

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ МАТЕРІАЛОЗНАВСТВА ТА ЗВАРЮВАННЯ ім. Є.О. ПАТОНА

Кафедра ливарного виробництва

До захисту допущено

Завідувач кафедри

_____ Михайло ЯМШИНСЬКИЙ

“ ____ ” _____ 2022 р.

Дипломна робота

на здобуття ступеня бакалавра

зі спеціальності 136 «Металургія»

за освітньо-професійною програмою «Комп'ютеризовані процеси лиття»

на тему: **Технологічні властивості та можливість повторного використання екологічних стрижневих сумішей**

Виконала: студентка 4 курсу, групи ФЛ-81

Маланчук Ірина Володимирівна

(прізвище, ім'я, по батькові)

_____ (підпис)

Керівник

к.т.н., доцент Лютий Ростислав Володимирович

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

Консультант

з охорони праці

д.т.н., професор Левченко Олег Григорович

(вчені ступінь та звання, прізвище, ініціали)

_____ (підпис)

Консультант

з економічної частини

к.е.н., доцент Нараєвський Сергій Вікторович

(вчені ступінь та звання, прізвище, ініціали)

_____ (підпис)

Консультант

з нормоконтролю

к.т.н., доцент Лютий Ростислав Володимирович

(вчені ступінь та звання, прізвище, ініціали)

_____ (підпис)

Рецензент

д.т.н., професор Шинський Олег Йосипович

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

Засвідчую, що у цій дипломній роботі
немає запозичень з праць інших авторів без
відповідних посилань.

Студент _____ (підпис)

Київ – 2022 р.

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

Навчально-науковий інститут матеріалознавства та зварювання ім. Є.О. Патона
Кафедра ливарного виробництва

Освітньо-кваліфікаційний рівень «бакалавр»
Спеціальність 136 Металургія
Освітньо-професійна програма «Комп'ютеризовані процеси лиття»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Михайло ЯМШИНСЬКИЙ
“ ____ ” _____ 2022 р.

З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

_____ Маланчук Ірина Володимирівна

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Технологічні властивості та можливість повторного використання екологічних стрижневих сумішей

керівник проєкту к.т.н. доцент Лютий Ростислав Володимирович

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від «09» червня 2022 року № 992-с

2. Строк подання студентом роботи: 13 червня 2022 р.

3. Вихідні дані до роботи: результати проведеного аналітичного огляду; матеріали переддипломної практики; результати попередньо проведених експериментів; наявні матеріали та лабораторне обладнання; методичні вказівки до виконання дипломних робіт

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

1) провести аналіз літературних джерел, визначити мету і задачі дослідження; 2) розробити методику проведення експериментів; 3) дослідити залишкову міцність стрижневих сумішей із фосфатами натрію і алюмінію; 4) дослідити можливості повторного використання сумішей; 5) визначити умови вилучення стрижнів із литих деталей; 6) обґрунтувати економічну ефективність проведеної роботи; 7) провести аналіз небезпечних виробничих факторів та розробити заходи з охорони праці.

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

Презентація: постановка задач (2 слайди); методика (2 слайди); результати проведених експериментів (6 слайдів); висновки (1 слайд).

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Економічна частина	к.е.н, ст. викладач Нараєвський Сергій Вікторович		
Охорони праці	д.т.н., професор Левченко Олег Григорович		

7. Дата видачі завдання 03 травня 2022 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів виконання дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Отримання індивідуального завдання	03.05.2022	
2	Підготовка плану виконання роботи	05.05.2022	
3	Огляд наукової літератури за темою дипломної роботи	13.05.2022	
4	Виконання експериментальної частини	22.05.2022	
5	Обробка результатів досліджень	27.05.2022	
6	Складання звіту практики	30.05.2022	
7	Захист переддипломної практики	03.06.2022	
8	Виконання економічної частини роботи	08.06.2022	
9	Виконання частини роботи щодо охорони праці	09.06.2022	
10	Оформлення розділів дипломної роботи	13.06.2022	
11	Рецензування дипломної роботи	18.06.2022	
12	Оформлення презентації	20.06.2022	
13	Захист дипломної роботи	22.06.2022	

Студентка

_____ (підпис)

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

_____ (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Дипломна робота: 74 с., 21 рис., 12 табл., 45 посилань.,

Мета роботи – визначення залишкової міцності стрижневих сумішей з фосфатами натрію і алюмінію, дослідження варіантів вилучення стрижнів із литих деталей та встановлення можливостей повторного використання зв'язувальних компонентів.

Методика дослідження – виготовлення стандартних зразків із п'яти стрижневих сумішей із фосфатами натрію та алюмінію та визначення їх міцності при розриванні після наскрізного прогрівання до різних температур; дослідження на водорозчинність; експеримент щодо повторного використання сумішей.

Результати та їх новизна – теоретично та практично встановлено придатність суміші із зв'язувальним компонентом на основі триполіфосфату натрію до усіх груп виливків та можливість її повторного використання; суміш із зв'язувальним компонентом на основі сульфату алюмінію повністю втрачає міцність після прогрівання 600 °С, що значною мірою полегшує вилучення стрижнів.

Основні показники – визначено залишкову міцність після нагрівання в межах 400...900 °С стрижневих сумішей із фосфатами натрію та алюмінію. Суміші із фосфатами натрію мають залишкову міцність на рівні 0,2...0,5 МПа, але схильні до розчинення водою. Суміш із ЗК на основі триполіфосфату натрію при повторному використанні повною мірою зберігає свою міцність на рівні 2,0...2,5 МПа.

Область застосування – виготовлення ливарних стрижнів, які зміцнюються при температурі від 150 до 300 °С, для отримання литих деталей із залізовуглецевих та кольорових сплавів.

Економічна ефективність – 100099 грн.

Прогнозні припущення щодо розвитку об'єкта дослідження – поступове вилучення полімерних фосфатів натрію із засобів побутової хімії, організація виробництва із них зв'язувальних матеріалів для ливарного виробництва та промислове впровадження стрижневих сумішей багаторазового використання.

СТРИЖНЕВА СУМІШ, ФОСФАТИ, ЗВ'ЯЗУВАЛЬНИЙ КОМПОНЕНТ, ЗАЛИШКОВА МІЦНІСТЬ, ТРИПОЛІФОСФАТ НАТРІЮ, ГЕКСАМЕТАФОСФАТ НАТРІЮ, СУЛЬФАТ АЛЮМІНІЮ

ABSTRACT

Bachelor's dissertation: 74 pages, 21 figures, 12 tables, 45 references.

The purpose of the work – determination of residual strength of core mixtures with sodium and aluminum phosphates, exploring options for removing rods from cast parts and establishing the possibility of reusing binders.

Research methodology - making standard samples from five core mixtures with sodium and aluminum phosphates and determining their tensile strength after thorough heating to different temperatures; water solubility studies; experiment on reusing mixtures.

Results of the work and their novelty - theoretically and practically established the suitability of the mixture with a binder component based on sodium tripolyphosphate to all groups of castings and the possibility of its reuse; mixture with the binder component based on aluminum sulfate completely loses strength after heating 600 °C, which greatly facilitates the removal of the cores.

The main indicators - the residual strength after heating within 400... 900°C of core mixtures with sodium and aluminum phosphates was determined. Mixtures with sodium phosphates have a residual strength of 0.2... 0.5 MPa, but tend to dissolve in water. The mixture with a binder component based on sodium tripolyphosphate when reused fully retains its strength at the level of 2.0... 2.5 MPa.

Areas of application - production of foundry cores, which are strengthened at a temperature of 150 to 300 °C, to obtain cast parts from iron-carbon and non-ferrous alloys.

Economic efficiency – UAH 100099.

Predictive assumptions about the development of the object of study - gradual extraction of polymeric sodium phosphates from household chemicals, organization of production of binders from them for foundry production and industrial introduction of reusable core mixtures.

CORE MIXTURE, PHOSPHATES, BINDING COMPONENT, RESIDUAL STRENGTH, TRIPOLYPHOSPHATE SODIUM, HEXAMETAPHOSPHATE SODIUM, SODIUM SULFATE.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
1. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД.....	10
1.1 Фосфатні матеріали і їх використання.....	10
1.2 Фосфатні зв'язувальні матеріали.....	12
1.3 Екологічна небезпека фосфатів.....	15
1.4 Очищення екосистем від фосфатів.....	17
1.4.1 Очищення води.....	17
1.4.2 Заборона фосфатів як спосіб зменшити їх вміст у воді.....	18
1.5 Огляд нових зв'язувальних компонентів на основі фосфатів натрію і алюмінію.....	20
1.6 Постановка задач.....	25
2. МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ.....	27
2.1 Матеріали.....	27
2.2 Технологія приготування сумішей.....	27
2.3 Методика виготовлення зразків та визначення міцності при розриванні.....	28
2.4 Методика випробувань на залишкову міцність.....	30
2.5 Дослідження стрижневих сумішей на водорозчинність.....	31
3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА.....	32
3.1 Визначення залишкової міцності стрижневих сумішей після нагрівання.....	32
3.2 Дослідження стрижневих сумішей в контакті з водою.....	39
3.3 Дослідження можливостей повторного використання.....	41
3.4 Висновки.....	43

4.ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....	45
4.1 Науково-технічна актуальність НДР.....	46
4.2 Розрахунок витрат на проведення НДР.....	46
4.2.1 Витрати на оплату праці.....	46
4.2.2 Єдиний соціальний внесок.....	48
4.2.3 Матеріали, необхідні для проведення досліджень.....	48
4.2.4 Витрати на спеціальне обладнання.....	49
4.2.5 Витрати на спеціальне обладнання.....	50
4.2.6 Вартість послуг сторонніх організацій.....	50
4.2.7 Витрати на службові відрядження.....	50
4.2.8 Інші витрати по темі.....	50
4.2.9 Накладні витрати.....	51
4.2.10 Розроблення планової калькуляції кошторисної вартості теми.....	51
4.3 Економічна ефективність НДР.....	52
4.4 Висновок до розділу.....	56
5. ОХОРОНА ПРАЦІ.....	57
5.1 Правові та організаційні основи охорони праці на підприємстві....	57
5.2 Аналіз параметрів приміщення.....	58
5.3 Аналіз освітленості приміщення.....	60
5.4 Аналіз рівня шуму.....	62
5.5 Аналіз запиленості.....	62
5.6 Аналіз теплового випромінювання.....	64
5.7 Електробезпека.....	64
5.8 Пожежна безпека.....	65
ВИСНОВКИ.....	68
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	70

ВСТУП

Перед ливарним виробництвом України і світу стоять важливі наукові та технологічні завдання. В першу чергу це розширення номенклатури литих деталей, сплавів, способів лиття та адитивного виробництва. При цьому розвиток такої потужної індустрії не може не позначитися на екологічних показниках, отже створення екологічних технологій, перехід на використання відновлюваних ресурсів – в майбутньому основна задача машинобудування і ливарного виробництва.

Формувальні та стрижневі суміші складають основну масу матеріалів, які використовуються в ливарних цехах. За даними Американської асоціації ливарників, причиною майже 80% шкідливих викидів у довкілля є використання органічних зв'язувальних компонентів та сумішей на їх основі. Таким чином, створення нових неорганічних зв'язувальних матеріалів є актуальною задачею світового масштабу.

Цю задачу протягом останніх 10 років активно вирішують вчені Китаю, Японії, США, але найбільшого прогресу досягнуто в Україні. Створено нові зв'язувальні матеріали на основі фосфатів натрію, алюмінію, кремнію та декількох інших хімічних елементів, які безперечно є екологічними, доступними та економічно ефективними.

Зокрема, вибір фосфатів натрію як зв'язувальних матеріалів для ливарного виробництва зумовлено поширеністю цих хімічних сполук, їх доступністю в багатьох країнах світу, а також їх небезпечною дією на водні екосистеми, внаслідок чого великі обсяги фосфатів натрію потребують нової галузі застосування.

Однак шлях від ідеї до розробки готового продукту, а тим більше до створення промислової технології, як правило, займає багато років. На сучасному етапі нові матеріали тільки проходять лабораторну перевірку і ще не можуть повною мірою конкурувати із розробками світових лідерів ринку.

Використання матеріалів у складі стрижневих сумішей потребує від них здатності працювати в екстремальних умовах – температура, хімічні агресивні середовища тощо. Ці властивості потрібні для забезпечення належної якості литих деталей. Але крім цього, матеріали мають бути максимально екологічними та бажано відновлюваними.

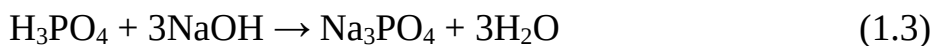
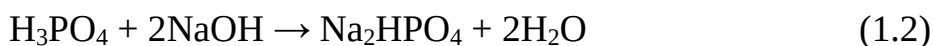
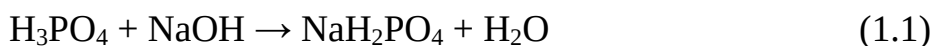
В дипломній роботі представлено результати досліджень стрижневих сумішей з фосфатами натрію та алюмінію щодо їх властивостей після високотемпературного нагрівання, особливостей технологій вибивання стрижнів із литих деталей, а також збереження і повторного використання зв'язувальних матеріалів у складі стрижневих сумішей.

Наведений комплекс досліджень проведено для сумішей із зв'язувальними компонентами, синтезованими хімічною взаємодією ортофосфорної кислоти з карбонатом натрію, хлоридом натрію, триполіфосфатом натрію, сульфатом алюмінію, а також для вперше використаної в ливарних технологіях суміші з гексаметафосфатом натрію. Результати досліджень мають сприяти прискоренню впровадження розроблених зв'язувальних матеріалів у промисловість.

1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД

1.1 Фосфатні матеріали і їх використання

Фосфатами називають неорганічні матеріали, які являють собою солі ряду фосфорних кислот, першою і найбільш поширеною з яких є ортофосфорна. Оскільки вона кислота є триосновною, від неї походять три ряди солей, наприклад [1]:



Структурні формули фосфатів натрію, утворених за хімічними рівняннями (1.1) – (1.3), зображено на рис. 1.1.



Рисунок 1.1 – Структурні формули ортофосфатів натрію

Першу з цих солей, утворену за реакцією (1.1), називають дигідрофосфатом натрію, другу, утворену за реакцією (1.2) – гідрофосфатом натрію, а третю – нормальним фосфатом натрію.

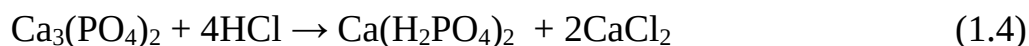
Дигідрофосфати металів у воді розчиняються добре. Усі нормальні фосфати, за винятком фосфатів натрію, калію і амонію, у воді нерозчинні. Гідрофосфати за своєю розчинністю у воді займають проміжне місце між дигідрофосфатами та нормальними фосфатами. Але малорозчинні у воді

гідрофосфати та нерозчинні нормальні фосфати легко розчиняються навіть у слабких органічних кислотах [1].

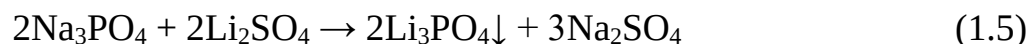
Всі ортофосфати мають наступну властивість: безводні солі стабільні при нагріванні до температури плавлення, яка для різних солей коливається в діапазоні від 830 °С (у фосфату свинцю) до 1605 °С (у фосфату барію) [2].

Повнозаміщені фосфати переважно погано розчинні, на відміну дигідрофосфатів. Розчинні лише фосфати лужних металів, починаючи з натрію (фосфат літію – малорозчинний) та амонію [2, 3].

Фосфати мають традиційні властивості солей. По-перше, вони взаємодіють із сильними кислотами. При цьому часто нерозчинний фосфат перетворюється на розчинний дигідрофосфат, наприклад:



Також фосфати можуть взаємодіяти з іншими розчинними солями за обмінними реакціями, в результаті яких утворюються нерозчинні фосфати:



Дослідженнями КПІ ім. І. Сікорського останніми роками доведено можливість здійснення подібних обмінних реакцій між ортофосфорною кислотою і солями більш сильних кислот, наприклад [4]:



Ці наукові дані відкривають можливості для розширення методів хімічного синтезу фосфатів, зокрема і зв'язувальних матеріалів.

При нагріванні вище 2000 °С фосфати, як правило, розкладаються на оксиди [5]:



Вказані особливості, а також доступність і невисока ціна роблять фосфати одними із найпоширеніших матеріалів у різноманітних галузях техніки та господарства.

Основне застосування фосфатних матеріалів – це фосфорні добрива. Фосфати широко використовуються також в синтетичних мийних засобах, в системах водопідготовки тощо для зменшення жорсткості води, яке відбувається за рахунок зв'язування іонів кальцію і магнію в нерозчинні фосфати. Також ці неорганічні солі застосовують у виробництві деяких лікарських речовин [3].

Також офіційно дозволено їх застосовувати в харчовій промисловості. Вони є агентами, які зв'язують вологу, тому використовуються при переробці м'яса і риби, а також у кондитерській і молочній промисловості. Фосфат натрію розпушує тісто, харчові фосфати характеризуються високою розчинністю в воді і сольових розчинах. Всі вони мають лужну реакцію. Їх додавання призводить до збільшення рН, а значить до збільшення здатності білків до зв'язування води [6].

1.2 Фосфатні зв'язувальні матеріали

Тугоплавкі зв'язки можуть утворюватися шляхом прямого приєднання або зрощування одно- або двохосновних фосфатів. Глиноземні фосфатні матеріали, фосфати лужноземельних елементів або фосфати амонію можуть бути використані замість фосфорної кислоти. При нагріванні від 200 °С до 300 °С склеювальна дія досягається для надання хорошої міцності шляхом реакції фосфату з алюмовмісним матеріалом. Для зв'язування, наприклад, циркону можна використовувати кислотні фосфати кальцію, магнію або цинку [7].

Кислі фосфати натрію мають занадто низьку температуру плавлення.

Термічна стійкість кислих фосфатів амонію вважається задовільною, але через їх значну розчинність у воді вони мають тенденцію утворювати кристалічний поверхневий шару через міграцію вологи від центру до поверхні виробу. Було визнано, що фосфати амонію краще використовувати у вигляді різних органічних похідних, таких як гідразин, гідроксиамін, анілін, метиламін або етиламінокислий фосфат [7].

Швидкотвердна вогнетривка композиція для точного лиття, наприклад, може бути виготовлена із вогнетривкого наповнювача, зв'язаного комплексним натрій-кальцій-магній-цинк-амонійним фосфатом або органічним кислим фосфатом.

Кислі фосфати також можуть утворюватися шляхом змішування трифосфату і ортофосфорної кислоти, які легко реагують між собою, утворюючи моно- або біфосфати. Цей процес можна використовувати для утворення лужноземельних фосфатів, переважно кальцію, який є дешевшим, ніж інші матеріали [7].

Вміст таких матеріалів у виробках менше 1% забезпечує тимчасове зчеплення в сухому стані, сприяє поступовому підвищенню міцності під час випалу.

Цирконовий наповнювач можна зв'язати аналогічним чином за допомогою розчину фосфату магнію у фосфорній кислоті, який містить додатково амонійну сполуку.

Також поширеним є приготування розчинів моно- або діалюмінійфосфатів, які мають поширену назву «алюмофосфатний зв'язувальний компонент». Такий матеріал твердіє виключно під час нагрівання. Його використовують як звичайну рідку зв'язку з подальшим висушування тонкого шару кислого фосфату алюмінію, який покриває кожную частинку використаного наповнювача. При формуванні ця плівка діє як сполучний агент. Від трьох до десяти відсотків алюмофосфатних матеріалів забезпечують міцність при розриванні від 2,7 до 15,2 МПа [7].

Натомість залізоглиноземисті матеріали під час контакту з ортофосфорною кислотою утворюють холоднотвердні композиції переважно з будь-яким вогнетривким наповнювачем.

Для ливарного виробництва найважливішою особливістю фосфатів якраз є зв'язувальна здатність, яка проявляється у поєднанні з різними вогнетривкими матеріалами [8-11]. Ця особливість пояснюється кристалічною будовою фосфатних груп, що у свою чергу зумовлено положенням фосфору в періодичній системі елементів. Фосфор як елемент 4-ої групи забезпечує в тетраедрі PO_4 d – p зв'язок за наявності максимальної кількості d-орбіталей [12].

Зв'язувальні властивості мають практично усі фосфати, але значною мірою відрізняються за цим показником.

Найбільш поширеною технологією синтезу фосфатних зв'язувальних компонентів (ЗК) є приготування широкого спектру розчинів на основі ортофосфорної кислоти [8, 13, 14]. Схеми синтезу в роботах середини-кінця ХХ ст. і сучасних (2015-2021 рр.) принципово не відрізняються. Вони полягають у додаванні до нагрітого розчину ортофосфорної кислоти H_3PO_4 наступних матеріалів: гідроксиду алюмінію, оксидів хрому, бору, магнію, цинку, кальцію та деяких інших [15, 16]. У результаті утворюються алюмофосфатні, алюмоборфосфатні, кальцій-магній-алюмофосфатні та інші ЗК, які являють собою кислотні розчини фосфатів відповідних металів.

Усі відомі варіанти способів синтезу фосфатних ЗК у різних галузях техніки зводяться до наступних схем [17]:

- 1) взаємодія металу з H_3PO_4 ;
- 2) взаємодія оксиду металу з H_3PO_4 (за такою схемою твердіють переважна більшість фосфатних холоднотвердних сумішей у ливарному виробництві);
- 3) взаємодія гідроксиду металу з H_3PO_4 (основна схема приготування алюмофосфатних і комплексних ЗК);
- 4) взаємодія середнього (кислого) фосфату з H_3PO_4 ;

5) взаємодія солі слабкої кислоти (титаніт, силікат, цирконат) з H_3PO_4 за обмінною реакцією.

До цього переліку роботами КПІ ім. І. Сікорського додано ще один пункт: взаємодія солі сильної кислоти (хлорид, нітрат, сульфат) з H_3PO_4 . Тут взаємодія відбувається також за обмінними реакціями, в яких на перший план виходить термодинамічний фактор [18]. Властивості цих фосфатів поки що вивчено мало.

1.3 Екологічна небезпека фосфатів

В Україні зараз понад 90% мийних і пральних засобів містять фосфати натрію та калію. Вони виконують дуже позитивну функцію пом'якшення води, а тому роблять засоби для миття більш ефективними.

Але після використання мийних засобів із вмістом фосфатів, останні потрапляють у водойми і стають чудовим добривом для рослин. Потрапляючи в навколишнє середовище, вони викликають прискорений розвиток водоростей у водоймах. Токсини, які виділяються синьо-зеленими водоростями, небезпечні для решти водних тварин [20]. Завдяки посиленому живленню синьо-зелені водорості розростаються і в процесі свого біологічного розвитку зменшують вміст кисню у воді. Вода починає цвісти. Вчені називають цей процес евтрифікацією [19], а загальні наслідки його зображено на рис. 1.2.



Рисунок 1.2 – Наслідки забруднення водойм розчинними фосфатами

Внаслідок наведених процесів, синьо-зелені водорості погіршують питні якості води, вода набуває різних неприємних запахів і небезпечних присмаків. Така забруднена вода, що містить токсини ціанобактерій, також викликає розвиток ракових клітин, проблеми при вагітності, вроджені травми, підвищення захворюваності та зниження загальної тривалості життя. Уже понад 20 років використання фосфатів у пральних порошках заборонено в багатьох країнах [20].

Надмірна кількість мікроорганізмів отруює воду продуктами життєдіяльності, вищі тварини (риби, раки тощо) через нестачу кисню у воді починають гинути. Крім того, синьо-зелені водорості не просто знижують рівень кисню у воді, але й накопичують отруйні речовини. Коли вони розкладаються, ці накопичення потрапляють у довкілля [19].

У ґрунті потерпілої водойми відбувається розкладання відмерлих організмів без доступу кисню з виділенням отруйних речовин – фенолу, сірководню та метану. Екосистема водойми трансформується, гине велика частина флори і фауни, воду більше не можна пити і використовувати в побуті. Озера, постраждалі від фосфатів, перетворюються на болота.

На рис. 1.3 можна побачити, куди йде фосфор – це живі організми, відкладення, виробничі потреби та ті самі синьо-зелені водорості, які починають агресивно розмножуватися, коли в воді спостерігається надлишок біогенів – азоту і фосфору. Що стосується надходження фосфатів, то це стічні води, поля, вивітрювання гірських порід [21].

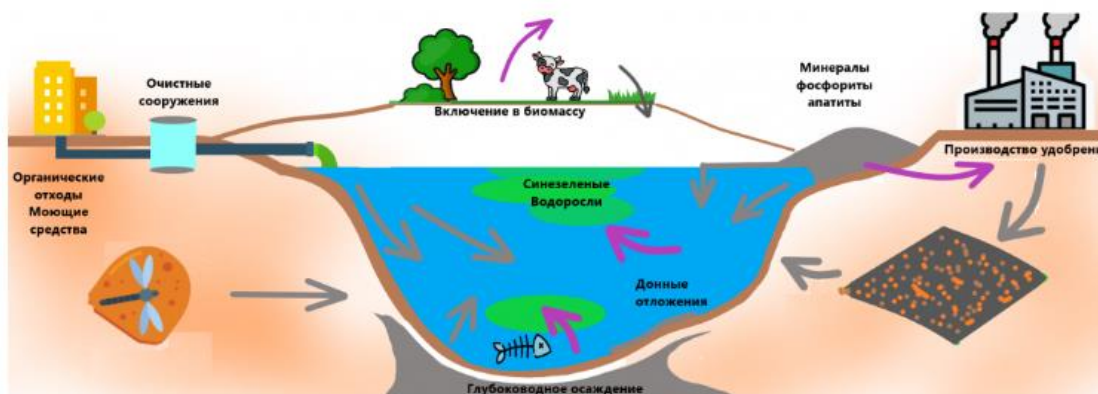


Рисунок 1.3 – Кругообіг фосфатів у природі

1.4 Очищення екосистем від фосфатів

1.4.1 Очищення води

Аналіз наведених вище даних вказує на те, що традиційна аеробна технологія очищення стічних вод не забезпечує повноцінного видалення фосфатів, і тому вони тисячами тонн потрапляють у водойми, з яких ведеться водозабір питної води [21].

Ступінь видалення фосфатів за традиційною технологією змінюється в межах 10...25% залежно від сезону.

Для підвищення ефективності процесу очищення застосовують ряд сучасних технологій видалення фосфору зі стічних вод, які поділяються на три групи:

- хімічні (вплив на стічні води розчинними солями ортофосфату натрію, в результаті чого утворюється дрібнодисперсний безводний осад. Він коагулюється великими пластівцями осаду, утвореного після взаємодії реагенту з лугами);
- фізико-хімічні (очищення магнітним полем, електрокоагуляція, кристалізація);
- біологічні методи – передбачають модифікацію біомаси шляхом включення фосфору в клітинну речовину та використання її для анаеробного очищення води.

Дані методи значною підвищують вартість технології. У багатих країнах, де були введені в експлуатацію дані технології, все рівно вводилися обмеження на вміст фосфатів, оскільки дешевше розробити та ввести безфосфатну побутову хімію, ніж очищати стоки [21].

На рис. 1.4 наведено Бортницьку станцію аерації – комплекс інженерних споруд, обладнання та комунікацій, призначений для повного біологічного очищення стічних вод Києва від забруднювальних речовин та обробки затриманих механічних решток.



Рисунок 1.4 – Бортницька станція аерації

Національний науковий фонд США очолює дослідницьку ініціативу вартістю 2,4 мільйона доларів для розробки нових методів створення комерційних добрив із поживних речовин стічних вод. Серед дослідників, які працюють над цим проектом, член ECS і голова Відділу енергетичних технологій Товариства Ендрю Геринг, очолює групу електрохімічних інженерів у галузі проектування електродів, хімії води, електрохімічних операцій та розробки конструкції електрохімічного реактора на стенді [22].

1.4.2 Заборона фосфатів як спосіб зменшити їх вміст у воді

Вже не перший рік навколо теми заборони використання фосфатів у мийних засобах тривають дискусії. І в той час, коли передові світові країни законодавчо обмежили або повністю заборонили використання фосфатів у мийних засобах ще у 80-90 роках минулого століття, в Україні продовжує діяти застарілий технічний регламент. Український документ має певні розбіжності з Регламентом ЄС 648/2004 Європейського Парламенту та Ради «Про мийні засоби» [23].

Тому Міндовкілля спільно з Мінекономіки мають на меті оновити український технічний регламент та синхронізувати його з Регламентом ЄС. Це дасть змогу розширити обмеження на інші, окрім пральних порошків, мийні засоби для побутового прання, наприклад, рідкі або ж таблетовані.

Нещодавно за рішенням Міністра захисту довкілля та природних ресурсів Романа Абрамовського, проєкт технічного регламенту направлено на попередній розгляд та погодження із зацікавленими сторонами [23].

Чому це так важливо?

Оновлення норм щодо застосування фосфатів у мийних засобах суттєво вплине на поліпшення екологічного стану водойм нашої країни. Це, насамперед, стосується зниження концентрації фосфатів, фосфонатів та інших сполук фосфору у воді.

«Ми очікуємо на суттєвий природоохоронний ефект цього рішення, зменшення «цвітіння» великих річок, які є головними джерелами питного водопостачання та поліпшення екологічного стану водойм України», – повідомив заступник Міністра захисту довкілля та природних ресурсів Михайло Хорєв [23].

Ще одним позитивом від зниження вмісту фосфатів та інших сполук фосфору в міських централізованих системах водовідведення – це можливість для водоканалів краще справлятися з очищенням стічних вод та за рахунок зниження витрат на доочищення і ремонт каналізаційних колекторів залучати кошти на модернізацію очисних споруд.

Але поки що маємо невтішну статистику щодо скидів у поверхневі водні об'єкти фосфатів зі стічними водами. Наприклад, аналіз даних державного обліку водокористування за 2019 рік свідчить, що торік до водних об'єктів України скинуто майже 6 тисяч тонн фосфатів. Найбільшим забруднювачем водойм є житлово-комунальне господарство – 5354 тонни.

Оновлений регламент має запровадити обмеження вмісту фосфатів, фосфонатів та інших сполук фосфору в мийних засобах з 2023 року [23].

Але у разі принципової заборони використання фосфатів у засобах побутової хімії, вони не зникнуть із інших галузей – таких як агропромисловий комплекс або технології хімічного синтезу. Їх використання там не чинить такого значного негативного впливу на водні екосистеми. Однак при цьому як побічні продукти утворюються поліфосфати натрію, які незабаром не буде

куди застосовувати. Тобто їхня річна кількість, незважаючи на відсутність сфери використання, зменшуватися не буде. Саме тому пошук нової потужної галузі застосування фосфатів натрію, без шкідливого впливу на екологію, є дуже актуальною задачею. Також галуззю може стати ливарне виробництво, за умови створення ефективних ЗК на основі фосфатів натрію.

1.5 Огляд нових зв'язувальних компонентів на основі фосфатів натрію і алюмінію

В останні десять років на кафедрі ливарного виробництва КПІ імені Ігоря Сікорського було створено ряд нових ЗК на основі фосфатів натрію, алюмінію та інших металів. В першу чергу приділимо увагу розчинним фосфатам натрію та алюмінію.

Науково новим є синтез ЗК із ортофосфорної кислоти і сульфату алюмінію [24, 25, 26]. Було досліджено особливості взаємодії між цими речовинами та показано що ЗК утворюється після нагрівання до 200 °С і складається із орто- та метафосфатів алюмінію та його залишкового сульфату. За результатами фазового аналізу, наведеними на рис. 1.5 видно, що це є комплексий ЗК, і його підвищена міцність забезпечується саме поєднанням різних неорганічних солей алюмінію.

За результатами термічного аналізу, як видно на рис. 1.6 цей ЗК при нагріванні вище 700 °С має певні перетворення, очевидно пов'язані із термічним розпадом сульфату алюмінію. Це має призвести до значного зниження або втрати міцності суміші після нагрівання. Однак даних з цього приводу немає.

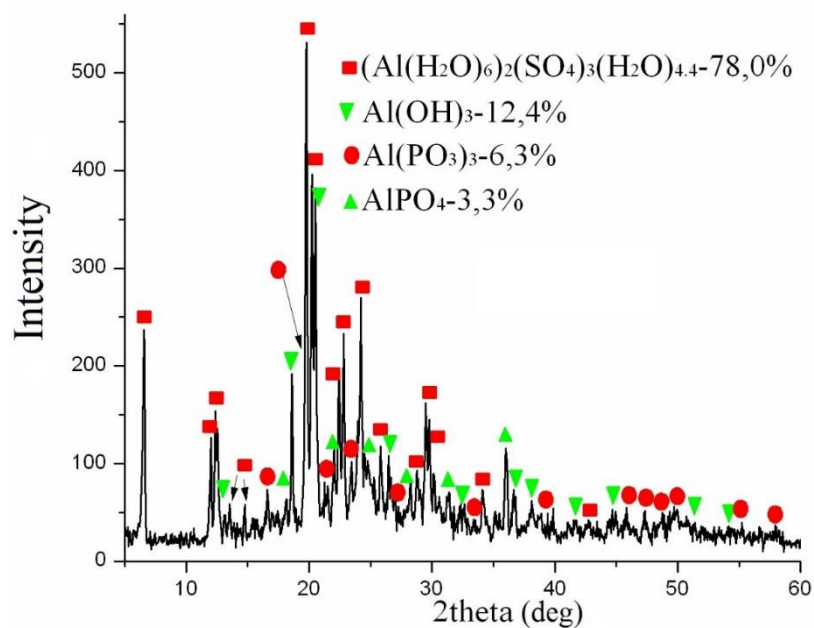


Рисунок 1.5 – Оброблена рентгенограма ЗК, утвореного із сульфату алюмінію та ортофосфорної кислоти

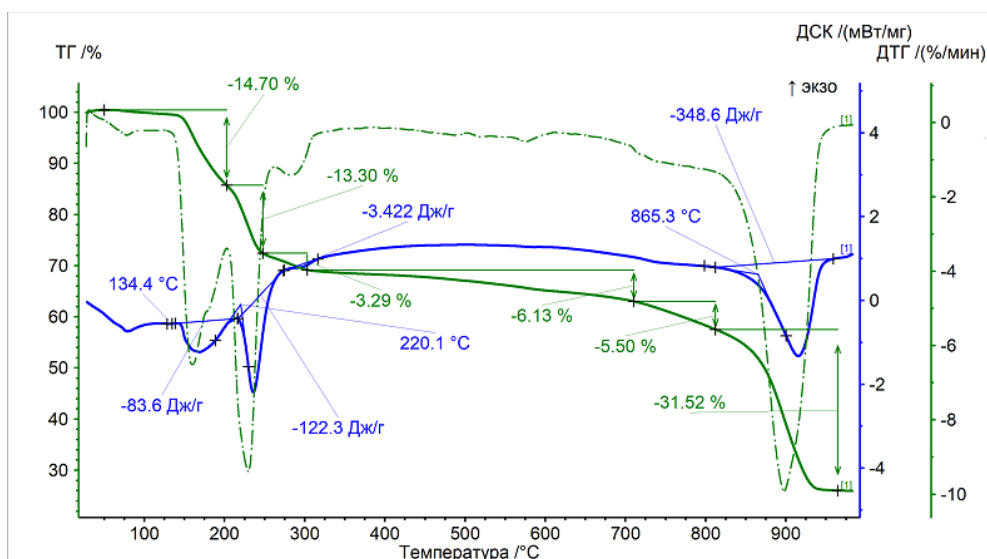


Рисунок 1.6 – Диференційний термічний аналіз ЗК, утвореного із сульфату алюмінію та ортофосфорної кислоти

Також вперше у світовій практиці реалізовано утворення натрійфосфатного ЗК із ортофосфорної кислоти і хлориду натрію [4, 27]. Для утворення цього матеріалу потрібно нагрівання до 300 °С. При цій температурі відбувається хімічна взаємодія між вказаними компонентами з утворенням триметафосфату натрію за рівнянням (1.6). Структуру цього ЗК, а також

термодинамічні умови його синтезу повною мірою вивчено. Під час нагрівання він має два перетворення, як видно із графіка термічного аналізу на рис. 1.7.

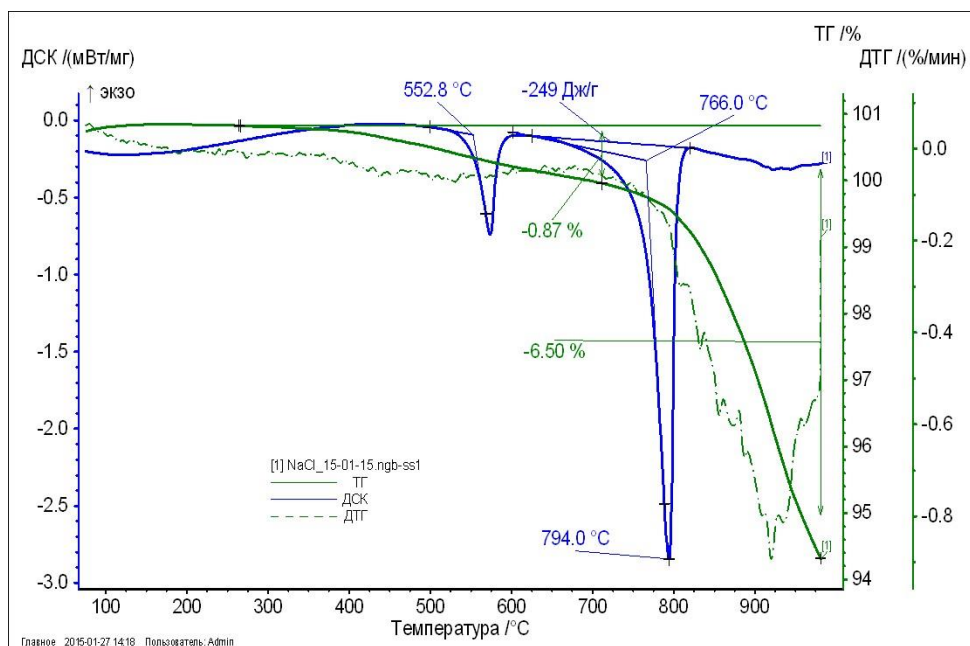


Рисунок 1.7 – Диференційний термічний аналіз ЗК, утвореного із хлориду натрію та ортофосфорної кислоти

Оскільки повного перетворення хлориду натрію на триметафосфат не відбувається, цей ЗК також складається із двох різних солей натрію. Обидві є легкоплавкими, і помічені на графіку теплові ефекти пов'язані з плавленням цих солей. Очевидно що після нагрівання до відповідних температур стрижнева суміш може спікатися і мати високу залишкову міцність. Тому це питання також підлягає дослідженню.

Взаємодія між ортофосфорною кислотою та карбонатом натрію відбувається при кімнатній температурі, але, як було показано в роботах [28, 29] для затвердіння стрижневої суміші все ж необхідне нагрівання. Але в даному випадку для виготовлення стрижнів достатньо температури 150 °С. В цій суміші ЗК представлено кислими фосфатами натрію, які під час нагрівання піддаються поступовим перетворенням та частковому розпаду (рис. 1.8), що узгоджується з даними [30].

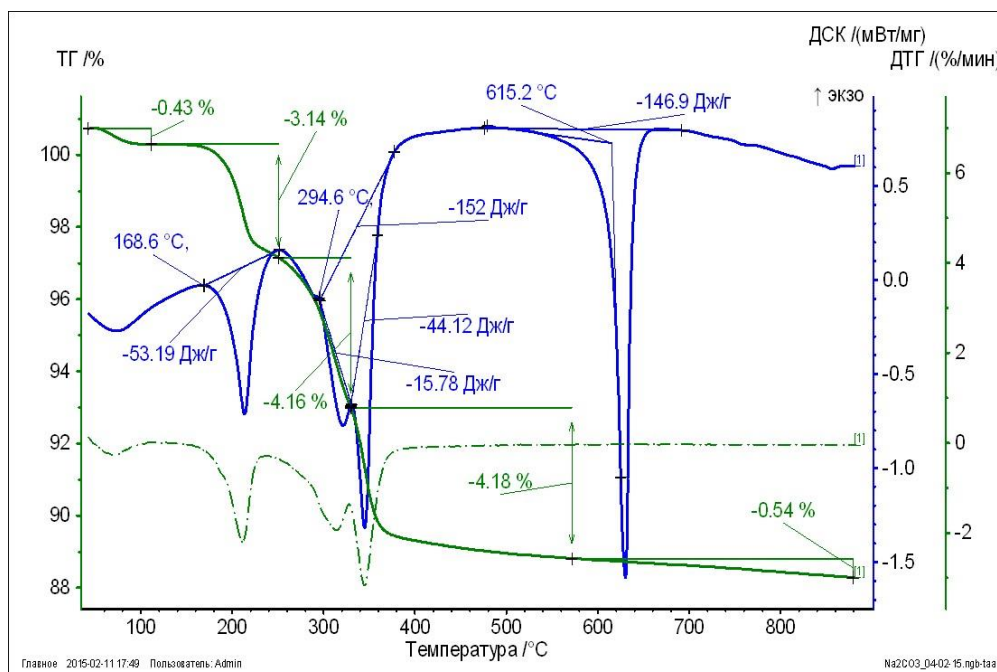


Рисунок 1.8 – Диференційний термічний аналіз ЗК, утвореного із карбонату натрію та ортофосфорної кислоти

Сутність даних перетворень остаточно не вивчено, але є припущення що в інтервалі 500..600 °C може відбуватися плавлення одного із фосфатів, що також негативно вплине на вибиваємість ливарних стрижнів. Тому термічну стійкість цієї суміші також актуально дослідити.

На основі триполіфосфату натрію розроблено високоміцний ЗК, який переважно складається із двозаміщеного пірофосфату натрію [31, 32]. На графіку термічного аналізу цього матеріалу (рис. 1.9) також є теплові ефекти які можуть бути пов'язані з плавленням певних сполук.

Авторами робіт [33-36] відмічаються процеси плавлення різних фосфатів натрію в інтервалі температур від 400 до 650 °C. Звичайно, цей процес може негативно вплинути на вибиваємість стрижнів, і залишкова міцність цієї суміші підлягає вивченню.

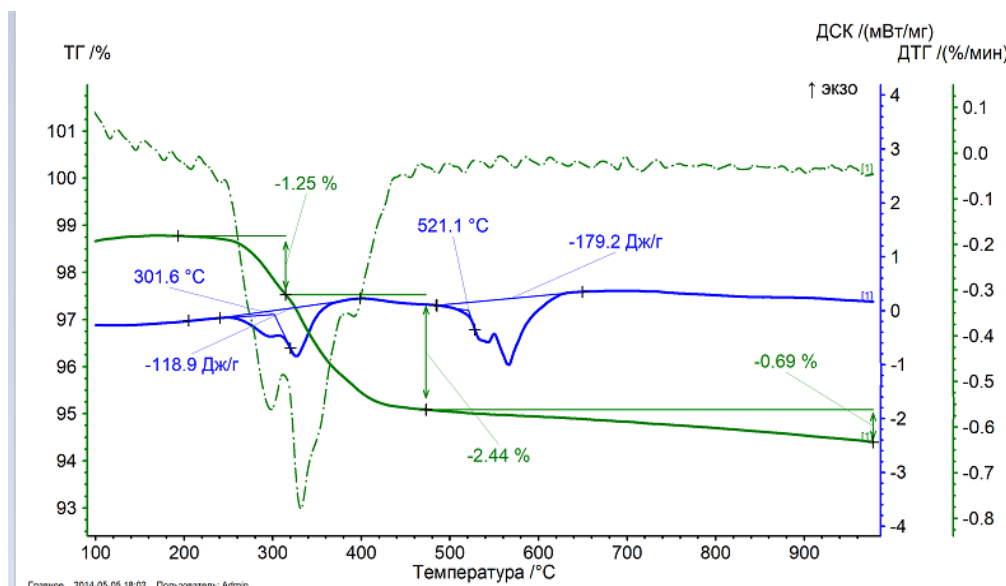


Рисунок 1.9 – Диференційний термічний аналіз ЗК, утвореного із триполіфосфату натрію та ортофосфорної кислоти

Гексаметафосфат натрію є промисловим продуктом, розчинним у воді. Прикладів його використання як ЗК у ливарних технологіях поки що немає. Тому відсутні дані щодо можливої міцності стрижневих сумішей, а також їх поведінки при нагріванні. На графіку термічного аналізу цього матеріалу (рис. 1.10) також відмічено тепловий ефект, який може бути, за даними [33-36] пов'язаний із плавленням цього матеріалу.

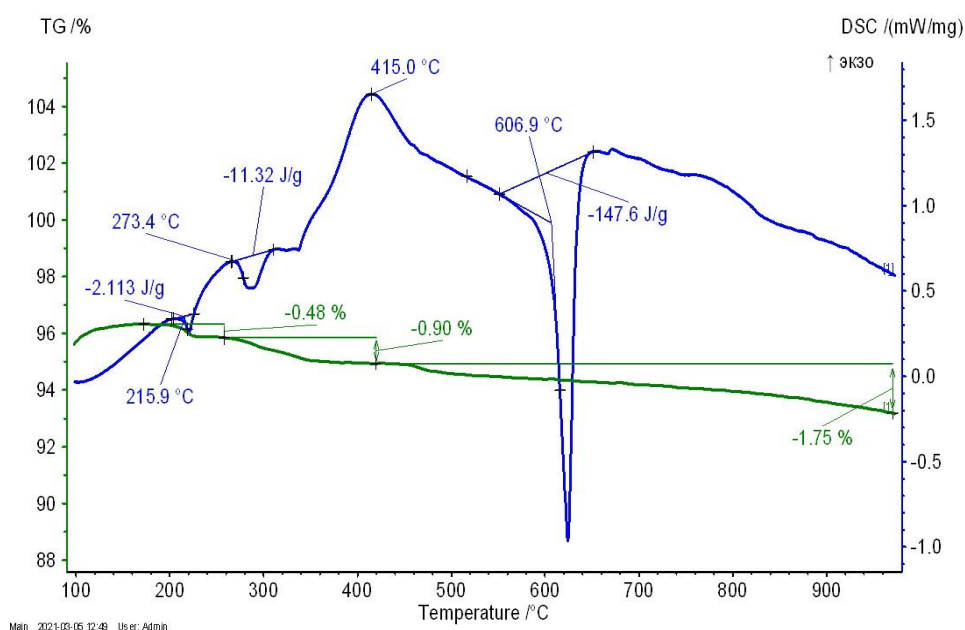


Рисунок 1.10 – Диференційний термічний аналіз гексаметафосфату натрію

Усі представлені в цьому розділі ЗК, за виключенням поки не дослідженого в ливарних технологіях гексаметафосфату натрію, забезпечують належну якість литих деталей. Зокрема відмічається відсутність пригару та низька шорсткість поверхонь виливків із залізовуглецевих сплавів [4, 24]. Тому стрижневі суміші мають перспективу але ряд їх важливих характеристик не досліджено.

1.6 Постановка задач дослідження

В результаті проведеного огляду встановлено, що актуальним питанням для ливарного виробництва є створення нових екологічних матеріалів для стрижневих сумішей. З іншого боку, у світовому масштабі екологічною проблемою є забруднення екосистем фосфатами натрію. Отже можливість залучення великої кількості цих матеріалів до використання у складі стрижневих сумішей у ливарному виробництві є одним із шляхів вирішення глобальної економічної проблеми.

В попередніх роботах кафедри уже було створено ряд неорганічних зв'язувальних компонентів на основі фосфатів натрію, а також фосфатів алюмінію, які показали високу ефективність у складі стрижневих сумішей.

Однак до цього часу не отримано жодної інформації про термічну стійкість цих сумішей, їх залишкову міцність після нагрівання до різних температур та можливість повторного використання. Дослідження цих питань дасть змогу отримати теоретичні та технологічні основи використання фосфатів натрію і алюмінію, як зв'язувальних компонентів у стрижневих сумішей.

Метою роботи є визначення залишкової міцності стрижневих сумішей з фосфатами натрію і алюмінію, дослідження варіантів вилучення стрижнів із литих деталей та встановлення можливостей повторного використання зв'язувальних компонентів.

Задачі:

1. Дослідити залишкову міцність стрижневих сумішей після нагрівання до різних температур в межах від 400 до 900 °С.
2. Дослідити вплив води на стан стрижневих сумішей після високотемпературного нагрівання для встановлення можливостей вилучення стрижнів під час витримки литих деталей у воді.
3. Визначити міцність зразків, виготовлених із оборотних стрижневих сумішей після їх високотемпературного нагрівання з метою визначення перспектив повторного використання зв'язувальних компонентів.
4. Навести рекомендації щодо галузей застосування кожної із досліджених сумішей та особливостей технології вилучення стрижнів із литих деталей, виготовлених із різних сплавів та різних товщин стінок.

2 МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1 Матеріали

Основним наповнювачем сумішей використано річковий Дніпровський кварцовий пісок марки ЗК₅О₃025.

Для утворення фосфатних ЗК використано наступні матеріали:

- ортофосфорна кислота у вигляді водного розчину з концентрацією 85%, виробництва Китаю;
- сульфат алюмінію 18-водний $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$;
- хлорид натрію NaCl технічної чистоти;
- карбонат натрію у вигляді харчової соди Na_2CO_3 ;
- триполіфосфат натрію $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$ технічної чистоти;
- метафосфат натрію NaPO_3 технічної чистоти;
- вода технічна.

2.2 Технологія приготування сумішей

Основною складовою кожної із 5 дослідних сумішей являється фосфатний ЗК, який надає суміші комплексу властивостей.

Зв'язувальні компоненти були попередньо приготовлені у вигляді сухих матеріалів або розчинів неорганічних солей в ортофосфорній кислоті.

ЗК на основі ортофосфорної кислоти і карбонату натрію приготовлено у вигляді розчину (175 г кислоти на 75 г карбонату).

ЗК на основі ортофосфорної кислоти і триполіфосфату натрію приготовлено у вигляді сухої композиції (60 г кислоти і 300 г триполіфосфату), яку було витримано протягом 1 год при температурі 150 °С.

ЗК на основі ортофосфорної кислоти і хлориду натрію приготовлено у вигляді розчину (140 г кислоти на 60 г хлориду).

ЗК на основі ортофосфорної кислоти і сульфату алюмінію приготовлено у вигляді розчину (200 г кислоти на 50 г сульфату).

Гексаметафосфат натрію було розчинено у воді до отримання 50%-го розчину, який і використано як ЗК.

Усі необхідні ми виготовляли в лабораторії ливарного цеху. Пісок зважували на стандартних вагах, а зв'язувальні компоненти у керамічному посуді на електронних вагах, обов'язково дотримуючись пропорцій.

Тривалість приготування сумішей 1...2 хв. Склад сумішей наведено у табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Склад експериментальних сумішей

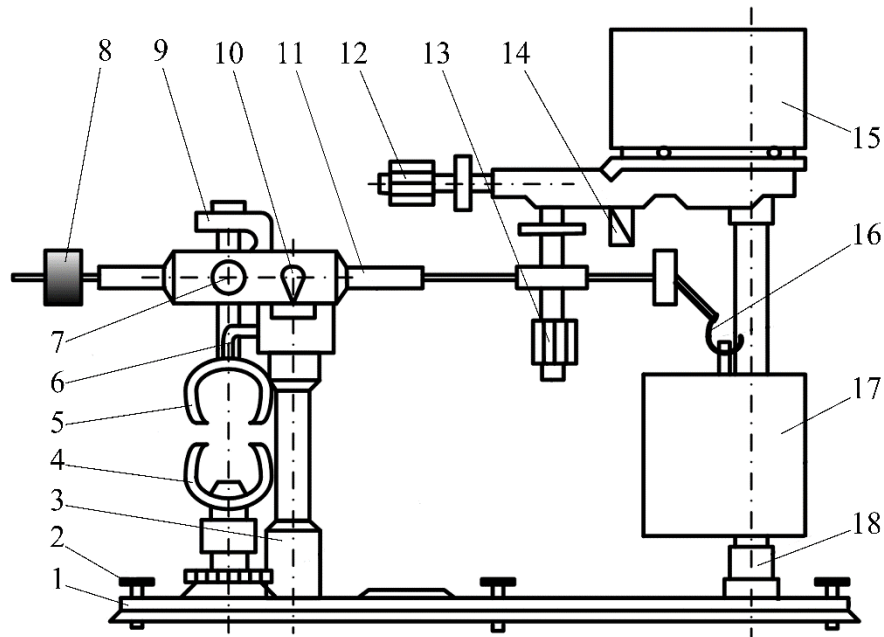
Індекс	Характеристика ЗК	Вміст ЗК, %	Вміст води, %	Температура зміцнення зразків, °С
1	Розчин карбонату натрію в H_3PO_4	5	0	150
2	Суша композиція із 5 мас. ч. триполіфосфату натрію і 1 мас. ч. H_3PO_4	5	5	150
3	Розчин хлориду натрію в H_3PO_4	5	0	300
4	Розчин сульфату алюмінію в H_3PO_4	5	0	200
5	Водний розчин гексаметафосфату натрію	5	0	150

2.3 Методика виготовлення зразків та визначення міцності при розриванні

Зразки форми 8-мки виготовляли ущільненням стрижневої суміші у спеціальному оснащенні на лабораторному копрі моделі 030М трьома

ударами. Зразки сушили в лабораторній камерній електропечі моделі СНОЛ-1,6.2,5/11-И2.

Міцність на розрив визначали на приладі моделі 081 (рис. 2.1).

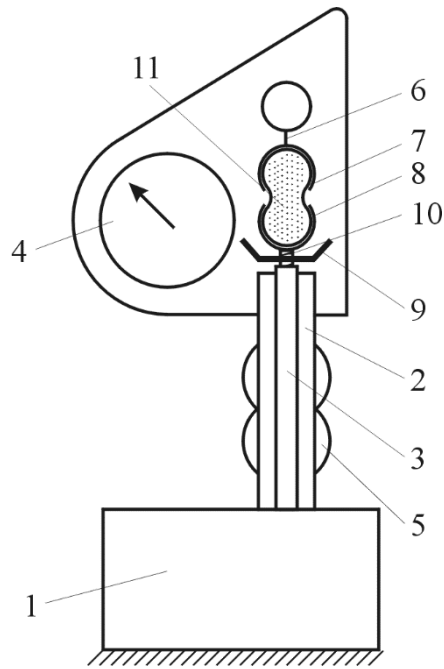


1 – станина; 2 – регулювальний гвинтовий пристрій; 3, 18 – стійки; 4 – нижній затискач; 5 – верхній затискач; 6 – сережка; 7 – вісь; 8 – ватаж; 9 – кронштейн; 10 – ніж; 11 – важіль; 12 – затвор; 13 – обмежувач; 14 – показчик; 15 – бункер; 16 – крюк; 17 – відро

Рисунок 2.1 – Схема приладу моделі 081 для визначення міцності зразків при розриванні

Максимальне значення міцності, яке визначається на цьому приладі – 1 МПа.

Для визначення більш високих значень міцності на розрив (до 3 МПа) застосовують наступний прилад (рис. 2.2).



1 – станина; 2, 3 – стійки; 4 – радіальна шкала; 5 – вантаж; 6 – сережка;
7, 8 – захвати; 9 – рукоятка; 10 – гвинтовий пристрій; 11 – зразок

Рисунок 2.2 – Установка для вимірювання міцності зразків при розриванні

2.4 Методика випробувань на залишкову міцність

З метою визначення залишкової міцності зразків із усіх 5 сумішей випробування проведено в муфельній печі електроопору моделі СНОЛ-1,6 ТУ 16-531.704-81.

Після виготовлення зразків їх розміщували у печі, після чого температуру піднімали до першого експериментального значення – 400 °С. Після досягнення цієї температури проводили ізотермічну витримку протягом 30 хв для наскрізного рівномірного прогрівання зразків та діставали партію (4...5) зразків із печі. Температуру в печі піднімали до 500 °С, а вилучення зразки після їх повного охолодження випробовували на міцність. Таким чином було визначено залишкову міцність після нагрівання також до 600, 700, 800 і 900 °С.

2.5 Дослідження стрижневих сумішей на водорозчинність

Залишки зразків-вісімок після їх випробування на залишкову міцність були поступово поміщені у холодну воду. Спершу розміщували зразки, які було нагріто до 400 °С, та визначали тривалість їх розчинення у воді. Факт розчинення відповідав тому моменту, коли зразки руйнувались у водному середовищі без додаткового навантаження, після доторкання до них. Фіксували тривалість витримки їх у воді до цього моменту. Після цього у воді розміщували зразки, які було нагріто до 500 °С і всі наступні партії.

Після розчинення усіх зразків із сумішей повторно робили зразки-вісімки, які зміцнювали при температурах, наведених у табл. 2.1, та визначали міцність з метою встановлення можливості повторного використання досліджених зв'язувальних компонентів.

3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

3.1 Визначення залишкової міцності стрижневих сумішей після нагрівання

З метою визначення залишкової міцності усіх п'яти експериментальних сумішей із них виготовляли стандартні зразки-вісімки, які піддавали нагріванню до різних температур в межах від 400-900⁰С. Тривалість витримки зразків 30 хв при кожній температурі. Залишкову міцність визначали після повного охолодження зразків.

Результати визначення зразків суміші з ортофосфорною кислотою і карбонатом натрію наведено в табл. 3.1, а графік залежності міцності від температури- на рис. 3.1.

Таблиця 3.1 – Результати контролю міцності зразків суміші з ортофосфорною кислотою і карбонатом натрію

Температура нагрівання, °С	Міцність зразків, МПа					
	1	2	3	4	5	середнє
150	0,92	0,75	0,81	0,82	0,82	0,82
400	0,33	0,18	0,3			0,32
500	0,23	0,27	0,29			0,26
600	0,18	0,22	0,07			0,2
700	0,03	0,01	0,05			0,03
800	0,03	0,05	0,01	0,04		0,03
900	0,03	0,04	0,06	0,06	0,02	0,04

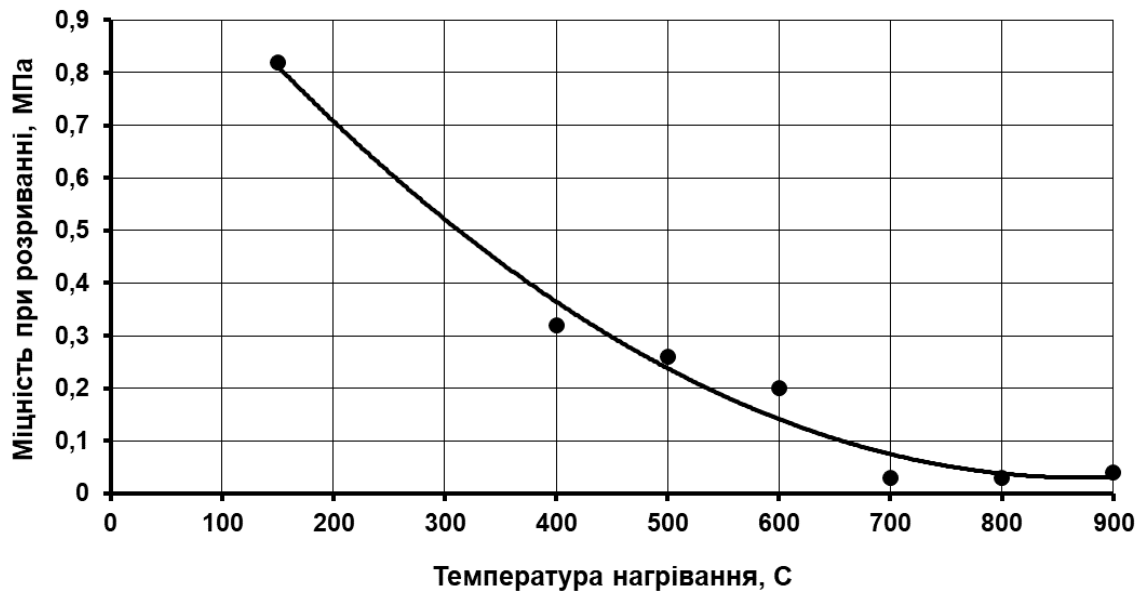


Рисунок 3.1- Залежність залишкової міцності суміші з ортофосфорною кислотою і карбонатом натрію від температури

Аналізуючи даний графік, бачимо плавне зниження залишкової міцності із підвищенням температури нагрівання. Але до 600 °C показники міцності залишаються на досить високому рівні, що забезпечує стрижням погану вибиваємість. За умови наскрізного прогрівання стрижня до 700 °C і вище, яке може відбутися у сталевих і чавунних виливках із середньою та великою товщиною стінок, залишкова міцність і відповідна робота вибивання стають мінімальними.

Причиною зменшення міцності в інтервалі до 600 °C є ряд перетворень у структурі ЗК, як показано у розділі 1. Усі перетворення відбуваються в інтервалі 200-400 °C, тому показники міцності в інтервалі 400-600 °C знаходяться на одному рівні. Зниження міцності при нагріванні вище 700 °C потребує подальших досліджень і аналізу.

Результати визначення зразків суміші з ортофосфорною кислотою і триполіфосфатом натрію наведено в табл. 3.2, а графік залежності міцності від температури- на рис.3.2.

Таблиця 3.2 – Результати контролю міцності зразків суміші з ортофосфорною кислотою і триполіфосфатом натрію

Температура нагрівання, °C	Міцність зразків, МПа					
	1	2	3	4	5	середнє
150	1,9	2,43	2,44	2,66		2,51
400	0,06	0,4	0,57	0,36		0,44
500	0,11	0,11	0,02			0,11
600	0,1	0,13	0,09	0,05		0,09
700	0,22	0,26	0,36			0,24
800	0,19	0,19	0,22	0,24	0,31	0,23
900	0,55	0,63	0,34	0,38		0,48

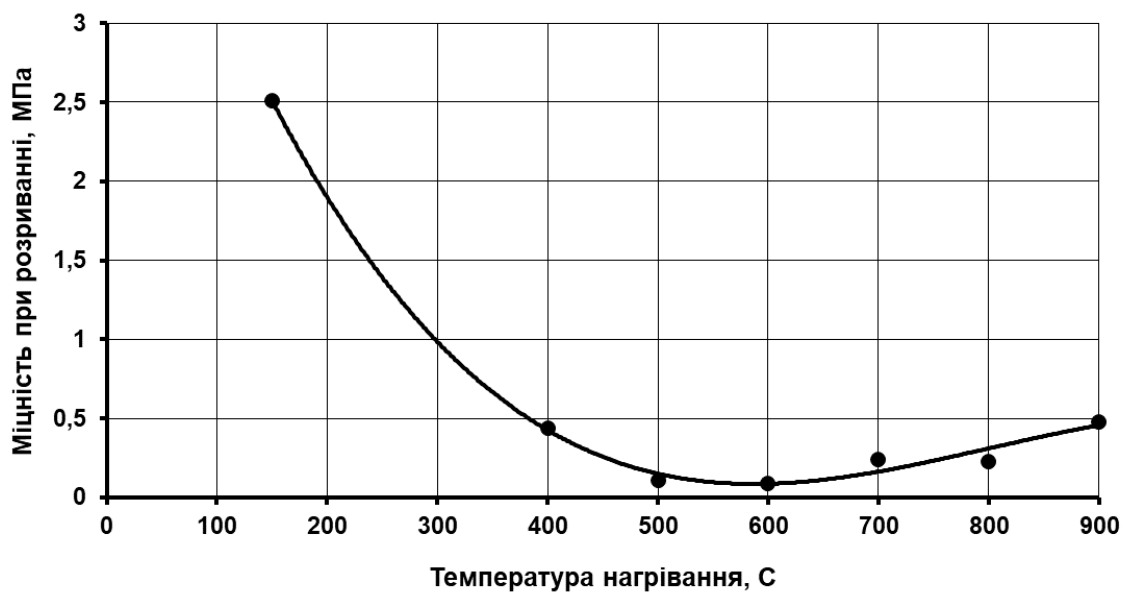


Рисунок 3.2- Залежність залишкової міцності суміші з ортофосфорною кислотою і триполіфосфатом натрію від температури

Аналіз залежності на рисунку 3.2 дає змогу встановити, що мінімальну залишкову міцність стрижні з цієї суміші мають в інтервалі температур 500-

600 °С. Показники міцності після такого нагрівання приблизно в 20 разів менші за початкову міцність. Але при подальшому нагріванні зразків до 700-900 °С залишкова міцність досягає значень 0,5 МПа, що значною мірою ускладнює вибивання стрижнів. Отже використання цієї суміші підходить для сталевих та чавунних виливків із середньою товщиною стінок, наскрізне прогрівання стінок у яких не перевищує 600 °С.

Зниження міцності в інтервалі температур до 500 °С пояснюється раніше виявленими і викладеними в розділі 1 фазовими перетвореннями ЗК. При цьому зростання міцності при нагріванні вище 600 °С зумовлено підплавленням цього ЗК з подальшим спіканням суміші під час її охолодження. Додатково цей факт підтверджує те, що під час експерименту зразки нагріті до 800-900 °С були позбавлені маніпуляційної міцності і розсипалися. А після остаточного охолодження процес спікання завершувався і зразок набував значної міцності.

Результати визначення зразків суміші з ортофосфорною кислотою і хлоридом натрію наведено в табл. 3.3, а графік залежності міцності від температури - на рис.3.3.

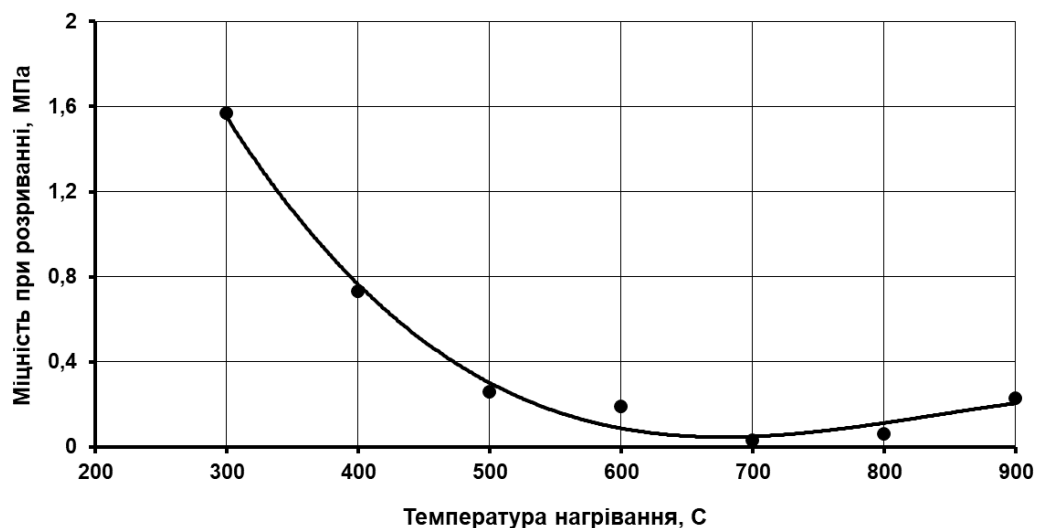


Рисунок 3.3- Залежність залишкової міцності суміші з ортофосфорною кислотою і хлоридом натрію від температури

Таблиця 3.3 – Результати контролю міцності зразків суміші з ортофосфорною кислотою і хлоридом натрію

Температура нагрівання, °C	Міцність зразків, МПа				
	1	2	3	4	середнє
300	1,5	1,32	0,91	1,9	1,57
400	0,14	1,11	0,27	0,81	0,73
500	0,18	0,13	0,46		0,26
600	0,14	0,4	0,03		0,19
700	0,02	0,06	0,01		0,03
800	0,1	0,02	0,01	0,1	0,06
900	0,1	0,56	0,03		0,23

Характер зміни міцності суміші на рис. 3.3 майже аналогічний із рис. 3.2, проте найнижчий показник міцності спостерігається при 700 °C. Для забезпечення найкращої вибивання, стрижні із цієї суміші мають піддаватися великому температурному впливу, що характерно для сталевих і чавунних виливок із значною товщиною стінок.

Зростання міцності при нагріванні 800-900 °C, тут пояснюється розплавленням залишкового хлориду натрію, який призводить до часткового спікання суміші.

Результати визначення зразків суміші з ортофосфорною кислотою і гексаметафосфатом натрію наведено в табл. 3.4, а графік залежності міцності від температури - на рис.3.4.

Таблиця 3.4 – Результати контролю міцності зразків суміші з ортофосфорною кислотою і гексаметафосфатом натрію

Температура нагрівання, °C	Міцність зразків, МПа					
	1	2	3	4	5	середнє
300	2,37	1,98	1,29			1,88
400	0,28	0,3	0,3	0,11		0,25
500	0,28	0,15	0,38	0,18		0,24
600	0,15	0,02	0,02	0,1		0,07
700	0,32	0,56	0,69			0,52
800	0,3	0,36	0,09	0,1	0,43	0,36
900	0,7	0,09	0,04	0,22		0,26

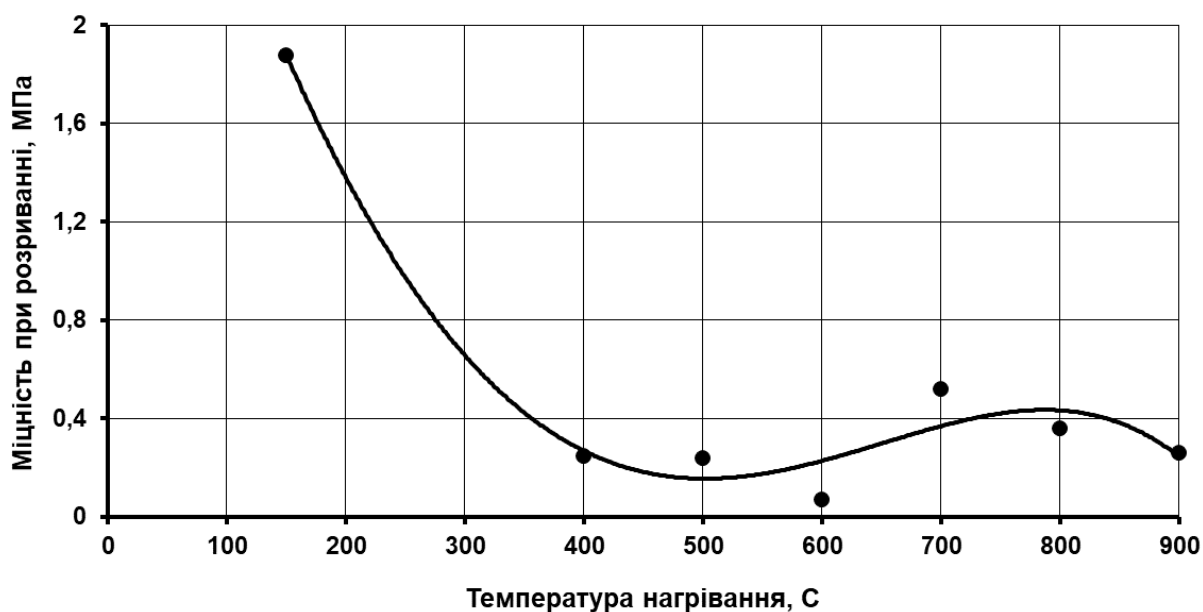


Рисунок 3.4- Залежність залишкової міцності суміші з ортофосфорною кислотою і гексаметафосфатом натрію від температури

Рис. 3.4 показує нам неоднозначну ситуацію, тому що спостерігається подвійне зниження міцності в інтервалах 400-600 °C і 700-900 °C. В першому інтервалі відбувається ряд структурних перетворень у ЗК. При 600 °C

залишкова міцність є мінімальною, а далі при температурі 607 °С відбувається плавлення гексаметафосфату, яке призводить до спікання суміші.

Отже такі стрижні із цієї суміші у будь-якому разі матимуть високу залишкову міцність і погану вибиваемість.

Результати визначення зразків суміші з ортофосфорною кислотою і сульфатом алюмінію наведено в табл. 3.5, а графік залежності міцності від температури - на рис.3.5.

Таблиця 3.5 – Результати контролю міцності зразків суміші з ортофосфорною кислотою і сульфату алюмінію

Температура нагрівання, °С	Міцність зразків, МПа				
	1	2	3	4	середнє
300	1,73	0,41	1,3	1,3	1,44
400	0,77	1,44	0,33	0,81	0,84
500	0,21	0,52	0,02	0	0,36
600	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
700	0	0	0	0	0
800	0	0	0	0	0
900	0	0	0	0	0

Рис.3.5 чітко дає зрозуміти, що після прогрівання суміші до 600 °С і більше, вона повністю втрачає міцність. Під час дослідів спостерігалось руйнування зразків під дією власної маси, а тому їхню міцність було визначити неможливо.

Таким чином ця суміш характеризується найкращою із всіх досліджених. Але для успішного вилучення стрижнів необхідне їх наскрізне прогрівання до відповідної температури. Суміш підходить для сталевих і чавунного литва, а особливо для виливків із складною конфігурацією.

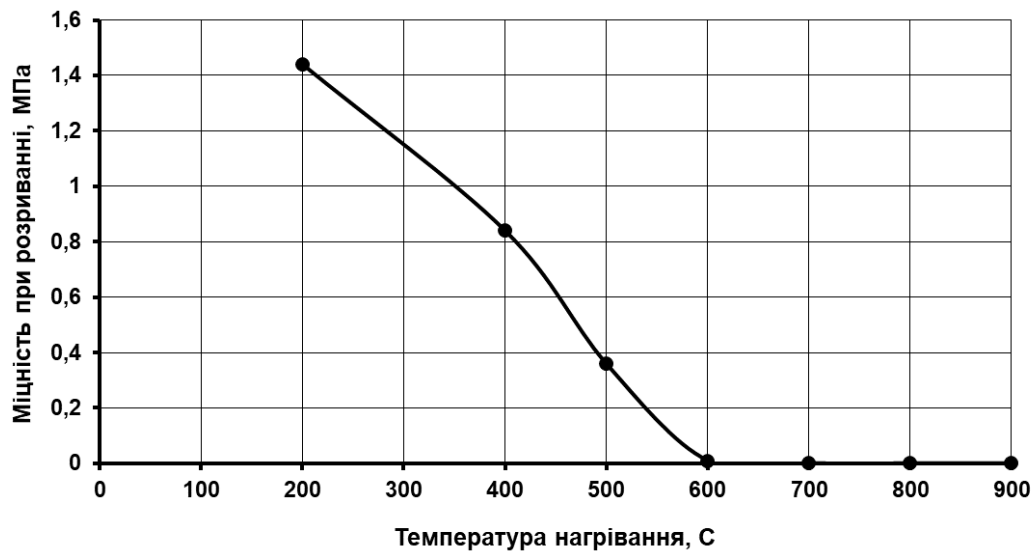


Рисунок 3.5- Залежність залишкової міцності суміші з ортофосфорною кислотою і сульфатом алюмінію від температури

Повна втрата міцності у цій суміші зумовлена тим, що при нагріванні ЗК який тут складається із фосфатів та сульфату алюмінію, проходить стадію термічного розпаду.

3.2 Дослідження стрижневих сумішей в контактi з водою

Усі дослідженні суміші з неорганічними солями натрію пройшли перевірку, мають досить високі показники залишкової міцності. Внаслідок процесів підплавлення складових ЗК і подальшого спікання часток суміші, очевидно що вилучення стрижнів із виливків потребуватиме значної трудомісткості. Для виливків із ряду сплавів (білий чавун, ковкий чавун, леговані сталі) ударні навантаження під час вибивання стрижнів-протипоказані. Під час виготовлення виливків із алюмінієвих сплавів прогрівання стрижнів навпаки не відбудеться до тих температур, при яких міцність відчутно знижується.

Порівняльна діаграма залишкової міцності сумішей до нагрівання 900 °C наведена на рис.3.6.

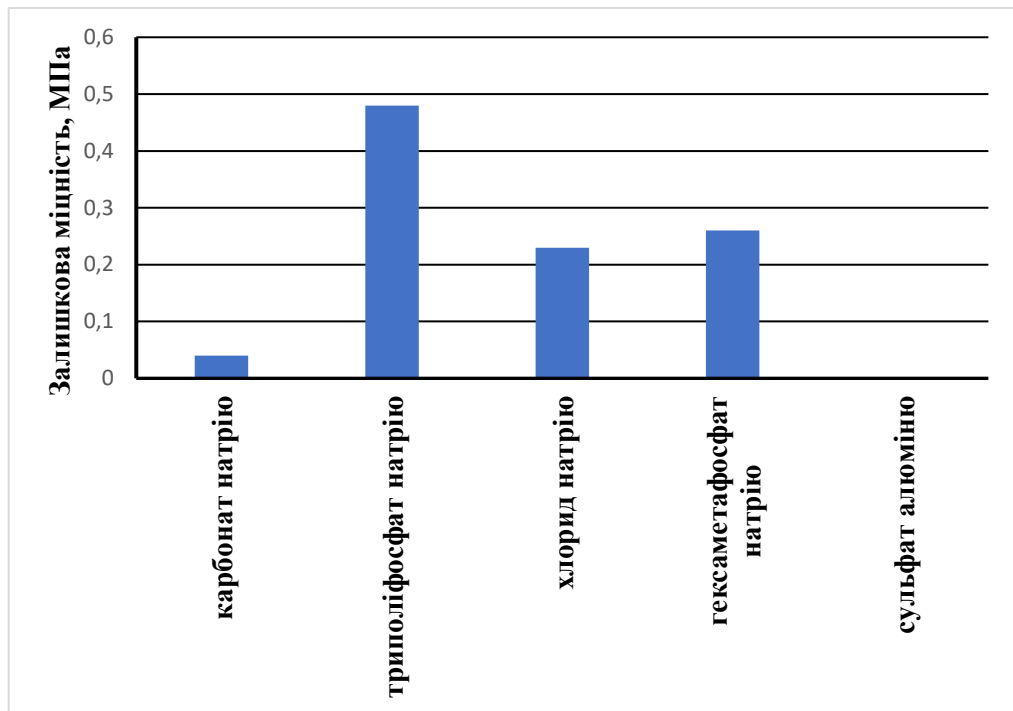


Рисунок 3.6 – Порівняння залишкової міцності після нагрівання до 900 °С

Альтернативним способом вилучення стрижнів є витримка виливків у воді. Теоретичною передумовою для цього у нашому дослідженні є широко відома водорозчинність фосфатів натрію, тому із усіма сумішами крім тією яка містила ортофосфорну кислоту і сульфат алюмінію, було проведено дослідження на розчинність у воді усіх зразків по черзі. Спочатку визначали розчинність зразків нагрітих 400 °С, потім до 500 °С і т.д..

Зразки суміші із ортофосфорною кислотою і карбонатом натрію показали задовільну розчинність після нагрівання до 400 і 500 °С. В першому випадку зразок втратив міцність після витримки впродовж 30 хв, у другому - більше однієї години. Решта зразків, навіть після тривалого впливу води не розчиняються.

Таким чином рекомендувати вилучення стрижнів водним способом можливо тільки для виливків із легкоплавких сталей і також тонкостінних виливків із сталі і чавуну. При цьому низька залишкова міцність цієї суміші, як видно із рис.3.6 дає змогу використати її і для решти сталевих і чавунних виливків із звичайним механічним вибиванням стрижнів.

Зразки суміші із ортофосфорної кислоти і триполіфосфату натрію нагріті до температур до 400 і 500 °С розчиняються продовж 1-2 хв. Після нагрівання до 600-700 °С розчиняються впродовж п'яти хвилин. 800 °С розчиняються впродовж 10-15 хвилин, а 900 °С 30-40 хвилин.

Це означає що для виливків із будь-яких сплавів, незважаючи на високу залишкову міцність цієї суміші, можна рекомендувати вилучення стрижнів водним способом.

Зразки суміші із ортофосфорної кислоти і хлоридом натрію не розчиняються при температурі нагрівання 400-500-600 °С, нормальна розчинність при 700-800 °С впродовж 5 хвилин, але при 900 °С розчинність знову втрачається.

Тому ця суміш не рекомендується до вилучення водним способом, тому що температурний інтервал при якому спостерігається розчинність дуже низький, а прогрівання реальних стрижнів є нерівномірним.

Зразки суміші із ортофосфорної кислоти і гексаметафосфату натрію при 400 °С розчиняється впродовж 20 хвилин, при 500 °С уже не розмокає. При 600 °С розмокає до години часу, а при 700 °С уже менше хвилини. При подальших температурах 800-900 °С уже не розмокає.

Виходячи з даних результатів, можна сказати те саме, що і про суміш із хлоридом натрію, вона не рекомендується до вилучення водним способом.

Із зразками суміші із ортофосфорної кислоти і сульфатом алюмінію було проведено дослід лише із 400-500 °С, які не розчинились у воді. Решта зразків втратили повністю ЗК після нагрівання, тому розсипались і потреби перевіряти у цьому дослідженні не було.

3.3 Дослідження можливостей повторного використання

Актуальним питанням для неорганічних ЗК є можливість їх повторного або багаторазового використання. Це дає значні економічні переваги, а також

з огляду на екологічні недоліки притаманні фосфатам натрію, доцільним є їх ізоляція у межах ливарних підприємств.

Ми перевірили кожен суміш після витримки у воді на предмет повторного зміцнення. Наявність у складі оборотних сумішей залишків зразків, які були прогріті до різних температур, наближає дослідження до реальних умов у яких стрижні прогріваються нерівномірно. Результати визначення міцності зразків наведені на рис. 3.7

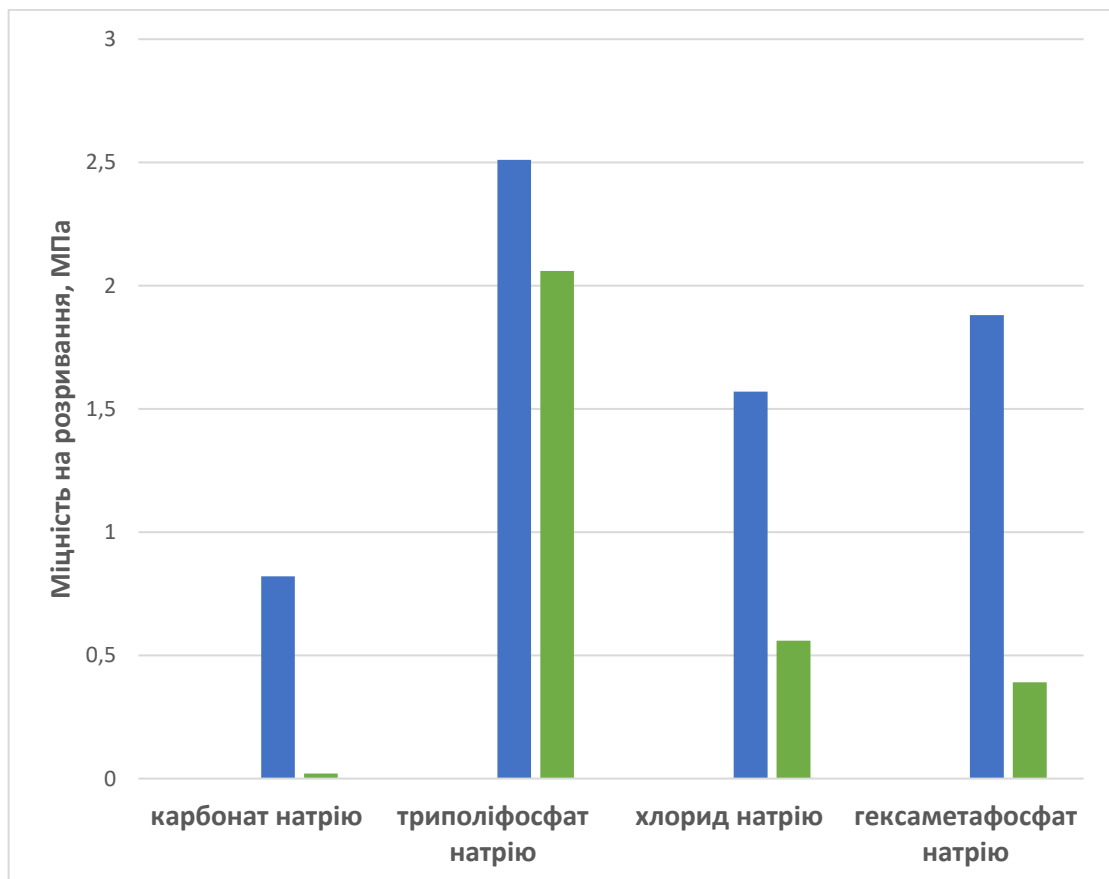


Рисунок 3.7 – Порівняльна діаграма початкової міцності на розривання та після повторного зміцнення.

Як показав дослід, зразки суміші із ортофосфорної кислоти і карбонатом натрію не зміцнюються повторно, тому ця суміш є одноразовою.

Зразки суміші із ортофосфорної кислоти і хлоридом натрію схильні до повторного зміцнення, але з досить невисоким показником міцності (0,36 МПа). Очевидно це пов'язано із тим, що зміцнення зразків виконано при 300 °С. Ця температура необхідна для хімічної взаємодії між

хлоридом натрію і ортофосфорною кислотою, але для повторного зміцнення суміші, яка вже містить готовий фосфат натрію, для зміцнення потрібно нагрівання до меншої температури. Відповідний було проведено при температурі 150 °С і результат (див. рис.3.7) став кращим, але всеодно не перевищує 0,6 МПа.

Зразки суміші із ортофосфорної кислоти і триполіфосфатом натрію показали найкращі результати, тому що після повторного виготовлення зразків міцність майже ідентична початковим показникам. Це означає що фосфати натрію після високотемпературного нагрівання здатні зберігати свою зв'язувальну здатність і це дає змогу повторно використовувати після водного способу.

Зразки суміші із ортофосфорної кислоти і гексаметафосфату натрію мають повторну міцність в 4-5 раз меншу від початкової. Це може бути пов'язано із частковим випаровуванням ЗК під час прожарювання суміші та витримки її у воді. Повторне використання такої суміші можливе, але за умови додавання свіжого гексаметафосфату натрію.

3.4 Висновки

1. Досліджено залишкову міцність при розриванні стрижневих сумішей із фосфатами натрію та алюмінію після нагрівання до різних температур в інтервалі від 400 до 900 °С та зроблено аналіз можливостей вибивання стрижнів із виливків.

2. Установлено, що мінімальну залишкову міцність і відповідно вибивання має суміш із ЗК на основі ортофосфорної кислоти і сульфату алюмінію, внаслідок термічного розпаду ЗК, який відбувся після нагрівання вище 600 °С.

3. Визначено, що залишкова міцність сумішей із фосфатами натрію по-різному залежить від t^0 нагрівання: суміші з NaCl, $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$ та NaPO_3 мають мінімальну залишкову міцність в інтервалі 500...600 °С, після чого вона

зростає через спікання ЗК або його складова. У суміші з Na_2CO_3 , спікання ЗК виражено найменшою мірою, тому її залишкова міцність має мінімальні значення – не більше 0,1 МПа.

4. Проведено дослідження щодо впливу води на стан стрижневої суміші після високої t^0 нагрівання. В результаті встановлено, що суміш із ЗК на основі $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$ відмінно розчиняється протягом 2...10 хв незалежно від t^0 нагрівання. Для інших сумішей із фосфатами натрію вилучення стрижнів у воді є менш ефективним.

5. Здійснено порівняльний аналіз міцності стрижневих сумішей із свіжими ЗК та оборотних сумішей після прожарювання. Установлено що суміш із триполіфосфату натрію здатна до повторного затвердіння із високим (понад 2,0 МПа показником міцності). Повторне твердіння проявляють також суміші на основі хлориду натрію та із гексаметафосфатом натрію, але їхня міцність менша 1 МПа. Таким чином підтверджено принципову можливість багаторазового використання фосфатів натрію в складі стрижневих сумішей.

6. За результатами проведених досліджень слід рекомендувати для виготовлення чавунних і сталевих виливків із середніми і великими товщинами стінок стрижневі суміші із ЗК на основі карбонату натрію і на основі сульфату алюмінію, які максимально втрачають міцність після нагрівання. Також для таких виливків можна застосувати суміш із гексаметафосфатом натрію із подальшим видаленням у воді.

Для виготовлення виливків із легкоплавких та мідних сплавів, а також тонкостінних виливків із чавуну та сталі, рекомендовано суміші ЗК на основі карбонату натрію та з гексаметафосфатом натрію із видаленням стрижнів у воді.

Суміш із триполіфосфатом натрію підходить для усіх виливків при умові вилучення стрижнів у воді.

Суміш на основі хлориду натрію має гірші властивості порівняно з іншими і тому до використання не рекомендується.

4 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

4.1 Науково-технічна актуальність НДР

Стрижнева суміш це сполука з кварцового піску або інших вогнетривких наповнювачів, призначених для виготовлення ливарних стрижнів і деяких елементів ливарних форм. Затвердіння яких відбувається в стрижневих печах і стрижневих ящиках. Виготовляються окремо від ливарної форми, та складаються окремо в неї перед заливанням.

Фосфатний компонент є неорганічним продуктом і проявляє хороші зв'язувальні властивості. Він є розповсюдженим, частково розчинним і не дорогий по собівартості. Перевага його у повторному використанні.

Метою роботи є перевірка на термічну стійкість цих сумішей, їх залишкову міцність після нагрівання до різних температур .

Задачі дослідження:

1.Дослідити залишкову міцність стрижневих сумішей після нагрівання до різних температур в межах від 400 до 900 °С.

2.Дослідити вплив води на стан стрижневих сумішей після високотемпературного нагрівання для встановлення можливостей вилучення стрижнів під час витримки литих деталей у воді.

3.Визначити міцність зразків, виготовлених із оборотних стрижневих сумішей після їх високотемпературного нагрівання з метою визначення перспектив повторного використання зв'язувальних компонентів.

4.Навести рекомендації щодо галузей застосування кожної із досліджених сумішей та особливостей технології вилучення стрижнів із литих деталей, виготовлених із різних сплавів та різних товщин стінок.

4.2 Розрахунок витрат на проведення НДР

Розрахунок усіх витрат на НДР, пов'язаних з виконанням даної теми, дає можливість встановити її собівартість. Можливість зниження трудових і матеріальних витрат з метою найкращих результатів, відповідно й менших витрат.

4.2.1 Витрати на оплату праці

Витрати за цією статтею включають заробітну плату безпосередніх виконавців науково-дослідної роботи.

Витрати на оплату праці розраховують на основі даних про трудомісткість окремих робіт по темі (табл. 4.1) та посадових окладів безпосередніх їх виконавців.

До виконання науково-дослідної роботи було залучено чотирьох виконавців: доцент, два учбових майстра; інженер-дослідник (бакалавр) .

Денні зарплати визначаються як відношення місячного окладу до умовного місяця (для НДІ з п'ятиденним робочим тижнем складає 21,2 дні). .

Величина заробітної плати виконавців (ФЗП) обчислюється як сума добутків трудомісткості і денної заробітної плати кожного з них:

$$\text{ФЗП} = 36 \cdot 970,29 + 6 \cdot 294,58 + 53 \cdot 0 + 5 \cdot 294,58 = 38465,5$$

Таблиця 4.1 – Трудомісткість робіт по НДР

Етапи НДР	Трудомісткість людино-днів			
	доцент, к. т. н.	учбовий майстер	інженер- дослідник (бакалавр)	учбовий майстер (в цеху)
1. Уточнення та конкретизація завдання по темі дослідження	1	-	3	-
2. Аналіз науково-технічних публікацій з теми	3	-	10	-
3. Розробка методики проведення роботи	2	-	2	6
4. Пошук та придбання хімічних реактивів	4	-	2	-
5. Підготовка компонентів суміші	5	1	4	-
6. Приготування суміші. Виготовлення зразків	5	1	5	-
7. Дослідження зразків	7	2	7	-
8. Обробка та обговорення результатів	7	2	20	-
Разом	34	6	53	6

Результати розрахунку фонду заробітної плати з теми зведено до табл. 4.2.

Таблиця 4.2 – Розрахунок витрат на оплату праці

Посада виконавців теми	Планова трудомісткість, людино-днів	Заробітна плата, грн		
		посадовий місячний оклад	середньоденна зарплата	усього за виконавцями
1. Доцент, кандидат технічних наук	36	20507,09	970,29	34930,44
2. Учбовий майстер	6	6245	294,58	1767,48
3. Інженер-дослідник (бакалавр)	53	0	0	0
4. Учбовий майстер (в ливарному цеху)	6	6245	294,58	1767,48
Разом оплата праці науково дослідної роботи				38465,5

4.2.2 Єдиний соціальний внесок

Єдиний соціальний внесок визначаються у відсотках від загального фонду заробітної плати виконавців з теми. Норматив відрахувань необхідно брати в розмірі 22% загального фонду заробітної плати:

$$\text{ЄСВ} = 38465,5 \cdot 0,22 = 8462,39 \text{ грн.}$$

4.2.3 Матеріали, необхідні для проведення досліджень

Витрати на матеріали, які необхідні для проведення даної НДР, вираховуються з ціни одиниці продукції і загальної кількості використаного матеріалу. Для виготовлення експериментальних зразків було використано

наступні матеріали: кварцовий пісок, сульфат алюмінію, ортофосфорна кислота концентрацією , хлорид натрію, сода, триполіфосфат натрію та метафосфат натрію. Результати розрахунків зведені до табл. 4.3.

Таблиця 4.3 – Вартість основних матеріалів

Найменування матеріалу	Стандарт, технічні умови	Одиниця виміру	Кількість	Ринкова ціна за одиницю, грн.	Сума, грн.
1. Кварцовий пісок	ГОСТ 2138-91	кг	14,9	0,50	7,45
2. Сульфат алюмінію	дослідний	кг	0,050	11,00	0,55
3. Вода	дослідний	мл	150	0	0
4. Ортофосфорна кислота	дослідний	кг	0,575	36,00	20,70
5. Хлорид натрію	дослідний	кг	0,060	15,00	0,90
6. Карбонат натрію	дослідний	кг	0,075	11,00	0,8
7. Триполі-фосфат натрію	дослідний	кг	0,3	40,00	12,00
8. Гексамета-фосфат натрію	дослідний	кг	0,150	33,00	4,95
Загальні витрати на матеріали					47,35

Транспортно-заготівельні витрати приймаємо на рівні 10 % від планової вартості загальних витрат на матеріали:

$$T_B = 47,35 \cdot 0,1 = 4,74 \text{ грн.}$$

4.2.4 Енергоносії для проведення досліджень

При виконання науково-дослідної роботи не проводилися плавки, нанесення покриттів термічною та хіміко-термічною обробкою тощо. В такому

випадку витрати на енергоносії автоматично включаються в плановий кошторис по темі непрямо через статтю «Накладні витрати».

4.2.5 Витрати на спеціальне обладнання

В роботі використовували наступні прилади та обладнання: електронні ваги; УС-700 прилади для визначення міцності при стисканні; прилад для визначення вологості.

Дане обладнання було придбано раніше і використовується для виконання інших дипломних робіт, тому витрати на придбання, утримання та експлуатацію обладнання відносяться до статті «накладні витрати».

4.2.6. Вартість послуг сторонніх організацій

Сторонні організації до виконання науково-дослідної роботи не залучались. Всі роботи за даною темою проведені на кафедрі ливарного виробництва чорних і кольорових металів «КПІ імені Ігоря Сікорського».

4.2.7 Витрати на службові відрядження

Всі роботи проводились безпосередньо в лабораторіях кафедри ливарного виробництва чорних та кольорових металів, тому витрати на виробничо-наукові відрядження не передбачені.

4.2.8 Інші витрати по темі

У цій статті поєднуються всі витрати на проведення НДР, що не увійшли до попередніх статей. При проведенні роботи інші прямі витрати приймаємо на рівні 10 % від суми врахованих витрати на виконання НДР:

$$I_B = (\Phi ЗП + I_M + I_c) \cdot 0,1, \quad (4.1)$$

де $\Phi ЗП$ – фонд заробітної плати;

I_M – вартість матеріалів, покупних виробів та напівфабрикатів;

I_c – відрахування на соціальне страхування.

$$I_B = (38465,5 + 47,35 + 8462,39) \cdot 0,1 = 4697,5 \text{ грн.}$$

4.2.9 Накладні витрати

Ця стаття включає витрати, пов'язані з управлінням організацією-виконавцем теми, витрати на винахідництво і раціоналізацію; витрати на амортизацію основних засобів; витрати на науково-технічну інформацію; витрати на забезпечення нормальних умов праці і техніки безпеки; витрати на оплату послуг банків; податки, збори та інші обов'язкові платежі і витрати тощо.

Розглянемо варіант розрахунку накладних витрат пропорційно сумі прямих витрат на рівні 20 %:

$$H_B = (ЗП + ЄСВ + I_M + I_B) \cdot 0,2 .$$

Наразі H_B буде становити:

$$H_B = (38465,5 + 8462,39 + 47,35 + 4697,5) \cdot 0,2 = 10334,57 \text{ грн.}$$

4.2.10 Розроблення планової калькуляції кошторисної вартості теми

Планова кошторисна вартість НДР визначається як сума витрат за окремими статтями вартості. Розрахунок за всіма статтями витрат зведено до табл. 4.4.

Таблиця 4.4 – Планова калькуляція кошторисної вартості НДР

Найменування статей витрат	Сума, грн	Обґрунтування
1.Витрати на оплату праці	38 465,5	Відповідно до розрахунків
2.Єдиний соціальний внесок	8462,39	22,0 % від загальних витрат на оплату праці
3.Матеріали для проведення досліджень	47,35	Відповідно до розрахунків
4.Енергоносії для проведення досліджень	—	Відповідно до розрахунків (у нашому випадку включаються у статтю накладні витрати)
5.Спецобладнання для наукових цілей	—	Відповідно до розрахунків (у нашому випадку включаються у статтю накладні витрати)
6.Вартість послуг сторонніх організацій	—	За договором із сторонніми організаціями (у нашому випадку включаються у статтю накладні витрати)
7.Витрати на службові відрядження	—	Відповідно до розрахунків (у нашому випадку не передбачено)
8.Інші невраховані прямі витрати по темі	4697,5	10 % від суми прямих розрахованих витрат по темі
9.Накладні витрати	10334,57	Відповідно до нормативів організації-виконавця теми (у нашому випадку 20 % від суми прямих витрат)
10.Усього витрат по темі	62007,31	Сума попередніх статей

4.3 Економічна ефективність НДР

Дана НДР являє собою частину комплексної теми, у зв'язку з цим розрахунок прямої ефективності її результатів не виконується. У цьому випадку можна застосувати оцінку умовної ефективності по окремих її характеристиках.

Для визначення річного економічного ефекту скористаємося бальною системою оцінювання економічної ефективності за наступними показниками:

- важливість розробки (K_1);
- можливість використання результатів розробки (K_2);
- теоретичне значення та рівень новизни (K_3);
- складність дослідження (K_4).

Коефіцієнт K_1 може приймати наступні значення:

- а) ініціативна робота, яка не входить до складу комплексної програми та не є завданням директивних органів – 1 бал;
- б) робота виконується за угодою про науково-технічне співробітництво – 3 бали;
- в) робота являє собою частину відомчої програми – 5 балів;
- г) робота являє собою частину комплексної міжвідомчої програми з елементами впровадження результатів – 7 балів;
- д) робота є частиною міжнародної комплексної програми – 8 балів.

Коефіцієнт K_2 може приймати такі значення:

- а) результати розробки можна використати тільки в даному підрозділі – 1 бал;
- б) результати розробки можуть бути використані тільки однією організацією – 3 бали;
- в) результати розробки можуть бути використані декількома організаціями – 5 балів.
- г) результатами розробки можуть користуватися в масштабах однієї галузі – 8 балів;
- д) результатами розробки можуть користуватися у різних галузях – 10 балів.

Коефіцієнт K_3 може приймати такі значення:

- а) робота являє собою аналіз, узагальнення або класифікацію відомої інформації, подібні результати раніше були відомі в досліджуваній галузі – 2 бали;
- б) під час виконання роботи отримана нова інформація, яка доповнює уявлення про сутність досліджуваних процесів – 3 бали;
- в) внаслідок виконання роботи отримана нова інформація, яка частково змінює уявлення про природу досліджуваних процесів – 5 балів;

г) внаслідок виконання НДР створені нові теорії, методики тощо – 6 балів;

д) отримана інформація формує принципово нові уявлення, які не були відомі раніше – 8 балів.

Коефіцієнт K_4 може приймати такі значення:

а) роботу виконує один підрозділ, витрати до 10 000 гривень – 1 бал;

б) роботу виконує один підрозділ, витрати від 10 000 до 50 000 гривень – 3 бали;

в) роботу виконує один підрозділ, витрати від 50 000 до 100 000 гривень – 5 балів;

г) робота виконується декількома підрозділами, витрати від 100 000 до 200 000 гривень – 7 балів;

д) робота виконується декількома організаціями, витрати понад 200 000 гривень – 9 балів.

Приймаємо показник важливості розробки $K_4 = 9$.

Загальна бальна оцінка (Б) вираховується перемноженням коефіцієнтів.

$$B = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4$$

В нашому випадку бальна оцінка ефективності згідно табл. 4.5 становить:

$$B = 3 \cdot 5 \cdot 3 \cdot 5 = 225$$

Таблиця 4.5 – Бальна оцінка ефективності НДР

Показник оцінки ефективності НДР	Умовне позначення показника	Характеристики даної роботи	Кількість балів
1. Важливість розробки	K_1	робота виконується за угодою про науково-технічне співробітництво	3
2. Можливість використання результатів розробки	K_2	результати розробки можуть бути використані декількома організаціями	5
3. Теоретична значимість та рівень новизни розробки	K_3	під час виконання роботи отримана нова інформація, яка доповнює уявлення про сутність досліджуваних процесів	3
4. Складність дослідження	K_4	роботу виконує один підрозділ, витрати від 50 000 до 100 000 гривень	5

Умовний ефект НДР розраховується за формулою:

$$E_{\text{НДР}}^y = 500 \cdot B - E_n \cdot V_{\text{НДР}}, \quad (4.2)$$

де 500 – умовна вартість одного балу;

E_n – нормативний коефіцієнт економічної ефективності (може бути в межах 0,1 – 0,3);

$V_{\text{НДР}}$ – сумарні витрати на виконання НДР (підсумок табл. 4.4);

У нашому прикладі умовний ефект виконання НДР буде становити:

$$E_{\text{НДР}} = 500 \cdot 225 - 0,2 \cdot 62007,31 = 100098,54 \text{ грн.}$$

Економічна ефективність НДР визначається коефіцієнтом умовної економічної ефективності E_e . Він є відношенням умовного ефекту виконання НДР до сумарних витрат на виконання НДР та розраховується за формулою:

$$E_e = \frac{E_{\text{НДР}}}{B_{\text{НДР}}}. \quad (4.3)$$

У нашому прикладі E_e буде становити:

$$E_e = \frac{100098,54}{62007,31} = 1,614$$

Коефіцієнт умовної економічної ефективності науково-дослідної роботи становить 40 (значно перевищує одиницю), що свідчить про реальну доцільність її виконання.

4.4 Висновок до розділу

Було проведено економічний аналіз доцільності даної науково-дослідницької роботи. Виявлено що дане дослідження є раціональним з економічної точки зору.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

Охорона праці – система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів, спрямованих на збереження життя, здоров'я і працездатності людини в процесі трудової діяльності [37].

Охорону праці і здоров'я громадян віднесено до пріоритетних напрямків соціальної політики України. Так, Конституція України одним з основних соціальних прав громадян визначає право кожного на належні, безпечні й здорові умови праці, встановлює, що використання праці жінок і неповнолітніх на небезпечних для їхнього здоров'я роботах забороняється [38].

Мета даного розділу є аналіз небезпечних факторів на виробництві та розроблення заходів безпеки працівників.

5.1 Правові та організаційні основи охорони праці на підприємстві

Основний нормативний документ щодо організації охорони праці в Україні – це Закон України «Про охорону праці».

Обов'язок роботодавця – затвердити документи, які передбачені ст. 13 Закону «Про охорону праці». Вони повинні встановлювати правила виконання робіт і поведінки працівників на території підприємства, у виробничих приміщеннях, на будівельних майданчиках і робочих місцях. Інструкції та інша документація з охорони праці розробляються на підставі положень законодавства з охорони праці, типових інструкцій та технологічної документації підприємства з урахуванням виду діяльності підприємства і конкретних умов праці на ньому, керівниками структурних підрозділів [39].

Відповідно до статті 14 Закону України «Про охорону праці» працівник зобов'язаний дбати про особисту безпеку і здоров'я, оточуючих людей в процесі виконання будь-яких робіт чи під час перебування на території

установи, знати і виконувати вимоги нормативно-правових актів з охорони праці, проходити у встановленому законодавством порядку попередні та періодичні медичні огляди [40].

За статтею 15 Закону України «Про охорону праці» на підприємстві з кількістю працюючих 50 і більше осіб роботодавець створює службу охорони праці відповідно до типового положення, що затверджується центральним органом виконавчої влади, що забезпечує формування державної політики у сфері охорони праці [40].

Всі працівники при прийомі на роботу і в процесі роботи в НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського» проходять інструктаж з охорони праці.

5.2 Аналіз параметрів приміщення

Дослідницька лабораторія 02 розташована на "нульовому" (цокольному) поверсі 9-го корпусу НН ІМЗ ім. Є.О. Патона.

Параметри лабораторії (рис. 5.1):

- довжина лабораторії $a = 6$ м;
- ширина лабораторії $b = 5$ м;
- висота лабораторії $h = 3,1$ м;
- вікна в лабораторії з розмірами $2 \times 1,4$ м, кількість 4 штук.

За цими величинами були розраховані:

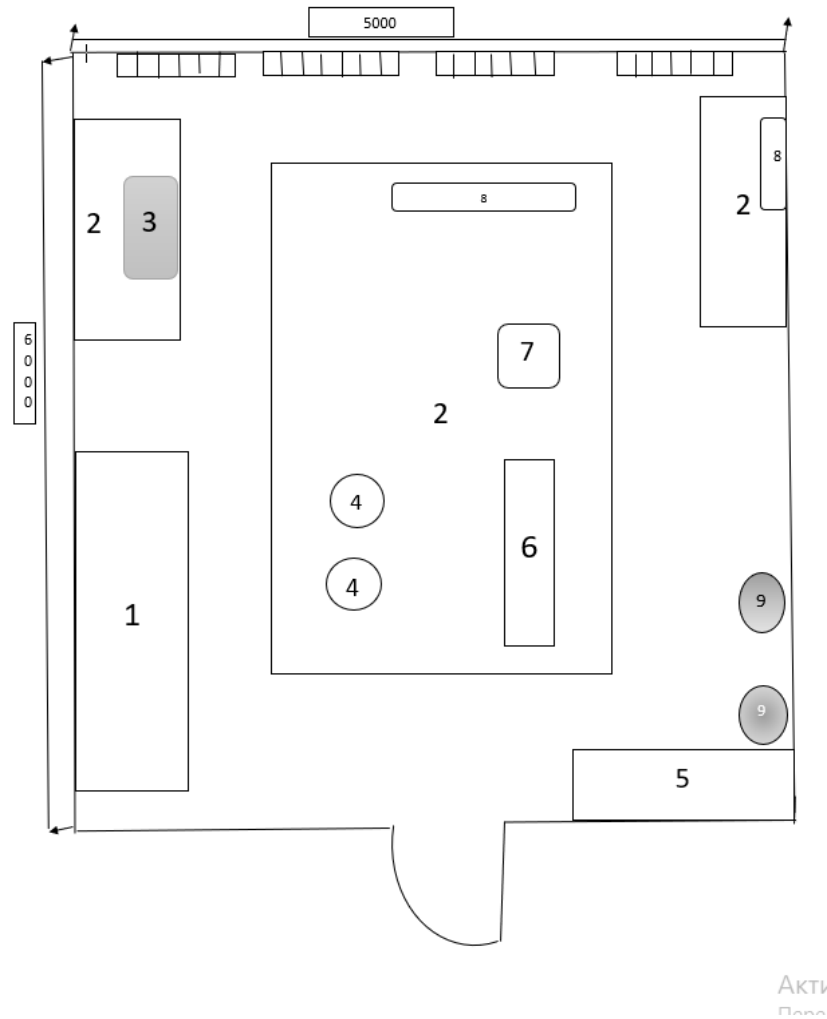
- площа лабораторії $S = a \cdot b = 30$ м²;
- загальний об'єм лабораторії $V = a \cdot b \cdot h = 93,6$ м³.

Оскільки кількість працюючих у лабораторії не перевищує 2-х осіб, то площа та об'єм, які припадають на одну людину, дорівнює:

- площа лабораторії на одного працівника $S' = S/2 = 15$ м²;
- об'єм лабораторії на одного працівника $V' = V/2 = 46,5$ м³.

Порівнявши оптимальні значення об'єму та площі приміщення з отриманими значеннями, робимо висновок, що розміри приміщення по відношенню до кількості працюючих в ньому людей повністю відповідають

оптимальним умовам. Отже, геометричні параметри лабораторії відповідають нормам.



1 – витяжна шафа із хімічними речовинами; 2 – робочий стіл; 3 – вага;
4 – копер; 5 – шафа; 6 – 081-установка для визначення міцності; 7 – прилад для визначення вологості; 8 – електрощитова; 9 – стілець

Рисунок 5.1 – План лабораторії 02 – 9

Санітарно-гігієнічне нормування умов мікроклімату здійснюється згідно з ДСН 3.3.6.042-99, які встановлюють оптимальні і допустимі параметри мікроклімату залежно від загальних енерговитрат організму при виконанні робіт і періоду року.

Згідно з ДСН 3.3.6.042 – 99, роботи в лабораторії 02-9 відноситься до категорії робіт середньої важкості Па, так як це роботи, які виконуються стоячи, пов'язані з ходінням, переміщенням дрібних (до 1 кг) вантажів та

супроводжуються помірним фізичним напруженням – енерговитрати складають 151...200 ккал/год [41].

Відповідно до санітарно-гігієнічного нормування умов, виділяють два періоди року: теплий та холодний.

В холодний період року в лабораторії занижений рівень мікроклімату.

Отже, робимо висновок, що температура повітря, відносна вологість, швидкість руху в робочій зоні приміщення не виходять за межі допустимого. Мікроклімат відповідає оптимальним умовам (табл. 5.1).

Таблиця 5.1 – Параметри мікроклімату

Категорія робіт	Параметр мікроклімату	Період року	Нормовані значення мікроклімату ДСН 3.3.6.042-99		Дані вимірювань	Висновки
			оптимальні	допустимі		
Середньої важкості ІІа	Температура, °С	Холодний	17...20	17...23	17	допустимі
		Теплий	20...23	18...24	20...24	допустимі
	Відносна вологість повітря, %	Холодний	40...60	75	40...50	оптимальні
		Теплий	40...60	65	40...50	оптимальні
	Швидкість руху повітря, м/с	Холодний	0,2	не більше 0,3	0,3	допустимі
		Теплий	0,2	0,2...0,4	0,2	оптимальні

Згідно отриманих даних, показники мікроклімату не виходять за межі допустимих значень для холодного періоду року, а для теплого є оптимальними, за винятком температури.

5.3 Аналіз освітленості приміщення

Залежно від джерел світла, які використовуються у виробничих приміщеннях, освітлення може бути природним, штучним та суміщеним. Природне освітлення створюється прямими сонячними променями та розсіяним світлом небосхилу. Штучне освітлення створюється електричними джерелами світла. Суміщене освітлення – це освітлення, при якому недостатнє за нормами природне освітлення доповнюється штучним.

За функціональним призначенням штучне освітлення поділяється на:

- робоче – створює необхідні умови для нормальної трудової діяльності людини;
- чергове – має знижений рівень освітлення, оскільки його використовують лише у неробочий час, і для його реалізації допускається використовувати частину світильників інших видів освітлення [42].

Оскільки роботи в лабораторії виконуються і в темний і в світлий час доби, освітлення в ній як природне, так і штучне. Тому необхідний рівень освітленості створюється штучним освітленням. В лабораторії вмонтовано 6 світильників з 2 лампами кожний.

Природне освітлення лабораторії 02-9 бічне, здійснюється через світлові отвори (вікна). Вікна знаходяться із східного боку лабораторії. Штучне освітлення – загальне. Воно передбачає розміщення світильників у верхній зоні приміщення (не нижче 2,5 м над підлогою) для здійснення загального рівномірного або загального локалізованого освітлення (з урахуванням розташування обладнання та робочих місць) [42].

Повинна проводитися своєчасна заміна несправних ламп та тих, що відпрацювали свій робочий строк. Після заміни ламп та чищення світильників необхідно перевіряти рівень освітленості в контрольних точках приміщення не рідше одного разу на рік. Фактичні рівні освітленості на робочих місцях повинні бути більше або дорівнювати нормативним рівням з урахуванням коефіцієнту запасу відповідно до вимог ДБН В.2.5-28-2006 [42].

Світло впливає не лише на функцію органів зору, а й на діяльність організму в цілому. При поганому освітленні людина швидше втомлюється, працює менш продуктивно, зростає потенційна ймовірність помилкових.

Нерівномірність освітлення та неоднакова яскравість оточуючих предметів призводять до частої преадаптації очей під час виконання роботи, як наслідок цього – до швидкого втомлення органів зору. Тому поверхні, що добре освітлюються і знаходяться в полі зору, краще фарбувати в кольори

середньої світлості, коефіцієнт відбивання яких знаходиться в межах 0,3...0,6, і, бажано, щоб вони мали матову або напівматову поверхню.

5.4 Аналіз рівня шуму

У лабораторії 02-9 є джерела шуму: коткові змішувачі, копри, прилад для визначення міцності.

За часовою характеристикою шум відноситься до непостійного переривчастого. При переривчастому шумі рівень звуку може різко падати до фонового рівня, а довжина інтервалів, коли рівень залишається постійним і перевищує фоновий рівень, досягає 1 с та більше. За походженням шум поділяється на електромагнітний (джерело – електроустаткування) та механічний (джерело – гідравлічні преси). При одночасній роботі всього устаткування рівень шуму може перевищувати допустимі норми ДСН 3.3.6.037-99 [43], що призводить до виникнення профзахворювань.

Шум може викликати різні загально біологічні подразнення, патологічні зміни, функціональні розлади та механічні ушкодження. Під час роботи в шумних умовах продуктивність ручної роботи може знизитись до 60%, а при розрахунках – до 50%. При тривалій роботі в шумних умовах 61 перш за все уражаються нервова та серцево-судина система та органи дихання.

Для зменшення шкідливого впливу виробничого шуму на працівників шумних виробництв застосовують звуко- і віброізоляцію, звуко- і вібропоглинання та глушники шуму.

5.5 Аналіз запиленості

В ході науково-дослідної роботи, ми використовуємо зворот стрижнів з цирконовим наповнювачем та піщано-бентонітову суміш. Пил, що виділяється при перемішуванні котками суміші, призводить до захворювань дихальних шляхів.

Надходження до повітря робочої зони тієї чи іншої шкідливої речовини залежить від технологічного процесу, сировини, яка використовується, а також від проміжних та кінцевих продуктів.

Шкідливими вважаються речовини, які при контакті з організмом людини за умов порушення вимог безпеки можуть призвести до виробничої травми, професійного захворювання або розладів у стані здоров'я, які визначаються сучасними методами як у процесі праці, так і у віддалені строки життя теперішнього і наступних поколінь.

Основними вимогами до респіраторів є забезпечення на протязі всього часу їх експлуатації очищення повітря, що вдихається, від шкідливих речовин до ГДК. Найважливішою аеродинамічною характеристикою респіраторів та їх конструктивних елементів є опір диханню. Він визначається перепадом тиску до і після фільтруючого матеріалу, який знаходиться в потоці повітря. Як фізіолого-гігієнічна характеристика опір диханню являє собою змінну величину, пов'язану з легеневою вентиляцією, структурою дихального циклу, важкістю виконуваної роботи, а також з впливом на дихання стану навколишнього середовища і конструктивних особливостей респіраторів. Якщо в респіраторах норми опору вдихання (100 Па) та видихання (70 Па) згідно ГОСТ 12.4.041-78 дотримуються, тоді вони не викликають істотних змін в структурі дихального циклу і, відповідно, не перешкоджають виконанню роботи зі значними фізичними навантаженнями. Нормальний респіратор повинен ефективно захищати органи дихання і не заважати диханню. Коефіцієнт захисту респіратора повинен бути від 10 до 100, тобто респіратор 238 повинен гарантувати надійний захист від шкідливих речовин при їх концентрації у повітрі в кількостях, що не перевищують ГДК більш, ніж у 100 разів. Час захисної дії повинен становити не менше 6 годин, об'ємний вміст вуглекислого газу, який видихається під респіратором – не більше 2 %, вага – не більше 0,5 кг.ом [44].

5.6 Аналіз теплового випромінювання

В лабораторії 02 знаходяться електropечі, які використовуються для прожарювання зразків з формувальних сумішей, і є основним джерелом інфрачервоного (теплового) випромінювання.

Інфрачервоне випромінювання (теплове) виникає скрізь, де температура вище абсолютного нуля, і є функцією теплового стану джерела випромінювання. Більшість виробничих процесів супроводжується виділенням тепла, яке виділяється виробничим устаткуванням і матеріалами. Нагріті тіла віддають своє тепло менш нагрітим трьома способами: теплопровідністю, тепловипромінюванням, конвекцією. Дослідження показують, що близько 60% тепла, що втрачається, приходить на частку тепловипромінювання. Променева енергія, проходячи простір від нагрітого тіла до менш нагрітого, переходить у теплову енергію в поверхневих шарах тіла, що опромінюється. У результаті поглинання випромінюваної енергії підвищується температура тіла людини, конструкцій приміщень, устаткування, що в значній мірі впливає на метеорологічні параметри (приводить до підвищення температури повітря в приміщенні) [42].

В процесі роботи в лабораторії виникає небезпека при контакту працівника із сушильною піччю, тому використовують рукавиці жорсткі та спеціальний одяг. Не дотримуючись цих правил безпеки можна отримати опіки.

Основним нормативним документом, що встановлює допустиму інтенсивність теплового випромінювання, є ДСН 3.3.6.042-99.

5.7 Електробезпека

Джерелом небезпеки ураження струмом або виникнення замикання у лабораторії є електropіч, сушильна шафа та бігуни періодичної дії.

Для живлення електричного обладнання в лабораторії використовується електромережа напругою 220 та 380 В змінного струму. Бігуни періодичної дії живляться напругою 220 В, електропіч, в свою чергу – 380 В.

Основними чинниками неелектричного характеру є шлях струму через людину, індивідуальні особливості і стан організму людини, час, раптовість і непередбачуваність дії струму. Шлях струму через тіло людини суттєво впливає на тяжкість ураження. Особливо небезпечно, коли струм проходить через життєво важливі органи і безпосередньо на них впливає. Якщо струм не проходить через життєво важливі органи, то він може впливати на них тільки рефлекторно – через центральну нервову систему, а вірогідність ураження цих органів менша [45].

Для забезпечення захисту від ураження струмом, піч опору та сушильна шафа, корпуси яких мають два шари вогнетривкої цегли та азбесту, встановлені на ізолюючому покритті, таким чином ці пристрої не потребують додаткового заземлення. Аналогічним чином заземлюються всі електроприлади, що знаходяться в лабораторії.

Основні технічні заходи забезпечення електробезпеки:

- проведення інструктажів щодо поведінки з електроприладами;
- ізоляція струмопровідних частин;
- недоступність струмопровідних частин;
- виконання електроустановок, ізольованих від землі;
- захисне розділення електричних мереж.

5.8 Пожежна безпека

Система пожежної сигналізації в лабораторії, слугує засобом попередження про спалах, проте вона знаходиться в неробочому стані. Згідно плану виконується евакуація з поверху, де знаходиться робоче приміщення.

Для ліквідації невеликих осередків пожеж, а також для гасіння пожеж у початковій стадії їх розвитку силами персоналу об'єктів застосовуються

первинні засоби пожежогасіння. До них відносяться: вогнегасники, пожежний інвентар (покривала з негорючого теплоізоляційного полотна або повсті, ящики з піском, бочки з водою, пожежні відра, совкові лопати), пожежний інструмент (гаки, ломы, сокири тощо).

В лабораторії є вуглекислотний вогнегасник, на сходових клітинах і в коридорах – ящики з піском, вогнегасники типу ВВ-8, пожежні крани.

Система пожежної сигналізації повинна швидко виявляти місця виникнення пожежі, надійно передавати сигнал на приймально-контрольний прилад і до пункту прийому сигналів про пожежу, перетворювати сигнал про пожежу у сприйнятливую для персоналу захищуваного об'єкта форму, вмикати існуючі стаціонарні системи пожежогасіння, забезпечувати самоконтроль функціонування [42].

До складу будь-якої системи пожежної сигналізації входять: пожежні сповіщувачі, лінії зв'язку приймальний прилад та автономне джерело електроживлення .

Евакуаційний вихід – це вихід з будинку (споруди) безпосередньо назовні або вихід із приміщення, що веде до коридору чи сходової клітки безпосередньо або через суміжне приміщення [42].

План евакуації з поверху, де знаходиться лабораторія, зображено на рис. 5.2.

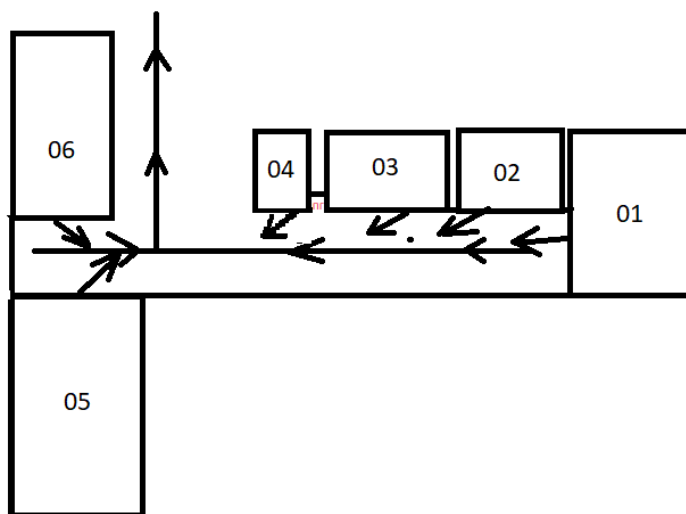


Рисунок 5.2 – План евакуації з поверху

ВИСНОВКИ

1. Досліджено залишкову міцність при розриванні стрижневих сумішей із фосфатами натрію та алюмінію після нагрівання до різних температур в інтервалі від 400 до 900 °С та зроблено аналіз можливостей вибивання стрижнів із виливків.

2. Установлено, що мінімальну залишкову міцність і відповідно вибивання має суміш із ЗК на основі ортофосфорної кислоти і сульфату алюмінію, внаслідок термічного розпаду ЗК, який відбувся після нагрівання вище 600 °С.

3. Визначено, що залишкова міцність сумішей із фосфатами натрію по-різному залежить від t^0 нагрівання: суміші з NaCl , $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$ та NaPO_3 мають мінімальну залишкову міцність в інтервалі 500...600 °С, після чого вона зростає через спікання ЗК або його складова. У суміші з Na_2CO_3 , спікання ЗК виражено найменшою мірою, тому її залишкова міцність має мінімальні значення – не більше 0,1 МПа.

4. Проведено дослідження щодо впливу води на стан стрижневої суміші після високої t^0 нагрівання. В результаті встановлено, що суміш із ЗК на основі $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$ відмінно розчиняється протягом 2...10 хв незалежно від t^0 нагрівання. Для інших сумішей із фосфатами натрію вилучення стрижнів у воді є менш ефективним.

5. Здійснено порівняльний аналіз міцності стрижневих сумішей із свіжими ЗК та оборотних сумішей після прожарювання. Установлено що суміш із триполіфосфату натрію здатна до повторного затвердіння із високим (понад 2,0 МПа показником міцності). Повторне твердіння проявляють також суміші на основі хлориду натрію та із гексаметафосфатом натрію, але їхня міцність менша 1 МПа. Таким чином підтверджено принципову можливість багаторазового використання фосфатів натрію в складі стрижневих сумішей.

6. За результатами проведених досліджень слід рекомендувати для виготовлення чавунних і сталевих виливків із середніми і великими товщинами стінок стрижневі суміші із ЗК на основі карбонату натрію і на основі сульфату алюмінію, які максимально втрачають міцність після нагрівання. Також для таких виливків можна застосувати суміш із гексаметафосфатом натрію із подальшим видаленням у воді.

Для виготовлення виливків із легкоплавких та мідних сплавів, а також тонкостінних виливків із чавуну та сталі, рекомендовано суміші ЗК на основі карбонату натрію та з гексаметафосфатом натрію із видаленням стрижнів у воді.

Суміш із триполіфосфатом натрію підходить для усіх виливків при умові вилучення стрижнів у воді.

Суміш на основі хлориду натрію має гірші властивості порівняно з іншими і тому до використання не рекомендується.

7. Було проведено економічний аналіз доцільності даної науково-дослідницької роботи. Виявлено що дане дослідження є раціональним з економічної точки зору.

8. Проведено аналіз шкідливих і небезпечних факторів під час майбутнього впровадження розроблених матеріалів у виробництво та розроблено комплекс заходів щодо техніки безпеки. Показано що досліджені стрижневі суміші мають екологічні переваги через відсутність шкідливих компонентів та встановлену можливість повторного використання.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Вікіпедія [електронний ресурс] – Режим доступу:
<https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D0%BE%D1%81%D1%84%D0%B0%D1%82%D0%B8>
2. Сайт про хімію [електронний ресурс] : фосфати неорганічні. – Режим доступу:www.xumuk.ru/encyklopedia/2/4828.html
3. Капуцкий Ф. Н., Тикавый В. Ф. Пособие по химии для поступающих в вузы. – Минск: Высшая школа, 1979. – 218 с.
4. Liutyi R., Petryk I., Tyshkovets M., Myslyvchenko O., Liuta D., Fyodorov M. Investigating sodium phosphate binders for foundry production // Advances in Industrial and Manufacturing Engineering, 2022. – <https://doi.org/10.1016/j.aime.2022.100082>
5. Фосфаты // Большая советская энциклопедия : [в 30 т.] / гл. ред. А. М. Прохоров. – 3-е изд. – М. : Советская энциклопедия, 1969– 1978. Фосфаты / Большая советская энциклопедия
6. Орлова Ю. Позитивна і негативна роль фосфатів в житті людини [Електронний ресурс] / Ю. Орлова, В. Смірнова. – 2017. – Режим доступу до ресурсу: <http://old.voz.gov.ua/material/5745>.
7. W. D. Kingery. Fundamental study of phosphate bonding in refractories: I, Literature review // Journal of the American Ceramic Society, 1950. – Vol.33, No.8. – PP. 239–250. <https://ceramics.onlinelibrary.wiley.com/>
8. Судакас Л.Г. Фосфатные вяжущие системы. – Санкт-Петербург: РИА «Квинтет», 2008. – 260 с.
9. Сычев М.М. Неорганические клеи. – Ленинград: Химия, 1974. – 160
10. Фрейдин А.С. Полимерные и водные клеи. – Москва: Химия, 1985. – 144 с.
11. Копейкин В.А., Петрова А.П., Рашкован И.Л. Материалы на основе металлофосфатов. – Москва: Химия, 1976. – 200 с.

12. Бутт Ю.М., Каушанский В.Е. Неорганические материалы, 1973. – 263 с.
13. Илларионов И.Е. Разработка интенсивных технологий и оптимизация составов активированных песчано-глинистых и фосфатных смесей: Дис. д-ра техн. наук: 05.16.04. – Чебоксары, 1988. – 503 с.
14. Пат. 2017036316 Китай, МПК В 22 С 1/18 ; В 33 У 70/00. Неорганічний композитний фосфатний зв'язувальний компонент для 3D-друку з піском і спосіб його отримання / Син Цзиньлун, Хан Вен. – заявл. 19.08.16, опубл. 09.03.17.
15. Пат. 108907069 Китай, МПК В 22 С 1/18. Фосфатний зв'язувальний компонент, модифікований сульфатом заліза, і спосіб його отримання / Чжан Юшу, Лю Донг, Хіа Лу, Рен Янжен, Цай Пенг, Чжоу Лей. – заявл. 27.07.18, опубл. 30.11.18.
16. Пат. 106734858 Китай, МПК В 22 С 1/02, В 22 С 1/18, В 22 С 9/02. Спосіб приготування модифікованої жароміцної фосфатної ливарної піщаної форми / Ян Ян. – заявл. 25.12.16, опубл. 31.05.17.
17. Сычев М.М. Твердение вяжущих веществ.–Ленинград: Стройиздат, 1974. – 80 с.
18. Liutyi Rostyslav, Tyshkovets Mariia, Liuta Daria. (2021). Physico-chemical fundamentals of synthesis of binding materials from orthophosphoric acid and inorganic salts of metals. Prospective global scientific trends: Innovative technology, transport, security. Monographic series «European Science». Book 7. Part 8. Chapter 1, 8-45.doi: <https://doi.org/10.30890/2709-2313.2021-07-08-015>.
19. Матвейчук М. Чим шкідливі фосфати і чому їх варто заборонити в пральних порошках? [Електронний ресурс] / Мар'яна Матвейчук. – 2022. – Режим доступу до ресурсу: <https://hmarochos.kiev.ua/2020/09/30/chym-shkidlyvi-fosfaty-i-chomu-yih-var-to-zaboronyty-v-pralnyh-poroshkah/>.
20. Spetsgidromash [електронний ресурс] – Режим доступу: <https://spetsgidromash.com.ua/?p=4392>

21. Кузьмінчук А. Фосфати в воді [Електронний ресурс] / Анна Кузьмінчук.–2019.–Режим доступу до ресурсу: <https://ecosoft.ua/ua/blog/fosfaty-v-vode/>.

22. Staller A. From Wastewater to Fertilizer [Електронний ресурс] / Amanda Staller. – 2017. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.electrochem.org/ecsnews/from-wastewater-to-fertilizer/>.

23. Заборона фосфатів та як зменшити їх вміст у воді? [Електронний ресурс] / Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України . Режим доступу: <https://mepr.gov.ua/news/36558.html>

24. ЛютийР.В., ТишковецьМ.В., ЛютаД.В. Foundry core mixtures with orthophosphoric acid and different aluminum-containing compounds // Physics and chemistry of solid state. -2020. - V. 21, N 1. - P. 176-184.

25. ЛютийР.В., ГуріяІ.М., КеушД.В., АнісімоваО.А. Визначення оптимального складу стрижневих сумішей з новими зв'язувальними компонентами, які утворюються при взаємодії ортофосфорної кислоти з неорганічними солями алюмінію // ВестникДГМА, 2013. – №2(12Е). – С.17...24

26. Лютый Р.В. Отверждение стержневых смесей с ортофосфорной кислотой и алюмосодержащими соединениями // Литейное производство, 2016. – №5. – С.13...17

27. Лютый Р.В., Гурия И.М., Кеуш Д.В., Смольская В.С. Стержневые смеси с новыми неорганическими связующими на основе ортофосфорной кислоты и солей щелочных металлов // Литейное производство, 2014. – №5. – С. 28...31

28. Лютый Р.В., Кеуш Д.В., Гурия И.М. Упрочнение стержневых смесей с ортофосфорной кислотой и солями металлов // Литейное производство, 2015. – №7. – С.27...29

29. Liutyi R., TyshkovetsM., Liuta D., SheikoO. Physical and chemical fundamentals of sodium phosphate use in foundry production // Physics and chemistry of solid state. - 2020. - V. 21, N4. - P. 756-763.

30. Сычев М.М. Закономерности проявления вяжущих свойств. – М: ВНИИ ЭСМ, 1974. – 123 с.

31. Лютий Р.В., Гурія І.М., Кеуш Д.В., Надточій О.С. Розроблення технології виготовлення форм і стрижнів із сумішей з ортофосфорною кислотою і солями натрію

32. Лютий Р.В., Тишковець М.В., Люта Д.В. Створення сухих фосфатних зв'язувальних матеріалів для ливарних стрижнів // Металургійна та гірничорудна промисловість, 2021. – №3. – С.18–28

33. Домбровский Н.М. Термографическое исследование динатрийфосфата / Н. М. Домбровский // Журнал научной химии. – 1960. – №8. – С. 1699-1710.

34. Lorent B. Thermogravimetrische und thermoanalytische Untersuchungen kondensierten Phosphate / B. Lorent, M. Szeplaki // Technische. – 1967. – №11. – С. 357–363.

35. Лидин Р. А. Химические свойства неорганических веществ: Учеб. пособие для вузов. – 3-е изд., испр. / Р. А. Лидин. – Москва: Химия, 2000. – 480 с.

36. Домбровский Н. М. Исследование процесса образования трифосфата при нагревании различных смесей пиро- и ортофосфатов натрия / Н. М. Домбровский // Журнал научной химии. – 1962. – №1. – С. 104–112.

37. Вікіпедія [електронний ресурс] – Режим доступу: https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9E%D1%85%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%B0_%D0%BF%D1%80%D0%B0%D1%86%D1%96.

38.Studies.in.ua [електронний ресурс] – Режим доступу: http://studies.in.ua/bjd_seminar/1044-ohorona-prac.html

39.Gov.ua [електронний ресурс] – Режим доступу: <https://te.dsp.gov.ua/ohorona-pratsi-na-pidpryyemstvi-shho-potribno-znaty/>

40.Законодавство України [електронний ресурс] – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-12/ed20110625#Text>

41.ДСН 3.3.6.042-99. Державні санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень.

42. Левченко О.Г. Охорона праці та цивільний захист: Курс лекції для студентів зварювальних спеціалізацій.

43.ДСН 3.3.6.037-99. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку.

44. Левченко О. Г., Метлицкий В. А. Современные средства защиты сварщиков. – Киев: Экотехнология, 2001. – 84 с.

45. Зацарний В.В., Конспект лекцій з дисципліни «Основи охорони праці»,2016.- с.58

Ім'я користувача:
Михайло Михайлович Ямшинський

ID перевірки:
1011619069

Дата перевірки:
20.06.2022 13:19:09 EEST

Тип перевірки:
Doc vs Library

Дата звіту:
20.06.2022 13:20:43 EEST

ID користувача:
76785

Назва документа: Диплом Маланчук І.В

Кількість сторінок: 73 Кількість слів: 12500 Кількість символів: 90223 Розмір файлу: 3.91 MB ID файлу: 1011487135

22.1% Схожість

Найбільша схожість: 6.82% з джерелом з Бібліотеки (ID файлу: 1003937178)

Пошук збігів з Інтернетом не проводився

22.1% Джерела з Бібліотеки

1000

Сторінка 75

0% Цитат

Вилучення цитат вимкнене

Вилучення списку бібліографічних посилань вимкнене

0% Вилучень

Немає вилучених джерел

Модифікації

Виявлено модифікації тексту. Детальна інформація доступна в онлайн-звіті.

Замінені символи

9