$249 \cdot 0.1 = 24,9 = 25 \text{ днів.}$$

Фактичний час виробництва з урахуванням резерву:

$$211 + 25 = 236 \text{ днів.}$$

Розрахунки показують, що для виготовлення річного обсягу продукції в 3801 залізобетонну палю потрібно 211 робочих днів або приблизно 0,85 року за умови роботи підприємства в одну зміну на добу. З урахуванням резерву часу загальна тривалість виробничого процесу становитиме 236 днів, що забезпечує достатній запас для підтримки ритмічності виробництва.

5.5.4 Розрахунок потужності технологічної лінії

Виробнича потужність промислового підприємства збірного залізобетону — це максимально можливий обсяг продукції заданої номенклатури, який можна виготовити протягом планованого періоду при повному використанні всіх виробничих засобів та площ.

Ця потужність залежить від потужності цехів, кількості технологічних ліній або окремих агрегатів, а також кількості змін на підприємстві, що визначає їхню сумарну продуктивність.

Крім того, на виробничу потужність впливають якість сировини, кваліфікація персоналу, рівень організації виробничого процесу та впровадження сучасних технологій.

Важливим є також обслуговування та модернізація обладнання, що забезпечує безперебійний виробничий процес та підвищує ефективність підприємства.

Кількість виробів, що є плановою і виготовляється на одній виробничій лінії розраховується за формулою:

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

де $T_{\text{річ}}$ — річний фонд часу роботи устаткування, діб;

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

N^3 — планова кількість виробів, шт./рік.

$$N_{\text{вир}}^3 = 3801/249 \cdot 1 = 15,2 \text{ штук}$$

Потрібна кількість технологічних ліній визначається за формулою:

$$n_{\text{л}}^p = N_{\text{вир}}^3 / N_{\text{вир}}$$
$$n_{\text{л}}^p = 15,2/18 = 0,8 \text{ шт.}$$

Фактична виробнича потужність однієї технологічної лінії з виробництва палі визначається за формулою:

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

$$N_{il} = 18 \cdot 1 \cdot 249 \cdot 1,71 = 7\,664 \text{ м}^3$$

При такій фактичній потужності перевищення плану складає 18%.

6. Складське господарство

6.1 Розрахунок потреби в компонентах й комплектуючих

Розрахунковий склад бетону складає:

$$Ц = 380 \text{ кг/м}^3;$$

$$П = 670 \text{ кг/м}^3;$$

$$Щ = 1220 \text{ кг/м}^3;$$

$$В = 175 \text{ кг/м}^3.$$

Таблиця 15

Компонент	Одиниця виміру	Потреба			
		1 кг/м ³	Зміна	Доба	Рік
Цемент	кг	380	$Ц_3 = Ц \cdot P_{\text{год}} \cdot t_{\text{зм}}$	$Ц_д = Ц_3 \cdot n_{\text{зм}}$	$Ц_р = Ц_д \cdot T_{\text{річ}}$
Пісок	кг	670	$П_3 = П \cdot P_{\text{год}} \cdot t_{\text{зм}}$	$П_д = П_3 \cdot n_{\text{зм}}$	$П_р = П_д \cdot T_{\text{річ}}$
Щебінь	кг	1220	$Щ_3 = Щ \cdot P_{\text{год}} \cdot t_{\text{зм}}$	$Щ_д = Щ_3 \cdot n_{\text{зм}}$	$Щ_р = Щ_д \cdot T_{\text{річ}}$
Вода	л	175	$В_3 = В \cdot P_{\text{год}} \cdot t_{\text{зм}}$	$В_д = В_3 \cdot n_{\text{зм}}$	$В_р = В_д \cdot T_{\text{річ}}$

Розраховуємо потреби в компонентах та комплектуючих за зміну за формулами:

Для цементу:

$$Ц \cdot n_{\text{вир}} \cdot V_{\text{вир}}, \text{ де}$$

- $n_{\text{вир}}$ — кількість виробів за зміну,
- $V_{\text{вир}}$ — об'єм бетону на один виріб.

$$380 \cdot 18 \cdot 1.71 = 11\,696 \text{ кг}$$

Для піску:

$$П \cdot n_{\text{вир}} \cdot V_{\text{вир}}, \text{ де}$$

- $n_{\text{вир}}$ — кількість виробів за зміну,
- $V_{\text{вир}}$ — об'єм бетону на один виріб.

$$670 \cdot 18 \cdot 1.71 = 20\,622 \text{ кг}$$

Для щебню:

$$Щ \cdot n_{\text{вир}} \cdot V_{\text{вир}}, \text{ де}$$

- $n_{\text{вир}}$ — кількість виробів за зміну,
- $V_{\text{вир}}$ — об'єм бетону на один виріб.

$$1220 \cdot 18 \cdot 1.71 = 37\,551 \text{ кг}$$

Для води:

$$В \cdot n_{\text{вир}} \cdot V_{\text{вир}}, \text{ де}$$

- $n_{\text{вир}}$ — кількість виробів за зміну,
- $V_{\text{вир}}$ — об'єм бетону на один виріб.

$$175 \cdot 18 \cdot 1.71 = 5\,386 \text{ м}^3$$

Розраховуємо потреби в компонентах та комплектуючих за добу за

формулами:

Для цементу:

$$Ц \cdot n_{\text{вир}} \cdot V_{\text{вир}} \cdot n_{\text{зм}}, \text{ де}$$

- $n_{\text{вир}}$ — кількість виробів за зміну,
- $V_{\text{вир}}$ — об'єм бетону на один виріб,
- $n_{\text{зм}}$ — кількість змін за добу.

$$380 \cdot 18 \cdot 1.71 \cdot 1 = 11\,696 \text{ кг}$$

Для піску:

$$П \cdot n_{\text{вир}} \cdot V_{\text{вир}} \cdot n_{\text{зм}}, \text{ де}$$

- $n_{\text{вир}}$ — кількість виробів за зміну,
- $V_{\text{вир}}$ — об'єм бетону на один виріб,
- $n_{\text{зм}}$ — кількість змін за добу.

$$670 \cdot 18 \cdot 1.71 \cdot 1 = 20\,622 \text{ кг}$$

Для щебню:

$$Щ \cdot n_{\text{вир}} \cdot V_{\text{вир}} \cdot n_{\text{зм}}, \text{ де}$$

- $n_{\text{вир}}$ — кількість виробів за зміну,
- $V_{\text{вир}}$ — об'єм бетону на один виріб,
- $n_{\text{зм}}$ — кількість змін за добу.

$$1220 \cdot 18 \cdot 1.71 \cdot 1 = 37\,551 \text{ кг}$$

Для води:

$$B \cdot n_{\text{вир}} \cdot V_{\text{вир}} \cdot n_{\text{зм}}, \text{ де}$$

– $n_{\text{вир}}$ — кількість виробів за зміну,

– $V_{\text{вир}}$ — об'єм бетону на один виріб,

– $n_{\text{зм}}$ — кількість змін за добу.

$$175 \cdot 18 \cdot 1.71 \cdot 1 = 5\,386 \text{ м}^3$$

Розраховуємо потреби в компонентах та комплектуючих за рік за формулами:

Для цементу:

$$Ц_{\text{д}} \cdot T_{\text{річ}}, \text{ де}$$

– $Ц_{\text{д}}$ — потреба цементу на добу,

– $T_{\text{річ}}$ — річний фонд часу роботи технологічного обладнання.

$$11\,696 \cdot 249 = 2\,912\,304 \text{ кг}$$

Для піску:

$$П_{\text{д}} \cdot T_{\text{річ}}, \text{ де}$$

– $П_{\text{д}}$ — потреба піску на добу,

– $T_{\text{річ}}$ — річний фонд часу роботи технологічного обладнання.

$$20\,622 \cdot 249 = 5\,134\,878 \text{ кг}$$

Для щебню:

$$Щ_{\text{д}} \cdot T_{\text{річ}}, \text{ де}$$

– $Щ_{\text{д}}$ — потреба щебню на добу,

– $T_{\text{річ}}$ — річний фонд часу роботи технологічного обладнання.

$$37\,551 \cdot 249 = 9\,350\,199 \text{ кг}$$

Для води:

$V_d \cdot T_{\text{річ}}$, де

– V_d — потреба води на добу,

– $T_{\text{річ}}$ — річний фонд часу роботи технологічного обладнання.

$$5\,386 \cdot 249 = 1\,341\,114 \text{ м}^3$$

Виходячи з розрахунків складаємо таблицю:

Таблиця 16. Розрахована відомість в потребі компонентів

Компонент	Одиниця виміру	Потреба			
		1кг/м ³	Зміна	Доба	Рік
Цемент	кг	380	11 696	11 696	2 912 304
Пісок	кг	670	20 622	20 622	5 134 878
Щебінь	кг	1220	37 551	37 551	9 350 199
Вода	м ³	175	5 386	5 386	1 341 114

Розрахунки для кожного виду сталі:

1. Гаряче-катана арматурна сталь марки 35ГС (Ø 18 мм):

Довжина одного стрижня – 19 м;

Кількість стрижнів на 1 виріб – 4;

Вага одного стрижня – $19 \cdot 1.998 = 37,9$ кг.

- За зміну – $37,9 \cdot 4 \cdot 18 = 2\,728,8$ кг
- За добу $2\,728,8 \cdot 1 = 2\,728,8$ кг
- За рік $2\,728,8 \cdot 249 = 679\,471,2$ кг

2. Гаряче-катана арматурна сталь марки 35ГС (Ø 8 мм):

Довжина одного стрижня – 1,2 м;
 Кількість стрижнів на 1 виріб – 64;
 Вага одного стрижня – $1.2 \cdot 0.395 = 0,474$ кг.

- За зміну – $0,474 \cdot 64 \cdot 18 = 546$ кг
- За добу – $546 \cdot 1 = 546$ кг
- За рік – $546 \cdot 249 = 135\,954$ кг

Виходячи з розрахунків складаємо таблицю:

Таблиця 17. Розрахована відомість в потребі сталі

Вид сталі	Одиниця виміру	Потреба		
		Зміна	Доба	Рік
Гаряче-катана арматурна сталь марки 35ГС (Ø 18 мм)	кг	2 728,8	2 728,8	679 471,2
Гаряче-катана арматурна сталь марки 35ГС (Ø 8 мм)	кг	546	546	135 954

6.2 Склади в'язучих

Основною характеристикою складу, є його місткість, яку визначаємо за формулою:

$$V = \frac{Ц_{д} \cdot n \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5}{Пв}, \text{ м}^3, \text{ де}$$

$Ц_{д}$ – витрата в'язучого на добу, 11 696 кг (з табл. 8);

n - нормативний запас збереження в'язучого, 10 діб;

K_1 - коефіцієнт нерівномірності надходження в'язучого на склад, рівний:

- 1.15 для автомобільного транспорту;

K_2 - коефіцієнт нерівномірності споживання в'язучого, дорівнює 1.4;

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

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

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

$Пв$ - щільність в'язучого в насипному стані, 1300 кг/м³.

Розраховуємо місткість складу в'язучих:

$$V = 11696 \cdot 10 \cdot 1.15 \cdot 1.4 \cdot 1.04 \cdot 0.943 \cdot 0.9 / 1300 = 129.8 \text{ м}^3$$

6.3 Склади заповнювачів

Склади заповнювачів обираємо за такими параметрами:

- за тривалістю експлуатації: постійні;
- за призначенням: базисні;
- за ємністю та вантажообігом: середні;
- за надійністю: стаціонарні;
- за видом транспортних засобів: безрейкові;
- за способом складування та зберігання: напівбункерні.

Кількість та обсяг відсіків (ємностей) визначаються в залежності від кількості різних фракцій заповнювачів, що будуть використовуватись на підприємстві, а також від продуктивності засобу доставки заповнювачів.

Необхідно мати щонайменше одну ємність для кожної фракції та виду заповнювача.

При виборі складу заповнювачів слід керуватися їх техніко-економічними характеристиками.

Важливим параметром складу є його місткість, яку визначаємо за допомогою наступної формули:

$$V = \frac{P_d(\text{Щ}_d) \cdot n \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4}{P_3}, \text{ м}^3, \text{ де}$$

$P_d(\text{Щ}_d)$ – витрата заповнювача на добу,

$$P_d = 20\,622 \text{ кг}, \text{ Щ}_d = 37\,551 \text{ кг (з табл. 8);}$$

n - нормативний запас збереження заповнювача, 10 діб;

K_1 - коефіцієнт нерівномірності надходження заповнювача на склад, рівний:

- 1.15 для автомобільного транспорту;

K_2 - коефіцієнт нерівномірності споживання заповнювача, дорівнює 1.4;

K_3 - коефіцієнт можливих утрат заповнювача при розвантаженні, рівний 1,04 ;

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

P_3 - щільність заповнювача в насипному стані,

для піску 1550 кг/м³, для щебеню 1400 кг/м³.

Розраховуємо місткість складу заповнювачів:

Для піску:

$$V_{\text{ПІСКУ}} = 20633 \cdot 10 \cdot 1.15 \cdot 1.4 \cdot 1.04 \cdot 0.943 / 1550 = 210 \text{ м}^3$$

Для щебеню:

$$V_{\text{ЩЕБЕНЮ}} = 37551 \cdot 10 \cdot 1.15 \cdot 1.4 \cdot 1.04 \cdot 0.943 / 1400 = 423 \text{ м}^3$$

6.4 Склад арматури і арматурних виробів

Щоб розрахувати площу складу арматури для кожного виду сталі, використовуємо надану формулу:

$$S_a = Q_x \cdot K_n \cdot N_x / P_i$$

де:

Q_x — добова потреба сталі одного виду (беремо з таблиці 17);

K_n — коефіцієнт на проходи й проїзди = 1.5;

N_x — нормативний запас арматури (в днях) = 10;

P_i — маса сталі, яка розміщується на 1 кв.м складу (в тоннах) = 1.2.

1. Для гаряче-катаної арматурної сталі марки 35ГС (Ø 18 мм):

$$S_{a1} = 2\,728,8 \cdot 1,5 \cdot 10 / 1,2 = 34,1 \text{ м}^2$$

2. Для гаряче-катаної арматурної сталі марки 35ГС (Ø 8 мм):

$$S_{a2} = 546 \cdot 1,5 \cdot 10 / 1,2 = 6,8 \text{ м}^2$$

Загальну площу складу розраховуємо за формулою:

$$S_a = S_{a1} + S_{a2}$$

$$S_a = 34,1 + 6,8 = 40,9 \text{ м}^2$$

Оскільки загальна площа складу арматури та арматурних виробів становить 40,9 м², норму зберігання арматурної сталі приймаємо за 50 тон, відповідно до ДСТУ-Н Б А.3.1-35:2016 “Настанова з проектування підприємств з виробництва залізобетонних виробів”.

6.5 Склад готової продукції

Склади готової продукції підприємств залізобетонних виробів призначені для приймання, зберігання та підготовки виробів до відвантаження споживачам.

Готові вироби, що пройшли перевірку відділу технічного контролю, зберігаються на спеціально обладнаних майданчиках або в закритих приміщеннях до моменту їх транспортування залізницею або автотранспортом.

Для ефективної організації зберігання та уникнення затримок під час завантаження необхідно визначити необхідний обсяг складу та площу ділянки для зберігання готових виробів.

- Кількість виробів за добу – 18;
- Розмір однієї палі – 19000 × 300 мм.
- Площа однієї палі – 5,7 м².

Добовий обсяг:

$$18 \cdot 5,7 = 102,6 \text{ м}^2$$

Врахування запасу (10 діб):

$$102,6 \cdot 10 = 1026 \text{ м}^2$$

Коефіцієнт на проходи і проїзди (1,5):

$$1026 \cdot 1,5 = 1\,539 \text{ м}^2$$

Коефіцієнт для роботи мостового крана (1,3):

$$1\,539 \cdot 1,3 = 2\,000 \text{ м}^2$$

Згідно з розрахунками, для зберігання готової продукції необхідно виділити ділянку площею 2000 м².

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

Організація складів для зберігання матеріалів, комплектуючих елементів і допоміжних матеріалів на заводі є важливим компонентом ефективної роботи підприємства. Від належного планування складів залежить ритмічність виробництва, уникнення дефіциту матеріалів та зменшення витрат, пов'язаних із зберіганням. У цьому розділі проведено розрахунок площі складів для основних матеріалів, допоміжних компонентів і хімічних добавок, які використовуються у виробництві залізобетонних паль.

Склад високодисперсного органогенного кальциту:

Високодисперсний органогенний кальцит (крейда) постачається у герметичних резервуарах об'ємом 200 л (300 кг).

Норма зберігання – 10 діб;

Добове споживання (2% від маси цементу) – 0,77 контейнера (233,92 кг);

Коефіцієнт на проходи та проїзди – $K = 1,3$.

Розрахунок площі складу хімічних добавок:

$$Q = 0,77 \cdot 200 = 154$$

Нормативний запас – $N = 10$ діб.

Загальний обсяг зберігання:

$$V_{\text{кальциту}} = Q \cdot N = 154 \cdot 10 = 1540 \text{ л}$$

Площа зберігання з урахуванням проходів:

$$S_{\text{кальциту}} = V / 200 \times K = 1540 / 200 \cdot 1,3 = 10 \text{ м}^2$$

Склад мастильних матеріалів:

Мастильні матеріали постачаються в ємностях об'ємом 50 л.

Норма зберігання – 14 діб;

Добове споживання – 1,28 ємності (64 л);

Коефіцієнт на проходи та проїзди – $K = 1,3$.

Розрахунок площі складу мастильних матеріалів:

Добовий обсяг споживання:

$$Q = 1,28 \cdot 50 = 64 \text{ л}$$

Нормативний запас – $N = 10$ діб.

Загальний обсяг зберігання:

$$V_{\text{мастила}} = Q \cdot N = 64 \cdot 10 = 640 \text{ л}$$

Площа зберігання з урахуванням проходів:

$$S_{\text{мастила}} = V / 50 \times K = 640 / 50 \times 1,3 = 16,6 \text{ м}^2$$

Загальна площа складів:

Площа для хімічних добавок: 10 м^2

Площа для мастильних матеріалів: $16,6 \text{ м}^2$

$$S_{\text{загальна}} = 10 + 16,6 = 26,6 \text{ м}^2$$

7. Лабораторія і контроль якості

У процесі виготовлення залізобетонних паль необхідно ефективно контролювати якість продукції. Лабораторія на заводі з виготовлення залізобетонних паль відіграє ключову роль у забезпеченні системи якісного контролю. Ця система включає проведення вхідного контролю матеріалів та комплектуючих елементів, що надходять на підприємство, операційного контролю виконання всіх технологічних процесів і приймального контролю якості готової продукції. Такий комплексний підхід сприяє досягненню високої якості виготовлених залізобетонних паль.

Крім того, контроль якості виготовлення залізобетонних паль включає використання спеціалізованого обладнання та проведення ретельних випробувань, що дозволяють перевірити відповідність параметрів продукції стандартним вимогам. Лабораторія на підприємстві відповідає за проведення фізико-механічних, фізико-хімічних та інших необхідних аналізів для забезпечення високої якості залізобетонних паль.

Для постійного контролю якості можуть використовуватися системи сертифікації та акредитації, що підтверджують відповідність виробництва залізобетонних паль встановленим стандартам і вимогам. Усі ці заходи спрямовані на забезпечення високоякісних та надійних залізобетонних паль, які задовольняють вимоги замовників та відповідають високим стандартам будівельної індустрії.

Відповідальність за проведення всіх контрольних заходів щодо якості виробництва залізобетонних паль, зазначених у таблиці 9, покладена на лабораторію.

Таблиця 18

Показники матеріалів, процесів і продукції, що контролюються	Хто здійснює контроль
Перевірка відповідності сировини, матеріалів і напівфабрикатів, що надходять на завод, вимогам, встановленим нормативними документами	Лабораторія
Контроль якості під час приготування бетонних сумішей, мастик, мастил, добавок та інших компонентів, що використовуються	Лабораторія
Контроль якості виготовлених залізобетонних паль на всіх етапах виробництва, включаючи формування, армування та напруження	Лабораторія
Перевірка міцності, водонепроникності, морозостійкості та інших характеристик готових залізобетонних паль	Лабораторія
Вхідний контроль арматури та інших матеріалів, що використовуються для виготовлення залізобетонних паль	Лабораторія
Контроль параметрів технологічних процесів, включаючи температурний режим, вологість та інші фактори, що впливають на якість продукції	Лабораторія
Перевірка готової продукції на відповідність проектним вимогам та нормативам	Лабораторія

У процесі приймання матеріалів і комплектуючих елементів на завод з виготовлення залізобетонних паль виконується важливий етап - вхідний контроль. Цей контроль здійснюється шляхом порівняння даних, зазначених у паспортах або сертифікатах для цих матеріалів і елементів, з результатами їх зовнішнього огляду та проведення контрольних випробувань пробних вибірок.

Метою вхідного контролю є перевірка відповідності матеріалів і елементів нормативним вимогам. Тип, періодичність і обсяг контрольних випробувань визначаються стандартами і технічними умовами для конкретних матеріалів.

Крім того, регулярно здійснюється контроль дотримання правил і термінів зберігання матеріалів та комплектуючих елементів. Це важливо для забезпечення їх якості та збереження властивостей протягом усього процесу виробництва.

Під час виконання кожного технологічного процесу проводяться додаткові контрольні операції. Перш за все, виконується вхідний контроль матеріалів і комплектуючих елементів, які використовуються в процесі. Це дозволяє перевірити їх якість і відповідність вимогам перед початком виробництва. Крім того, проводиться контроль стану обладнання, форм, пристроїв, інструментів та приладів, щоб впевнитися у їх правильному функціонуванні та готовності до використання.

Не менш важливим є операційний контроль якості виконання технологічних операцій, що дозволяє відстежувати відповідність процесу виробництва вимогам якості і запобігати можливим дефектам чи неправильному виконанню.

Таблиця 19. Карта контролю якості виробництва

Основні операції, що підлягають контролю	Виготовлення бетонної суміші	Арматурні роботи	Укладання бетонної суміші	Розпалубка. Підготовка до здачі продукції, складування
Склад контролю	1 Точність дозування 2. Час перемішування 3. Консистенція 4. Температура	1. Марка сталі 2. Відповідність розмірів арматури робочим кресленням 3. Зварювання стрижнів	1. Час віброушільнення 3. Щільність укладання 4. Міцність бетону 5. Об'ємна маса	1. Зовнішній вигляд 2. Наявність дефектів
Місце контролю	Дозатори Бетонозмішувачі	Арматурний цех	1—3. Пост формування 4—5. Лабораторія	Пост розпалубки, склад готової продукції
Метод і засоби контролю	1. Спостереження за приладами 2. Перевірка, тарування приладів 3. Відбір проб і випробування 4. Термометр	1. Порівняння з еталоном 2. Візуальний відбір	1. Вимір лінійкою 2. Секундомір 3. Щільномір 4—5. Відбір проб і наступне випробування	1, 2. Візуальний
Періодичність і обсяг контролю	1. Раз у зміну 2. Кожний заміс 3. -4,2 рази в зміну й при новому складі суміші	Раз у зміну	1,2. Поштучно 3, 5. Раз у зміну. Партія 4, 5. Серія контрольних кубів	1,2. Поштучно 3, 2 рази в зміну. Партія
Особа, що контролює операцію	1-4 Лаборант 2 Оператор	Майстер	1, 2. Майстер 3—5. Лаборант	Майстер Бригадир
Документ, у якому реєструються результати контролю	Журнал лабораторних випробувань	Журнал арматурних робіт	Журнал лабораторних випробувань	Журнал здачі готової продукції
Особа, відповідальна за забезпечення технології	Зав. лабораторією, Начальник бетонозмішувального цеху	Начальник цеху	Начальник цеху, зав. Лабораторією	Начальник цеху

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

Проектування заводу з виготовлення залізобетонних паль передбачає розрахунок ресурсів, необхідних для забезпечення ефективної та безперебійної роботи виробництва.

До основних ресурсів відносяться електроенергія, стисле повітря, пара та вода. Їх обсяг залежить від характеристик обладнання, організації виробничого процесу та режиму роботи підприємства.

Нижче наведено детальний аналіз та підрахунок потреб.

Розрахунок потреби в електроенергії

Електроенергія є ключовим ресурсом для функціонування всього виробництва. Вона використовується для роботи обладнання у бетонозмішувальному, арматурному та формувальному цехах, а також для освітлення адміністративних приміщень і складів.

Бетонозмішувальний цех:

Цей цех забезпечує приготування бетонної суміші для виготовлення залізобетонних паль. Основним споживачем електроенергії є три бетонозмішувачі, кожен з потужністю 20 кВт.

Сумарна потужність:

$$20\text{кВт} \cdot 3 = 60\text{кВт}$$

Арматурний цех:

В цьому цеху проводяться операції з обробки арматури, необхідної для зміцнення конструкцій.

Основне обладнання включає:

- станок СМЖ-322 – 3,5 кВт,
- станок СГА-405 – 3,0 кВт,
- два станки ПДГ-601 – 7,0 кВт разом,
- мостовий кран на 5 т – 10,0 кВт.

Сумарна потужність:

$$3,5 + 3,0 + 7,0 + 10,0 = 23,5\text{кВт}$$

Формувальний цех:

Цей цех оснащений обладнанням для формування та ущільнення бетонних виробів.

Реальне споживання включає:

- Мостовий кран на 10 т – 10,0 кВт.
- Вібраційний стіл – 12,0 кВт.
- Бетоноукладник СМЖ-166А – 20,0 кВт.

Сумарна потужність:

$$10,0 + 12,0 + 20,0 = 42,0\text{кВт.}$$

Склади, адміністративні приміщення та лабораторія:

Електроенергія також потрібна для роботи складів, адміністративного корпусу та лабораторії.

- Склад в'язучих – 30 кВт.
- Склад заповнювачів – 70 кВт.
- Освітлення адміністративного корпусу – 10 кВт.
- Склад арматури і арматурних виробів: 5 кВт
- Склад готової продукції: 3,5 кВт
- Матеріально-технічні склади, склади комплектуючих елементів і допоміжних матеріалів: 0,5 кВт
- Лабораторія: 0,5 кВт.

Сумарна потужність:

$$30+70+10+5+3,5+0,5+0,5=119,5\text{кВт.}$$

Загальна встановлена потужність підприємства:

$$60,0+23,5+42,0+119,5=245,0\text{кВт.}$$

Це значення є основою для розрахунку добового, місячного та річного споживання електроенергії з урахуванням режиму роботи заводу.

Розрахунок потреби в стислому повітрі

Стисле повітря використовується переважно для транспортування цементу та інших сипучих матеріалів, а також у допоміжних механізмах.

Витрати визначаються характеристиками обладнання цементного складу.

Необхідний обсяг стислого повітря:

$$2593,5\text{м}^3$$

Розрахунок потреби в воді

Вода є важливим компонентом як для технологічних, так і для побутових потреб. Її споживання розраховується за кількома складовими.

Технологічна потреба:

Використовується для приготування бетонної суміші.

Згідно з нормами витрати води $q=175\text{л/м}^3$ та річним випуском продукції $V=6500\text{м}^3$:

$$Q_{\text{техн}}=q \times V=175 \times 6500=1137500\text{л}(1137,5\text{м}^3).$$

Побутова потреба:

Включає забезпечення персоналу.

Приймається як 20% від технологічної:

$$Q_{\text{побут}}=0,2 \times Q_{\text{техн}}=227,5\text{м}^3.$$

Протипожежна потреба:

Для аварійних ситуацій резервується 10% від технологічної:

$$Q_{\text{пож}}=0,1 \times Q_{\text{техн}}=113,75\text{м}^3.$$

В підсумку маємо:

- Технологічна потреба – $1137,5\text{м}^3$,
- Побутова потреба – $227,5\text{м}^3$,
- Протипожежна потреба – $113,75\text{м}^3$.

На основі цих даних можемо вирахувати загальну потребу у воді на рік:

$$Q_{\text{заг}}=Q_{\text{техн}}+Q_{\text{побут}}+Q_{\text{пож}}=1137,5+227,5+113,75=1478,75\text{м}^3.$$

Розрахунки показують, що проектуване підприємство здатне забезпечити свої виробничі процеси необхідними ресурсами.

Ефективне планування використання електроенергії, води та інших ресурсів дозволить зменшити експлуатаційні витрати та підвищити екологічність виробництва.

9. Організація вантажопотоків

Організація вантажопотоків на заводі з виготовлення залізобетонних палів є ключовою складовою забезпечення ефективного виробничого процесу. Для забезпечення ритмічності, безперебійності та високої якості виготовлення продукції необхідно враховувати всі етапи переміщення сировини, матеріалів, комплектуючих і готових виробів. Усі вантажопотоки проектуються з дотриманням принципів мінімізації перетинів і оптимізації маршрутів. Це дозволяє знижувати час на транспортування, підвищувати рівень безпеки та уникати затримок у виробництві. Завдяки чітко спланованим маршрутам і

використанню сучасного обладнання досягається висока ефективність логістичних процесів на кожному етапі виробництва.

Переміщення компонентів на стадії виготовлення

Вхідні вантажопотоки

Сировина і матеріали (цемент, пісок, щебінь, вода, хімічні добавки, арматура) доставляються на завод автомобільним транспортом із використанням спеціалізованих вантажівок. Для кожного типу матеріалу передбачені спеціальні механізми розвантаження та зберігання, що забезпечують мінімізацію втрат і пошкоджень. Цемент транспортується в герметичних цистернах і зберігається в силосах, обладнаних системами для підтримки оптимальної вологості. Для розвантаження цементу використовується компресорна станція, яка дозволяє уникнути розпилення матеріалу та забезпечує швидкість операції.

Пісок і щебінь доставляються самоскидами та переміщуються на склади за допомогою фронтальних навантажувачів. Склади обладнані навісами для захисту матеріалів від атмосферного впливу. Вода для виробничих потреб надходить безпосередньо з локального водопроводу до резервуарів із системами фільтрації. Арматура транспортується вантажними автомобілями у вигляді прутів стандартної довжини. Для її розвантаження використовуються кран-балки з вантажопідйомністю 5 т, що забезпечує безпечне та швидке переміщення матеріалів на склад арматури.

Внутрішньоцехові вантажопотоки

На стадії виготовлення виробів усі компоненти переміщуються між зонами підготовки, формування та обробки за допомогою спеціалізованого обладнання. Бетонна суміш транспортується від бетонозмішувального вузла до форм за допомогою бетононасосів, що забезпечують рівномірне та швидке заповнення форм без ризику розшарування суміші. Арматурні каркаси, виготовлені в арматурному цеху, транспортуються до формувальних стендів кран-балками. Цей процес відбувається з використанням систем маркування, що виключають помилки під час монтажу каркасів.

Готові залізобетонні вироби після формування переміщуються до камер твердіння. Для цього використовуються транспортні візки з електроприводом, які забезпечують плавність переміщення та виключають ризик пошкодження виробів. Камери твердіння оснащені системами автоматичного контролю температури та вологості, що дозволяє підтримувати оптимальні умови для набору міцності бетону.

Переміщення готової продукції

Вихідні вантажопотоки

Готові залізобетонні палі після проходження процесу твердіння доставляються на склад готової продукції. Для цього використовуються транспортні візки з вантажопідйомністю 5 т, що забезпечують надійне переміщення довгомірних виробів. На складі продукція розташовується у багаторівневих стелажах, що дозволяє ефективно використовувати площу складу.

Основні напрямки транспортування готової продукції включають доставку до замовників у межах регіону автомобільним транспортом. Для цього використовуються трали та вантажівки, обладнані спеціальними кріпленнями для забезпечення безпеки перевезення. Також передбачено транспортування продукції безпосередньо до будівельних майданчиків, що дозволяє скоротити логістичні витрати для великих проектів. Завантаження продукції на транспорт здійснюється автокраном із вантажопідйомністю 10 т, що забезпечує точність і швидкість операції.

Організація транспортування

Для транспортування продукції використовуються спеціалізовані автомобілі, обладнані кріпленнями для фіксації довгомірних конструкцій. Перед кожним перевезенням здійснюється перевірка надійності кріплень і відповідність вагових параметрів транспортного засобу. Транспортні маршрути оптимізуються з урахуванням відстані, стану доріг і вимог замовників. Завдяки цьому досягається скорочення часу доставки та зменшення логістичних витрат.

Обладнання для транспортування

Для реалізації ефективного переміщення матеріалів і готової продукції використовується наступне обладнання:

Таблиця 20

Вид обладнання	Кількість	Вантажопідйомність, т	Призначення
Фронтальний навантажувач	2	3	Переміщення піску та щебеню
Кран-балка	3	5	Переміщення арматури та арматурних каркасів
Транспортний візок	5	5	Переміщення готових виробів
Бетононасос	2	–	Транспортування бетонної суміші
Автокран	1	10	Завантаження готової продукції
Компресорна станція	1	–	Розвантаження цементу

Напрямки вантажопотоків

Для уникнення перетину вантажопотоків у цеху передбачено чітке зонування. Вхідна сировина направляється до складів і зон підготовки окремими маршрутами, які виключають перетин із маршрутами транспортування готової продукції. Переміщення компонентів між зонами виробництва організовано таким чином, щоб забезпечити оптимальні маршрути та мінімізувати затримки. Для цього транспортування компонентів (бетон, арматура) і готової продукції здійснюється різними рівнями цеху, що підвищує безпеку та ефективність операцій.

Готова продукція транспортується до складу готової продукції через окремі коридори. Це дозволяє уникнути перетинів із внутрішньоцеховими потоками матеріалів і забезпечує швидкість виконання вантажних операцій.

Чітко визначені маршрути та використання сучасного обладнання сприяють зниженню експлуатаційних витрат.

Організація вантажопотоків на заводі спроектована з урахуванням сучасних вимог до виробництва залізобетонних виробів. Розділення потоків сировини, компонентів і готової продукції дозволяє уникнути перетинів, забезпечуючи безпеку і ефективність. Використання сучасного обладнання для транспортування сприяє зниженню часу на виконання операцій, підвищенню продуктивності та зменшенню логістичних витрат. Раціональна організація логістичних процесів є запорукою стабільного та ефективного функціонування заводу.

10. Структура, організація і управління підприємством

Структура заводу з виробництва залізобетонних паль розроблена з метою забезпечення максимальної ефективності виробничих процесів, дотримання високих стандартів якості продукції та економічної доцільності. Успіх підприємства значною мірою залежить від оптимізації всіх організаційних аспектів роботи, включаючи управління персоналом, використання ресурсів та технологічних процесів. Однією з особливостей заводу є висока ступінь автоматизації управління виробництвом і логістикою, що дозволяє зменшити витрати часу і коштів, водночас підвищуючи якість продукції. Завод функціонує в одну зміну тривалістю 8 годин, що забезпечує стабільний випуск продукції в обсязі 6500 м³ залізобетонних паль на рік.

Основні підрозділи підприємства

Адміністративно-господарський відділ

Адміністративно-господарський відділ є центральним елементом організаційної структури заводу. Він займається координацією роботи всіх підрозділів, розробкою стратегічних планів розвитку та забезпеченням виконання виробничих завдань. Основні функції відділу включають фінансове планування, управління кадровими ресурсами, контроль за дотриманням бюджетів та виконанням контрактів. Відділ також забезпечує ефективну комунікацію між керівництвом підприємства, постачальниками і клієнтами, що сприяє досягненню цілей заводу.

Виробничі цехи

Виробничі цехи є основою діяльності заводу. До них належать:

1. **Бетоносмесильний цех.** Основне завдання цеху — приготування бетонної суміші згідно з технологічними картами. Оснащений сучасними автоматизованими бетонозмішувачами з дозуючими пристроями для точного дотримання рецептури суміші. Завдяки автоматизації процесів досягається висока точність і однорідність суміші.
2. **Арматурний цех.** У цьому цеху виготовляються арматурні каркаси для залізобетонних паль. Використовуються станки для різання, гнуття та зварювання арматури, що дозволяє забезпечити високу міцність і точність виробів. Крім того, передбачена зона складування готових арматурних каркасів, що спрощує логістику між цехами.
3. **Формувальний цех.** Включає робочі зони для встановлення арматурних каркасів, заливки бетонної суміші у форми та попереднього твердіння виробів. Встановлене обладнання дозволяє оптимізувати процеси формування та забезпечити відповідність геометричних параметрів готових виробів заданим стандартам.
4. **Цех теплової обробки.** Камери пропарювання в цьому цеху забезпечують рівномірне твердіння бетону при підвищеній температурі та вологості, що значно скорочує час набору міцності. Процеси в цеху повністю автоматизовані, що дозволяє уникнути відхилень у технологічному циклі.
5. **Склад готової продукції.** Оснащений багаторівневими стелажми для зберігання залізобетонних паль, склад забезпечує раціональне використання простору. Автоматизовані системи обліку дозволяють оперативно контролювати наявність продукції та готувати її до відвантаження замовникам.

Лабораторія контролю якості

Цей підрозділ виконує ключову роль у забезпеченні відповідності продукції нормативним вимогам. Лабораторія перевіряє як вхідні матеріали (цемент, пісок, щебінь, арматуру), так і готові вироби. Сучасне обладнання дозволяє проводити випробування на міцність, водонепроникність, морозостійкість і інші важливі характеристики. Лабораторія також контролює правильність дотримання рецептури бетонної суміші.

Ремонтно-технічний відділ

Підрозділ займається технічним обслуговуванням і ремонтом обладнання, що використовується у виробництві. Його завдання включають планові огляди техніки, усунення несправностей, що виникають під час роботи, а також модернізацію окремих елементів обладнання для підвищення продуктивності. У штаті відділу працюють механіки, слюсарі та електрики.

Відділ логістики

Цей підрозділ відповідає за організацію транспортування сировини, матеріалів і готової продукції. Основними функціями відділу є складання оптимальних маршрутів доставки, контроль своєчасності перевезень і забезпечення безпеки транспортування довгомірних конструкцій. Відділ також здійснює координацію між складськими приміщеннями і виробничими цехами.

Організація управління підприємством

Управління підприємством базується на використанні сучасних автоматизованих систем. Вони забезпечують моніторинг усіх етапів виробництва, контроль якості продукції, аналіз витрат і планування подальшого розвитку. Система управління дозволяє в режимі реального часу отримувати дані про стан обладнання, ефективність використання ресурсів і динаміку виконання виробничих завдань. Керівництво заводу включає директора, заступників директора з виробництва та економіки, а також головного інженера. Відповідальність за реалізацію виробничих планів покладена на майстрів цехів, які взаємодіють із операторами обладнання.

Організація структури, управління і виробничих процесів на заводі з виробництва залізобетонних паль забезпечує високу продуктивність і відповідність продукції стандартам якості. Використання автоматизованих систем управління, оптимальний розподіл функцій між підрозділами і залучення кваліфікованих спеціалістів дозволяють підприємству працювати стабільно і економічно ефективно.

11. Розрахунок потреби робітників

Бетонозмішувальний цех

Цех забезпечує приготування бетонної суміші за допомогою трьох автоматизованих бетонозмішувачів. Робота у цеху включає завантаження компонентів, змішування та вивантаження бетонної суміші.

Склад персоналу:

- Оператори бетонозмішувачів: 3 особи (по одному на змішувач).
- Обслуговування дозаторів: 1 працівник.

Разом: 4 працівники.

Арматурний цех

Цех спеціалізується на обробці арматури та виготовленні арматурних каркасів. Для виконання операцій використовуються станки різання, гнуття та зварювання.

Склад персоналу:

- Станок для різання арматури СМЖ-322: 1 працівник.
- Станок для гнуття арматури СГА-405: 1 працівник.
- Зварювальні станки ПДГ-601 (2 шт.): 2 працівники.
- Мостовий кран (5 т): 1 працівник.

Разом: 5 працівників.

Формувальний цех

Цех здійснює формування залізобетонних виробів. Роботи включають установлення арматурних каркасів, заливку бетонної суміші, ущільнення та попереднє твердіння.

Склад персоналу:

- Формувальники: 2 працівники.
- Оператори вібраційного столу: 1 працівник.
- Оператор мостового крана: 1 працівник.

Разом: 4 працівники.

Склади

Склади забезпечують приймання, зберігання та відвантаження сировини, комплектуючих матеріалів та готової продукції.

Склад персоналу:

- Склад в'яжучих матеріалів: 3 працівники.
- Склад заповнювачів: 2 працівники.
- Склад арматури і арматурних виробів: 1 працівник.
- Склад готової продукції: 1 працівник.

- Матеріально-технічні склади, склади комплектуючих матеріалів: 1 працівник.

Разом: 8 працівників.

Лабораторія

Лабораторія відповідає за контроль якості вхідних матеріалів і готової продукції.

Склад персоналу:

- Лаборанти: 2 працівники.

Загальний розрахунок чисельності

Виробничий персонал:

$$N_{\text{виробн}}=4+5+4+8+2=23 \text{ осіб.}$$

Адміністративний персонал:

Приймаємо 15% від чисельності виробничих працівників.

$$N_{\text{адмін}}=0.15 \cdot 23=3,45 \approx 4 \text{ осіб}$$

Загальна чисельність персоналу:

$$N_{\text{заг}}=N_{\text{доб}}+N_{\text{адмін}}=23+4=27 \text{ осіб.}$$

Розподіл працівників за професіями

- Оператори обладнання, формувальники, інші виробничі робітники: 13 осіб.
- Працівники складів: 8 осіб.
- Лабораторний персонал: 2 особи.

- Адміністративний персонал: 7 осіб.

12. Об'ємно-планувальне рішення підприємства

Проектування заводу для виробництва залізобетонних паль передбачає всебічно обґрунтоване об'ємно-планувальне рішення, що враховує комплекс технологічних, функціональних, естетичних і екологічних вимог. Основними аспектами проектування є визначення оптимальних розмірів прольотів, висоти будівель, архітектурної конфігурації фасадів, а також організація території відповідно до сучасних стандартів і нормативних актів, таких як ДБН Б.2.2-12:2019 «Планування та забудова територій». Особлива увага приділяється забезпеченню енергоефективності та раціональному використанню простору. Проект також враховує можливість адаптації заводу до змін у виробничих обсягах і специфікації продукції, сприяючи його довгостроковій конкурентоспроможності.

Визначення розмірів прольотів і висоти будівлі

Конструктивні характеристики будівлі заводу визначаються вимогами технологічного процесу, параметрами обладнання та нормами промислової архітектури. Основні прольоти виробничих цехів мають ширину 18 метрів, що дозволяє оптимально розміщувати великогабаритне технологічне обладнання, таке як бетонозмішувальні установки, зварювальні станки та формувальні стенди. Висота будівлі в 12 метрів забезпечує можливість інтеграції кран-балок із необхідною вантажопідйомністю, що дозволяє ефективно переміщувати арматурні каркаси та готові вироби. Для адміністративних і допоміжних приміщень передбачено компактні прольоти шириною 6 метрів і висотою 3,5 метри, що відповідає сучасним вимогам ергономіки та забезпечує комфорт для персоналу.

Розміри приміщень також враховують можливість розширення виробничих потужностей у майбутньому. Наприклад, резервні ділянки передбачені для встановлення додаткових формувальних ліній або модернізації існуючих.

Фасади будівлі

Фасадна частина будівлі виконується із застосуванням сучасних будівельних матеріалів, які поєднують високу функціональність і естетичну привабливість. Сендвіч-панелі з утеплювачем із мінеральної вати забезпечують високий рівень теплоізоляції, що сприяє зменшенню енергоспоживання. Поверхневий шар панелей виконаний із металу з антикорозійним покриттям, що забезпечує довговічність і мінімальні витрати на технічне обслуговування. Важливим компонентом фасадного рішення є великі склопакети, які сприяють природному освітленню внутрішніх приміщень і знижують потребу в штучному освітленні.

Сонцезахисні елементи, інтегровані у фасад, регулюють теплове навантаження в літній період, створюючи комфортні умови для роботи персоналу. Оформлення фасадів також відповідає вимогам корпоративного стилю, що підкреслює інноваційність і сучасність підприємства.

Планування території

Територія заводу площею 2,5 га розділена на функціональні зони, що забезпечує раціональне використання простору та зручність пересування.

Основні об'єкти включають:

- **Виробничі цехи.** Розташовані у центральній частині території для забезпечення мінімальної відстані до складів сировини та готової продукції.
- **Склад готової продукції.** Розташований на відстані 30 метрів від формувального цеху. Оснащений багаторівневими стелажимами та системою автоматизованого обліку продукції.
- **Адміністративна будівля.** Розташована поруч із в'їздом на територію заводу, що забезпечує легкий доступ для персоналу та відвідувачів.
- **Склади сировини.** Близько до бетонозмішувального вузла. Склади цементу обладнані герметичними силосами з системами підтримки стабільної вологості, а склади піску та щебеню мають навіси для захисту від атмосферного впливу.

Ситуаційний план

Ситуаційний план заводу розроблений відповідно до сучасних вимог логістики та нормативів безпеки.

Основні елементи включають:

- **Дорожня інфраструктура.** Прокладено кільцеву систему доріг, яка забезпечує безперешкодний рух транспорту. Основні маршрути виключають перетини з пішохідними зонами.
- **Санітарно-захисні зони.** Встановлені згідно з нормативами, що регламентують мінімальні відстані від виробничих приміщень до житлових будівель і зон громадського користування.
- **Озеленення.** Смуги озеленення розташовані вздовж доріг і меж території, забезпечуючи зменшення рівня шуму та покращення мікроклімату.
- **Паркувальні майданчики.** Передбачені окремо для легкового та вантажного транспорту, що дозволяє уникнути заторів.

Енергозбереження та екологічність

Проект заводу включає інтеграцію енергоощадних рішень, таких як використання LED-освітлення та систем автоматичного регулювання вентиляції. Сонячні панелі на дахах будівель забезпечують до 20% енергопотреб підприємства, що зменшує його залежність від зовнішніх джерел енергії. Системи збирання дощової води використовуються для технічних потреб, включаючи охолодження обладнання та полив озелених зон. Фільтрувальні

установки очищують промислові викиди, зводячи до мінімуму вплив заводу на навколишнє середовище.

Об'ємно-планувальне рішення заводу демонструє комплексний підхід до організації простору, що забезпечує високу ефективність виробничих процесів і відповідність сучасним вимогам сталого розвитку. Використання інноваційних рішень у проектуванні території, архітектурі та інженерних системах дозволяє мінімізувати експлуатаційні витрати та створює комфортні умови для праці, сприяючи підвищенню продуктивності й екологічності підприємства.

13. Охорона праці і техніка безпеки

Охорона праці і техніка безпеки є невід'ємною складовою ефективного функціонування заводу з виготовлення залізобетонних палів. Забезпечення безпеки працівників, дотримання стандартів і норм охорони праці сприяють не лише збереженню здоров'я та життя співробітників, а й підвищенню продуктивності та якості виробництва. Всі заходи щодо охорони праці на заводі повинні відповідати чинному законодавству України, включаючи Державні будівельні норми (ДБН) та державні стандарти (ДСТУ).

13.1. Законодавча та нормативна база

Основними документами, які регулюють питання охорони праці та техніки безпеки на заводі, є:

Закон України «Про охорону праці»;

ДБН А.3.2-2-2009 «Система стандартів безпеки праці. Організація будівельного виробництва»;

ДСТУ ISO 45001:2019 «Системи управління охороною здоров'я та безпекою праці. Вимоги та настанови щодо застосування»;

НПАОП 0.00-1.81-18 «Правила охорони праці під час виробництва будівельних матеріалів, виробів та конструкцій».

13.2. Організація охорони праці

На заводі з виготовлення залізобетонних палів повинні бути організовані такі заходи щодо охорони праці:

13.2.1. Відповідальність керівництва

Керівництво заводу несе відповідальність за забезпечення безпечних умов праці та виконання вимог законодавства щодо охорони праці. Для цього на підприємстві повинні бути створені служби охорони праці, призначені відповідальні особи та розроблені відповідні інструкції.

13.2.2. Інструктаж та навчання працівників

Працівники заводу повинні проходити обов'язковий інструктаж з охорони праці:

Вступний інструктаж – для нових працівників або працівників, які переведені на нове місце роботи.

Первинний інструктаж на робочому місці – перед початком виконання робіт.

Повторний інструктаж – не рідше одного разу на квартал.

Позаплановий інструктаж – у випадках змін у виробничому процесі, аварійних ситуацій або інших непередбачених обставин.

Цільовий інструктаж – перед виконанням разових робіт, які не передбачені трудовими обов'язками.

13.2.3. Медичні огляди

Працівники повинні проходити медичні огляди відповідно до вимог ДСТУ 4489-2005 «Організація охорони праці. Обов'язкові медичні огляди працівників».

13.3. Організація безпечного виробничого процесу

13.3.1. Вимоги до виробничих приміщень

Виробничі приміщення повинні відповідати вимогам ДБН В.2.5-28:2006 «Природне і штучне освітлення», ДБН В.2.5-67:2013 «Внутрішній водопровід та каналізація», а також іншим нормам, що регулюють мікроклімат, освітлення та вентиляцію на робочих місцях.

13.3.2. Безпечність технологічного обладнання

Технологічне обладнання повинно відповідати вимогам ДСТУ ГОСТ 12.2.003:2008 «ССБП. Устаткування виробниче. Загальні вимоги безпеки». Регулярно повинні проводитись технічні огляди та обслуговування обладнання для запобігання його поломкам і аваріям.

13.3.3. Засоби індивідуального захисту

Працівники повинні бути забезпечені засобами індивідуального захисту (ЗІЗ) відповідно до вимог ДСТУ EN 342:2017 «Захисний одяг. Комплекти і вироби для захисту від низьких температур». До ЗІЗ відносяться каски, рукавички, захисні окуляри, спеціальний одяг та взуття.

13.3.4. Контроль параметрів виробничого середовища

Необхідно проводити регулярний контроль параметрів виробничого середовища, таких як температура, вологість, рівень освітленості та концентрація шкідливих речовин у повітрі робочої зони. Для цього використовуються відповідні прилади та методи, визначені нормативними документами.

13.4. Пожежна безпека

13.4.1. Вимоги до протипожежного захисту

Завод повинен відповідати вимогам ДБН В.1.1-7-2002 «Пожежна безпека об'єктів будівництва». Необхідно розробити та впровадити план заходів з пожежної безпеки, який включає:

Встановлення автоматичних систем пожежогасіння та сигналізації;
Обладнання приміщень первинними засобами пожежогасіння (вогнегасники, пожежні крани);

Розробка плану евакуації та проведення регулярних навчань з евакуації.

13.4.2. Інструктаж та навчання з пожежної безпеки

Працівники заводу повинні проходити інструктаж з пожежної безпеки та навчання з використання первинних засобів пожежогасіння. Інструктажі проводяться не рідше одного разу на рік.

13.5. Електробезпека

13.5.1. Вимоги до електроустановок

Електроустановки заводу повинні відповідати вимогам ДБН В.2.5-23:2010 «Електрообладнання будівель і споруд. Основні положення проектування». Всі електроустановки повинні бути заземлені та захищені від перенапруги.

13.5.2. Контроль стану електрообладнання

Необхідно регулярно проводити перевірку стану електрообладнання та електричних мереж. Особливу увагу слід приділяти справності захисних пристроїв (автоматичних вимикачів, ПЗВ).

13.5.3. Інструктаж з електробезпеки

Працівники, що працюють з електрообладнанням, повинні проходити спеціалізований інструктаж з електробезпеки та мати відповідну кваліфікаційну групу з електробезпеки.

13.6. Запобігання травматизму

13.6.1. Аналіз та розслідування нещасних випадків

На заводі повинна проводитися регулярна робота з аналізу та розслідування нещасних випадків, що сталися на виробництві. Мета цієї роботи – виявлення причин інцидентів та розробка заходів з їх запобігання.

13.6.2. Розробка та впровадження заходів з запобігання травматизму

На основі аналізу нещасних випадків розробляються та впроваджуються заходи з запобігання травматизму, включаючи модернізацію обладнання, вдосконалення технологічних процесів та підвищення кваліфікації працівників.