

## ВСТУП

Виробництво залізобетонних вентиляційних блоків відіграє ключову роль у забезпеченні зростаючих потреб будівельної галузі, що виникають через масштабне оновлення інфраструктури та активну урбанізацію. Сучасні методи виготовлення таких блоків передбачають застосування автоматизованих технологій, які оптимізують процес виробництва, знижують витрати та гарантують високу якість кінцевого продукту. Використання інноваційних бетонних сумішей і посилених арматурних матеріалів забезпечує довговічність і відповідність сучасним технічним стандартам. Крім того, будівництво заводу стане поштовхом для створення нових робочих місць і стабілізації національної економіки, забезпечуючи довгострокову вигоду для регіонального розвитку.

Кваліфікаційну роботу розроблено відповідно до ДБН А.2.2-3-2014 «Склад та зміст проектної документації на будівництво». (Затверджені: наказ Мінрегіону України від 04.06.2014 р. № 163. Набрання чинності: 2014-10-01). Кваліфікаційна робота відповідає вимогам до складової «Технологічні рішення» проекту (затверджувальної частини РП) на будівництво об'єктів невиробничого призначення або «Технологічна частина» проекту (затверджувальної частини РП) на будівництво об'єктів виробничого призначення та лінійних об'єктів інженерно-транспортної інфраструктури. З огляду на специфіку об'єктів, що проектуються, проектування ґрунтується на ДБН А.3.1-7-96 «Управління, організація і технологія. Виробництво бетонних та залізобетонних виробів». (Затверджені: наказ Держкоммістобудування України від 24 грудня 1996 р. № 222. Набрання чинності: 1997-07-01) та ДБН А.3.1-8-96 «Управління, організація, технологія. Проектування підприємств з виробництва залізобетонних виробів» (Затверджені: наказ Держкоммістобудування України від 24 грудня 1996 р. № 222. Набрання чинності: 1997-07-01)

## 1. ВИХІДНІ ДАННІ

### 1.1. Номенклатура й характеристика продукції, що планується до виготовлення

Залізобетонні вентиляційні блоки БВ 28.93.1 є важливими елементами для створення надійних інженерних систем у сучасних будівлях та спорудах. Їхня конструкція забезпечує високу міцність і стійкість до навантажень, що робить їх оптимальним рішенням для тривалого використання. Завдяки стандартизації розмірів і технологічній простоті виробництва, ці блоки сприяють зменшенню витрат матеріалів та прискорюють процес будівництва. Висока якість виробів дозволяє забезпечити ефективність вентиляційних систем і підтримання відповідного мікроклімату у приміщеннях. Такі блоки незамінні у сучасному будівництві, де ключовими пріоритетами є довговічність, функціональність і економічність.

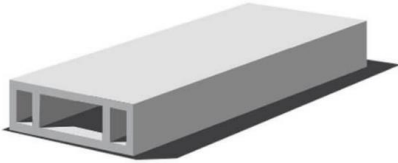
Підприємство спеціалізується на виробництві залізобетонних вентиляційних блоків БВ28.93.1, що є основною продукцією. Використовуються сучасні матеріали для забезпечення високої якості і довговічності виробів. Завод орієнтований на виготовлення продукції, яка відповідає технічним стандартам і потребам ринку будівельних матеріалів.

Ефективність заводу з виробництва залізобетонних вентиляційних блоків забезпечується завдяки автоматизації процесів формування та прискореному твердінню бетону. Ці технології дозволяють досягти високої продуктивності та стабільної якості виробів, знижуючи трудовитрати і час виготовлення.

На даному підприємстві базовим виробом є вентиляційні блоки марки БВ28.93.1, розмірами 2 780 x 930 мм, висотою 500 мм.

Таблиця 1.1

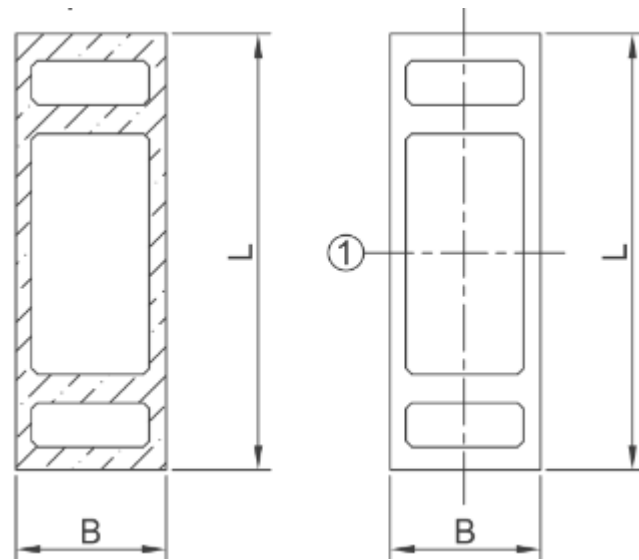
Номенклатура продукції, що випускається:

Найменування виробів	Ескіз виробів	Марка виробів	Відповідний ДСТУ	Доля, % в загальному випуску	Задана річна продуктивність	
					Куб. м	шт.
Вентиляційний блок ДСТУ Б В.2.6-110:2010		БВ28.93.1	ДСТУ Б В.2.6-110:2010	100	9500	6690

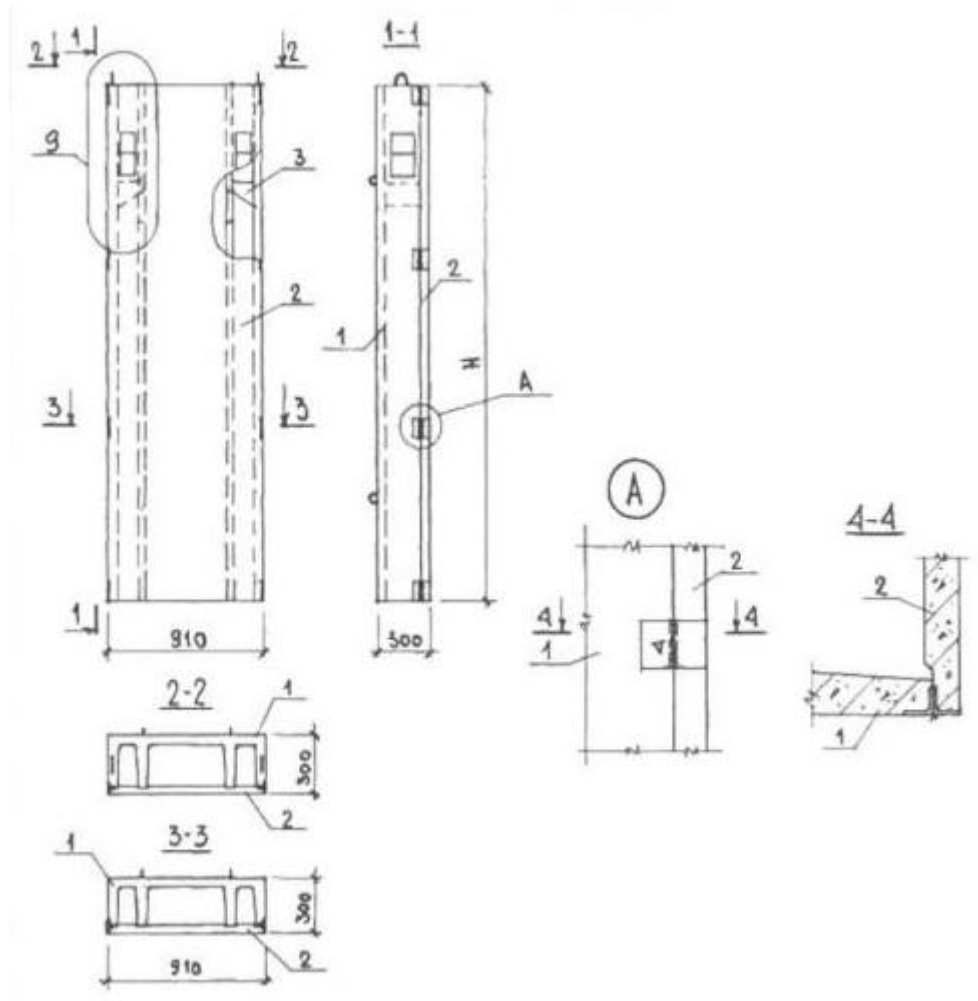
Таблиця 1.2

Характеристика продукції, що планується до виготовлення

№ п/п	Марка виробу	Основні розміри, мм	Клас бетону	Маса виробу, кг	Витрати матеріалів	
					бетон, м <sup>3</sup>	сталь, кг
1	БВ28.93.1	2780 x 930 x500	С 16/20	1080	1,22	32



Опалубочні креслення



Армування

## 1.2. Вибір оптимальної технології виробництва

Завод з виробництва залізобетонних блоків є важливим елементом у сучасному будівництві, забезпечуючи інфраструктурні об'єкти якісними та довговічними конструкціями.

«Виробничий процес виготовлення залізобетонних конструкцій передбачає здійснення певних технологічних процесів та операцій. Вони можуть виконуватися за потоковою або стандовою технологіями.

Потокова технологія заснована на тому, що форма, у якій відбувається виготовлення конструкції, пересувається технологічним потоком від поста до поста, на яких здійснюється певна технологічна операція. Робітники можуть залишатися на місці, або рухатися разом з формами. Вона має два основних різновиди: агрегатно-потоківий та конвеєрний.

При агрегатно-потоківій схемі форми з виробами переміщуються від поста до поста з довільним інтервалом, характерним для даної операції або групи операцій, що виконуються на посту. При конвеєрній схемі форми з виробами переміщуються від поста до поста з певним примусовим ритмом, який устанавлюють по часу найбільш тривалої технологічної операції.

Стандовий спосіб розуміє під собою переміщення обладнання разом з робітниками, які виконують технологічні операції від одного станда до іншого. Самі ж форми з виробами, що формуються залишаються нерухомо на одному місці до моменту набрання бетоном необхідної міцності. Такий метод організації технологічного процесу доцільно застосовувати при невеликій об'ємах виробництва.

Також при стандовій технології потік виробництва можна організувати таким чином, щоб розподіляти працівників по виробничим ланкам. Ці ланки мають за завдання виконання конкретної операції або декількох і переміщуються від станда до станда. При цьому задається певний ритм. Тож такий спосіб називають стандово-потоківим» [1].

Оцінивши всі характеристики, можна зробити висновок, що доцільніше використовувати стендову лінію для формування вентиляційних блоків. Такий вибір зумовлений тим, що стендовий метод є оптимальним у випадках, коли розміри та вага виробів перевищують можливості віброплощадок і вантажопідйомність підйомних машин. Також, якщо товщина і армування виробів ускладнюють процес ущільнення на віброплощадках, застосування вібраторів є необхідним. Це дозволяє забезпечити необхідну міцність і точність виробів, що важливо для досягнення високої якості на етапі виробництва.

## **2. НАУКОВА ЧАСТИНА**

### **ЗАХИСТ БЕТОНУ В КОРОЗІЙНОМУ СЕРЕДОВИЩІ**

Традиційний бетон на основі портландцементу є матеріалом з інтенсивним вмістом вуглецю через значну кількість викидів вуглецю від виробництва цементу. Одним із ефективних підходів до вирішення цієї проблеми є повторне використання перероблених матеріалів у бетоні, що демонструє великий потенціал для сприяння екологічності та зменшення відходів. Відповідно, пошук будівельних матеріалів з низьким вуглецевим слідом викликає інтерес у всьому світі [1,2]. Зокрема, серед перспективних альтернативних в'язучих матеріалів лужноактивовані матеріали (ЛАМ), які демонструють вищу довговічність та екологічні характеристики порівняно з ОРС, привертають найбільшу увагу в останні два десятиліття і широко вивчаються в багатьох дослідженнях [2-6].

Як правило, ААМ отримують шляхом реакції полімеризації між твердими алюмосилікатними джерелами (прекурсорами) і лужним розчином активатора. Гранульований доменний шлак (ГШШ) [7,8], зола-винесення (ЗВ) [9,10] та метакаолін (МК) [11] є основними прекурсорами, що використовуються в дослідженнях ААМ [7,12-15]. Хімічний склад і зображення скануючої електронної мікроскопії (СЕМ) цих прекурсорів,

відповідно [12,16,17]. Хоча використання переробленого бетонного заповнювача може призвести до зниження міцності, значення міцності на стиск залишаються достатніми для інженерних застосувань, а втілена енергетична цінність помітно знижується.

Бетон, активований лугом (ЛАБ), можлива альтернатива звичайному портландцементу (ПЦ), забезпечує додаткові екологічні переваги, зокрема менші викиди вуглецю. Так само, як і ПЦ, він стикається з проблемами довговічності в суворих умовах. У цьому дослідженні оцінювали ефективність і довговічність бетонів, активованих лугом та полімеру (SAP) як добавок. Основна увага дослідження була зосереджена на їх фізико-механічних характеристиках і продуктивності в умовах прискореної карбонізації та дифузії хлоридів.

Лужноактивовані матеріали (ЛАМ) широко визнані як потенційна альтернатива звичайному портландцементу (ПЦ) через їхній нижчий вуглецевий слід. Однак, як і ПЦ, ААМ також можуть створювати деякі довготривалі проблеми під впливом агресивних середовищ, а механізми та можливі покращення все ще залишаються не до кінця зрозумілими в існуючих дослідженнях. Крім того, механізми корозії ААМ відрізняються від корозії ОПК через відмінності в продуктах реакції та структурі пор. Таким чином, метою цього дослідження є огляд механізмів хімічних реакцій, факторів і методів пом'якшення наслідків впливу карбонатних і хлоридних іонів на ААМ, а також підсумкове обговорення повчальних висновків щодо довготривалих проблем, пов'язаних з ААМ.

Додавання 0,6 % SAP знизило міцність на стиск. Нарешті, зразки, збагачені MgO, продемонстрували найнижче водопоглинання та глибину карбонізації, що пояснюється буферною дією магнієвих фаз, що зменшує утворення карбонатів, як виявлено за допомогою XRD-аналізу.

Крім того, додана вартість цих матеріалів потенційно може бути шляхом їх геополімеризації з отриманням геополімерного в'язучого для стабілізації пресованої цегли (CEBs) [2]. Такий підхід не тільки покращує



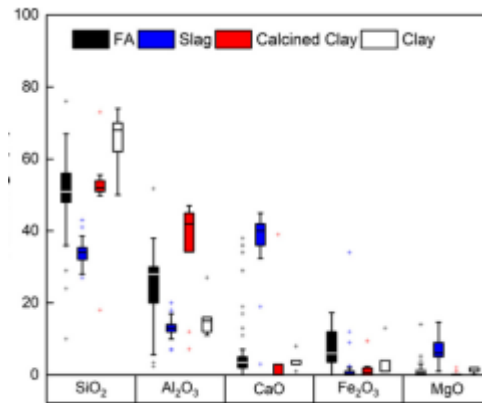
експлуатаційні характеристики СЕВ, але й обмежує шкоду, що завдається навколишньому середовищу, пов'язану з виробництвом загальноживаних цементних в'язучих, таких як цемент і вапно [3]. Геополімер, будучи більш екологічно чистим і економічно вигідним ніж цементне в'язуче [4], сприятиме забезпеченню доступного та доступного та гідного житла .

Як правило, ААМ отримують шляхом реакції полімеризації між твердими алюмосилікатними джерелами (прекурсорами) і лужним розчином активатора(прекурсорами) та лужним розчином активатора. Гранульований доменний шлак (ГДШ) [7,8], летюча зола (ЛЗ) (ЗП) [9,10] та метакаолін (МК) [11] є основними прекурсорами, що використовуються в дослідженнях ААМ.

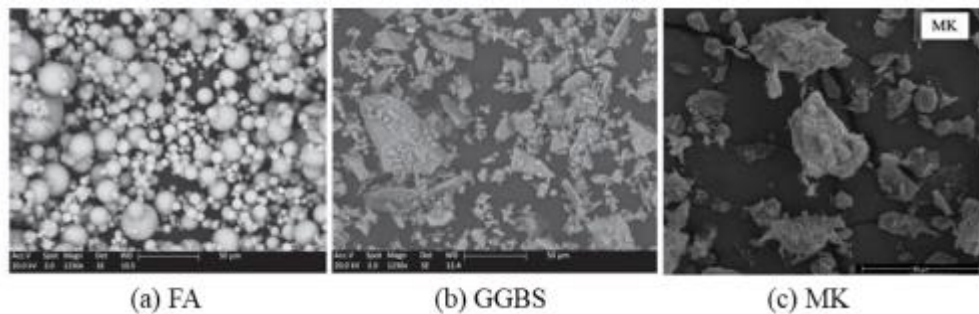
На рисунках 1 і 2 наведено хімічний склад і зображення скануючої електронної мікроскопії (СЕМ) цих прекурсорів, відповідно [12,16,17].

Типи лужних активаторів також відіграють важливу роль в ААМ. Найпоширеніші активатори включають розчини гідроксиду калію (KOH), гідроксиду натрію (NaOH), а також розчини вапняного скла ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ).

Крім того, карбонат натрію ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ), сульфат натрію ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) і гідроксид кальцію ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ) також використовували як активатори в деяких літературних джерелах [18,19]. Механізми реакції та продукти ААМ відрізняються від ОРС-систем. Кальцій-силікат-гідрат (C-S-H) є основним продуктом гідратації в системах ОРС, в той час як основними реакційними гелями в ААМ є кальцій-алюмосилікат-гідрат (C-A-S-H) і натрій-алюмосилікат-гідрат(C-A-S-H) та натрій-алюмосилікат-гідрат (N-A-S-H). Крім того, кристалічні фази, такі як гідротальцит та інші кристалічні фази також співіснують в ААМ [20-22]. Крім того, ААМ демонструють покращену довговічність завдяки розбіжності реакційних фаз порівняно з ОРС. Наприклад, фаза гідротальцитового типу в ААМ демонструє сильну здатність до іммобілізації хлоридів, що робить сприяє вищій стійкості ААМ до проникнення хлоридів [23-26].



Середній хімічний склад усіх алюмосилікатних лужноактивованих матеріалів (ААМ) Прекурсори, розглянуті в дослідженні



Зображення скануючого електронного мікроскопу (SEM) для (a) летючої золи (FA), (b) гранульованого доменного шлаку (GGBS) шлаку (ГПШ) та (c) метаксаоліну (МК).

Як основне джерело алюмосилікатного матеріалу для синтезу геополімеру, як і в попередніх дослідженнях, використовували метаксаолін і золю рисового лушпиння. У цьому дослідженні два лужні розчини (NaOH/KOH) додатково використовували як активатор для дослідження впливу їх природи на властивості геополімерних в'язучих. Це дослідження особливо зосереджено на мінералогічних, фізико-механічних і термічних властивостях геополімерних в'язучих. Це також має на меті забезпечити краще розуміння типу лужного розчину.

Два порошки (рис. 1), алюмосилікати та кремнезем відповідно, отримані з метаксаоліну та золи рисового лушпиння, використовувалися як основні матеріали для формування геополімерних зв'язуючих. Метаксаолін (МК) отримують шляхом термічної обробки місцевого каоліну (К) при 700°C. Золю

рисового лушпиння (RNA) було отримано шляхом 3-годинної мінералізації при 550°C вуглецевого залишку, отриманого в результаті газифікації. Мінералогічні, хімічні та фізичні характеристики цих матеріалів показали їх аморфну природу та потенціал для синтезу геополімерних в'язучих [ 10 ].

Для активації цих двох порошків використовували концентровані при 12 М розчини гідроксиду натрію та калію. Вони були отримані шляхом розчинення гранул NaOH і KOH (99% чистоти і надані компанією COPROCHIM) в дистильованій воді.

### **Підготовка зразків**

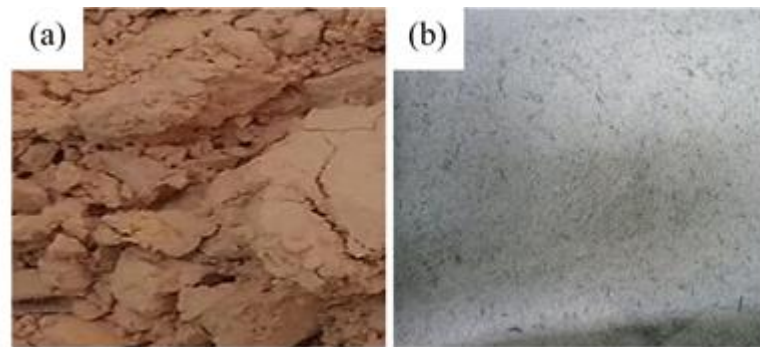
Рецептуру геополімерних в'язучих з використанням активаторів NaOH і KOH було виготовлено відповідно до опису, зробленого в попередньому дослідженні характеристики геополімерних в'язучих на основі NaOH [ 10 ]. Геополімерну пасту отримують змішуванням лужного розчину з порошками.

Для рецептури паст із використанням активаторів KOH та NaOH використовували масові співвідношення (лужний розчин/порошок) 0,7 та 0,8 відповідно. Два масових співвідношення (0,7 і 0,8) були прийняті з урахуванням різниці в густинах двох лужних розчинів, щоб отримати однакову консистенцію пасту. Гомогенізація сумішей була досягнута за допомогою блендера HOBART протягом 10 хвилин. Отриману пасту використовують для виготовлення призматичних зразків ( $4 \times 4 \times 16 \text{ см}^3$ ). Всього синтезовано шість рецептур зразків геополімерів:

- АН: алюмосилікатні порошки (100% метакаолін) + NaOH.
- ВN: алюмосилікатні порошки (95% метакаоліну і 5% золи) + NaOH.
- СN: алюмосилікатні порошки (90% метакаоліну і 10% золи) + NaOH.
- АК: алюмосилікатні порошки (100% метакаолін) + KOH.
- ВК: алюмосилікатні порошки (95% метакаоліну і 5% золи) + KOH.
- СК: алюмосилікатні порошки (90% метакаоліну і 10% золи) + KOH.

Потім різні тестові зразки витримували протягом 14 днів, включаючи 7 днів при кімнатній температурі в лабораторії ( $30^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$ ) і 7 днів при  $60^\circ\text{C}$  у печі. Після затвердіння вони пройшли різні характеристики (мінералогічні,

фізичні, механічні та термічні), щоб підкреслити вплив природи лужного розчину та швидкості заміщення метакаоліну золю рисового лушпиння на геополімерні зв'язуючі.



**Малюнок 1** . Алюмосилікати та кремнієві порошки — (а) метакаолін, (б)зола.

### Фізико-механічні та термічні властивості

Для оцінки впливу природи лужного розчину на геополімерні в'язуючі було проведено наступну характеристику:

- Доступна для води пористість і видима щільність (ISO-5017) визначаються в рівняннях (1) і (2), відповідно, з вимірювань 3 різних мас (у грамах) зразка геополімеру: маса у воді ( $M_w$ ) вага в повітрі ( $M_o$ ) і маса сухого зразка ( $M_d$ ).

$$\varepsilon = 100 \times \frac{M_o - M_d}{M_o - M_w}$$

$$\rho_d = \frac{M_d}{M_o - M_w} \times \rho_w$$

де:

$\rho_d$ – уявна щільність зразків геополімерів;

$\rho_w$ – густина води;

$\varepsilon$ – вододоступна пористість зразків геополімерів (%).

Міцність на стиск визначали за допомогою рівняння (3). Сила розриву визначається за допомогою гідравлічного преса (ETI-Proeti), який має

потужність датчика навантаження 300 кН, при швидкості навантаження 0,25кН/с.

де:

$R_{вРс}$ : міцність на стиск у МПа;

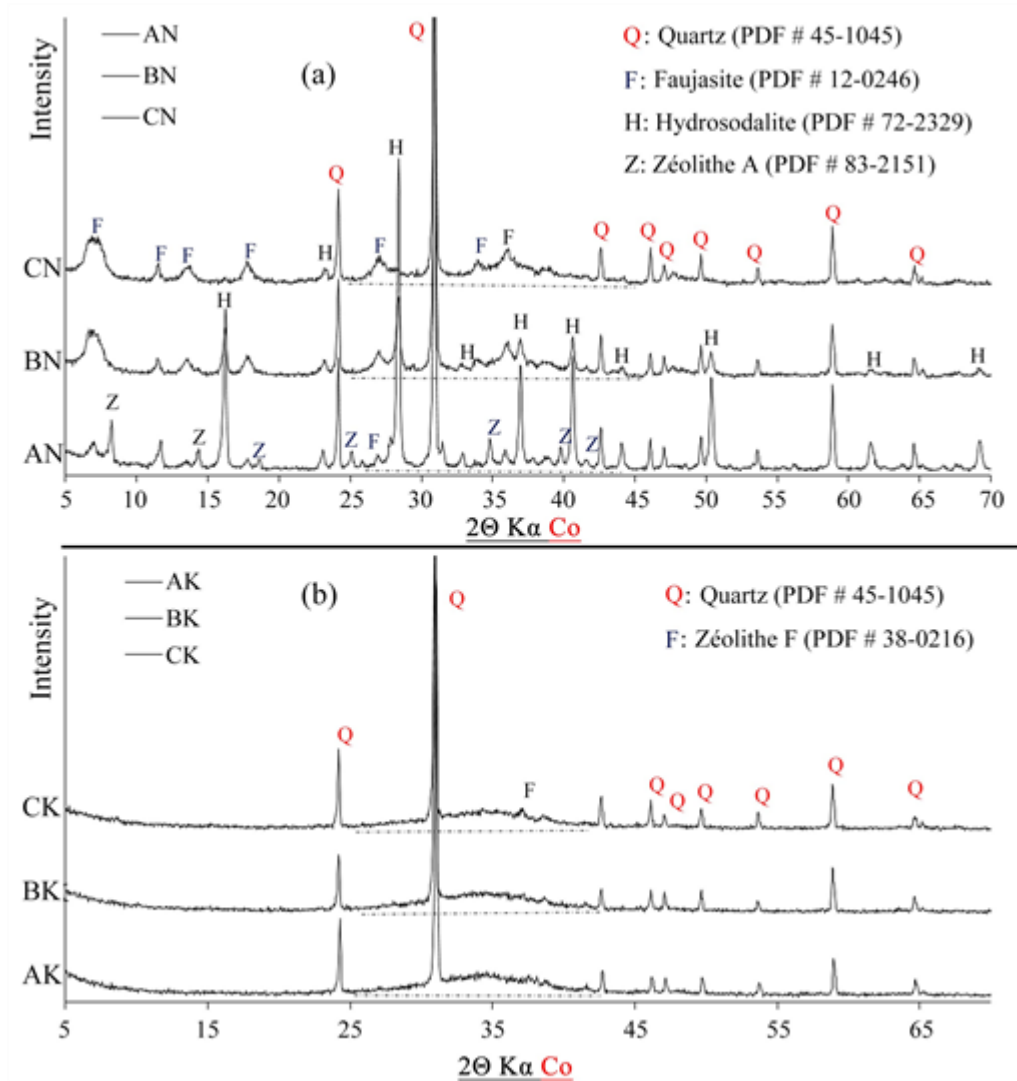
$F_{рFr}$ : сила розриву зразка в кН;

$S$ : площа поверхні досліджуваних зразків у  $см^2$ .

Теплопровідність є єдиною теплопровідною властивістю, виміряною на зразках геополімерного в'язучого. Його вимірювали методом гарячого дроту. Цей метод полягає в подачі постійної потужності на електричний дріт, занурений у циліндричний зразок (діаметр 4 см вважається нескінченним). Потім з математичних описів виводиться бажаний тепловий параметр.

На рис. 2 наведено дифрактограми геополімерів на основі NaOH (AN, BN і CN) і KOH (AK, BK і CK). Він показує утворення цеолітних продуктів, природа та ступінь кристалічності яких залежать від природи катіону ( $Na +$  або  $K +$ ) із лужного розчину, який використовується під час синтезу, а також від складу порошоків алюмосилікатів.

Дифрактограми геополімерів на основі NaOH на малюнку 2 (а) демонструють утворення кристалічних цеолітних продуктів, таких як цеоліт А, фожазит і гідросодаліт. На утворення цих мінералів також вплинуло додавання золи рисового лушпиння під час синтезу геополімерів. Таким чином, цеоліт А з'являється лише в зразках, які не містять золи рисової лушпиння (AN), тоді як кристалічність фожазиту посилюється з додаванням золи рисової лушпиння (BN і CN). Гідросодаліт, на відміну від фожазиту, має піки кристалічності, які поступово зникають внаслідок додавання золи рисового лушпиння.



**Малюнок 2 .** Дифрактограми геополімерного в'язучого на основі NaOH (a) та KOH (б).

Дифрактограми геополімерів на основі KOH на малюнку 2 (б) показують менш кристалічні піки порівняно з дифрактограмами геополімерів на основі NaOH. На додаток до відбиття кварцу, цеоліт F є єдиним мінералом, кристалізованим у цих геополімерних зразках, демонструючи дуже низький рівень інтенсивності. Присутності цеоліту F, здається, сприяє додавання золи рисового лушпиння, характерний пік цеоліту F стає більш помітним на зразку СК (містить 10% золи рисового лушпиння).

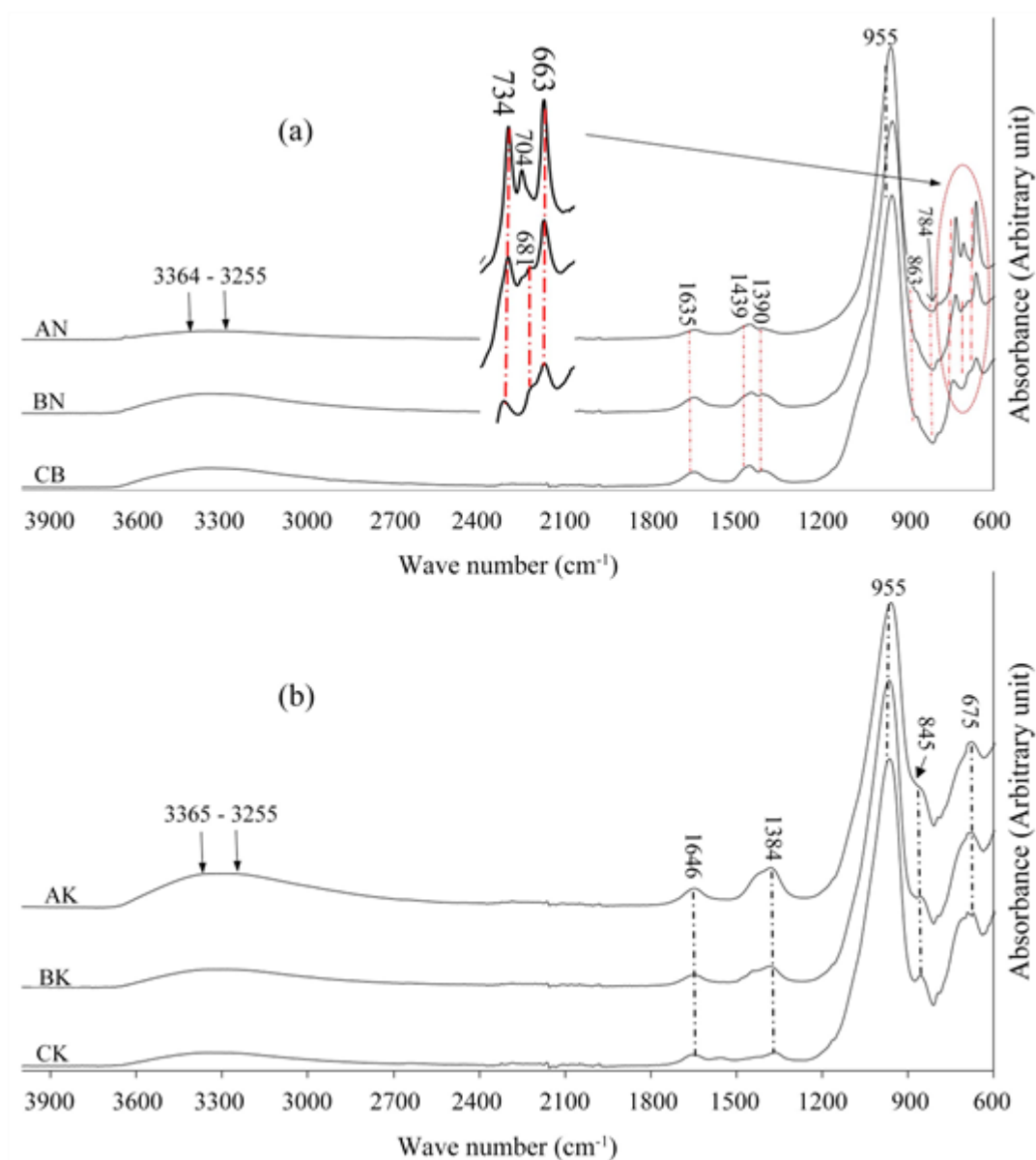
Крім того, піки гало в діапазоні від  $25^\circ$  до  $45^\circ$   $2\theta$  спостерігаються на всіх зразках геополімерів. Вони більш виражені на зразках, що містять золу рисового лушпиння (BN і CN). Це виявляє аморфність цих зразків. Характеристики ореолів аморфних фаз раніше спостерігалися на дифрактограмах метакаоліну та золи рисового лушпиння від  $15^\circ$  до  $40^\circ$  і від  $15^\circ$  до  $45^\circ$   $2\theta$  відповідно [ 10 ]. На дифрактограмах геополімерів на основі КОН і NaOH вони мають тенденцію до незначного переміщення у більші кути: від  $22^\circ$  до  $43^\circ$  і  $22^\circ$  до  $45^\circ$   $2\theta$  відповідно. Це свідчить про часткове розчинення аморфної фази із сировини та утворення нової аморфної фази в геополімерних матеріалах [ 12 ]. Геополімери на основі NaOH демонстрували вищу кристалічність, ніж ті, що базувалися на КОН. Це може вплинути на механічні та фізичні властивості цих геополімерних в'язучих.

Мінералогічна характеристика геополімерних зв'язуючих за допомогою FTIR

Інфрачервоні (ІЧ) спектри геополімерів на основі NaOH і КОН наведені на рис. 3 (а) і рис. 3 (б) відповідно. Смоги навколо  $3365 - 3255 \text{ см}^{-1}$  і  $1635$  або  $1646 \text{ см}^{-1}$  відповідно виражають деформацію внаслідок коливань зв'язків OH і HON молекул води [ 13 ]. Смоги при  $1439$  або  $1384 \text{ см}^{-1}$  пов'язані з деформаційними коливаннями зв'язку ОСО, які припускають присутність карбонату натрію або калію. Утворення цих карбонатів можна пояснити атмосферою карбонізацією лужного активатора [ 14 ].

Основна смуга, виявлена при  $955 \text{ см}^{-1}$ , приписується зв'язкам Si-OM + (M = K або Na), які характеризують цеоліти [ 15 ] [ 16 ]. Цеолітові продукти ідентифікували на дифрактограмах XRD різних геополімерів ( рис. 2 ). Принципова відмінність між геополімерами на основі NaOH і КОН полягає в діапазоні смуг від  $800$  до  $600 \text{ см}^{-1}$ . На зразках на основі NaOH ( рис. 3 (а)) виявлено чотири смуги ( $734$ ,  $704$ ,  $681$  і  $663 \text{ см}^{-1}$ ), які відповідно асоціюються з Si-O-Al, Si-O-Si та Si-O облігації. Ці смуги з'являються лише в

спектрі сполук натрію, тому вони, мабуть, позначають присутність цеолітів, як було раніше ідентифіковано на XRD цих сполук. Крім того, їх інтенсивність зменшується з вмістом кремнезему (BN і CN), що пов'язано з утворенням геополімерного гелю. На спектрах геополімерів на основі KOH (рис. 3 (b)) ідентифікована одна смуга близько  $675\text{ cm}^{-1}$ , яка пов'язана зі зв'язками Si-O кварцу [ 17 ]. На відміну від інфрачервоних спектрів геополімерів на основі NaOH, інтенсивність цієї смуги залишається однаковою на трьох зразках (AK, BK і CK). Це узгоджено з дифрактограми зразків AK, BK і CK, які в основному ідентичні, за винятком лише цеолітового піку, видимого на зразку CK (рис. 2 (b)).





### Термічний аналіз (TG/DTA) Геополімерні в'язучі

Термічні аналізи (TG і DTA) різних геополімерних композицій представлені на малюнку 4. Термогравіметричний аналіз зафіксував подібні втрати маси для сполук на основі NaOH (лише 4,5% різниці) для всього вмісту кремнезему (рис. 4 (а)). Для сполук на основі KOH збільшення вмісту кремнезему збільшило втрату маси, зафіксувавши 16,5% різниці у втраті маси (рис. 4 (б)).

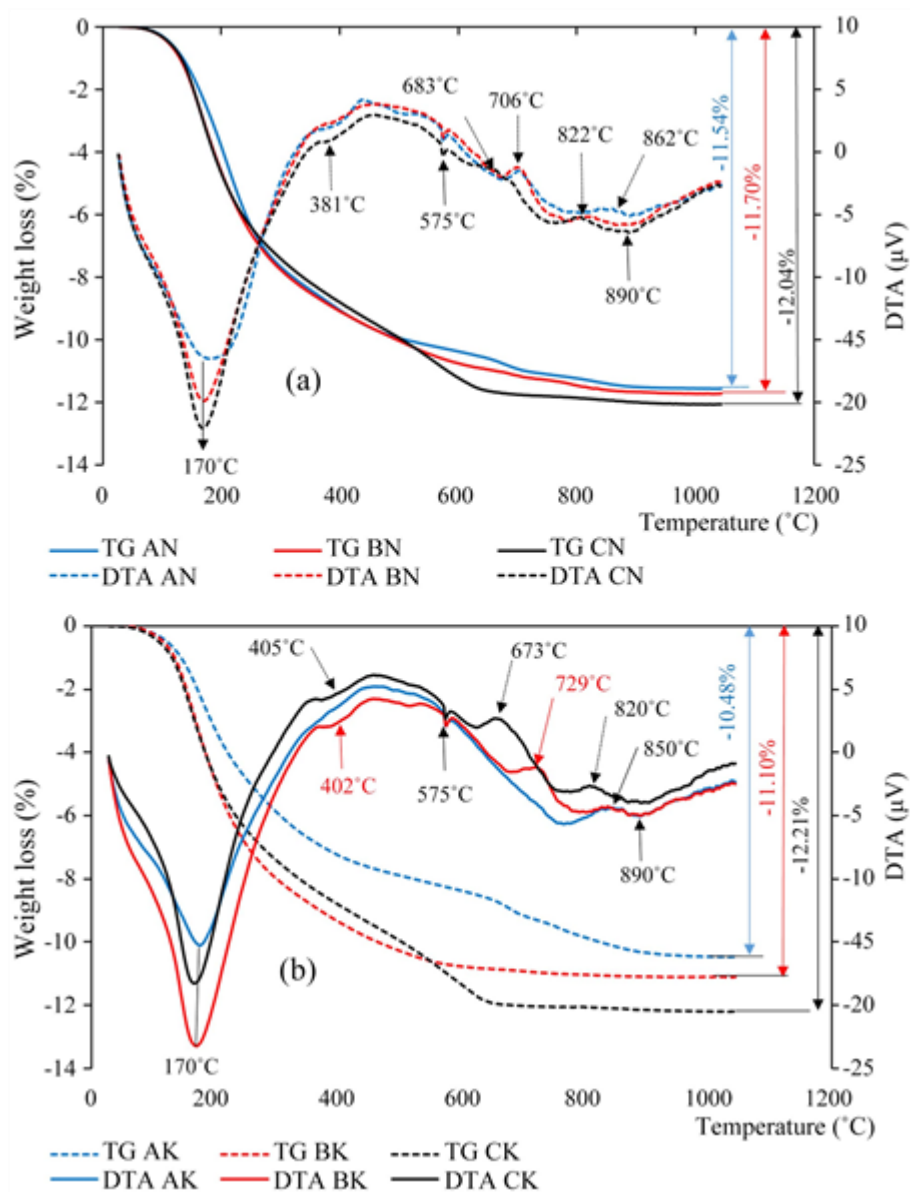
Термо-диференціальний аналіз зафіксував ендотермічні реакції при 170°C і 380°C для сполук на основі NaOH (рис. 4 (а)), що відображає випаровування зв'язаної води. Їх інтенсивність зростає при підвищенні вмісту кремнезему. Ендотермічна реакція при 575°C відповідає перетворенню кварцу ( $\alpha \rightarrow \beta$ ) [18]. Ендотермічні реакції при більш високих температурах (683°C і 750°C) відповідають компонентам цеоліту або геополімеру [19]. Екзотермічні реакції при 706°C, 822°C і 862°C можуть бути пов'язані з рекристалізаціями цеолітів або геополімерів [20]. Ендотермічна реакція при 890°C може бути пов'язана з розкладанням утвореного карбонату, як це спостерігалось в FTIR сполук на основі NaOH (рис. 3 (а)).

Для сполук на основі KOH (рис. 4 (б)) реакції дегідратації при 170°C і 402°C добре помітні для зразка ВК. Ці сполуки реєструють подібні ендотермічні та екзотермічні реакції, як і для сполук NaOH. Примітно, що температури, при яких відбувалися екзотермічні реакції, знижувалися від зразка АК до СК (858°C  $\rightarrow$  820°C і 729°C  $\rightarrow$  673°C). Як і в попередньому випадку, реакцію при 890°C можна пов'язати з розкладанням  $K_2CO_3$ .

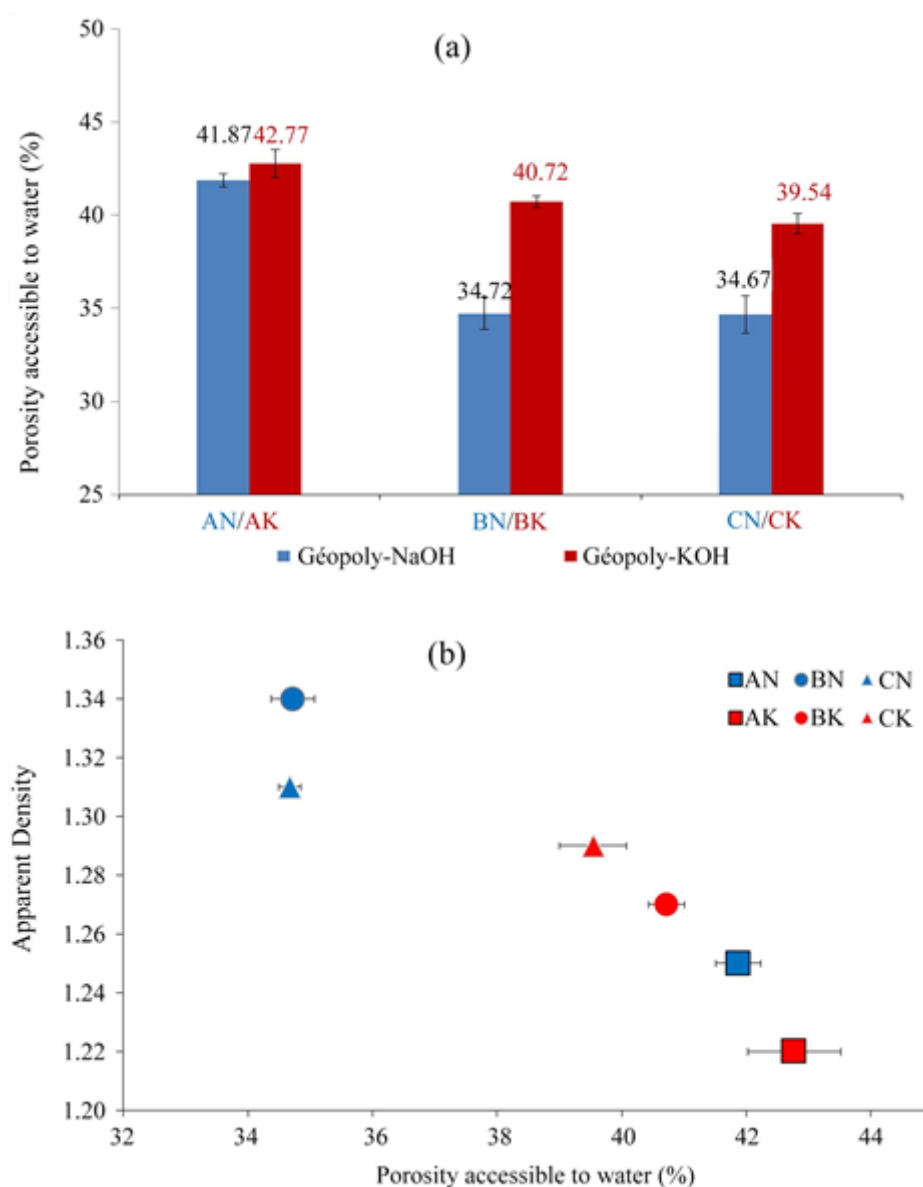
### Фізична характеристика зразків геополімерів

На малюнку 5 показано зміну доступної для води пористості та її зв'язок із уявною щільністю геополімерних в'язучих. Вододоступна пористість усіх зразків коливається від 34% до 42%, а їх уявна щільність коливається від 1,2

до 1,3. Ці властивості розвивалися по-різному у сполук на основі NaOH і на основі KOH залежно від їх складу.



Малюнок 4 . Термічний аналіз зразків геополімерів на основі NaOH (а) та KOH (б).



Пористість, доступна воді (а) і видима щільність (б).

Для сполук на основі КОН кореляція між пористістю та щільністю чітко виділена. Пористість зменшується зі збільшенням щільності, що пов'язано з вмістом кремнезему (мал.6 (б)). Ці варіації можна пояснити поганим кристалічним характером цих геополімерів, їх високою чутливістю до випаровування води та скорочення їхньої мережі.

Сполуки на основі NaOH завжди мали вищу щільність і нижчу пористість, ніж їхні еквівалентні сполуки на основі КОН. Ці відмінності в основному пов'язані з кристалізованою природою геополімерів, що

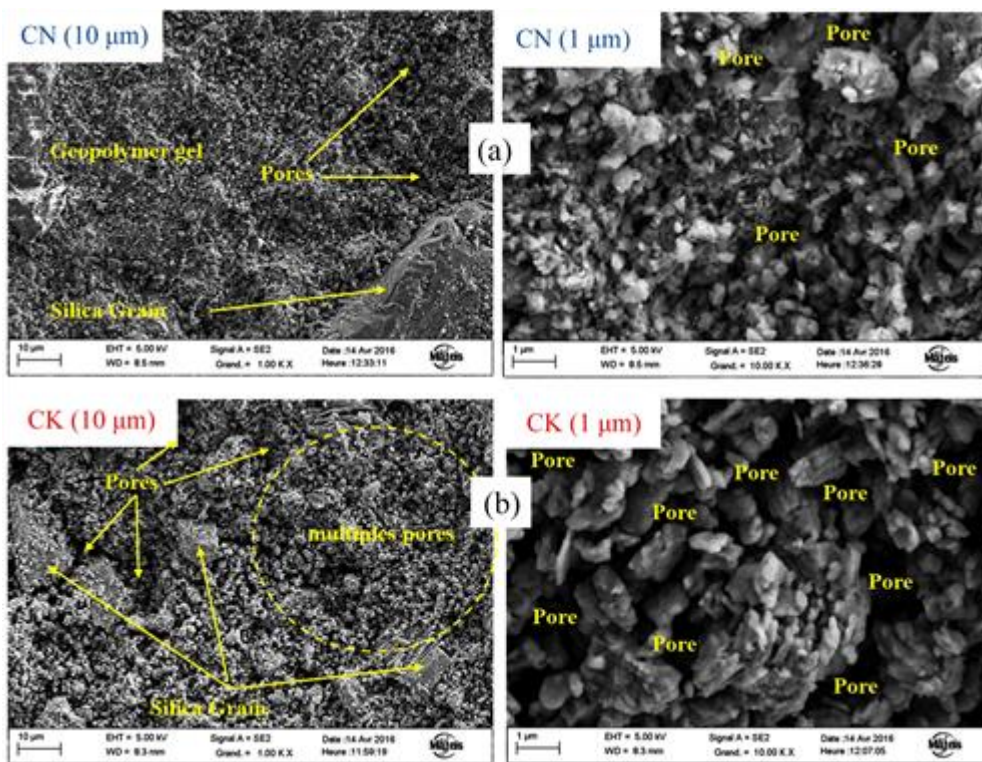
складаються в основному з цеолітів. Невелике зниження густини сполуки CN можна пояснити її добре розвиненою геополімерною фазою.

Щоб краще зрозуміти вплив типу лужного розчину на пористість геополімерних в'язучих, були проведені мікроскопічні спостереження на зразках геополімерів CN і СК. Мікрофотографії, зроблені в двох різних масштабах (10 мкм і 1 мкм), показують вищу пористість для зразків на основі КОН порівняно зі зразками на основі NaOH ( рис. 6 ). Ця різниця в пористості в двох зразках помітна на мікрофотографіях у масштабі 1 мкм. Це узгоджується з результатами доступної для води пористості, показаними на малюнку 5 . Крім того, ці мікрофотографії виявляють щільну гомогенну структуру та деякі зерна діоксиду кремнію, які відповідно ідентифіковані як геополімерний гель і, ймовірно, кварц з метакаоліну.

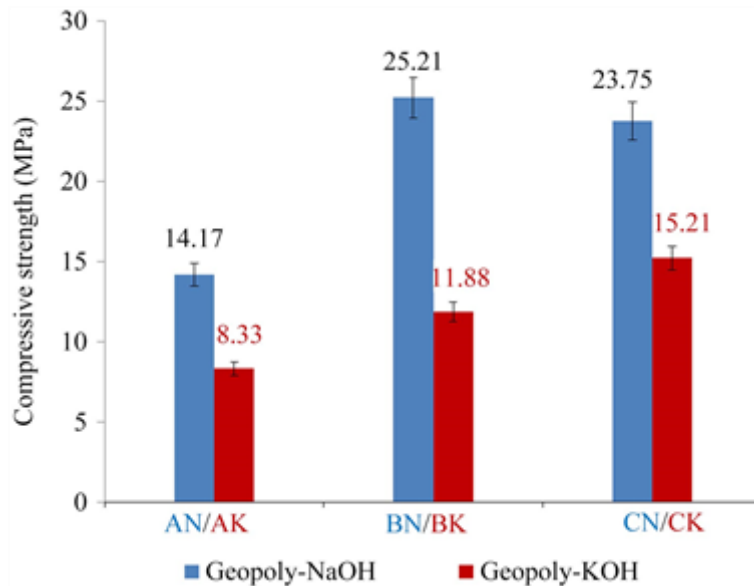
### **Механічна характеристика зразків геополімерів**

Міцність на стиск геополімерів на основі NaOH і КОН показано на малюнку 7 . Геополімери на основі NaOH демонструють вищу міцність на стиск, ніж у зразків на основі КОН. Цей результат може бути пов'язаний із меншою пористістю геополімерних зв'язуючих на основі NaOH, як показано на малюнку 5, та їх вищою кристалічністю. Раніше повідомлялося про подібну поведінку механічних властивостей геополімерів на основі NaOH порівняно з геополімерами на основі КОН [ 8 ] [ 21 ]. Сю і Девентер [ 6 ] стверджували, що кращі характеристики при стисненні зразків на основі NaOH порівняно з зразками на основі КОН можна пояснити високим ступенем розчинення алюмосилікатів у присутності розчину гідроксиду натрію. Відповідно до їхнього дослідження, малий іонний радіус Na + порівняно з іонним радіусом K + сприяє реакції іонних пар з меншими силікатними олігомерами, таким чином покращуючи зв'язок між частинками [ 6 ]. Тому міцність геополімерів на стиск сильно залежить від природи гідроксиду лужного металу, який використовується як активатор.

Крім того, міцність на стиск геополімерних зв'язуючих була покращена завдяки додаванню золи рисового лушпиння до метакаоліну. Міцність відповідно досягла найвищого значення при 5% і 10% для зразків на основі NaOH і KOH. Це виявляє вплив вмісту кремнезему (золи рисового лушпиння) незалежно від типу лужного розчину. Для геополімерів на основі KOH зростання механічної міцності є квазілінійним (8,3 - 11,9 - 15,2 МПа). Для геополімерів на основі NaOH зазначено, що це збільшення міцності на стиск має максимальне значення для зразка VN (5% золи рисового лушпиння) (25,2 МПа).



Малюнок 6. Мікрофотографії зразків геополімерів CN (a) і СК (b) у двох різних масштабах (10 мкм і 1 мкм).



Малюнок 7 . Міцність на стиск зразків геополімерів.

Додавання золи рисового лушпиння до метакооліну збільшило кількість аморфного кремнезему в суміші алюмосилікатного комплексу. Можливо, це сприяло вивільненню силікатів  $[\text{SiO}(\text{OH})_3]$  під час стадії розчинення, викликаного лужним гідролізом. Концентрація (12 М) двох типів лужних розчинів була відносно високою і призводила до утворення гелю, що складається з великої тривимірної мережі алюмосилікату. Це відповідало за зв'язок між частинками сформованих виробів, дозволяючи їм витримувати підвищені напруги під час випробування на стиск.

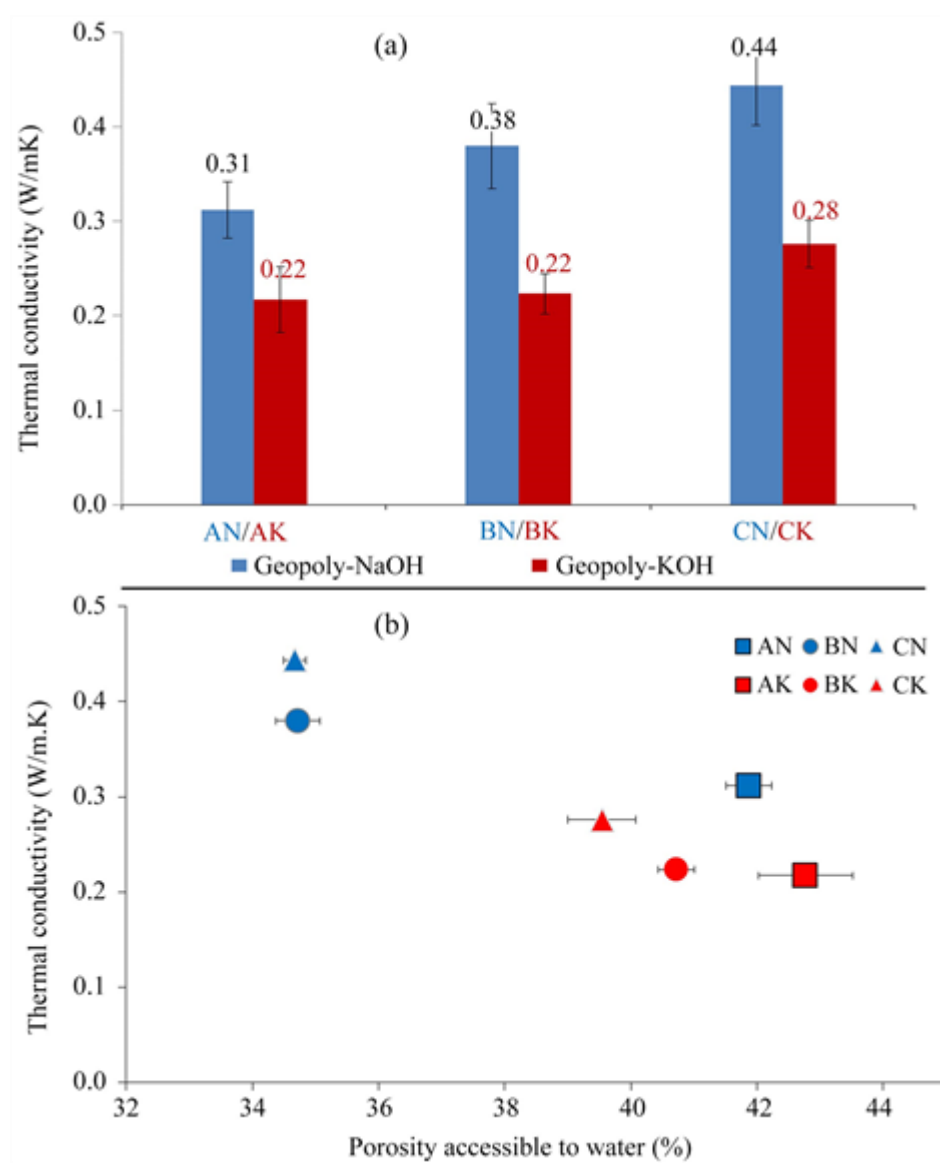
### Термічна характеристика зразків геополімерів

Теплопровідність різних складів геополімерів показана на малюнку 8 . Геополімери на основі NaOH мають теплопровідність від 0,31 до 0,44 Вт/мК, тоді як значення для геополімерів на основі KOH, які мають найнижчу щільність, коливаються від 0,22 до 0,28 Вт/мК. Відомо, що теплопровідність калію становить приблизно половину від натрію [ 22 ]. Це могло частково сприяти досягненню низької теплопровідності геополімерів на основі KOH. Крім того, на малюнку 8 (b) показана кореляція між теплопровідністю та доступною для води пористістю зразків геополімерів. Зразки з вищою пористістю, як правило, мають меншу щільність, що також могло сприяти зниженню їх теплопровідності. Фенг та ін. [ 23 ] справді повідомили, що чим

вища пористість, тим нижча теплопровідність. Крім того, на теплопровідність впливає додавання золи рисового лушпиння. 8 (а) показано, що геополімерні в'язучі, що містять золу рисового лушпиння, мають вищу теплопровідність. Це пов'язано з їх відносно щільнішою матрицею. Ущільнення пов'язане з більш високим співвідношенням  $\text{SiO}_2 / \text{Al}_2\text{O}_3$ , що призводить до кращої реакції поліконденсації в цих геополімерних зв'язуючих [ 24 ].

### Висновки

Результати, отримані в цьому дослідженні, підкреслюють вплив природи лужного розчину (NaOH або KOH), який використовується як активатор алюмосилікатного комплексу.



**Малюнок 8.** Теплопровідність і вододоступна пористість зразків геополімерів.

(метакаолін із золою рисового лушпиння або без неї) на різні властивості геополімерних в'язучих. Рентгенівський мінералогічний аналіз геополімерних зв'язуючих в основному показує утворення цеолітних мінералів (особливо на зразках на основі NaOH) і наявність аморфних фаз (більш виражено на зразках на основі KOH). Наявність цих цеолітних продуктів підтверджено методом FTIR.

Вид розчину лугу, що використовується для активації алюмосилікатного комплексу, також суттєво впливає на фізико-механічні та термічні властивості зразків геополімерів. Зразки на основі NaOH дають найвищу міцність на стиск, найменшу доступну для води пористість і найвищу видиму щільність. Найменшу теплопровідність мають геополімерні в'язучі на основі KOH, що може бути пов'язано з їх вищою пористістю.

Додавання золи рисового лушпиння також покращило фізико-механічні властивості, але збільшило теплопровідність зразків геополімерів. Хоча теплопровідність матеріалів на основі NaOH вища, ніж у матеріалів на основі KOH, вона все одно залишається нижчою, ніж у цементних матеріалів.

Враховуючи результати, наведені в цьому дослідженні, і враховуючи більш високу вартість гідроксиду калію (приблизно вдвічі вища за вартість гідроксиду натрію), гідроксид натрію виявляється більш придатним.



### 3.ТЕХНОЛОГІЯ Й ОРГАНІЗАЦІЯ ВИРОБНИЦТВА

#### 3.1. Розрахунок робочого часу

На проєктованому підприємстві заплановано випуск залізобетонних вентиляційних блоків, які відповідатимуть сучасним стандартам будівництва. Річна потужність виробництва складе 9500 м<sup>3</sup>, що гарантує стабільність поставок і можливість задоволення зростаючого попиту. Підприємство матиме вузьку спеціалізацію, орієнтовану на серійне виготовлення вентиляційних блоків із заданими конструктивними параметрами, що забезпечує оптимізацію процесів і зниження витрат. У технологічному процесі буде використовуватися передове обладнання, автоматизовані системи контролю якості, а також сучасні методи бетонування та армування, що підвищить ефективність і довговічність продукції. Крім того, планується створення лабораторії для тестування блоків на відповідність стандартам. Основними споживачами продукції стануть будівельні компанії, які спеціалізуються на зведенні житлових, комерційних та промислових об'єктів, що потребують надійних і якісних вентиляційних рішень.

«Для забезпечення діяльності підприємства до його складу включаємо:

- складське господарство (склад заповнювачів, склад в'язучих речовин, склад арматури, склад готової продукції, матеріально-технічний склад, склад комплектуючих);

- формувальний цех;

- арматурний цех;

- бетонозмішувальний цех;

- лабораторія;

- адміністративно-побутовий комплекс.» [ДБН А.3.1-8-96

Проектування підприємств з виробництва залізобетонних виробів]

Дане підприємство проектується такого складу:

- «склад в'язучих речовин;
- склад заповнювачів;
- арматурний склад;
- склад готової продукції;
- матеріально-технічний склад;
- склад комплектуючих;
- формувальний цех;
- арматурний цех;
- бетонозмішувальний цех;
- лабораторія;
- адміністративно-побутовий комплекс» [14].

Оскільки для організації виробничого процесу на підприємстві обрано агрегатно-потоківий метод.

«Режим роботи підприємства приймаємо наступним:

- номінальний фонд часу роботи обладнання ( $T_H$ ),  
кількість робочих діб на рік 260;
- теж саме, по вивантаженню сировини й матеріалів  
залізничним транспортом 365;
- тривалість робочої зміни ( $t_{зм}$ ), год. 8;
- кількість робочих змін на добу без теплової обробки ( $n_{зм}$ ) 1;
- кількість робочих змін на добу для теплової обробки 2;
- кількість робочих змін по прийманню матеріалів  
(автотранспортом) 2;
- термін планових зупинок обладнання на ремонт ( $T_{рем}$ ) 7».

Річний фонд часу роботи технологічного обладнання:

$$T_{РГЧ} = T_H - T_{РЕМ} - T_{ПЕР}, \text{ діб}$$

$$T_H = 260 \text{ діб};$$

$T_{РЕМ}$  – термін планових зупинок обладнання на ремонт:

$$T_{\text{рем}} = 7 \text{ діб};$$

Щоб мати можливість розрахувати режим роботи організації призначаємо:

- номінальний фонд часу роботи обладнання,  
робочих днів на рік ( $T_H$ ) 260;
- тривалість робочої зміни ( $t_{3M}$ ), год. 8;
- робочих змін 2;

Річний фонд часу роботи технологічного обладнання визначаємо за формулою:

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

де  $T_H$  – номінальний фонд часу роботи обладнання;

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

$T_{\text{пер}}$  – витрати робочого часу, які пов'язані з переналагоджуванням формувального обладнання» [18].

Підставивши прийняті вище дані, отримуємо:

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

«Розмір змінного фонду продуктивної праці  $t_{3MP}$  розраховують за формулою:

$$t_{3MP} = t_{3M} \cdot K_{BC}, \text{ год}$$

де  $t_{3M}$  – тривалість робочої зміни, годин;

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

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

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

$q_i$  – тривалість внутрішньо-змінних регламентованих додаткових витрат часу, в відсотках від оперативного часу

Підготувально-завершальні роботи – 4% ( $\approx 20$  хв.);

Обслуговування робочого місця – 4% ( $\approx 20$  хв.);

Перерви технологічні  $t_m$  – 3% ( $\approx 15$  хв.);

Відпочинок та особисті потреби – 10% (48 хв.)

Усього – 21%.

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

$$\sum q_i = 21,0$$

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

Підготовчо-завершальні роботи – 4% ( $480 \cdot 0,04 = 20$  хв.);

Обслуговування робочого місця – 4% ( $480 \cdot 0,04 = 20$  хв.);

Перерви технологічні  $t_m$  – 3% ( $480 \cdot 0,03 = 15$  хв.);

Відпочинок та особисті потреби  $t_{\text{сид}}$  – 10% ( $480 \cdot 0,10 = 48$  хв.);

Усього – 21%.

$$t_{3M} = 8 \cdot 0,79 = 6,32 \text{ год} \gg .$$

Номінальні та розрахункові показники робочого фонду часу приведені у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1

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

### 3.2. Характеристика матеріалів та комплектуючих

Вид і марку цементу для виготовлення залізобетонних вентиляційних блоків вибирають відповідно до їх призначення, умов експлуатації, вимог [18, 19], прийнятої технології виробництва, а також необхідного класу бетону за міцністю та маркою за морозостійкістю. Необхідний тип і марку цементу визначають за стандартом ДСТУ Б В.2.7-176:2008 «Будівельні матеріали. Суміші бетонні та бетон. Загальні технічні умови» [20].

У даному випадку, при виготовленні вентиляційних блоків, планується використовувати портландцемент марки 400 пластифікований нормального складу ПЦ І-400Н-ПЛ, із густиною 3000 кг/м<sup>3</sup>. Як дрібний заповнювач застосовуються відходи з насипною густиною 1550 кг/м<sup>3</sup> і дійсною густиною 2550 кг/м<sup>3</sup>, що мають вміст пилових і глинистих частинок до 3% маси. Для замішування бетонної суміші використовуватиметься питна або технічна вода із рН не менше 4, що забезпечить якість матеріалу.

Армування вентиляційних блоків передбачає використання сіток і стрижнів із дроту класу Врп діаметром 20 мм із кроком 150 мм. Для монтажу блоків передбачено закладні елементи: строповочні петлі П-1 зі сталі А-І, а також анкерні стрижні зі сталі аналогічного класу, що забезпечують надійне кріплення до інших конструкцій. Для точного розміщення арматурної сітки застосовуватимуться пластмасові фіксатори, виготовлені методом екструзії, що гарантує точність конструктивного положення арматури у виробках. Для приготування бетонної суміші будемо використовувати водопровідну питну, а також будь-яку воду, що має водневий показник (рН) не менше 4.

В якості крупного заповнювача використовуємо щебінь з природного каменю, з найбільшою крупністю зерен 20 мм.

### 3.3 Арматурний цех

В даному випадку він буде складатися з таких зон:

- «складування вихідних арматурних виробів;
- технологічних процесів;
- складування готових виробів.

Виготовлення арматурних виробів розуміє під собою виконання таких основних процесів: заготівля арматурних стрижнів, виготовлення сіток, доробка виробів. Тож технологічна зона арматурного цеху буде складатися із заготівельного відділення; відділення зварювання; відділення укрупнювального збирання» [18].

Перелік устаткування, що буде розташовуватися в арматурному цеху, буде виглядати наступним чином:

- «правильно-відрізні станки;
- станки для різання стрижневої арматури;
- зварювальне обладнання;
- станки для гнуття окремих стрижнів арматури.

Одним із ключових показників якості виробів є повна відсутність оголення

арматурних елементів. Недотримання цієї вимоги може призвести до передчасного руйнування конструкції та втрати герметичності труб, що є критичним для їхньої експлуатації. Для забезпечення необхідних стандартів якості ми передбачаємо застосування технологічної лінії, у якій напруження арматури реалізується через упори-стілки пропарювальної камери. Такий підхід дозволяє зменшити металоємність форми, яка одночасно виконує роль формоутворювального елемента. Водночас, зростають витрати на арматуру через збільшення довжини її напружуваних елементів.

При проектуванні нових виробництв і реконструкції існуючих ліній важливо враховувати ці аспекти як у контексті початкових витрат, так і в перспективі експлуатаційних витрат. Особливу увагу слід приділити економії арматурної сталі, що використовується для переднапруження виробів, оптимізуючи її витрати без шкоди для надійності конструкцій.

Додатково враховується потреба в окремій технологічній лінії для підготовки арматурного дроту малого діаметру до 14 мм і стрижневої арматури. Це дозволяє розширити виробничі можливості та забезпечити максимальну точність і якість переднапружених конструкцій, підвищуючи їхню довговічність і стійкість до навантажень. Застосування сучасних технологій підготовки арматури також мінімізує втрати матеріалів і сприяє зниженню собівартості готової продукції.

Виготовлення арматурних сіток включатиме такі технологічні операції: очищення арматури від іржі; виправлення арматури; нарізання арматури на стержні необхідних розмірів; зварювання стрижнів у арматурні сітки.

Під час обтиску конструкцій необхідно уникати будь-яких навантажень, які не враховані у розрахунках, адже вони можуть спричинити небажані деформації, заклинювання, утворення тріщин чи інші пошкодження. Щоб забезпечити безперешкодне подовжнє переміщення елементів вздовж стенда, всі форми, вкладиші та додаткові пристрої, які потенційно можуть перешкоджати цьому процесу, мають бути розпалублені або повністю

демонтовані. Це запобігатиме заклинюванню виробів як у формах, так і в інших механізмах під час відпуску арматури.

Для мінімізації можливих зрушень елементів рекомендується здійснювати відпуск арматури одночасно з обох кінців стенда. Такий підхід дозволяє зменшити ризик виникнення нерівномірних навантажень і забезпечити точність у розташуванні елементів. Додатково, ретельний контроль усіх етапів розпалубки та відпуску допомагає уникнути пошкоджень конструкцій і забезпечує високу якість готових виробів.





## Відомість устаткування арматурного цеху

Технологічний пост	Марка обладнання	Кількість	Продуктивність	Електрична потужність
Заготування	Правильно-відрізний станок И-6622А	1		29 кВт
	Станок для згинання стержневої арматури	1		3 кВт
Зварювання	Підвісний зварний апарат МТПГ-150-2	2	80 м/хв	165 кВт·А
Виготовлення строповочних петель	СМЖ-212	1	300 шт/год	7 кВт

### 3.4. Бетонозмішувальний цех

Організовуючи ефективну роботу цеху на підприємстві треба враховувати :

- «визначити необхідну кількість бетонної суміші на годину, зміну, добу, рік;
- визначити необхідну кількість бетонозмішувачів;
- скласти поопераційний графік;
- виготувати бетонної суміші для конструкції.

Кількість бетонозмішувачів, яка задовольнить потребу у бетонній суміші визначають у декілька етапів:

а) тривалість циклу готування одного замісу змішувачем визначають за формулою:

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

де  $t_1$  - задана тривалість перемішування, (для важких бетонів 60-180) с;

$t_2$  - час завантаження матеріалів (10 - 15 с);

$t_3$  - час розвантаження суміші (30 - 50 с);

$t_4$  - час, необхідний для повернення перекинутого барабана у вихідне положення (5 - 10 с)» [17] .

$$t_{\text{ц}} = 120 + 12 + 40 + 7 = 179 \text{ с} = 3 \text{ хв.}$$

«б) визначають кількість замісів, що видається за годину роботи:

$$n_{36} = 60 \cdot K_n / t_{\text{ц}}, \text{ шт.}$$

де  $K_n$  - коефіцієнт нерівномірності,  $K_n = 0,8$ » [17].

$$n_{36} = 60 \cdot 0,8 / 3 = 16 \text{ шт.}$$

«в) визначають годинну продуктивність бетонозмішувача:

$$P_{\text{год}} = V_{\text{б}} \cdot n_{36} \cdot K_{\phi} / 1000, \text{ м}^3/\text{Год},$$

де  $V_{\text{б}}$  - ємність барабана змішувача, приймаємо 200 л;

$K_6$  - коефіцієнт виходу бетонної суміші» [17].

$V_6$  - приймаємо 200 л.

$$P_{год} = 200 \cdot 16 \cdot 0,7 / 1000 = 2,24 \text{ м}^3/\text{год.}$$

«Число бетонозмішувачів  $n_3$  у цеху визначають в залежності від річної програми випуску:

$$n_3^p = \frac{P_{max} \cdot K_H}{T_{рiч} \cdot t_{зmn} \cdot n_{зm} \cdot P_{год}} \text{ шт.},$$

де  $P_{max}$  - річна програма випуску виробів, м<sup>3</sup>;

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

$K_u$  - коефіцієнт річного використання устаткування (0,5 - 0,8)» [17].

$$n^p = 6000 \cdot 0,8 / 253 \cdot 6,32 \cdot 2 \cdot 2,24 = 0,67$$

«Приймається ціле число змішувачів -  $n_3$  з округленням у більшу сторону,  $n_3 = 1$  та один запасний бетонозмішувач.

Річна продуктивність бетонозмішувального цеху визначається як:

$$P_{рiч} = P_{год} \cdot T_{рiч} \cdot t_{зmn} \cdot n_3, \text{ м}^3 \text{» [17].}$$

$$P_{рiч} = 2,24 \cdot 253 \cdot 6,32 \cdot 2 = 7163 \text{ м}^3.$$

Поопераційний графік виготовлення бетонної суміші будуюмо у вигляді таблиці (табл. 3.4).

Відомість устаткування бетонозмішувального цеху приведено у таблиці 3.5.

Таблиця 3.4

## Поопераційний графік виготовлення бетонної суміші

Процес	Операція	Обладнання	Робочі		Термін операції, сек.	Поточний час																																																																																									
			професія	кількість		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90
Виготовлення бетонної суміші	Завантаження компонентів бетонної суміші у бетонозмішувач	Дозатори	Оператор	1	12	█																																																																																									
	Перемішування компонентів бетонної суміші	Бетонозмішувач	Оператор	1	120								█																																																																																		
	Вивантаження бетонної суміші	Бетонозмішувач	Оператор	1	40																																																																						█																				
	Повернення перекинутого змішувача у вихідне положення	Бетонозмішувач	Оператор	1	7																																																																																								█		
Усього					179																																																																																										

Таблиця 3.5

## Відомість устаткування бетонозмішувального цеху

Відділення	Марка обладнання	Кількість	Продуктивність, т/год	Електрична потужність, кВт	Витрати стислого повітря, м <sup>3</sup> /хв
Надбункерне	-Пневматичний гвинтовий насос НПВ-36-2	1	36	30	18
	-Стрічковий конвеєр ТК-3	1	100	5	18
	-Дозатор цементу АВДЦ-2000М	1		-	-
	-Дозатор піску АВДИ-425М	1		-	-
Дозаторне	-Дозатор рідини АВДЖ-2400М	1		-	-
	-Дозатор щебеню 6.011.АД-1600- 2БЩ	1		-	-
	-Дозатор хім. добавок ДОП 25- 12Ц4	1		0,08	-
Змішувальне	-Змішувачі дії СБ-62	2		30	-

### 3.5.1. Організація виробництва конструкцій.

Приймаємо найбільш оптимальний спосіб для виробництва безнапірних труб ,а саме стендовий .Працівники завершуючи задачу будуть переходити до наступного технологічного етапу, для більшої зручності ділимо працівників на бригади за закріпленими видами робіт.

Крім формувальний цех має бути забезпечений резервними формами ,а також мати вільний простір для відходів виробництва. Також до формувального цеху поступають вироби які пройшли теплову обробку. Проходи між постами не мають загороджуватись ,та мати достатній простір для можливості виконання технологічних операцій.

«У формувальному цеху виконуються такі технологічні операції: підготовка форми, укладання в форму арматури, укладання в форму бетонної суміші, її розподілення та ущільнення, подача форми з виробом у камеру теплової обробки, виймання форми з виробом з камери, розкриття форми, огляд готового виробу» [18].

Використання стендового методу виробництва дає можливість використовувати більш ефективно технологічне обладнання, завдяки якому можливе підвищення автоматизації та механізації . При правильному догляді за обладнанням можливо уникнути простої через технічні проблеми ,за рахунок чого значно підвищується продуктивність праці.

Найменування операцій які виконуються в формувальному цеху ,а також їх тривалість і кваліфікація робітників що приступають до їх виконання перелічені в таблиці 3.6.

Таблиця 3.6

## Розподіл та тривалість технологічних операцій

№	Найменування операцій	Робітники			Трудомісткість, чол.-хв.	Тривалість, хв.
		професія	розряд	кількість		
1	Розкриття стенду	формувальник	3	2	2,88	3
2	Розформування виробів	формувальник	3	2	15,12	15
3	Виймання виробів з форми з подачею в зону охолодження, оздоблення або на візок	формувальник	3	2	16,56	17
4	Очистка форм та бортоснаски	формувальник	2	2	11,52	12
5	Змащення форм та бортоснаски	формувальник	2	2	8,46	9
6	Установка та збирання форм	формувальник	3	2	27	27
7	Укладка арматурних сіток у форму зі встановленням монтажних петель	формувальник	3	2	10,8	11
8	Укладання, ущільнення, розрівнювання бетонної суміші вібруванням	машиніст формувального агрегату	5	1	86,4	86
		формувальник	3	2		
9	Вирівнювання та загладжування відкритих поверхонь свіжовідформованих виробів	формувальник	3	2	15,84	16
10	Закриття стенду	формувальник	3	2	3,42	4
					Усього:	200


«Зміст технологічних операцій та оптимальні умови їхнього виконання відображаються в операційних нормалях. В них наведено схему організації робочого місця з розташуванням обладнання, матеріалів і робітників, технічні умови виконання операцій, які вміщують відомості про технологічні режими та припустимі межі їхнього відхилення, умови безпечної роботи при виконанні операцій, послідовність виконання та зміст елементів операцій, їхня трудомісткість, необхідний склад робітників, обладнання, інструмент та пристосування, технічні засоби й періодичність поопераційного контролю» [17].



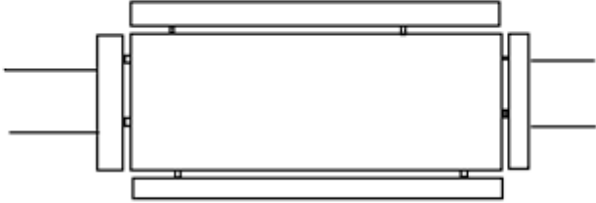
## Поопераційна нормаль №1

Найменування операцій – передача напруження на бетон						
I Схема організації робочого місця				II Технічні умови виконання		
				Гідродомкратом зменшують напруження розтягу арматурних канатів до 0		
				III Умови безпеки праці		
				Працівники мають знаходитися на безпечній відстані від форми		
IV Елементи операції	Виконавці			Трудомісткість, чол-хв.	Обладнання й інструмент	Контроль
	Кількість	Професія	Розряд			
1. Підтягнути арматуру	2	Формувальник	3	38	Гайковий ключ, гідрравлічний домкрат	
2. Попустити стопорні гайки						
3. Зменшити натяг арматури						

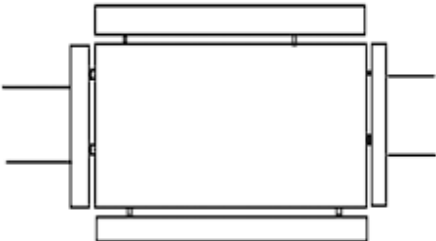
## Поопераційна нормаль №2

Найменування операцій - Очищення форми						
I Схема організації робочого місця				II Технічні умови виконання		
				На поверхні форми не повинно бути залишків бетону		
				III Умови безпеки праці		
Працівники повинні бути одягнені у спец. одяг, спец. взуття та працювати у захисних окулярах.						
IV Елементи операції	Виконавці			Трудомісткість, чол-хв.	Обладнання й інструмент	Контроль
	Кількість	Професія	Розряд			
1.Очистка форми вручну від залишків бетону	2	Формувальник	3	18	Шкребки, металеві щітки	Візуально перевіряють наявність залишків бетону
2.Збірка відходів у контейнер						

## Поопераційна нормаль №3

Найменування операцій - Змащування форм						
I Схема організації робочого місця				II Технічні умови виконання		
				Форма має бути ретельно, повністю змащена		
				III Умови безпеки праці		
				Робітники мають бути одягнені у спец. одяг, рукавиці, працювати у захисних окулярах.		
IV Елементи операції	Виконавці			Трудомісткість, чол-хв.	Обладнання й інструмент	Контроль
	Кількість	Професія	Розряд			
1. Заправка розпилювача	1	Формувальник	3	14	Розпилювач	Візуально перевіряють щоб не було ділянок поверхні не змащених маслом
2. Змащування форми						

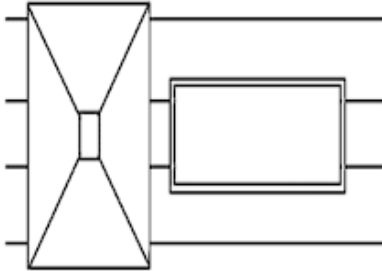
## Поопераційна нормаль №4

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


## Поопераційна нормаль №5

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

## Поопераційна нормаль №6

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

## Поопераційна нормаль №7

Найменування операцій - Ущільнення та розрівнювання бетонної суміші						
I Схема організації робочого місця				II Технічні умови виконання		
				Бетонна суміш повинна ущільнитися та прийняти форму виробу		
				III Умови безпеки праці		
				Робітники мають бути одягнені у спец. одяг, рукавиці, повинні знаходитися на безпечній відстані від віброплощадки		
IV Елементи операції	Виконавці			Трудомісткість, чол-хв.	Обладнання й інструмент	Контроль
	Кількість	Професія	Розряд			
1. Включення віброплощадки 2. ущільнення бетонної суміші вібрацією та розрівнювання по формі 3. Виключення віброплощадки	1	Формувальник, машиніст	3	6	Віброплощадка, гладилки	Контроль ступеня ущільнення бетонної суміші, прийняттям нею форми виробу.
	1	т формувального агрегату	5			

«На основі поопераційних нормалей будується поопераційний графік на виготовлення конструкції. В ньому представлені усі роботи та з враховані внутрішньо-змінні регламентовані додаткові витрати часу. На графіку позначається лінією тривалість кожної наведеної операції. Довжина цієї лінії відповідає певному часу виконання операцій.

Наступним будується тижнево–добовий графік. Його будують на роботу технологічної лінії по виробництву фундаментів під колону в табличній формі. Послідовність побудови тижнево–добового графіку така: в горизонтальному рядку відкладається погодинний час, починаючи з часу першої зміни понеділка і закінчуючи останньою зміною п'ятниці. На графіку відображається початок та кінець кожної зміни, а також перерви.

У вертикальному стовпчику позначається кількість виробів, які, згідно поопераційного графіку, повинні бути виготовленні протягом кожної робочої зміни.

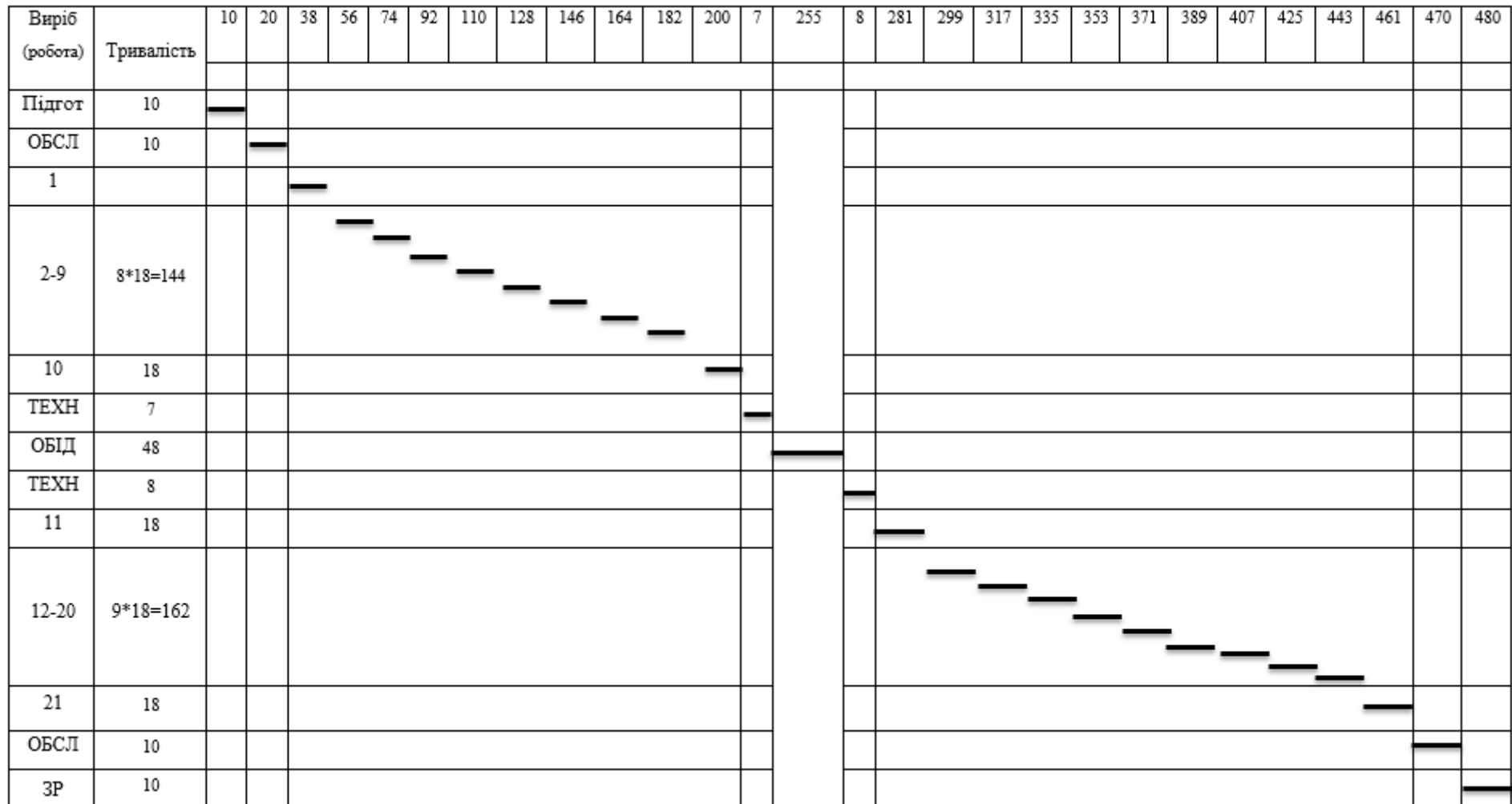
Для кожного виробу, що планується випускати, на графіку відкладають умовні позначення тривалості кожного технологічного процесу. При цьому початок і кінець технологічного процесу зазначається на графіку.

Час, витрачений на підготовчо-завершальні роботи, а також на обслуговування робочого місця, відображається на графіку як додаткові витрати часу. Ці витрати заплановані на початок кожної робочої зміни перед стартом виготовлення першого виробу та в кінці зміни після завершення роботи над останнім виробом. Загальна тривалість витрат часу, включно з обідньою перервою, має відповідати тривалості робочого дня, яка становить 8 годин.

№	Найменування операцій	Робітники			Тривалість згідно зказів чол-хв.	Тривалість хв.	Хвилини													
		Професія	розряд	кількість																
1	Розкриття форми	формувальник	3	2	2,5	1														
3	Очищення форми	формувальник	3	2	3	2														
4	Змащення форми	формувальник	3	2	1,3	1														
5	Збирання форми	формувальник	3	1	3,8	4														
6	Укладання арматури	формувальник	4	1	2,5	3														
7	Укладка, розрівнювання	формувальник	4	1	6	6														
8	Закриття пропарочної камери	формувальник	3	2	1,8	1														
Усього:						18	8							10						

Поопераційний графік





Тижнево-добовий графік

Виготовлюються вентиляційні блоки марки БВ 28.93.1. з допомогою теплової обробки а саме.

- 2 години попередньої витримки;
- 2 години набору температури;
- 12 годин ізотермічної витримки;
- 2 години охолодження виробів.

Пара рухається крізь трубопроводи, спрямовуючись до спеціально розроблених форм

### 3.5.2. Розрахунок дійсної виробничої потужності.

Під виробничою потужністю підприємства розуміють «максимально можливий річний обсяг випуску продукції заздалегідь визначених номенклатури, асортименту та якості за умови найбільш повного використання прогресивної технології та організації виробництва. Виробнича потужність є одним з найбільш важливих показників, який здійснює вплив на основні параметри проектування підприємства» [17].

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

$$N^d_{\text{вир}} = N^3 / T_{\text{річ}} = 3200 / 253 = 12,6 \text{ виробів на добу}$$

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

$N^3$  - планова кількість виробів, шт./рік,  $N^3 = 3200$  шт./рік.

Так як планується, що підприємство буде працювати у 2 зміни на добу, планова кількість виробів, яка буде виготовлятися в одну зміну буде дорівнювати:

$$N^3_{\text{вир}} = 12,6 : 2 = 6,3 \text{ виробів у зміну}$$

«Потрібна кількість технологічних ліній розраховується як:

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

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

### Розрахунок виробничої потужності

Виробнича потужність підприємства визначається як максимальний обсяг продукції певної номенклатури, який можна виготовити протягом заданого періоду за умови повного використання доступного обладнання та виробничих площ. Цей показник залежить від пропускної здатності виробничих цехів, технологічних ліній та окремих агрегатів. У загальному вираженні потужність підприємства відображає їхню сукупну продуктивність. Важливо, що вона враховує як технічні можливості обладнання, так і оптимальну організацію виробничого процесу, спрямованого на досягнення максимального ефекту з мінімальними витратами.

Розрахункова (максимальна) потужність підприємства складає:

$$P_{\max} = \sum P_i, \text{ м}^3$$

де  $P_i$  - потужність  $i$ -тої технологічної лінії визначеного методу виробництва  
Планова кількість виробів однієї марки (виду), що повинна виготовлятися на одній технологічній лінії у зміну, дорівнює

$$N^{\text{вир}} = N^{\text{с}} / T_{\text{річ}} * n_{\text{зм}} = 9314 / 243 = 38,3, \text{ виробів у зміну}$$

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

$N^{\text{с}}$  - планова кількість виробів, шт./рік.

Потрібна кількість технологічних ліній визначається за формулою:

$$n_{\text{л}}^{\text{р}} = N^{\text{с}}_{\text{вир}} / N_{\text{вир}} = 38,3 / 40 = 0,96 \text{ (ліній)}.$$

Приймаємо  $n_{\text{л}} = 1$  - технологічну лінію

Фактична виробнича потужність (по кількості одиниць виробів) однієї технологічної лінії з виробництва одного виду (марки) виробів визначається за формулою:

$$N_{\text{іл}} = N_{\text{вир}} * n_{\text{зм}} * T_{\text{річ}} = 40 \cdot 243 = 9720 \text{ (штук)}.$$

Фактичний річний об'єм виготовлення одного виду (марки) виробів (по об'єму бетону) визначається за формулою:

$$P_i = N_{\text{іл}} * n_{\text{л}} * V_{\text{вир}} = 9720 \cdot 1,02 = 9914 \text{ (м}^3 \text{)}.$$

де  $V_{\text{вир}}$  - об'єм виробу,  $\text{м}^3$

### 3.6. Визначення потреби у компонентах та комплектуючих для забезпечення виробничого процесу.

#### Потреба у бетонній суміші

Клас бетону	Необхідна кількість в зміну, м <sup>3</sup>	Необхідна кількість в добу, м <sup>3</sup>	Необхідна кількість в місяць, м <sup>3</sup>	Необхідна кількість на рік, м <sup>3</sup>
C 16/20	7,8	15,6	328,9	3946,8

Потреба у бетонній суміші приведена у таблиці 3.10.

Таблиця 3.10

#### Потреба у компонентах бетону

Найменування компоненту	Витрати компонентів бетону, кг				
	на 1 м <sup>3</sup>	у зміну	у добу	у місяць	на рік
цемент М400	280	2184	4368	71092	1105104
щебінь фр. 10-20 мм	1250	9750	19500	411125	4933500
пісок	740	5772	11544	243386	2920632
вода	155	1209	2418	50980	472254

#### Потреба у арматурній сталі

Арматурна сталь	Потреба у арматурній сталі, кг			
	у зміну	у добу	у місяць	на рік
Арматурна сталь А-І Ø8	33	66	1391,5	16698
Арматурна сталь А-І Ø10	85,8	171,6	3617,9	43414,8
Арматурна сталь А-І Ø14	18,36	36,72	774,18	9290,16

### 3.7. Складське господарство

#### 3.7.1. Склади в'яжучих речовин

Цемент для виготовлення вентиляційних блоків на складі в'яжучих речовин підприємства планується доставляти у спеціалізованих вагонах-цементовозах. У випадках, коли постачання залізничним транспортом тимчасово припиняється, передбачено резервний варіант транспортування автомобільним транспортом, що забезпечує гнучкість логістичних процесів. Склад матиме комбінований формат для адаптації до різних умов доставки.

З огляду на невелику виробничу потужність підприємства, обрано інвентарний вид складу, що є економічно доцільним і функціональним. Для забезпечення ефективності роботи та зменшення впливу людського фактора, склад буде автоматизованим. Особлива увага приділяється екологічним стандартам: металевий силосний склад обладнають установками для уловлювання пилу під час завантажувально-розвантажувальних робіт.

Цемент зберігатиметься в оптимальних умовах і подаватиметься у витратні бункери бетонозмішувального цеху за допомогою пневмотранспортних систем, що гарантує безперервність виробничого процесу. Додатково передбачено інтеграцію систем моніторингу для контролю залишків сировини, що сприятиме раціональному використанню матеріалів і підвищенню загальної ефективності підприємства.

$$V = C \cdot n \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 / \rho_v, \text{ м}^3$$

де  $C$  – витрата в'яжучого в бетоні на добу,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;

$n$  – нормативний запас зберігання в'яжучого (приймаємо 10 діб);

$K_1$  – коефіцієнт нерівномірності надходження цементу на склад, (приймаємо 1,4);

$K_2$  – коефіцієнт нерівномірності споживання цементу (приймаємо 1,4);

$K_3$  – коефіцієнт можливих втрат цементу при розвантаженні (приймаємо 1,04);

$K_4$  – коефіцієнт використання технологічного устаткування (приймаємо 0,943);

$K_5$  – коефіцієнт заповнення ємності складу (дорівнює 0,9);

$\rho_B$  – щільність цементу в насипному стані – 1300 кг/м<sup>3</sup>» [18].

$\rho_B = 1300 \text{ кг/м}^3$ .

$$V = 4400 \cdot 10 \cdot 1,4 \cdot 1,4 \cdot 1,04 \cdot 0,943 \cdot 0,9 / 1300$$

$$V = 58,13 \text{ м}^3.$$

Виходячи з отриманого запасу зберігання цементу на складі, обираємо типовий проект СБ-560.05К-05 з ємністю 90 т. та числом силосів у кількості

1. Діаметр силосу складає 3160 мм.

Запас цементу становить на 10 діб.

### 3.7.2. Склади заповнювачів

Тип складу для зберігання заповнювачів обирається з урахуванням його техніко-економічних характеристик та специфіки виробничого процесу. На цьому підприємстві дрібні та крупні заповнювачі постачатимуться залізницею у критих вагонах, що забезпечує захист матеріалів від впливу атмосферних факторів і спрощує логістику.

Для крупного заповнювача обрано комбінований інвентарний склад із закритими бункерами, обладнаними системою автоматизації. Такий вибір дозволяє оптимізувати процес завантаження, зберігання та транспортування матеріалів. Завдяки використанню крупного заповнювача однієї фракції, склад матиме лише один відсік, що спрощує обслуговування та зменшує витрати на створення й експлуатацію.

Додатково, бункерний склад забезпечуватиме належний рівень захисту від пилу через інтеграцію системи аспірації, що покращує умови праці та

знижує вплив на довкілля. Для ефективного управління запасами планується впровадження системи моніторингу, яка дозволяє в реальному часі контролювати обсяги заповнювачів, попереджаючи перевитрати або дефіцит матеріалів.

$$V = Z \cdot n \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 / \rho_3, \text{ м}^3$$

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

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

$K_1$  – коефіцієнт нерівномірності надходження заповнювача на склад (приймаємо 1,4);

$K_2$  – коефіцієнт нерівномірності споживання заповнювача (приймаємо 1,4);

$K_3$  – коефіцієнт можливих утрат заповнювача при розвантаженні (приймаємо 1,04);

$K_4$  – коефіцієнт використання технологічного устаткування (приймаємо 0,943);

$K_5$  – коефіцієнт заповнення ємності складу (дорівнює 0,9);

$\rho_3$  – щільність щебеню в насипному стані – 1650 кг/м<sup>3</sup>» [18].

$$\rho_3 = 1650 \text{ кг/м}^3$$

$$V = 5,2 \cdot 1250 \cdot 10 \cdot 1,4 \cdot 1,4 \cdot 1,04 \cdot 0,943 \cdot 0,9 / 1650$$

$$V = 204,45 \text{ м}^3$$

Для зберігання дрібного заповнювача передбачається використання комбінованого інвентарного складу, який є автоматизованим і обладнаним у вигляді закритого бункерного приміщення.

$$V = Z \cdot n \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 / \rho_3, \text{ м}^3$$

де  $Z$  – витрата дрібного заповнювача у бетоні на добу, кг ;

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

$K_1$  – коефіцієнт нерівномірності надходження заповнювача на склад (приймаємо 1,4);

$K_2$  – коефіцієнт нерівномірності споживання заповнювача (приймаємо 1,4);

$K_3$  – коефіцієнт можливих утрат заповнювача при розвантаженні (приймаємо 1,04);

$K_4$  – коефіцієнт використання технологічного устаткування (приймаємо 0,943);

$K_5$  – коефіцієнт заповнення ємності складу (дорівнює 0,9);

$\rho_3$  – щільність заповнювача в насипному стані – 1550 кг/м<sup>3</sup>» [18].

$$\rho_3 = 1550 \text{ кг/м}^3$$

$$V = 5,2 \cdot 740 \cdot 10 \cdot 1,4 \cdot 1,4 \cdot 1,04 \cdot 0,943 \cdot 0,9 / 1550$$

$$V = 128,85 \text{ м}^3.$$

Загальна ємність складу заповнювачів складає 333,3 м<sup>3</sup>. Згідно довідникових даних обираємо типовий проект за шифром 409-29-37, ємністю 3000 м<sup>3</sup> та площею 1776 м<sup>2</sup> (довжина складає 48 м., ширина – 37 м.).

### 3.7.3. Склади арматури та арматурних виробів

«Арматурні вироби зберігаються на складах, що представляють собою закриті приміщення, де виключені можливості їхньої корозії та забруднення. Арматура та арматурні вироби повинні зберігатися окремо по видах, маркам сталі, геометричним розмірам» [17].

«Зберігання готових арматурних виробів (зварені сітки, петлі, закладні елементи і т. ін.) передбачають на спеціалізованих стелажах або у контейнерах.

Максимальна висота зберігання арматурних сіток повинна бути:

- у горизонтальному положенні – 1,5 м;

- у вертикальному положенні – 4,0 м» [13].



«Площа складу арматури й арматурних виробів визначається як сума площ, призначених для збереження арматурних виробів та арматури кожного виду.

Площа, призначена для зберігання певного виду арматури або арматурного виробу розраховується як:

$$S_{ai} = Q_c \cdot K_n \cdot N_{xp} / P_i,$$

де  $Q_c$  – добова витрата арматури або арматурного виробу конкретного виду, кг;

$K_n$  – коефіцієнт, який враховує збільшення площі складу на проходи при збереженні арматури на стелажах (приймаємо 1,5);

$N_{xp}$  – термін зберігання арматури на складі (приймаємо 25 діб).

$P_i$  – маса металу, розміщеної на 1 м<sup>2</sup> площі (приймаємо 1200 кг)» [18].

$K_n$  приймаємо 1,5;

$N_{xp}$  приймаємо 25 діб;

$P_i$  приймаємо 1200 кг.

Тоді площа зберігання каркасних сіток С-2 становить:

$$S_{C-2} = 171,6 \cdot 1,5 \cdot 25 / 1200$$

$$S_{C-2} = 5,36 \text{ м}^2$$

Площа зберігання каркасних сіток С-9 становить:

$$S_{C-9} = 97,2 \cdot 1,5 \cdot 25 / 1200$$

$$S_{C-9} = 3,04 \text{ м}^2$$

Площа зберігання арматурних стрижнів становить:

$$S_{AC} = 33,6 \cdot 1,5 \cdot 25 / 1200$$

$$S_{AC} = 1,05 \text{ м}^2$$

Площа зберігання монтажних петель становить:

$$S_{VII} = 36,72 \cdot 1,5 \cdot 25 / 1200$$

$$S_{VII} = 1,15 \text{ м}^2$$

Загальна площа складу розраховується як добуток суми площ  $S_{ai}$  та коефіцієнту, який враховує збільшення загальної площі складу на проходи й проїзди. Значення цього коефіцієнту – 1,5.

$$S_a = (S_{C-2} + S_{C-9} + S_{AC} + S_{VII}) \cdot 1,5$$

$$S_a = (5,36 + 3,04 + 1,05 + 1,15) \cdot 1,5$$

$$S_a = 15,9 \text{ м}^2$$

### 3.7.4. Склади готової продукції

«Виготовлені конструкції проходять технічний контроль і лише потім відправляються на зберігання на склад готової продукції. Там вони залишаються до того моменту, поки не будуть відвантажені споживачу.

Склад готової продукції обладнаний підйомно-транспортним обладнанням.

Зберігання готової продукції має відбуватися з дотриманням вимог ДСТУ Б.В.2.6-2, а також стандартів або технічних умов на виробі конкретних видів.

При розрахунку площі складу враховується продуктивність підприємства, тривалість та спосіб зберігання готових виробів на складі, прийняті розриви між окремими штабелями виробів, спосіб вантажно-розвантажувальних робіт та вид кранів, що застосовуються» [18].

«Зберігання готових виробів здійснюється однорядними по висоті. При цьому вони розсортовані за видами й марками.

Під час зберігання для обпирання виробів застосовують інвентарні підкладки товщиною не менше 100 мм або опори іншого типу.

Коефіцієнт збільшення площі складу враховує проходи між виробами. Приймаємо його 1,5.

Коефіцієнт збільшення площі складу, який враховує проїзди й площу під коліями мостового крану, візків, а також площі для проїзду автомашин та під залізничні колії приймаємо 1,3.

Мінімальна ширина проходів між виробами становить не менше 1,0 м.

Ширина проходів між рядами виробів і габаритом транспортного засобу повинна бути не менше 1,5 м.

Поперечні проходи шириною 1 м передбачають не рідше ніж через 25 м; між виробами приймають розриви завширшки 0,4 м.

На території складу готової продукції відводиться окреме місце для зберігання бракованих виробів. Площу цієї ділянки визначають, виходячи з того, що браковані вироби складають 1 % від загального обсягу їх випуску. Матеріали, отримані після подрібнення бракованих виробів, повторно можна використовувати як крупний заповнювач для виготовлення бетонів невисоких марок. Вивільнена арматурна сталь частково надходить у металобрухт, а частину її використовують для повторного армування. На 1 м<sup>2</sup> ділянки зберігають 1,2 м<sup>3</sup> відходів» [14] .

«Необхідна площа для зберігання готових виробів на 10 діб:

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

де  $S_p$  - площа, яку займає один виріб (2,25 м<sup>2</sup>);

$T_{xp}$  - нормативний запас збереження;

$K_1$  – коефіцієнт збільшення площі складу;

$K_2$  – коефіцієнт збільшення площі складу, який враховує проїзди й площу під коліями мостового крану, візків, а також площі для проїзду автомашин та під залізничні колії» [17].

Підставивши відомі дані, отримуємо:

$$S = 2,25 \cdot 10 \cdot 1,5 \cdot 1,3$$

$$S = 44 \text{ м}^2.$$

### 3.7.5. Матеріально-технічні склади та склади комплектуючих

«Виготовлені конструкції проходять технічний контроль і лише потім відправляються на зберігання на склад готової продукції. Там вони залишаються до того моменту, поки не будуть відвантажені споживачу.

Склад готової продукції обладнаний підйомно-транспортним обладнанням.

Зберігання готової продукції має відбуватися з дотриманням вимог ДСТУ Б.В.2.6-2, а також стандартів або технічних умов на виробі конкретних видів.

При розрахунку площі складу враховується продуктивність підприємства, тривалість та спосіб зберігання готових виробів на складі, прийняті розриви між окремими штабелями виробів, спосіб вантажно-розвантажувальних робіт та вид кранів, що застосовуються» [18].

«Зберігання готових виробів здійснюється однорядними по висоті. При цьому вони розсортовані за видами й марками.

Під час зберігання для обпирання виробів застосовують інвентарні підкладки товщиною не менше 100 мм або опори іншого типу.

Оглядові проходи приймаємо:

- між штабелями або стелажми – 1000 мм;
- між штабелями і будівельними конструкціями – 800 мм;
- між штабелями і стропувальними пристроями – 1000 мм;
- між стіною і стелажми – 200 мм.

Режим роботи складу визначається в залежності від загального робочого графіка підприємства, тому для складу обирається двозмінний режим. Запаси комплектуючих частин та допоміжних матеріалів на складі розраховуються на одну добу, щоб забезпечити безперебійний процес виробництва та уникнути перебоїв у постачанні.

Найбільша допустима відносна вологість повітря в приміщенні складу

– 75%. Найменша температура повітря в приміщенні складу - 5°C.

### 3.8. Лабораторія й організація контролю якості продукції

«Лабораторія – це особливий підрозділ підприємства, який повинен займатися випробуваннями бетонних сумішей, сировини, матеріалів інших напівфабрикатів, що використовуються у виробничому процесі.

Устаткування, яке повинно знаходитись у лабораторії:

- гідравлічна випробувальна універсальна машина типу УММ-50;
- прес гідравлічний типу П-200; - твердомір; - стелажі; - верстат; - прес гідравлічний.- розривна машина ; - ваги;

Повна загальна площа робочих приміщень, що присутні у лабораторії та ВТК – 144 м<sup>2</sup>.

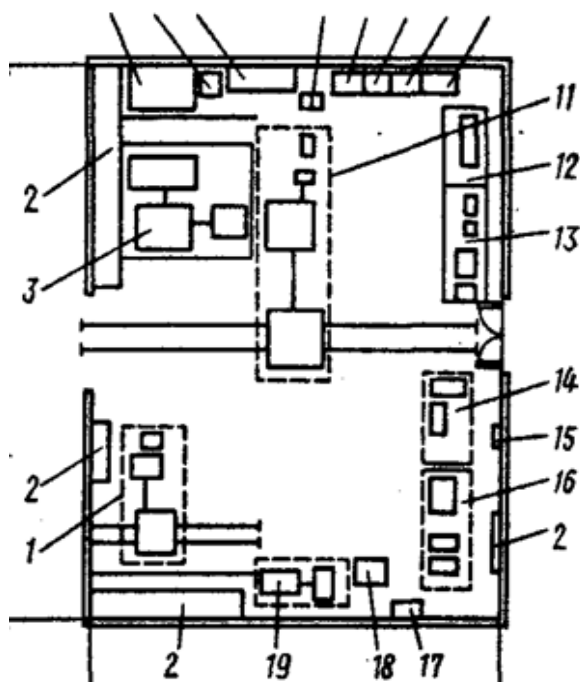


Схема розміщення устаткування у лабораторії

1 – прес гідравлічний типу П-200; 2 – стелажі; 3 – випробувальна універсальна машина типу УММ-50; 4 – верстат; 5 – свердлильний верстат; 7 – розривна машина; 8 – копер; 9 – твердомір; 10 – ваги; 11 – прес гідравлічний типу; 12, 13, 14, 15 – прес гідравлічний; 16 – гідравлічна випробувальна універсальна машина; 17 – ділильна машина; 18 – випробувальна машина; 19 – прес гідравлічний.

Таблиця 3.14

## Організація виробничого контролю якості

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

При виготовленні залізобетонних вентиляційних блоків здійснюємо такі види контролю: вхідний, операційний і приймальний. Організація контролю приведена в табл.3.14.

Площа робочих приміщень лабораторії та відділу технічного контролю приймаємо згідно нормативів, виходячи з річної потужності підприємства, що складає 1000 м<sup>3</sup>, тоді площа лабораторії 100 м<sup>2</sup>, а ВТК 30 м<sup>2</sup>.

Таблиця 3.13

## Контроль якості технологічних операцій та виробів

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

Таблиця 3.14

**Параметри виробу, що підлягають прийманню, і порядок проведення  
вихідного контролю**

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

Продукція, що успішно пройшла процедури вихідного контролю, передається співробітниками відділу технічного контролю (ВТК) на склад із відповідною фіксацією в акті передачі. Такий підхід забезпечує точний облік виробів та мінімізує ризики пошкодження або втрати продукції.

На складі вироби зберігаються у суворій відповідності до марок і партій, що спрощує їх ідентифікацію та відвантаження. Для дотримання



стандартів зберігання між рядами продукції вкладають інвентарні дерев'яні прокладки перетином не менше 60×40 мм, які створюють умови для рівномірного розподілу навантаження. Для підвищення міцності та довговічності прокладок рекомендується виготовляти їх з пиломатеріалів перетином 150×100, 150×150 або 100×100 мм.

Розташування прокладок має відповідати чітким вимогам: вони повинні знаходитись по вертикалі штабеля одна над одною, розміщуючись між рядами виробів на відстані, що становить 20% довжини виробу від кожного його торця. Нижній шар прокладок укладають на рівну, щільно утрамбовану основу, що запобігає нерівномірному навантаженню. Ширина цих прокладок для нижнього ряду повинна бути не меншою за 80 мм, що забезпечує надійність конструкції штабеля та безпечне зберігання виробів.

Додатково на складі передбачено регулярну перевірку умов зберігання, включаючи контроль вологості та температурного режиму, що сприяє збереженню якості готової продукції. Також розглядається можливість застосування механізмів автоматизації для оптимізації розміщення та транспортування виробів.

### **3.9. Визначення потреби в стислому повітрі, воді, електроенергії**

Розрахунок потреби підприємства в електроенергії виконується з урахуванням типу, кількості, а також технічних характеристик обладнання, яке встановлено в різних цехах. Важливим етапом є визначення розподілу споживання електроенергії по окремих підрозділах, щоб врахувати особливості кожного з них і забезпечити оптимальний баланс енергоспоживання на рівні всього підприємства.

### **Споживачі електроенергії та їх потужність**

Цех	Назва електроприймача	Кількість	Встановлена потужність кВт
Склад цементу	Розвантажувально-передавальне обладнання	1	50,8
Склад заповнювачів	Розвантажувально-передавальне обладнання	1	321
Бетонозмішувальний цех	1) Пневматичний гвинтовий насос	1	30
	2) Стрічковий конвеєр	1	5
	3) Бетонозмішувачі	2	3
Арматурний цех	1) Станок для нарізання арматурної сталі	1	3
	2) Правильно-відрізний станок	1	29
	3) Підвісний зварний апарат МТПГ-150-2	2	165 кВт·А
	4) Мостовий кран вантажопідйомністю до 10 т	2	25
	5) Візок для вивозу готової продукції	1	7,3

Формувальний цех	1) Кран-балка	1	5
	2) Бетоноукладач СМЖ-69А	1	21
	3) Візок для вивозу готової продукції СМЖ-151А	1	5,5
Склад готової продукції	Мостовий кран вантажопідйомністю до 10 т	2	20
Лабораторія	Випробувальне обладнання	1	4,3
Адміністративно-побутовий комплекс	Освітлювальні прилади		124,45
Усього			819,35

ВР - річна витрата води, м<sup>3</sup>;

$$V_p = 250 * 260 = 65000 \text{ м}^3$$

### 3.10. Організація вантажопотоків

На території заводу передбачені залізничні під'їзні шляхи та автомобільні дороги, які забезпечують ефективну логістику для підвозу сировини, матеріалів і вивозу готової продукції. Внутрішньозаводські дороги організовані за кільцевою схемою, що дозволяє уникати заторів та полегшує маневрування транспорту. Логістика на території заводу спрямована на забезпечення безпечних умов для працівників і мінімізацію пересічних транспортних потоків.

Транспортування вантажів, таких як сировина, напівфабрикати та готова продукція, здійснюється з використанням мостових кранів, самохідних візків і спеціалізованих транспортних засобів. Для переміщення бетонної суміші та її компонентів використовуються бадді, спеціальні

бункери та пневмотранспорт, а для арматурних конструкцій – самохідні візки й мостові крани.

У складі заводу з виробництва залізобетонних виробів функціонує сучасне технологічне та транспортне обладнання. Воно забезпечує всі етапи обробки матеріалів: від розвантаження й складування сировини до її підготовки, зберігання та транспортування до витратних бункерів. У зимовий період діють системи підігріву для води та заповнювачів. Виробництво бетонної суміші організоване за допомогою дозуючих пристроїв, бетонозмішувачів і стрічкових конвеєрів, які забезпечують точне співвідношення компонентів і їх своєчасну подачу.

На складах використовуються гвинтові й стрічкові конвеєри, елеватори та пневматичні насоси, що сприяє ефективному транспортуванню сировини. Заповнювачі подаються до бетонозмішувальної установки похилим конвеєром, після чого розподіляються по витратних бункерах за допомогою поворотної воронки. Цемент транспортується пневмотранспортом у надбункерне відділення, де осаджується та подається в дозуючі бункери.

Транспортування арматури організовано автомобільним транспортом зі складу до арматурного цеху. Усередині цеху переміщення виконується мостовими кранами, а готові арматурні вироби доставляються у формувальний цех самохідними візками. Подальше переміщення арматурних елементів на робочі місця здійснюється мостовими кранами, що сприяє оптимізації робочого процесу та дотриманню виробничого графіка.

Особливістю організації процесів на заводі є їх адаптованість до сучасних вимог екологічності та безпеки, що забезпечує високий рівень продуктивності та комфорту для працівників.

Для транспортних операцій в приміщенні складів застосовують розвантажувальні машини, гвинтові і стрічкові конвеєри, елеватори, пневматичні насоси, аерожолоби.

Заповнювачі подають до місця виготовлення бетонної суміші по похилому конвеєру. Потім заповнювач за допомогою поворотної воронки розподіляється по витратним бункерам. Цемент по пневмотранспорту надходить в над бункерне відділення в установки для осадження, а потім по конвеєру переміщується у витратні бункери. Компоненти бетонної суміші за допомогою живильника завантажуються через завантажувальний пристрій подають у дозатори, а потім з дозаторів вони переміщуються у бетонозмішувач.

### **3.11. Структура, організація та керування підприємством**

Структура підприємства базується на особливостях виробничого процесу, характері продукції, що виготовляється, і організації внутрішніх підрозділів, таких як цехи, ділянки й служби. Вона враховує способи взаємодії між компонентами підприємства, кількість і кваліфікацію працівників, а також ефективність управлінських зв'язків.

Головною посадовою особою підприємства є директор, який призначається відповідними державними чи корпоративними органами. Його функції охоплюють управління ресурсами, підписання контрактів, взаємодію з банками та зовнішніми організаціями. Крім того, директор несе відповідальність за кадрові рішення, включаючи прийняття, звільнення працівників, застосування дисциплінарних заходів і заохочень.

Накази та розпорядження директора є обов'язковими до виконання й забезпечують безперебійну роботу підприємства. Директор не лише координує роботу всіх підрозділів, але й розробляє стратегічні напрямки розвитку. Особливу увагу він приділяє підвищенню якості продукції, впровадженню сучасних технологій і оптимізації внутрішніх процесів, що сприяє стабільності та зростанню конкурентоспроможності підприємства.

«Структуру підприємства відображають склад та співвідношення його внутрішніх ланок. До цих ланок відносять цехи, ділянки підприємства, різні відділи, лабораторії, апарат управління, а також інші підрозділи. Робота всіх ланок взаємопов'язана та має бути злагодженою.

Кількість підрозділів підприємства буде залежати від його потужності. Відповідно буде розраховуватися й кількість працівників, яку необхідно залучити для забезпечення роботи підприємства, а також площі, які воно буде займати.

Структуру підприємства можна поділити на загальну та виробничу. Під виробничою структурою розуміють сукупність основних, допоміжних, а також обслуговуючих підрозділів підприємства, які в спільній роботі забезпечують перетворення ресурсів в готовий продукт. Виробнича структура відображає процес виробництва певної продукції заданої якості, кількості та в заданий термін. Виробнича структура формується під впливом таких чинників як: характер продукції, технологія, за якою вона виготовляється, об'єм виробництва, рівень спеціалізації підприємства, рівень виробничих підрозділів, масштаб взаємодії підприємства-виробника з іншими організаціями та підприємствами.

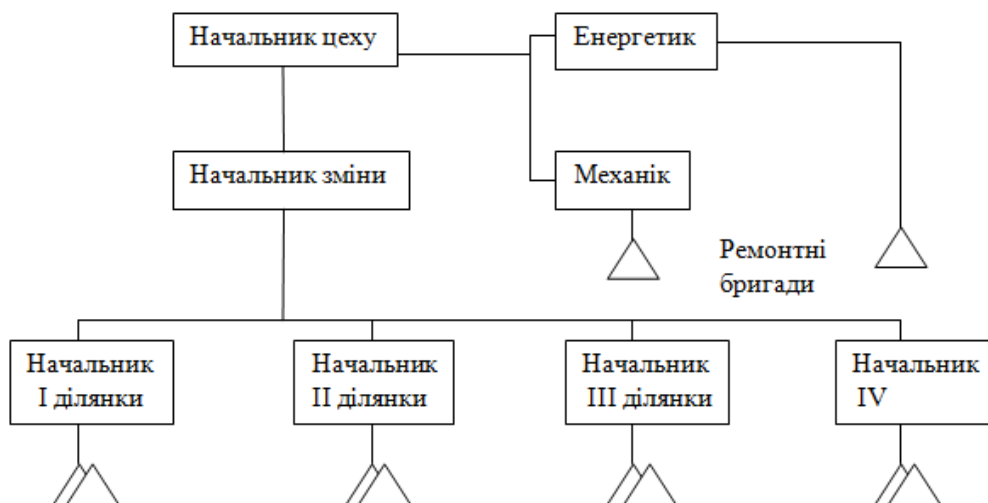
Структурні підрозділи підприємства, такі як цехи, ділянки, відділи й служби, функціонують на основі положень, затверджених директором підприємства. Ці положення регламентують порядок діяльності, права та обов'язки кожного підрозділу, забезпечуючи чітку координацію між ними для досягнення загальних виробничих цілей.

Керівником кожного цеху є начальник, який підзвітний безпосередньо директору або головному інженеру. Начальник цеху організовує роботу через підлеглих йому майстрів та адміністративний апарат цеху. Його ключовими завданнями є забезпечення виконання виробничого плану, оптимальне використання ресурсів, контроль за дотриманням технологічних процесів, трудової дисципліни й правил техніки безпеки. Окрім того, начальник

вирішує питання прийому та звільнення працівників у межах повноважень, встановлених законодавством.

Майстри виконують роль організаторів на виробничих ділянках і підпорядковуються начальнику цеху. Вони несуть відповідальність за виконання планових завдань, якість продукції й дотримання стандартів роботи підлеглими. Усі вказівки майстра обов'язкові для виконання бригадами й робітниками, що сприяє підтриманню дисципліни та ефективності. Для призначення на посаду майстра відбираються інженери, техніки або досвідчені висококваліфіковані працівники, які пройшли відповідну підготовку.

Також начальник цеху має забезпечити постійний моніторинг виробничих процесів і розробляти заходи для оптимізації роботи підрозділу, впроваджуючи інноваційні підходи. Майстри, у свою чергу, відповідають за динамічний розвиток навичок підлеглих і сприяють створенню умов для професійного зростання команди, що дозволяє підтримувати конкурентоспроможність підприємства.



### 3.12. Визначення потреби і розрахунок необхідної кількості робітників

Найменування цеху	Професія	Кіл-ть
Формувальний цех	Оператор бетонного вузла	1
	Бетонувальник	8
	Арматурщик	2
	Водій візка	1
	Оператор ТВО	1
Бетонозмішувальний цех	Моторист бетонозмішувальної установки	2
	Оператор над бункерного відділення	2
	Дозувальник	2
	Моторист транспортних пристроїв галереї	2
Паросиловий цех	Машиніст насосів	2
	Оператор паропроводу	4
Електродільниця	Електрик	1
	Електрослюсар	1
Ремонтно-механічна дільниця	Слюсар	1
	Токар	1
	Механік	1
Склад готових арматурних виробів	Керівник	1
	Такелажник	2
	Комірник	1
Склад в'язучих речовин	Робітник складу	3
	Оператор по прийманню матеріалів	1
	Комірник	1
Склад заповнювачів	Робітник складу	3
	Оператор по прийманню матеріалів	1
	Комірник	1
Склад готової продукції	Комірник	2
Матеріальний склад	Робітник складу	2



	Комірник	1
Лабораторія	Лаборант	2
	Прибиральник адміністративного корпусу	2
	Прибиральник виробничих приміщень	2
	Сторож	2

До загальної кількості працівників підприємства включаються співробітники лабораторії та адміністративно-побутового комплексу. У лабораторії, яка займається контролем якості виготовлення вентиляційних блоків, працює інженер, два технічних спеціалісти та завідувач, що відповідає за організацію процесів і звітність. Адміністративно-побутовий комплекс включає три прибиральники, які забезпечують чистоту приміщень, і двох охоронців, що здійснюють постійний нагляд за безпекою території та майна підприємства.

Крім цього, адміністративно-побутовий комплекс виконує додаткові функції, зокрема створює комфортні умови для працівників, забезпечуючи доступ до службових приміщень та зон відпочинку. Завдяки цьому структура персоналу не лише сприяє підтриманню стандартів якості продукції, а й формує сприятливе робоче середовище, що позитивно впливає на ефективність виробництва та задоволеність працівників.

У результаті розрахунків визначено, що для однієї робочої зміни необхідно 59 працівників, а при організації роботи у дві зміни загальна кількість співробітників зростає до 118 осіб. При цьому до штату підприємства обов'язково включається група технічних робітників, чисельність яких становить 15% від загальної кількості персоналу, тобто близько 18 осіб.

Крім того, на підприємстві передбачається достатня кількість інженерно-технічного персоналу, який забезпечує організацію виробничих процесів, контроль якості продукції та обслуговування обладнання. Для

підприємства такого масштабу це дозволяє не лише ефективно управляти виробничими потужностями, а й гарантувати виконання стандартів і вимог, необхідних для стабільної роботи в умовах багатозмінного графіка. Така організація трудових ресурсів сприяє оптимальному розподілу обов'язків та підвищенню продуктивності праці. До складу інженерно-технічного персоналу належать:

- директор;
- головний технолог;
- плановий відділ: начальник, співробітник;
- виробничий відділ: начальник, співробітник;
- технологічний відділ: начальник, співробітник;
- бухгалтерія: начальник, співробітник;
- відділ постачання та збуту: начальник, співробітник;
- відділ кадрів: начальник, співробітник;
- відділ техніки безпеки: начальник, співробітник.