

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

Інженерно-фізичний факультет

Кафедра ливарного виробництва чорних і кольорових металів

«На правах рукопису»  
УДК \_\_\_\_\_

До захисту допущено  
Завідувач кафедри  
А.С. Кочешков  
(ініціали, прізвище)

\_\_\_\_\_ (підпис)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2016 р.

**Магістерська дисертація**

зі спеціальності 8.05040201 Ливарне виробництво чорних і кольорових металів та сплавів  
(код та назва спеціальності)

на тему: Вплив гранулометричного складу кварцового піску на технологічні властивості формувальних сумішей

Виконала: студентка VI курсу, групи ФЛ-41м

Левіцька Тетяна Олександрівна

(прізвище, ім'я, по батькові)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Науковий керівник

к.т.н., доц. Шейко О.І.

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

\_\_\_\_\_ (підпис)

Консультант з  
експериментальної частини

ас. Клименко В.А.

(вчені ступінь та звання, прізвище, ініціали)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Консультант  
з економічної частини

к.т.н., доцент Кривда В.І.

(вчені ступінь та звання, прізвище, ініціали)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Консультант  
з нормоконтролю

к.т.н., доцент Федоров Г.Є.

(вчені ступінь та звання, прізвище, ініціали)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Рецензент

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

\_\_\_\_\_ (підпис)

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.

Студент \_\_\_\_\_ (підпис)

Київ – 2016 р.

**Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут»**

Факультет Інженерно-фізичний

Кафедра Ливарного виробництва чорних і кольорових металів

Освітньо-кваліфікаційний рівень «магістр»

Напрямок підготовки 6.050402 Ливарне виробництво

Спеціальність 8.05040201 Ливарне виробництво чорних і кольорових металів і сплавів

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри  
А.С. Кочешков

(підпис)

(ініціали, прізвище)

«   »                      2016 р.

**З А В Д А Н Н Я**  
**НА МАГІСТЕРСЬКУ ДИСЕРТАЦІЮ СТУДЕНТУ**  
**Левіцькій Тетяні Олександрівні**

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема дисертації: Вплив гранулометричного складу кварцового піску на технологічні властивості формувальних сумішей

Науковий керівник к.т.н., доцент Шейко О.І.

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

затверджені наказом по університету від «25» 05 2016 року № 1688-с

2. Строк подання студентом дисертації 13 червня 2016 р.

3. Об'єкт дослідження: Розроблення оптимальних складів пластичних формувальних сумішей та математичної моделі на основі ЛПт рівномірних розташованих послідовностей.

4. Предмет дослідження: Кварцовий пісок, міцність, газопроникність, обсипання, щільність, пористість.

5. Перелік питань, які потрібно розробити: 1. Літературний огляд: фізико-хімічні властивості кварцових пісків – наповнювачів формувальних сумішей, вплив гранулометричного складу кварцового піску на фізико-механічні та технологічні властивості формувальних сумішей. 2. Методика досліджень: вихідні матеріали для приготування формувальних сумішей, кварцовий пісок, глина формувальна, рідке скло, визначення властивостей вихідних матеріалів формувальних сумішей, підготовка вихідних матеріалів, приготування формувальних сумішей, виготовлення зразків сумішей, визначення технологічних властивостей формувальних сумішей, визначення міцності на стиск у сирому та сухому стані, визначення газопроникності сумішей, визначення обсипання суміші у сирому та сухому стані, визначення пористості та щільності формувальних сумішей. 3. Експериментальна частина: дослідження впливу гранулометричного складу піску на технологічні властивості

формувальних сумішей, планування експерименту, вплив гранулометричного складу кварцового піску на газопроникність формувальної суміші, вплив гранулометричного складу кварцового піску на пористість та щільність формувальної суміші, вплив гранулометричного складу кварцового піску на міцність на стиск формувальної суміші, вплив гранулометричного складу кварцового піску на обсіпання формувальної суміші, визначення співвідношення фракцій наповнювача при досягненні оптимальних властивостей формувальної суміші. 4. Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях: аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів, мікроклімат приміщення лабораторії, освітлення приміщення лабораторії, шкідливі виробничі фактори, шум, загазованість і запиленість лабораторії, вентиляція, теплові, світлові і ультрафіолетові випромінювання, електробезпека, розробка заходів, спрямованих на забезпечення здорових умов праці, безпека в надзвичайній ситуації. 5. Організаційно-економічна частина, техніко-економічне обґрунтування НДР, розрахунок планової собівартості проведення дослідження, економічна ефективність НДР.

6. Перелік ілюстративного матеріалу: 1. Планування та обробка даних експерименту. 2. Вплив фракції наповнювача на газопроникність зразків формувальної суміші. 3. Вплив фракції наповнювача на пористість зразків формувальної суміші. 4. Вплив фракції наповнювача на щільність зразків формувальної суміші. 5. Вплив фракції наповнювача на міцність на стиск зразків формувальної суміші. 6. Оптимальний склад пластичної формувальної суміші.

7. Перелік публікацій: 1. Лютий Р.,В., Левіцька Т.О. Дослідження методів розрахунку температурних полів у тонкостінних формах Зб.: Нові матеріали і технології в машинобудуванні: Матеріали V Міжнародної науково-технічної конференції 30...31 травня 2013. – Київ: НТУУ «КПІ», 2013. – 163с.

2. В.А. Клименко, О.І. Шейко, Т.О. Левіцька Вплив гранулометричного складу наповнювача на газопроникність формувальних та стрижневих сумішей // Стратегия качества в промышленности и образовании. – 2015. – №11. – С. 48-50.

3. В.А. Клименко, О.І. Шейко, Т.О. Левіцька Дослідження впливу щільності формувальної суміші на її технологічні властивості // Металлургия 2015: Материалы XI Международной научно-практической конференции 26...28 мая 2015 года: Запорожье, ЗТПП, 2015. – 450с.

4. Клименко В. А., Шейко О.І., Левіцька Т.О. Дослідження впливу гранулометричного складу наповнювача на технологічні властивості формувальних та стрижневих сумішей // Зб.: Нові матеріали і технології в машинобудуванні: Матеріали VII міжнародної науково-технічної конференції 21...22 травня 2015. – Київ: НТУУ «КПІ», 2015. – 161 с.

5. Клименко В.А., Шейко О.І., Левіцька Т.О. Вплив гранулометричного складу наповнювача на газопроникність формувальних та стрижневих сумішей// Зб.: Стратегия качества в промышленности и образовании: Материалы XI Международной конференции 1-5 июня 2015. – Варна, Болгария, 2015. – 345с.

6. Клименко В.А., Шейко О.І., Левіцька Т.О. Дослідження просторової структури двокомпонентного наповнювача у складі ущільненої формувальної суміші// Зб.: Нові матеріали і технології в машинобудуванні: Матеріали VIII Міжнародної

науково-технічної конференції 30...31 травня 2016. – Київ: НТУУ «КПІ», 2016. – 167с.

7. Клименко В.А., Шейко О.І., Левіцька Т.О. Методи дослідження пористості, щільності та газопроникності формувальних сумішей з наповнювачем з двох фракцій // Зб.: Нові матеріали і технології в машинобудуванні: Матеріали VIII Міжнародної науково-технічної конференції 30...31 травня 2016. – Київ: НТУУ «КПІ», 2016. – 167с.

#### 8. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Економічна частина	к.т.н. доцент Кривда В.І.		
Експериментальна частина	Ас. Клименко В.А.		

9. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Срок виконання етапів роботи	Примітка
1	Складання літературного огляду	07.09.15 р...15.09.15 р.	
2	Відпрацювання методів досліджень:	16.09.15 р...15.10.15 р.	
2.1	Дослідження впливу гранулометричного складу кварцового піску на газопроникність формувальної суміші	16.10.15 р...26.11.15 р.	
2.2	Дослідження впливу гранулометричного складу кварцового піску на пористість формувальної суміші	27.11.15 р...12.12.15 р.	
2.3	Дослідження впливу гранулометричного складу кварцового піску на щільність формувальної суміші	15.12.15 р...13.01.16 р.	
2.4	Дослідження впливу гранулометричного складу кварцового піску на міцність формувальної суміші	15.01.16 р...11.02.16 р.	
2.5	Дослідження впливу гранулометричного складу кварцового піску на обсіпання формувальної суміші	12.02.16 р...24.02.16 р.	
3	Експериментальна частина	25.02.16 р...29.03.16 р.	
9	Обробка результатів досліджень	30.03.16 р...19.04.16 р.	
10	Оформлення економічного розділу	20.04.16 р...11.05.16 р.	
11	Оформлення розділу з охорони праці та безпеки в надзвичайній ситуації	12.05.16 р...30.05.16 р.	
12	Формулювання висновків	01.06.16 р...4.06.16 р.	
13	Оформлення роботи	09.06.16 р...18.06.16 р.	
16	Захист роботи	23.06.2016 р.	

**Студент**  
(підпис)

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

**Науковий керівник**

(підпис)

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)



## ВСТУП

Основна маса виливків у ливарному виробництві виготовляється в разових піщаних формах. Для виготовлення ливарних форм використовуються різні склади формувальних сумішей. Тому, головним фактором одержання високоякісних виливків з мінімальними припусками на механічне оброблення є вибір вихідних формувальних матеріалів, їх підготовка, приготування формувальних сумішей, контроль і регулювання їх властивостей, вибір оптимальної технології виготовлення ливарних форм [1,2].

Основоположниками досліджень формувальних матеріалів були Рубцов Н.Н., Гуманський А. Л., Аксенов Н.П., Берг П.П., Аронович В.А. та інші – які розробили наукові та практичні рекомендації по вибору вихідних складів формувальних сумішей [3].

Враховуючи, постійне зростання споживання формувальних пісків для приготування формувальних сумішей, можна припустити, що незабаром споживач буде висувати до них жорсткіші вимоги щодо оптимального зернового складу наповнювачів [4].

На даний час не тільки проводиться дослідження по впливу гранулометричного складу кварцового піску на технологічні властивості формульних сумішей, а й вирішуються питання постачання кварцових пісків для приготування формувальних сумішей ливарним заводом різної фракції.

Незважаючи на бурхливий розвиток новітніх методів формоутворення розвиток машинобудування безперервно підвищує вимоги до удосконалення методів лиття та створення нових технологічних процесів.

Основною складовою формувальних сумішей, які використовували у ливарному виробництві, є кварцовий пісок різних родовищ. Важливою характеристикою кварцових пісків є розмір зерен, який визначається гранулометричним складом. На технологічні властивості формувальних сумішей суттєво впливає форма зерен піску, яка може бути від округлої до кутастої [5].

Відомо, що розмір зерен кварцового піску, впливає на технологічні властивості формувальних сумішей. При використанні пісків дрібних фракцій підвищується міцність і щільність формувальної суміші та одночасно спостерігається зниження її газопроникності за рахунок зменшення пористості. Застосування крупних фракцій пісків призводить до зворотного ефекту. Тому, на практиці, для отримання оптимальних технологічних властивостей формувальних сумішей використовують кварцові піски із розгалуженою структурою, яка виражається масою та видом лиття. Для приготування формувальних сумішей найчастіше використовують кварцові піски фракцій від 01 до 063[1].

Формувальні суміші з наповнювачем із округлими зернами мають вищу газопроникність, ніж із наповнювачем з кутастими формами зерен. Дрібні зерна, розташовуються між великими, зменшують газопроникність суміші, знижують пористість і створюють дрібні звивисті канали, що утруднює вихід газів; розмір зерен наповнювача в значній мірі впливає на теплофізичні властивості формувальних сумішей і т.д.

Робота по визначенню оптимального співвідношення зерен наповнювача у складі формувальної суміші, а також визначення її оптимального складу та технологічних властивостей виконується вперше, оскільки проблематика цього питання не вивчалась раніше.

Тому, актуальність магістерської роботи полягає в тому, що знаючи оптимальне співвідношення різних зернових фракцій у складі формувальної суміші будемо мати можливість максимально підвищити всі технологічні властивості формувальної суміші. Знаючи оптимальний склад суміші, отримаємо оптимальну упаковку зерен наповнювача. Завдяки цьому матимемо можливість підбирати необхідні технологічні властивості для різних складів суміші змінюючи їх гранулометричний склад. Тому дана тема актуальна і може являти практичний інтерес.

Метою магістерської роботи є:

1. Дослідження впливу гранулометричного складу кварцового піску на технологічні властивості пластичних формувальних сумішей.

2. Встановлення оптимального розміру кварцового піску та оптимального співвідношення різних фракцій наповнювача у складі формувальної суміші, які забезпечують високі технологічні властивості пластичних формувальних сумішей.

3. Розроблення оптимальних складів формувальних сумішей та дослідження їх технологічних властивостей.

4. Розроблення математичної моделі на основі ЛПт рівномірних розташованих послідовностей.

Для визначення впливу гранулометричного складу кварцових пісків на технологічні властивості формувальних сумішей проводилися дослідження з визначення в сирому та сухому станах міцності на стиск, обсіпання, газопроникності, пористості та щільності. Для проведення досліджень використовували дніпровський кварцовий пісок фракцій: 063, 04, 0315.



## 1 ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД

### 1.1 Фізико-хімічні властивості кварцових пісків – наповнювачів формувальних сумішей

Основною складовою формувальних сумішей, які використовують у ливарному виробництві, є кварцовий пісок[2].

Піски утворюються при руйнуванні гірських порід, що містять кварц. За походженням формувальні піски відносяться до осадових гірських порід. Найважливішими характеристиками пісків є час відкладання та кратність переносу. Найбільш округлі й однорідні за величиною зерна ті піски, що протягом тривалого часу піддавалися багаторазовим переносам і повторним відкладенням. Головним критерієм при оцінці якості формувальних пісків за хімічним складом є вміст у ньому кремнезему  $\text{SiO}_2$ . Чим вищий його вміст, тим вища якість піску. Поряд із кремнеземом у формувальних пісках майже завжди присутні різні домішки, що погіршують його властивості [3].

Формувальні піски складаються із зерен кварцу і глинистої складової. Її кількість не повинна перевищувати 50%. Для ливарного виробництва формувальні піски поставляють в природному стані й збагаченими.

Основною складовою формувальних пісків є кварц ( $\text{SiO}_2$ ), вміст якого може сягати до 98%. Також в пісках наявні такі мінерали: слюда [мусковіт,  $(\text{K}_2\text{O} \cdot 3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O})$ , біотит  $(\text{K}_2\text{O} \cdot 6(\text{Mg}, \text{Fe})\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O})$ ]; оксиди заліза [гематит ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), магнітний залізняк ( $\text{Fe} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ ), ільменіт ( $\text{Fe} \cdot \text{TiO}_2$ )], гідрати оксиду заліза ( $n\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot m\text{H}_2\text{O}$ ), карбонати [кальцит ( $\text{CaCO}_3$ ), магнезит ( $\text{MgCO}_3$ ), доломіт ( $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$ ), сидерит ( $\text{FeCO}_3$ )], глинисті мінерали (каолініт, монтморилоніт, гідролюди) [4].

Кварцовий пісок має щільність  $\rho = 2650 \text{ кг/м}^3$ , температуру плавлення  $t_{\text{пл}} = 1713 \text{ }^\circ\text{C}$ , твердість по шкалі Мооса 7. При нагріванні у кварці відбувається ряд перетворень. При  $573 \text{ }^\circ\text{C}$   $\alpha$ -кварц переходить у  $\beta$ -кварц. Об'єм змінюється  $\pm 2,4\%$ ;

при 870 °С β-кварц → β-тридиміт, зміна об'єму 15,1%, при 1470 С β-тридиміт → β-кристобаліт, зміна об'єму 4,7%; при 1713 С β-кристобаліт → розплав, зміна об'єму 0,1% [5].

За способом відкладення піски розподіляють на морські, дельтові, лагунно-континентальні, озерні, алювіальні, льодовикові (переносяться водою), еолові (вітром) і елювіальні ( у результаті дій вітру та вимиванням).

Піски, що утворились в результаті руйнівної дії моря, визначаються високою і малим вмістом домішок. Такі піски мають найбільш значні поклади.

Дельтові та лагуно-континентальні піски утворилися в результаті виносу зруйнованих гірських порід річками та морськими водами [4].

Льодовикові піски утворилися в результаті перенесення та відкладення льодовиків, мають нерівномірний зерновий склад. Тому використовуються лише після збагачення-вилучення пилових фракцій і класифікації за величиною зерна.

Елювіальні піски утворюються в результаті вивітрювання на місці руйнування гірських порід; їх властивості залежать від складу і вмісту гірських порід. Ці піски у більшості випадків бувають глинистими. Дрібнозернистими та різнозернистими.

Озерні відкладення пісків також мають неоднорідний зерновий склад і різний вміст глинистої складової.

В залежності від масової частки глинистої складової, усі формувальні піски поділяють на кварцові (К), пісні (Т) та жирні (Ж).

Кварцові та пісні формувальні піски відповідно ГОСТ 2138–91 підрозділяють на групи в залежності від масової частки глинистої складової, коефіцієнту однорідності й середнього розміру зерен, а жирні – від межі міцності при стисканні у вологому стані та середнього розміру зерна.

Кварцові піски містять до 2,0% глинистої складової і розділяються на 5 груп, в залежності від вмісту діоксиду кремнію  $\text{SiO}_2$  –  $K_1, K_2, K_3, K_4, K_5$ , по коефіцієнту однорідності формувальні піски поділяються також на 5 груп –  $O_1, O_2, O_3, O_4, O_5$ .

Середній розмір зерен формувальних пісків в залежності від групи лежить в діапазоні від 0,14 до 0,28.

Пісні піски містять від 2,0 до 12,0% глинистої складової.

В залежності від масової частки глинистої складової пісні піски поділяються на 3 групи.

По масовій частці діоксиду кремнію ( $\text{SiO}_2$ ) пісні піски поділяють на групи  $T_1$ ,  $T_2$ ,  $T_3$ .

В жирних пісках міститься від 12,0 до 50,0% глинистої складової, вони в залежності від межі міцності при стисканні у вологому стані поділяються на групи  $Ж_1$ ,  $Ж_2$ ,  $Ж_3$ .

Позначення марок кварцових і пісних пісків складається з позначень груп по масовій частці глинистої складової, масовій частці діоксиду кремнію, коефіцієнту однорідності й середньому розміру зерна.

Позначення марок жирних пісків складається з позначень груп по межі міцності при стиску у сирому стані й середньому розмірі зерна.

Формувальні піски розділяють по масовій частці вологи, концентрації водневих іонів водневої витяжки (рН), масовій частці шкідливих домішок і по формі зерен.

В залежності від масової частки вологи кварцові піски розподіляються на 3 групи: сухі, вологі та сирі. Сухі піски мають масову частку вологи не менше 0,5%, вологі – не менше 4%, а сирі – не менше 6%.

По концентрації водневих іонів водневої витяжки (рН) піски діляться на 3 групи: кислі, нейтральні, лужні. Кислі мають рН до 6,2, а нейтральні рН від 6,2 до 7, лужні – більше 7.

За масовою часткою шкідливих домішок кварцові піски поділяються на 5 груп: дуже низька, низька, середня, висока і дуже висока. Так у групі дуже низька масова частка шкідливих домішок вміст оксидів лужних і лужноземельних металів ( $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ ) складає не більше 0,4 %, та оксида заліза (III) ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) – не більше 0,2 %. У групі з дуже високою масовою часткою шкідливих домішок вміст оксидів лужних і лужноземельних металів ( $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ ) складає не більше 2%, а оксида заліза (III) ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) – не більше 1% [5].

Форма зерен визначається коефіцієнтом кутастості. Коефіцієнт кутастості визначає ступінь відхилення форми зерен від сферичної і виражається відношенням теоретичної питомої поверхні до дійсної. Теоретичну питому поверхню пісків

( $m^2/kg$ ) визначають за даними ситового аналізу на основі припущення, що всі зерна мають круглу форму. Дійсна питома поверхня є важливою характеристикою багатьох формувальних матеріалів, що дає можливість визначити коефіцієнт кутастості, а також мати дані про дисперсність матеріалу, визначає їхню активність, витрату води й рідких в'язучих матеріалів для одержання оптимальних властивостей формувальних сумішей.

В залежності від коефіцієнту кутастості формувальні піски поділяються на 3 групи: округла, напівкругла, кутаєта. Група округлих пісків має коефіцієнт кутастості не більше 1,1 од., група напівкругла – не більше 1,25 од., група кутаєта – не більше 1,4 од.

Важливим показником кварцових пісків вважається характеристика величини зерна. Поняття величина зерна невід'ємне від поняття про його форму, і дуже важко знайти переконливі об'єктивні ознаки для вираження однією цифрою геометричних тіл складної форми. Наприклад, можна умовно вважати рівновеликими тіла, що мають однакову вагу або об'єм, або поверхню; можна умовно вважати рівновеликими тіла з рівною розрахунковою похідною величиною. Ознака по якій визначається рівновеликість зерна, залежить від методики визначення величини зерна. Тому величина зерна визначена по одному методу, може виявитись нерівною величині зерна визначеному по іншому методу [6].

У більшості розрахунків форма зерен умовно вважається круглою, а розмір зерна умовно виражається його діаметром.

Розмір зерна сильно впливає на його форму, отриману в результаті стирання. Так дрібні зерна розміром  $<0,1$  мм, як правило, зберігають кутаєту форму, оскільки опиняються в проміжках між піщинками й не піддаються стираючому впливу. Зерна діаметром  $>0,4$  мм при стиранні зберігають свою конфігурацію, згладжуванню піддаються гострі грані й виступи. Для зерен розміром  $0,1...0,3$  мм вплив стирання найбільш значний. На поверхні зерна з'являються дефекти у вигляді відколів, причому кількість їх тим меншачим більш округлу форму має зерно [7].

З урахуванням вмісту шкідливих домішок, що знижують вогнетривкість і протипригарну здатність формувальних сумішей, рекомендується застосовувати

піски наступних груп: для великого сталевих лиття – 1К<sub>1</sub>-2, для середнього і дрібного сталевих, а також для великого і середнього чавунного лиття – 2К<sub>1</sub>-3, для середнього і дрібного чавунного лиття, а також для всього кольорового лиття – 3К<sub>1</sub>-4, для дрібного нескладного чавунного і всього кольорового лиття – 4К<sub>1</sub>-5.

Пісні й жирні піски застосовують для приготування піщано-глинистих формувальних сумішей для дрібного лиття із чавуну й кольорових сплавів. Для сталевих лиття жирні піски не рекомендуються, тому що в них утримується велика кількість шкідливих домішок, що підвищує вирогідність утворення пригару на виливках.

Пісний пісок застосовується при виробництві індивідуальних поршневих кілець та інших тонкостінних виливків.

Для приготування формувальних сумішей використовують також збагачені піски. Збагачені піски з низьким вмістом глинистої складової (до 1,0%) рекомендується використовувати для виготовлення форм і стрижнів в холодних і гарячих оснастках із сумішей, що самотверднуть, і пресуванням під високим тиском. Найбільш ефективними методами поліпшення якості пісків є гідравлічна обробка піску при високотемпературному сушінні, гідравлічна обробка і термічна обробка. Термічна обробка піску при високотемпературному сушінні у спеціальних установках з “киплячим шаром” при вихровому потоці гарячого газу дозволяє знизити здатність кварцового піску до розширення й розтріскування.

Із урахуванням зернової структури грубі піски групи 063 у ливарному виробництві не застосовуються, тому що вони утворюють шорстку поверхню виливків. Дуже крупний пісок груп 04 і 0315 використовується при виготовленні чавунних і сталевих виливків масою понад 1000 кг. Середній пісок групи 02 рекомендується для дрібного й середнього лиття із чавуну й сталі. Дрібний і дуже дрібний пісок груп 016 і 01 використовують для виготовлення тонкостінних чавунних і сталевих виливків, а також виливків з кольорових сплавів.

Для виготовлення виливків масою понад 100 кг застосовують теплове сушіння форм і стрижнів для підвищення, насамперед, їх міцності. Крім того, в результаті теплового сушіння зменшується газотвірність і підвищується газопроникність форм.

Піддатливість і вибиваність таких форм регулюється такими домішками в суміші, як дерев'яна тирса, азбестові кришки та інші добувки [8].

## **1.2 Вплив гранулометричного складу кварцового піску на фізико-механічні та технологічні властивості формувальних сумішей**

Щоб виготовити високоякісні виливки із мінімальними витратами, формувальні суміші повинні мати оптимальні властивості на всіх етапах технологічного процесу. Вони мають забезпечити, насамперед, точне відтворення поверхні моделі при формуванні, необхідну щільність і міцність форми, достатню термостійкість, не повинні мати фізико-хімічної взаємодії з рідким металом, щоб не спричинити руйнування її поверхні та утворення дефектів виливків [9].

Підбираючи формувальні суміші, враховують технологічний процес виготовлення форм і виливків, їхню масу, товщину стінок, конструкцію, технологічні вимоги до виливків, тип ливарного сплаву, температуру заливання його в форму, необхідну гладкість поверхні вилівка, серійність.

Для формування важливі такі взаємозв'язані параметри якості формувальних сумішей: міцність на стиск, газопроникність, пористість і обсіпання.

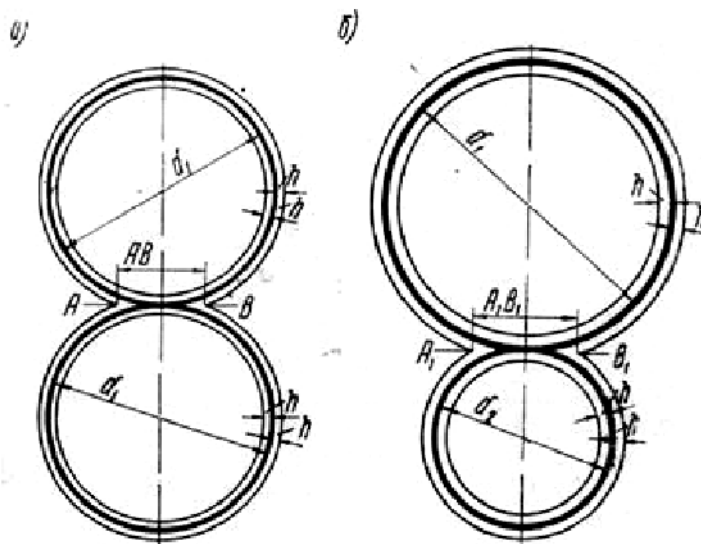
В утворенні якісної формувальної суміші найбільший вплив має гранулометричний склад кварцового піску, так як від величини зерен піску залежить міцність, газопроникність, обсіпання та пористість формувальної суміші.

Найбільш важливою технологічною властивістю більшості випадків є міцність формувальної суміші. Міцність має бути такою, щоб форма витримала всі навантаження (без руйнування) під час технологічного процесу – від ущільнення до затвердіння виливків. Особливо відповідальний період одержання виливків – це час контакту рідкого металу з формою (від температури заливання у форму до температури його солідусу). Необхідно, щоб на поверхні вилівка, що кристалізується, тверда кірка металу утворилася раніше, ніж почне руйнуватися поверхня форми.

На технологічні властивості формувальних сумішей велике значення має гранулометричний склад кварцового піску. Кожне зерно кварцового піску своєю поверхнею стикається в декількох точках з іншими зернами, і тому при неоднорідному гранулометричному складі піску точок дотику між піщинками безсумнівно більше, ніж при однорідному. При збільшенні точок дотику міцність формувальної суміші зростає [11].

Можливе розташування зерен піску можна представити на наступному прикладі (рис. 1.1). Припустимо, що ми маємо об'єм, розміри якого в усіх напрямках заповнений кулями одного діаметру, і якщо цей об'єм заповнити кубиками, ребра яких дорівнюють діаметру кулі, і в кожний кубик вкласти кулю, одержимо нещільне заповнення обсягу кулями. Тобто при однаковому розмірі фракцій кварцового піску ми отримаємо не настільки щільну формувальну суміш, як при вмісті різних фракцій.

При щільному розміщенні куль координати їхнього центра в порівнянні з нещільним розташуванням куль зберігаються тільки щодо однієї площини координат. Відомо, що щільне розміщення куль має як переваги так і недоліки. Схеми їхнього зіткнення представлені на рис. 1.1 [12].



а – з рівними діаметрами; б – з різними діаметрами

Рисунок 1.1 – Схема зіткнення двох зерен піску

Припустимо, що ці кулі і є зерна піску у формувальній суміші. На рисунку товстою лінією накреслений початковий контур зерна, тонкими лініями всередині – залишковий контур після теплової обробки незмінної  $\text{SiO}_2$  і тонкими лініями зовні – контурна лінія початку утворення областей міцної структури. Ці зовнішні області стикаються між собою по площинах.

Звідки видно, що дрібні зерна дають значно більше поверхонь щільного контакту, чим великі. Наприклад, при нещільному розміщенні кулі з більшим діаметром заповнюють простір значно більше і в зіткненнях дають значну кількість поверхонь щільного контакту, в порівнянні з зернами меншого діаметру.

Тому зрозуміло, яке велике значення в утворенні міцної формувальної суміші має наявність зерен різного діаметру в загальному зерновому складі піску, дрібні зерна, розташовані між великими, надають структурі міцний кістяк.

Також важливим є для міцності формувальної суміші геометричний характер – число реалізованих контактів, форма й розміри манжет. Вони в свою чергу залежать від гранулометричного складу піску, а саме розміру й форми зерен піску, а також від вмісту в'язучого, ступеня ущільнення.

Важливим параметром є число контактів, що залежать від розміру й упакування часток. Формувальна суміш має хаотичний склад різних по розміру і формі часток, що характеризується середньою величиною, відносною щільністю суміші, відносною газопроникністю.

Формувальна суміш є багатофракційною моделлю, але в ряді робіт показано, що щільність укладання зерен неправильної форми мало відрізняється від щільності укладання куль. При використанні пісків деякі зміни в значення координаційного числа, вносять фракції 2-го порядку, які при координаційних числах 6, 8, 12 мають умовний діаметр, що становить 0,41; 0,29; 0,15 діаметра фракції 1-го порядку. Вони можуть перебувати в середині пор 1-го порядку. У цьому випадку система буде мати невизначене координаційне число. Мікроскопічні дослідження укладки зерен піску у формувальних сумішах показують, що в структурі їх переважають зерна 1-го порядку. Очевидно, вони і визначають міцність формувальної суміші [13].



На рис. 1.2 показана схема укладання куль з різними кутами укладання  $\alpha = 60 \dots 90^\circ$ , що відповідає інтервалу координаційних чисел.

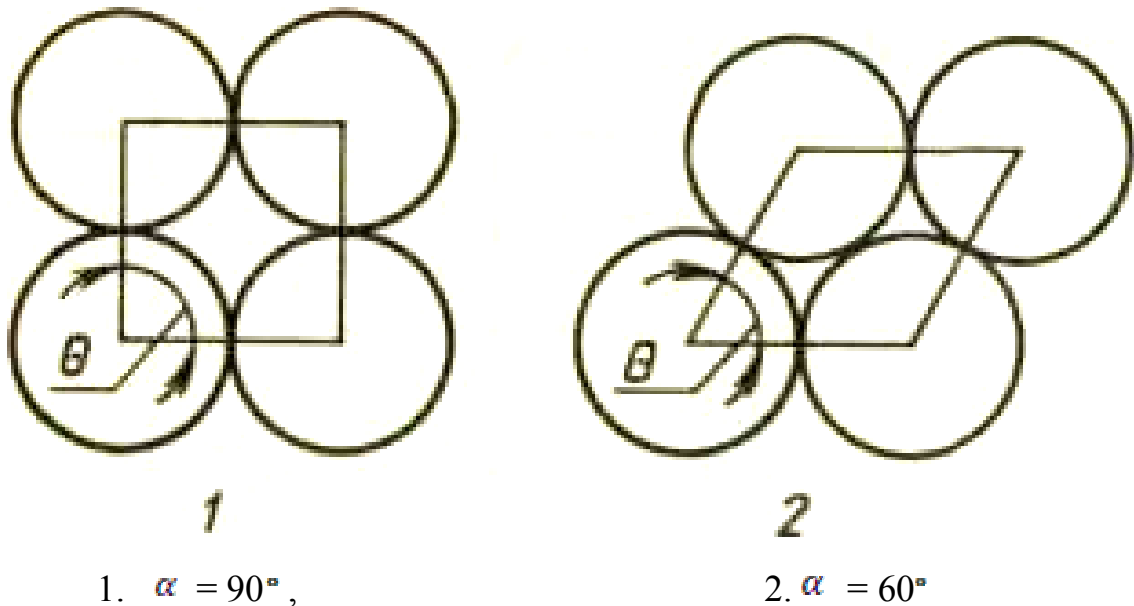


Рисунок 1.2 – Схема укладання куль

При  $\alpha = 90^\circ$  газопроникність суміші значно вища ніж при  $\alpha = 60^\circ$ , але чим більша газопроникність формувальної суміші тим нижча її міцність [14].

Тобто можна зробити висновок, що підвищення щільності формувальної суміші призводить до зниження газопроникності.

Міцність формувальної суміші при  $\alpha = \text{const}$  повинна бути пропорційна одиниці площі при розриві або одиниці об'єму при стисненому навантаженні. Ці величини свою чергу обчислюють за даними гранулометрії, які при орієнтовних розрахунках можуть бути представлені середнім діаметром зернової основи. Однак при зміні середнього діаметра одночасно змінюється геометрія манжет і щільність упакування. Остання зменшується зі зменшенням середнього діаметра

Значний вплив ступеня ущільнення на міцність пов'язано головним чином зі змінами геометрії манжет при зближенні зерен у контактах. Ріст числа контактів грає в цьому випадку велику роль [15].

При незмінній середній товщині планки в'язучого у всіх випадках спостерігається істотний вплив одиниці об'єму або одиниці площі на міцність при відповідному виді навантаження.

Зі структурних факторів на міцність сильніше всього впливає гранулометричний склад. Звідси видно, що зменшення зернового складу без зміни складу в'язучого завжди буде приводити до втрати міцності інавпаки. Цим, зокрема, пояснюється суперечливе підвищення міцності при переході на грубозернисті піски. При вакуумному формуванні, де немає в'язучого, подрібнення зерен збільшує число контактів і, відповідно, міцність форми.

На міцність формувальної суміші впливає гранулометричний склад кварцового піску. Формально міцність пропорційна  $1/d_{\text{ср}}^3$ , але при зміні середнього розміру зерна одночасно з одиницею об'єму змінюється щільність упакування й розміри манжет. Тому залежність міцності від  $d_{\text{ср}}$  носить складний характер і гранулометрична характеристика піску описується складною функцією розподілу.

При кожному із сучасних способів ущільнення визначальною мірою матеріалу форми є деформація зрушення. Вона реалізується доти, поки ущільнення суміші даної сполуки не вичерпане, і досягається зближення зерен настільки близько, що починають проявлятися пружні властивості в'язучого.

Напруга зрушення еквівалентна плинності або ущільнення і у першому наближенні, може використовуватися для їх суворої фізичної, а не непрямой (за технологічними пробами) оцінки [15].

Кут внутрішнього тертя залежить в основному від гранулометрії й форми піску, а також і від кількості й властивостей в'язучого матеріалу. Для піщано-глинистих сумішей він становить за різним даними  $15...35^\circ$ ; мінімальні значення кута мають формувальні суміші, що знижують в'язкість. Кут внутрішнього тертя для сумішей з вмістом  $4...4,5\%$  рідкого скла становить  $10...15^\circ$ . Треба мати на увазі, що ці дані повинні розглядатися стосовно до умов конкретних експериментів, тому що й зчеплення й внутрішнє тертя залежать від швидкості деформації й ступеня ущільнення суміші.

Міцність кістякової системи, до якої належить будь-яка формувальна суміш, визначається двома параметрами – міцністю зв'язку між зернами наповнювача в зоні контакту і числом реалізованих контактів, що доводиться на одиницю об'єму. Реалізованими будемо вважати ті контакти, які здійснюються через плівку в'язучого. Обидві ці величини є статистичними в силу невизначеності геометрії зерен і неоднорідності їхніх розмірів, тому їх можна використовувати тільки для якісного аналізу міцності, як фізичної властивості суміші. У більш суворій постановці враховують ще сили механічного зчеплення між зернами, як це робиться, наприклад, у теорії міцності сипучих матеріалів. Однак у формувальних сумішей при малих граничних деформаціях руйнування зчеплення не має істотного значення [16].

Гранулометричний склад кварцового піску впливає і на внутрішні напруження, а також на руйнування формувальної суміші. Відомі внутрішні напруження I, II і III роду. Напруження I роду, урівноважені в об'ємі тіла, викликаються наявністю неоднорідного силового поля. Вони виникають при нерівномірній по об'єму усадці або розширенні, перепаді температур. Під дією напружень I роду можливе утворення тріщин у формах і стрижнях при сушінні, самотвердненні, продувці газоподібними затверджувачами [15].

Напруження III роду в полікристалічних тілах урівноважуються в об'ємі зерен, напруження II роду – в об'ємі кристалічного осередку. Стосовно до формувальних сумішей напруженнями III роду можна вважати напруження, які врівноважуються в межах наповнювача. При ізотропії властивостей суміші й відсутності нерівномірного силового поля в об'ємі форми напруження II роду знижують міцність кожного структурного елемента, а отже, всієї суміші при будь-яких видах напруження. Таким чином, незважаючи на відсутність небезпечних макронапружень у формі міцність суміші, яка вимірюється на зразках, знижується. Тому руйнування формувальних сумішей відбувається завжди [12].

Формувальна суміш являє собою конструкційний матеріал, що на відміну від матеріалів для машин і конструкцій – металів, бетону, скла, пластмас, випробовує, як правило, дію короткочасних статичних і динамічних навантажень. Тому

гранулометричний склад має великий вплив на властивості формувальної суміші. Її поведінка при різних видах навантаження, особливості деформацій і руйнування представляють як теоретичний, так і практичний інтерес для деяких видів технологічних розрахунків, оцінки впливу форми на точність виливків, аналізу силової взаємодії вилівка й форми. Тому важливо сформулювати початкові значення про механізм руйнування, що пов'язаний з фізичними властивостями сумішей, як кістякових тіл, фізико-хімічними особливостями [16].

### **1.3 Висновки і постановка задачі досліджень**

1. Основним вихідним формувальним матеріалом для приготування формувальних сумішей є кварцові піски. Використання високоякісних кварцових пісків забезпечує виготовлення якісних виливків із різних сплавів.

2. Гранулометричний склад кварцового піску впливає на технологічні властивості формувальної суміші. Від величини зерен піску залежить міцність, газопроникність, пористість, обсіпання, щільність а також якість поверхні виливків.

3. У даний час гранулометричний склад формувального наповнювача визначають за середнім розміром зерна і коефіцієнтом однорідності. Однак ці параметри не дають чіткого уявлення щодо співвідношення часток різного розміру в загальному об'ємі наповнювача формувальних сумішей. А саме оптимальне співвідношення різних зернових фракцій у складі формувальної суміші дає можливість максимально підвищити всі технологічні властивості формувальної суміші.

4. Метою магістерської роботи є дослідження впливу гранулометричного складу кварцових пісків на технологічні властивості формувальних сумішей.

5. Знаючи оптимальний склад формувальної суміші, отримаємо оптимальну упаковку зерен. Завдяки цьому матимемо можливість підбирати необхідні технологічні властивості для різних сумішей змінюючи їх гранулометричний склад.

## 2 МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

### 2.1 Вихідні матеріали для приготування сумішей

Вихідні матеріали, які використовуємо для приготування формувальних сумішей:

- річковий Дніпровський кварцовий пісок;
- формувальна глина Дашуківського родовища;
- рідке скло.

#### 2.1.1 Кварцовий пісок

В дослідженнях магістерської роботи використовуємо річковий кварцовий пісок марки  $3K_1O_3O_3$ , він має більш округлу форму та мінімальну кількість глинистої складової. Масова частка глинистої складової не більше 0,2%, масова частка діоксиду кремнію не менше 99,0%, коефіцієнт однорідності 60,0...70,0%, середній розмір зерна від 0,24 до 0,28 мм[22].

#### 2.1.2 Глина формувальна

Для досліджень використовуємо Дашуківську формувальну глину марки П1Т<sub>1</sub>КА ГОСТ 28177-89 [23].

Технічні характеристики:

- границя міцності на стиск 93...97 кПа;
- міцність на розрив в зоні конденсації вологи 2,9...3,2 кПа;
- термічна стійкість 0,61...0,66 од.
- масова частка вологи 7,5...9,5%;
- коефіцієнт водопоглинання 7,0...9,0 од.;
- залишок на ситах у % не більше, на ситах з розміром комірок 0,4...0, 0,16 – 2,9...3,6[24].

Глина марки ПТ<sub>1</sub>КА природна кальцієва, міцна, високозв'язувальна, високостійка, активатор Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>.

### **2.1.3 Рідке скло**

Для проведення досліджень використовуємо водний розчин натрієвого рідкого скла Na<sub>2</sub>O·nSiO<sub>2</sub>ГОСТ 13079-93[25]. Рідке скло потім додається до формувальної суміші. Основні властивості натрієвого рідкого скла, яке ще називають содовим, згідно ГОСТ 13078-81:

- силікатний модуль – 2,64;
- щільність – 1450 кг/м<sup>3</sup>[26].

### **2.1.4 Визначення властивостей вихідних матеріалів формувальних сумішей**

Для визначеннягранулометричного складу кварцового піску застосовується метод розвісу за ГОСТ 23409.24-78 на стандартному наборі сит з наступним визначенням отриманих класів крупності[27]. Результат визначень представляється у відсотках вмісту фракцій матеріалу від загальної маси наважки. Стандартні сита застосовуються за ГОСТ 3826-82 [28].

### **2.1.5 Підготовка вихідних матеріалів**

Для приготування формувальної суміші високої якості необхідно, щоб її компоненти мали стабільні високоякісні властивості. Тому їх підготовці приділяємо велику увагу.

Для початку необхідну визначити марку піску, потім розсіюємо кварцовий пісок по фракціям.

Висушений попередньо пісок до вологості 0,5...1% розділяється на фракції на лабораторній установці моделі 029. Кожна із фракцій зсипається в окрему ємність, зберігається в сухому стані і використовується в міру необхідності.

Глина у вигляді порошку зберігається в сухому місці (без доступу вологи повітря) до моменту використання.

Рідке скло зберігається в закритій ємності до моменту використання.

## **2.2 Приготування формувальних сумішей**

Для приготування піщано-глинистих формувальних сумішей використовуємо коткові змішувачі з вертикально розташованими котками моделі 018М.

Для проведення досліджень готуємо 2 кг суміші:

– в бігуни, що обертаються, вводяться сипучі матеріали (пісок необхідних фракцій, глина);

– виконується перемішування протягом 3 хв.;

– в бігуни, що обертаються, вводяться рідкі складові суміші (вода і рідке скло попередньо змішані);

– виконується перемішування протягом 5 хв.

Після закінчення перемішування відкривається люк в дні змішувача та при обертанні вала з бігунами вивантажується суміш в приймальну тару.

## **2.3 Виготовлення зразків сумішей**

Зразки виготовляються у відповідності ГОСТ 23409.0-78 [29]. Стандартні зразки мають діаметр і висоту 50 мм. Виготовляють їх при ущільненні суміші за допомогою трьох ударів лабораторного копра моделі 030М в гільзі з внутрішнім діаметром 50 мм і висотою 120 мм.

Після ущільнення висота зразка повинна бути рівна 50 мм з доступним відхиленням  $\pm 0,8$  мм. Цим розмірам відповідають три риски на штоку, які повинні співпадати з рисою на верхньому вертикальному приливі станини. Висоті зразка 50 мм відповідає середня риска на штоку.

Сушіння зразків формувальної суміші проводиться при температурі 120 °С, на протязі 60 хв, до постійної маси зразка.

## **2.4. Визначення технологічних властивостей формувальних сумішей**

### **2.4.1 Визначення міцності на стиск у сирому та сухому стані**

Визначення міцності на стиск у сирому стані проводять за ГОСТ 23409.7-78.

Для визначення міцності сирих зразків на стискання застосовуємо прилад моделі 0,51, межі вимірювання міцності становить – 4,9...124,5 кПа[30].

Для визначення міцності на стискання сухих зразків застосовуємо прилад моделі 04116. Прилад призначений для визначення міцності зразків в межах 0,6...3,0 МПа.

### **2.4.2 Визначення газопроникності сумішей**

Газопроникність формувальних сумішей визначається на стандартних циліндричних зразках в нероз'ємній металевій гільзі, при стандартному ущільненні (три удари лабораторного копра моделі 030М) за ГОСТ 23409.6-78 [31].

Гільзі зі зразком встановлюємо на прилад для визначення газопроникності та проводять виміри. Використовуємо прискорений метод визначення газопроникності суміші. Випробування проводиться при вантажі із додатковим опором – ніпелем з отвором діаметром 1,5 або 0,5 мм.

Через зразок пропускаємо 2000 см<sup>3</sup> повітря під тиском 980,7 Па (10 см. вод. ст.). При випробуванні піску або суміші газопроникність більше 49 од. застосовують ніпель з отвором діаметром 1,5 мм. При випробуванні піску або суміші газопроникністю менше 49 од. застосовують ніпель з отвором діаметром 0,5 мм. Величину газопроникності зразка фіксують за показами приладу.

За остаточний результат випробувань приймають середнє арифметичне результатів трьох визначень.



### 2.4.3 Визначення обсіпання сумішей у вологому та сухому стані

Обсіпання формувальної суміші у сирому та сухому станах визначається за ГОСТ 23409.9-78[32]. Для проведення дослідження зразок підготовлюють за ГОСТ 23409.6-78 [31].

Зразок формувальної суміші зважуємо, потім поміщаємо в центральну частину машини моделі 056, яка обертається зі швидкістю  $(60 \pm 5)$  об/хв., на протязі 60 с. Після зупинки барабана зразок дістаємо і знову зважуємо.

Обсіпання формувальної суміші у відсотках визначають за формулою:

$$X = \frac{m - m_1}{m} * 100, \% \quad (2.1)$$

$m$  – маса зразка до випробування, кг;

$m_1$  – маса зразка після випробування, кг.

Якщо результат одного випробування відрізняється від іншого більше ніж на 20%, випробування повторюють.

За результат випробування приймають середнє арифметичне значення трьох останніх випробувань [33].

### 2.4.4 Визначення пористості та щільності формувальних сумішей

Існує декілька методів визначення пористості, що здебільшого вимагають використання приладів та пристроїв, іноді значної складності, поверхнево активних речовин та інше. З метою спрощення визначення пористості формувальних сумішей, використовують розрахунковий метод Мельчера[34].

Пористість формувальної суміші вираховують за формулою, що виходить з формули Пуазейля (2.2).

$$K_m = \frac{V_{об} - V_{ТВ}}{V_{об}} \cdot 100 = \left(1 - \frac{\rho_{об}}{\rho_{ТВ}}\right) \cdot 100, \% \quad (2.2)$$

де  $K_m$  – пористість суміші, %

$V_{об}$  – об'єм зразка суміші, м<sup>3</sup>;

$V_{ТВ}$  – об'єм твердої частини зразка, м<sup>3</sup>;

$\rho_{об}$  – щільність зразка, кг/м<sup>3</sup>;

$\rho_{ТВ}$  – щільність твердої частини зразка, кг/м<sup>3</sup>.

Щільність твердої частини стандартного циліндрового зразка формувальної суміші визначається з розрахунку середнього вмісту складових річкового піску (табл. 1) [35].

Таблиця 2.1 – Вміст складових річкового піску

Складова піску	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> O	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O
Вміст, %	94,66	1,43	0,12	0,75	0,63

## 2.5 Методика планування експерименту

### 2.5.1 План експерименту побудований за допомогою програми ПРІАМ

Програмний засіб ПРІАМ призначено для виконання комплексу робіт, пов'язаних з плануванням експериментів, обробкою їх результатів із застосуванням методів прикладної статистики, а також аналізом і дослідженням моделей з використанням обчислювального експерименту.

ПРІАМ – це підтримка високоефективної технології вирішення комплексних завдань, пов'язаних із плануванням експерименту, обробкою їх результатів, а також

побудовою, аналізом і дослідженням математичних моделей методами обчислювального експерименту.

Застосування технології обробки даних з використанням ПРИАМ дозволяє забезпечити при комплексному підході високу надійність кінцевого результату і економію ресурсів[36].

### **2.5.2 Конструювання плану при пошуку оптимальних умов**

Отриманий план являє собою матрицю, кожен рядок якої містить кодовані значення незалежних змінних для кожного експерименту.

На підставі плану експерименту в кодованих значеннях складається робоча матриця спостережень, кожен рядок якої містить умови проведення 1-го досвіду і графі для занесення залежних змінних (відгуків).

Для пошуку оптимальних умов використовуються плани на основі ЛП-т чисел (до 51 фактора) або Холтона (при більшому числі незалежних змінних). Ці плани дозволяють досить чітко прозондувати простір. При проведенні експериментів по пошуку оптимальних умов рекомендується наступна тактика. Спочатку виконати тільки частину експериментів, наприклад 10 з 20 запланованих. Після їх аналізу прийняти рішення про подальші дії, наприклад:

- припинити подальші експерименти, оскільки потрібний рівень якості досягнутий;
- виконати залишилось експерименти, де точки розподілені по всій області дослідження;
- згенерувати нову матрицю і провести додаткові дослідження не по всій області, а в деякій підобласті, яка локалізована за результатами першої серії експерименту.

Необов'язково проводити всі заплановані експерименти, можна зупинитись в будь-якій точці, як тільки досягається задовільний результат. Рекомендується після вибору оптимальної точки провести в її області кілька перевірочних експериментів, тому що при відсутності повторних дослідів отриманий результат міг бути випадковим [37].

### 2.5.3 Тактика проведення експериментів при пошуку оптимальних умов

Проведення експериментів при пошуку оптимальних умов має деякі особливості.

Після визначення необхідного числа експериментів, проводиться перша серія експериментів по плану, згенерована на основі ЛПтчисел або чисел Холтна. Досліди можна не дублювати. Після проведення всієї серії експериментів визначається найкраща за обраним критерієм якість точка, за допомогою функції «вибір найкращої точки». Подальші дії залежать від того, чи задовольняє ця точка поставлені мети чи ні. Якщо отримана точка нас задовольняє, то навколо цієї точки проводиться перевірочний експеримент (3...4 експеримента) і на цьому робота закінчується. Якщо ж перевірочні експерименти виявлять сильну розбіжність ( в бік погіршення показників), то це означає, що результат був випадковим (адже повторні досліди не проводили) [36]. У такому випадку вибирається наступна точка за експериментальною вибіркою та аналізом проводиться аналогічним чином. У тому випадку, коли точка нас не задовольняє, ми можемо вибрати для продовження робіт один з наступних варіантів:

1. Провести додаткову серію експериментів по всій області дослідження.
2. Провести додаткову серію експериментів в області передбачуваного існування оптимуму.
3. Побудувати за отриманими даними математичну модель і знайти область оптимуму за допомогою обчислювального експерименту.

Протягом експерименту можливе отримання сумішей з властивостями, що не дозволяють провести відповідні іспити – у такому разі до таблиці заносяться нульові результати. Експеримент спланований за планом, розробленим на основі ЛПт послідовностей [37].

#### 2.5.4 Оброблення результатів експериментів

За результатами проведеного експерименту будується регресійна модель виду :

$$Y = f(x_1, x_2, x_3, x_4) \quad (2.3)$$

де  $Y$  – відповідна функція відгуку (газопроникність, міцність на стиск, обсіпання, ущільнення);

$X_i$  – відповідний фактор (зернистість піску, кількість глини, рідкого скла, кількість води).

У разі неадекватності моделі (2.3) виконується нарощування робочої матриці плану та проводиться додатковий експеримент.

У разі досягнення адекватності моделі (2.3) проводиться багатокритеріальна оптимізація з побудовою статистичних залежностей [37].

## 4 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

### 4.1 Техніко-економічне обґрунтування НДР

#### 4.1.1 Науково-технічна актуальність теми дослідження

Незважаючи на бурхливий розвиток новітніх методів формоутворення при виробництві виливків з металів та сплавів, традиційний спосіб їх формоутворення методом лиття в піщано-глинисті форми залишається не тільки актуальним, але й дуже перспективним. Тому до формувальних сумішей пред'являються підвищені вимоги до їх технологічних властивостей.

Робота по визначенню оптимального співвідношення зерен наповнювача у складі формувальної суміші, а також визначення її оптимального складу та технологічних властивостей виконується вперше, оскільки проблематика цього питання не вивчалась раніше.

Тому, актуальність магістерської роботи полягає в тому, що знаючи оптимальне співвідношення різних зернових фракцій у складі формувальної суміші будемо мати можливість максимально підвищити всі технологічні властивості формувальної суміші. Знаючи оптимальний склад суміші, отримаємо оптимальну упаковку зерен наповнювача. Завдяки цьому матимемо можливість підбирати необхідні технологічні властивості для різних складів суміші змінюючи їх гранулометричний склад. Тому дана тема актуальна і може являти практичний інтерес.

#### 4.1.2 Цілі і завдання НДР

На основі проведеного аналізу літературних джерел встановлено, що:

1. Основним вихідним формувальним матеріалом для приготування формувальних сумішей є кварцові піски. Використання високоякісних кварцових пісків забезпечує виготовлення якісних виливків із різних сплавів.

2. Гранулометричний склад кварцового піску впливає на технологічні властивості формувальної суміші. Від величини зерен піску залежить міцність, газопроникність, пористість, обсіпання, щільність а також якість поверхні виливків.

3. У даний час гранулометричний склад формувального наповнювача визначають за середнім розміром зерна і коефіцієнтом однорідності. Однак ці параметри не дають чіткого уявлення щодо співвідношення часток різного розміру в загальному об'ємі наповнювача формувальних сумішей. А саме оптимальне співвідношення різних зернових фракцій у складі формувальної суміші дає можливість максимально підвищити всі технологічні властивості формувальної суміші.

4. Метою магістерської роботи є дослідження впливу гранулометричного складу кварцових пісків на технологічні властивості формувальних сумішей.

5. Знаючи оптимальний склад формувальної суміші, отримаємо оптимальну упаковку зерен. Завдяки цьому матимемо можливість підбирати необхідні технологічні властивості для різних сумішей змінюючи їх гранулометричний склад.

#### **4.2 Розрахунок планової собівартості проведення дослідження**

Розрахунок сіх витрат на НДР, пов'язаних з виконанням даної теми, дає можливість встановити її кошторисну вартість. Планування забезпечує зниження трудових і матеріальних витрат з метою отримання найкращих результатів за найменших витрат[53].

Планова собівартість визначається за наступними видатковими статтями:

- заробітна плата науково-дослідницького персоналу;
- єдиний соціальний внесок;
- вартість спеціального обладнання для виконання НДР;
- вартість матеріалів, необхідних для проведення НДР;
- витрати на службові відрядження;
- інші прямі витрати по темі.

#### 4.2.1 Заробітна плата науково-дослідницького персоналу

Витрати за цією статтею включають в заробітну плату працівників усіх категорій, зайнятих виконанням робіт з даної теми.

Заробітна плата розраховується на основі даних про трудомісткість окремих робіт і посадової оплати виконавців цих робіт [54]. Розрахунок ведеться в людиноднях. Перелік робіт та трудомісткість зведено в табл. 4.1.

Таблиця 4.1 – Трудомісткість етапів НДР

Етапи НДР	Трудомісткість, людино-днів				Разом, людино-днів
	Відповідальний виконавець теми, с.н.с.	Науковий співробітник	Інженер-дослідник	Технік	
1	2	3	4	5	6
Отримання завдання, підбір та аналіз публікацій з теми	4	14	16	–	42
Розроблення методики дослідження	7	6	4	–	21
Підготовка вихідних матеріалів	–	–	4	5	7
Підготовка дослідних установок	–	–	4	2	4
Виготовлення сумішей	5	5	4	5	17
Дослідження впливу гранулометричного складу кварцового піску на технологічні властивості формувальних сумішей	10	10	8	10	34
Аналіз та обговорення результатів	3	2	–	–	5
Оброблення результатів та побудова залежностей	10	2	–	–	12



Продовження таблиці 4.1

1	2	3	4	5	6
Оформлення записки	14	5	–	–	19
Оформлення ілюстративного матеріалу	5	1	–	–	6
Рецензія та захист диплому	2	2	4	1	7
Разом	60	47	44	23	174

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

Перемножуючи середньоденну заробітну плату за кожною категорією виконавців на відповідну планову трудомісткість робіт, розраховується плановий фонд заробітної плати всіх виконавців [53]. Підсумовуючи одержані результати, визначається загальний фонд заробітної плати з теми. Результати розрахунку фонду заробітної плати з теми зведено до табл. 4.2.

Таблиця 4.2 – Фонд заробітної плати

Посада	Трудомісткість, людиноднів	Місячний оклад, грн.	Денна заробітна плата, грн.	Сумарна заробітна плата за виконавцями, грн.
Відповідальний виконавець теми, с.н.с.	77	5200	377,36	29056,72
Науковий співробітник	64	4400	207,55	13283,2
Інженер-дослідник	60	1700	80,95	4857
Технік	43	2000	94,34	4056,62
Разом				51253,54

#### 4.2.2 Єдиний соціальний внесок

Відрахування на соціальні заходи складає 36,3 % від суми основної та додаткової заробітної платні:

$$BC = (ПФЗП+ДФЗП) \cdot 0,38 = 11779,76 \cdot 0,363 = 4276,05 \text{ грн} \quad (4.1)$$

#### 4.2.3 Витрати на спеціальне обладнання для проведення експериментів

В роботі використовувались наступні прилади та обладнання: електронні ваги; лабораторний копер моделі 030М; котковий змішувач моделі 018М; сито для просіювання наповнювача; розривна машина РП-100.

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

#### 4.2.4 Витрати на матеріали

До цієї статті витрат відносяться витрати на придбання основних матеріалів, комплектуючих виробів та напівфабрикатів.

Ціну матеріалів та покупних виробів визначають за ринковими цінами.

Дані про основні матеріали наведені в табл. 4.3

Таблиця 4.3 – Вартість основних матеріалів

Найменування матеріалу	Кількість	Ціна	Сума, грн.
Кварцовий пісок	40 кг	0,22	8,8
Формувальна глина	10 кг	0,5	5
Рідке скло	4 л	22,7	90,8
Всього			104,6

Транспортно-підготовчі витрати  $V_{\text{ТР}}$  складають 10% від ринкової вартості:

$$V_{\text{ТР}} = 104,6 \cdot 0,1 = 10,46 \text{ грн.} \quad (4.2)$$

Повна сума витрат на матеріали:

$$104,6 + 10,46 = 115,06 \text{ грн.} \quad (4.3)$$

#### 4.2.5 Витрати на службові відрядження

Згідно з планом даної НДР службові відрядження не передбачаються.

#### 4.2.6 Інші витрати за темою

Ця стаття поєднує в собі всі витрати на проведення НДР, які не увійшли до попередніх статей (оплата спеціалістів з інших організацій, оплата консультацій, використання обладнання інших організацій та інше). При проведенні роботи на інші прямі витрати відводять 10% від суми прямих витрат на НДР:

$$V_I = (11779,76 + 4276,05 + 115,06) \cdot 0,1 = 1641,19 \text{ грн.} \quad (4.4)$$

#### 4.2.7 Накладні витрати

До накладних витрат відносяться:

- заробітна платня адміністративно-управлінського персоналу, господарського та обслуговуючого персоналу з нарахуванням органам страхування;
- витрати на придбання допоміжного обладнання;
- витрати по охороні праці та на техніку безпеки;
- амортизація устаткування;

– інші загальногосподарські та дослідницькі витрати.

$$H_B = (B_M + Z_{OF} + B_C + B_I) \cdot 0,2, \quad (4.5)$$

де  $B_M$  – вартість матеріалів, покупних виробів та напівфабрикатів;

$Z_{OF}$  – фонд заробітної плати;

$B_C$  – відрахування на соціальне страхування;

$B_I$  – інші витрати.

$$H_B = (115,06 + 11779,76 + 4276,05 + 1641,19) \cdot 0,2 = 3610,63 \text{ грн.}$$

Розрахунок за всіма статтями витрат зведено до табл. 4.4.

Таблиця 4.4 – Плановий кошторис витрат на виконання НДР

Стаття витрат	Умовні позначення	Сума	
		грн.	%
Заробітна плата виконавців	$Z_{OF}$	11779,76	54,5
Єдиний соціальний внесок	$B_C$	4276,05	19,7
Витрати на спеціальне обладнання для проведення експериментів	$B_O$	–	–
Витрати на матеріали	$B_M$	319,34	1,5
Витрати на відрядження	–	–	–
Інші витрати по темі	$B_I$	1637,52	7,6
Накладні витрати	$H_B$	3602,53	16,7
Разом		21615,20	100

### 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:

– важливість розробки ( $K_1$ );

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

Шкала для оцінки важливості розробки  $K_1$ :

1. Ініціативна робота, яка не є а ні частиною комплексної програми, а ні завданням директивних органів – 1.

2. Робота, яка виконується за договором про науково-технічні допомоги – 3.

3. Робота представляє собою частину відомчої програми – 5.

4. Робота представляє собою частину відомчої комплексної програми – 7.

5. Робота виконується як частина міжнародної комплексної програми – 8.

Приймаємо показник важливості розробки  $K_1 = 5$ .

Шкала для оцінки можливості використання результатів розробки  $K_2$ :

1. Результати розробок можуть бути використані в даному підрозділі – 1.

2. Результати розробки можуть бути використані в даній організації – 3.

3. Результати розробки можуть бути використані в багатьох організаціях – 5.

4. Результати розробки можуть бути використані в масштабах галузі – 8.

5. Результати розробки можуть бути використані в багатьох різноманітних галузях – 10.

Приймаємо показник  $K_2 = 8$ .

Шкала для оцінки теоретичної значимості і рівня нововведення  $K_3$ :

1. Аналіз узагальнення і класифікація відомої інформації, подібні результати були відомі в досліджуваній області – 2.

2. Одержання нової інформації, що доповнить подання про суттєвість досліджуваних процесів, не відомої в дослідницькій області – 3.

3. Одержання нової інформації, яка частково міняє уявлення про суттєвість дослідження процесів, не відомих раніше – 5.

4. Створення нових теорій, методик і т. п. – 6.

5. Одержання інформації, яка служить формуванню нових напрямків – 8.

Приймаємо показник  $K_3 = 3$ .

Шкала для оцінки показників складності дослідження  $K_4$ :

1. Робота виконується одним підрозділом, витрати менше 20 тис.грн. – 1.
2. Робота виконується одним підрозділом, витрати 20...100 тис. грн. – 3.
3. Робота виконується одним підрозділом, витрати 100...200 тис. грн. – 5.
4. Робота виконується з урахуванням багатьох підрозділів, витрати від 200 тис.грн. до 1 млн. грн. – 7.
5. Робота виконується декількома організаціями, витрати понад 1млн.грн. – 9.

Приймаємо показник  $K_4 = 3$ .

Загальна оцінка вираховується перемноженням коефіцієнтів. Умовний ефект на кожен бал становить 200 грн.

$$E^y_o = 200 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4, \quad (4.6)$$

де  $K_1$  – важливість розробки;

$K_2$  – можливість використання результатів розробки;

$K_3$  – теоретичне значення та рівень новизни;

$K_4$  – складність розробки.

$$E^y_o = 200 \cdot 5 \cdot 8 \cdot 3 \cdot 3 = 72000 \text{ грн.}$$

Умовний ефект НДР:

$$E^y_{\text{НДР}} = E^y_o - E_n \cdot Z_{\text{НДР}}, \quad (4.7)$$

де  $E^y_o$  – загальна оцінка;

$E_n$  – нормативний коефіцієнт економічної ефективності;

$Z_{\text{НДР}}$  – витрати на виконання НДР.

$$E^y_{\text{НДР}} = 72000 - 0,15 \cdot 21615,20 = 68757,72 \text{ грн.}$$

Економічна ефективність НДР визначається коефіцієнтом ефективності  $E$ , який характеризує частку загального ефекту від розробки на умовну одиницю витрат:

$$E = E_{\text{НДР}}^y / Z_{\text{НДР}}, \quad (4.8)$$

де  $E_{\text{НДР}}^y$  – умовний ефект НДР;

$Z_{\text{НДР}}$  – витрати на виконання НДР.

$$E = 68757,72/21615,20 = 3,2$$

Отже, судячи з розрахованого коефіцієнта, виконання даної НДР є економічно обґрунтованим.

## 5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

### 5.1 Мета роботи

Охорона праці – це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів і засобів, спрямованих на збереження життя, здоров'я і працездатності людини у процесі трудової діяльності[41].

Охорона праці є невід'ємною частиною організації праці і виробництва. Вона вимагає створення таких умов трудової діяльності, при яких виключається вплив на працюючий персонал небезпечних і шкідливих виробничих факторів. Здоров'я і умови праці персоналу можуть забезпечені виконанням науково обґрунтованих правил і норм. Крім того, охорона праці включає організаційні і технічні заходи, спрямовані на усунення причин травматизму і захворювань робітників та службовців на виробництві, створення для них безпечних умов, поступову ліквідацію шуму і вібрацій, запиленості виробничих приміщень, будівництво і реконструкцію санітарно-побутових приміщень, забезпечення робітників засобами індивідуального захисту. Усе це в комплексі підвищує продуктивність праці людини і зберігає її здоров'я.

Головною метою охорони праці є створення на кожному робочому місці безпечних умов праці, безпечної експлуатації обладнання, зменшення або повна нейтралізація дії шкідливих і небезпечних виробничих факторів на організм людини і, як наслідок, зниження виробничого травматизму та професійних захворювань[42].

Магістерська робота виконувалась в 07 лабораторії 9 корпусу відповідно до правил охорони праці. Метою даного розділу є аналіз небезпечних та шкідливих чинників, що мають місце при виконанні даної роботи, розробка заходів та засобів, спрямованих на усунення цих чинників або проведення їх до нормативних значень, а також забезпечення безпеки персоналу у разі надзвичайної ситуації.



## 5.2 Аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів

Шкідливий виробничий фактор – це фактор, вплив якого за певних умов може призвести до захворювання, зниження працездатності або негативного впливу на здоров'я нащадків і навіть до смерті як наслідок захворювання [43].

Згідно СН 245 – 71 для допоміжних приміщень (аналітична лабораторія) повинна бути висота не менше 3,2 м, а об'єм і площа приміщення 1,5 м<sup>3</sup> та 4,5 м<sup>2</sup> відповідно на кожного працівника.

Параметри лабораторії (рис. 5.1) :

- довжина лабораторії  $a = 13$  м;
- ширина лабораторії  $b = 12$  м;
- висота лабораторії  $h = 3,5$  м;
- вікна в лабораторії з розмірами 1,3 x 1,7 м, кількість – 13 шт.

За цими величинами були розраховані :

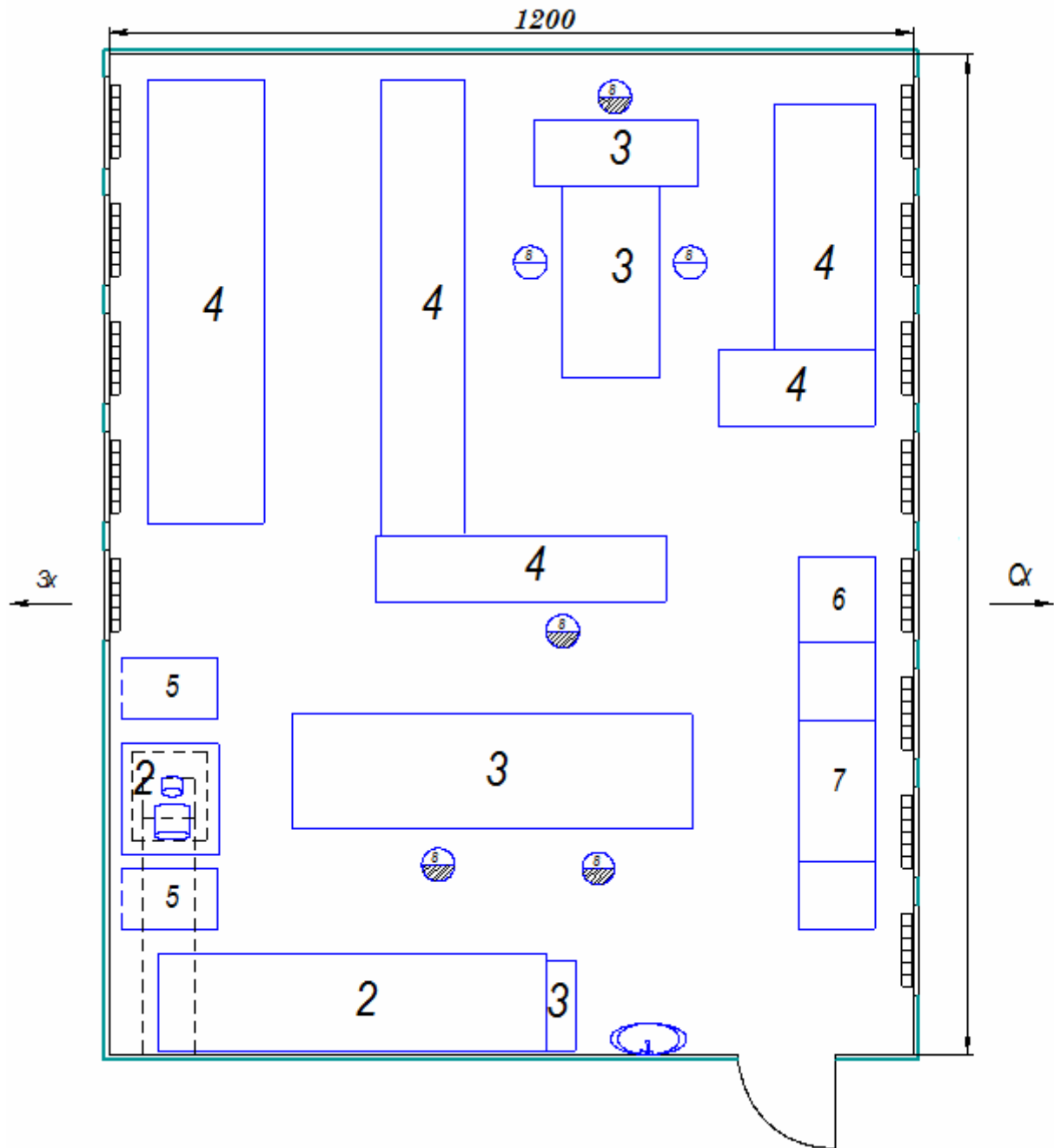
- площа лабораторії  $S = a \cdot b = 156$  м<sup>2</sup>;
- загальний об'єм лабораторії  $V = a \cdot b \cdot h = 546$  м<sup>3</sup>.

Оскільки кількість працюючих у лабораторії не перевищує 5 осіб, то площа та об'єм, що припадає на одну людину дорівнює:

- площа лабораторії на одного працівника  $S_{\square} = S/5 = 31,2$  м<sup>2</sup>;
- об'єм лабораторії на одного працівника  $V_{\square} = V/5 = 109,2$  м<sup>3</sup>.

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 СН 245 – 71.



1 – піч електроопору; 2 – витяжка; 3 – робочий стіл; 4 – шафа; 5 – лабораторне обладнання; 6 – обладнання для просіювання суміші; 7 – бігуни для приготування суміші; 8 – стілець

Рисунок 5.1 – План лабораторії 07

### 5.2.1 Мікроклімат приміщення лабораторії

Суттєвий вплив на стан організму працівника здійснює мікроклімат у робочих приміщеннях, під якими розуміють клімат внутрішнього середовища цих приміщень, що визначаються діючою на організм людини сукупністю температури, вологості, руху повітря та теплового випромінювання нагрітих поверхонь.

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 [46].

Допустимі мікрокліматичні умови – поєднання параметрів мікроклімату, які при тривалому та систематичному впливі на людину можуть викликати зміни теплового стану організму, що швидко минають і нормалізуються та супроводжуються напруженням механізмів терморегуляції в межах фізіологічної адаптації. При цьому не виникає ушкоджень або порушень стану здоров'я, але можуть спостерігатися дискомфортні тепловідчуття, погіршення самопочуття та зниження працездатності [45].

Згідно з ДСН 3.3.6.042 – 99, лабораторія, в якій виконуються роботи, відноситься до категорії робіт 1б легка (роботи, які виконуються сидячі, стоячи або пов'язані з ходьбою із застосуванням деякого фізичного напруження) – енерговитрати складають 121...150 кКал/год (141...175 Вт) [46].

Параметри мікроклімату в робочій зоні приміщення лабораторії для постійного робочого місця – місця на якому людина знаходиться більшу частину свого робочого часу (більше 50 %, або більше 2 годин безперервно)

Теплий період року – із середньодобовою температурою зовнішнього повітря більше 10 °С. Холодний – відповідно менше 10 °С. Показники приймаються по даним метеорологічної служби (табл. 5.1).

Таблиця 5.1 – Оптимальні величини температури, відносної вологості та швидкості руху повітря в робочій зоні виробничих приміщень

Період року	Категорія робіт	Температура повітря, °С	Відносна вологість, %	Швидкість руху, м/с
Холодний	Легкі роботи 1б	21...23	40...60	0,1
Теплий		22...24		0,2

Отже порівнявши оптимальні величини температури, відносної вологості та швидкості руху повітря робочої зони з фактичними робимо висновок, що температура повітря, відносна вологість, швидкість руху в робочій зоні приміщення не виходять за межі допустимого. Мікроклімат відповідає оптимальним умовам.

Таблиця 5.2 – Фактичні величини температури, відносної вологості та швидкості руху повітря в робочій зоні виробничих приміщень

Період року	Категорія робіт	Температура повітря, °С	Відносна вологість, %	Швидкість руху, м/с	Опалення	Вентиляція
Холодний	Легкі роботи 1б	22	55	0,1	Водяне	Витяжна вентиляція
Теплий		23	45	0,1	-	

### 5.2.2 Освітлення приміщення лабораторії

Освітлення – один із суттєвих чинників виробничого середовища, завдяки якому забезпечується здоровий зв'язок працівника з його оточенням. Залежно від джерел світла освітлення може бути природним, що створюється прямим сонячним

промінням та розсіяним світлом небосхилу; штучним, що створюється (прямими) електричними джерелами світла; суміщеним, при якому недостатнє за нормами природне освітлення доповнюється штучним [45].

Оскільки роботи в лабораторії виконуються і в темній і в світлій час доби освітлення в ній як природне так і штучне. Природне освітлення в аналітичній лабораторії – бокове (двостороннє), що здійснюється через світлові отвори (вікна) в зовнішніх стінах. Вікна виходять на східну та західну сторони навчального корпусу.

Штучне освітлення – загальне. Загальним називається освітлення, при якому світильники розміщується у верхній зоні приміщення для здійснення загального рівномірного або загального локалізованого освітлення. Нормування параметрів освітлення здійснюється за ДБН В.2.5-28-2006 [50].

Початковий світловий потік лампи білого світла ЛБ-40 становить  $F_{л}=3120$  лк, проте ці лампи мають нестабільний потік і з часом він зменшується, тому приймаємо  $F_{л}=2500$  лк. В лабораторії вмонтовано 15 світильників з чотирма лампами.

Характеристика зорової роботи в лабораторії відноситься до дуже високої точності. Відповідно до вимог ДБН В.2.5-28-2006 для розряду і під розряду здорової роботи Па (розмір об'єкта 0,15...0,3 мм; фон – темний; контраст об'єкта з фоном – малий) освітленість повинна становити:

- комбіноване 4000 лк;
- від загального 400 лк;

Відповідно до ДБН В.2.5-28-2006 передбачається очищення світильників не рідше двох разів на рік, при цьому одна очистка капітальна. При проведенні капітального очищення передбачається ремонт світильників. Природне освітлення в аналітичній лабораторії – бокове (двостороннє), що здійснюється через світлові отвори (вікна) в зовнішніх стінах розміром 1300x1700 мм з орієнтацією вікон на схід - захід.

Виконана зорова робота в основному зводиться до роботи з вимірювальними приладами і побудовою графіків, робоче місце знаходиться біля вікна, світло падає з лівого боку. Окрім того у вечірній час використовується штучне освітлення.

Джерелами штучного освітлення є люмінесцентні лампи. Для місцевого освітлення використовуються лампи розжарювання.

Нормування параметрів освітлення здійснюється за ДБН В.2.5-28-2006. Коефіцієнт природного освітлення в нашому приміщенні становить 1,35 (вирахований за ДБН В.2.5-28-2006):

$$e_N = e_H \cdot m_N, \quad (5.1)$$

де  $e_H$  – значення КПО, що становить 1,5 за таблицями 1 і 2 ДБН В.2.5-28-2006;

$m_N$  – коефіцієнт світлового клімату становить 0,90 за таблицею 4 ДБН В.2.5-28-2006;

$N$  – номер групи забезпеченості природним світлом за таблицею 4 ДБН В.2.5-28-2006.

При бічному освітленні КПО можна оцінити за формулою:

$$e = (100 \cdot S_0 \cdot \tau_0 \cdot r_1) / (S_p \cdot K_z \cdot \eta_0 \cdot K_{зд}) \quad (5.2)$$

де  $S_0$  – площа світлових прорізів, м<sup>2</sup>

$$S_0 = 1,3 \cdot 1,7 \cdot 13 = 28,73 \text{ м}^2$$

$r_1$  – коефіцієнт, що враховує КПО за рахунок відбиття від поверхонь приміщення і підстилюючого шару, визначається за таблицею Л5 ДНБ В.2.5-28-2006. Враховуючи такі показники, як відношення глибини приміщення до висоти від рівня умовної робочої поверхні до верху вікна, що в нашому випадку приблизно становить 2,5 та відношення відстані від зовнішньої стінки до глибини приміщення, що складає 0,8, обираємо  $r_1 = 2,2$ .

$\tau_0$  – загальний коефіцієнт світлопропускання, що визначається за формулою:

$$\tau_0 = \tau_1 \cdot \tau_2 \cdot \tau_3 \cdot \tau_4 \cdot \tau_5 \quad (5.3)$$

де  $\tau_1$  – коефіцієнт світлопропускання матеріалу, визначається по таблиці ЛЗ ДНБ В.2.5-28-2006. Оскільки скло у 07 лабораторії подвійне, то приймаємо, що  $\tau_1 = 0,8$ ;

$\tau_2$  – коефіцієнт, що враховує втрати світла в межах вікна, визначається по таблиці ЛЗ ДНБ В.2.5-28-2006, Для віконних рам дерев'яних подвійних окремих  $\tau_2 = 0,6$ ;

$\tau_3$  – коефіцієнт, що враховує втрати світла в несучих конструкціях, визначається по таблиці ЛЗ ДНБ В.2.5-28-2006. Так як приміщення немає несучих конструкцій, то  $\tau_3 = 1$ ;

$\tau_4$  – коефіцієнт, що враховує втрати світла в сонцезахисних пристроях, визначається по таблиці Л4 ДНБ В.2.5-28-2006. У лабораторії сонцезахисними пристроями слугують при потребі штори, тому  $\tau_4 = 1$ ;

$\tau_5$  – коефіцієнт, що враховує втрати світла в захисній сітці, яка встановлюється під ліхтарями. Так як освітлення в приміщенні бокове, то  $\tau_5 = 1$ .

$$\tau_0 = 0,8 \cdot 0,6 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 0,48$$

$S_p$  – площа підлоги, м<sup>2</sup>

$$S_p = A \cdot B = 13 \cdot 12 = 156 \text{ м}^2$$

$K_3$  - коефіцієнт запасу, що враховує зниження освітленості в результаті забруднення та старіння ламп, (так як тип приміщення – лабораторія з незначним запиленням і нормальними умовами роботи,  $K_3 = 1,5$ );

$\eta_0$  – світлова характеристика вікон, яка визначається за таблицею Л1 ДНБ В.2.5-28-2006. Так як відношення довжини лабораторії до її глибини близьке 3, то  $\eta_0 = 8,5$ ;

$K_{зд}$  – коефіцієнт, що враховує затінення вікон будівлями, які розташовані напроти, визначається за таблицею Л2 ДНБ В.2.5-28-2006.  $K_{зд} = 1$ , так як відношення відстані між даною і напротистоячою будівлею  $P$  до висоти розміщення карнизу напротистоячої будівлі над підвіконням даного вікна  $H_{зд}$  складає орієнтовно 3.

$$e = (100 \cdot 28,73 \cdot 0,48 \cdot 2,2) / (156 \cdot 1,5 \cdot 8,5 \cdot 1) = 1,52 \%$$

Таким чином, коефіцієнт природного освітлення  $e = 1,52\%$  задовольняє нормі. Природне освітлення істотно залежить від погодних умов, отже, необхідно передбачити штучне освітлення в похмуру погоду.

Розрахунок штучного освітлення. Як вже вказувалося, виконання робіт в темний час доби вимагає забезпечення достатнього рівня освітленості за рахунок комбінованого штучного освітлення [50].

Висоту підвісу світильника визначаємо за формулою:

$$h = H - h_c - h_p - h_n, \quad (5.1)$$

де  $H$  – висота приміщення, м;

$h_c$  – висота світильника, м;

$h_p$  – висота робочої поверхні, м

$h_n$  – відстань від стелі до підвісу, м.

Для лабораторії дані такі:  $H=3,5$  м;  $h_c = 0,19$  м;  $h_p = 0,7$  м;  $h_n = 0,15$  м;

тоді:

$$h = 3,5 - 0,19 - 0,7 - 0,15 = 2,46 \text{ м.}$$

Габарити кімнати складають:  $A = 13$  м (довжина),  $B = 12$  м (ширина).

Визначимо освітленість в робочій точці:



$$E = \frac{F_l \cdot N \cdot \eta}{K_3 \cdot S \cdot Z}, \quad (5.2)$$

де:

$F_l$  – потік лампи одного світильника, лм;

$N$  – кількість світильників, штук;

$\eta$  – коефіцієнт використання світлового потоку;

$K_3$  – коефіцієнт запасу, вибирається для врахування старіння ламп та їхнього запилення в межах 1,1...1,7;

$S$  – площа освітлення, м<sup>2</sup>;

$Z$  – коефіцієнт нерівномірності, в межах 1,15...1,3;

Для визначення  $i$  знаходимо показник приміщення:

$$i = \frac{A \cdot B}{h \cdot (A + B)}, \quad (5.3)$$

$A$  – довжина приміщення, м;

$B$  – ширина приміщення, м;

$h$  – висота від рівня підлоги до світильника, м.

$$i = \frac{13 \cdot 12}{2,46 \cdot (13 + 12)} = 2,6.$$

Визначаємо коефіцієнт використання світлового потоку, виходячи із значень коефіцієнтів відбиття й індексу приміщення:  $\eta = 0,52$  (табл. 5.3).

Отримуємо:

$$E = \frac{2500 \cdot (15 \cdot 4) \cdot 0,51}{1,1 \cdot 156 \cdot 1,15} = 395 \text{ лк.}$$

Розраховане значення освітленості, яке створюється 15 світильниками становить 395лк, при системі загального освітлення 400лк.Робимо висновок, що освітленість в лабораторії відповідає нормам ДБН В.2.5-28-2006 [50]. Оскільки допускається відхилення фактичної освітленості від нормованої в нижню сторону не більше, ніж на 10%.

Таблиця 5.3 – Коефіцієнтвикористаннясвітлового потоку

Індексприміщення, $i$	Коефіцієнтвикористаннясвітловогопотоку, $\eta$
0,5	0,22
1	0,36
2	0,48
3	0,54
4	0,59
5	0,61

### 5.2.3 Шкідливі виробничі фактори

Гранично допустима концентрація (ГДК) шкідливих речовин у повітрі зони це така концентрація, яка при щоденній (окрім вихідних днів) роботі протягом 8 годин або іншому терміну дії, але не більше як 41 година на тиждень, впродовж усього робочого стажу не може спричинити захворювань або відхилень в стані здоров'я, виявлених сучасними методами досліджень, в процесі діяльності або у віддалені терміни життя теперішніх і майбутніх поколінь.

Гранично допустима концентрація (ГДК) шкідливих речовин у повітрі зони наведена в ГОСТ 12.1.005-88 [49]. Повністю визначити кількість шкідливих речовин в повітрі робочих зон в лабораторії та цеху не є можливим.

## 5.2.4 Шум

Шум – це будь-який небажаний звук, який наносить шкоду здоров'ю людини, знижує його працездатність, а також може сприяти отриманню травми внаслідок зниження сприйняття попереджувальних сигналів.

Шум один з основних факторів, що негативно впливає на людей у сучасних містах та на виробництві. Збільшення потужності устаткування, насиченість виробництва високо-шкідливими механізмами, різку збільшення транспортного потоку приводить до збільшення рівня шуму як у побуті так і на виробництві. Нормування виробничого шуму здійснюється за ДСН 3.3.6.037-99 [51].

У даній лабораторії 07 основним джерелом шуму є таке обладнання як: вентиляційні шафи, бігуни та прилад для проведення ситового аналізу моделі 029.

Бігуни та прилад для проведення ситового аналізу моделі 029, які використовуємо для приготування формувальної суміші утворюють періодичний шум. Шум утворює значне навантаження на нервову систему людини, призводячи на неї психологічний вплив. При перевищенні звуком порогу больової чутливості ( $I = 120$  дБ), виникають сильні болі й ушкодження в слуховому апараті. Нормування шуму здійснюється відповідно [48]. Згідно цих норм загальний рівень шуму в приміщенні лабораторії не повинен перевищувати 65 дБА. Фактичний рівень широкополосного шуму перераховується за часом дії джерела шуму. Вимірний рівень шуму склав  $L_{\text{Аср}} = 45$  дБА, що відповідає встановленим рівням у ГОСТ 12.1.003-86.

## 5.2.5 Загазованість і запиленість лабораторії

Важливе значення для нормальної життєдіяльності людини має чисте повітря певного хімічного складу (кисень 20,95 %, азот 78,08 %, інертні гази 0,94 % – за об'ємом) і яке має оптимальні параметри мікроклімату.

Гранично допустима концентрація (ГДК) шкідливих речовин у повітрі робочої зони це така концентрація, яка при щоденній (окрім вихідних днів) роботі протягом

8 годин або іншому терміну дії, але не більше як 41 година на тиждень, впродовж усього робочого стажу не може спричинити захворювань або відхилень в стані здоров'я, виявлених сучасними методами досліджень, в процесі трудової діяльності або у віддалені строки життя теперішніх та майбутніх поколінь [49].

Джерелом виділення пилу в лабораторії є дрібні фракції піску та суха глина, яка використовується в якості зв'язувального компонента при приготуванні формувальної суміші. Найбільше пилу виділяється під час просіювання піску.

ГДК речовин, які утворюються при проведенні робіт у ливарному виробництві, повинні відповідати ГОСТ 12.1.005-88 [49].

Повітря робочої зони відповідає санітарним нормам, оскільки кількість шкідливих речовин у повітрі не перевищує ГДК.

### **5.2.6 Вентиляція**

Під вентиляцією розуміють сукупність заходів та способів, призначених для забезпечення на постійних робочих місцях та зонах обслуговування виробничих приміщень метеорологічних умов та чистоти повітряного середовища, що відповідають гігієнічним та технічним вимогам.

Основне завдання вентиляції – вилучити з приміщення забруднене або нагріте повітря та подати свіже, тобто забезпечити в приміщеннях метеорологічні умови, що відповідають нормативним вимогам, а також виключити можливість вмісту в повітрі шкідливих речовин, які перевищують гранично допустимі концентрації.

Наявність вентиляції є необхідним заходом при роботі з піском та сухою глиною, адже вони сприяють утворенню пилу, що може призвести до втоми, сонливості та подразнення слизистих оболонок дихальних шляхів [43]. Тому всі роботи в 07 лабораторії проводились із ввімкненою вентиляцією.

У лабораторії передбачено місцеві відсмоктувачі, пилоуловлювачі, які використовуються для вловлювання потоків шкідливих речовин направлених вгору.

### 5.2.7 Теплові, світлові і ультрафіолетові випромінювання

Нормування ІЧ випромінювань здійснюють згідно із санітарним нормами ДСН 3.3.6.042-99, ГОСТ 12.4.123-83.

Інфрачервоне випромінювання (теплове) виникає скрізь, де температура вище абсолютного нуля, і є функцією теплового етапу джерела випромінювання. Більшість виробничих процесів супроводжуються виділенням тепла, яке виділяється виробничим устаткуванням і матеріалами. Нагріті тіла віддають своє тепло менш нагрітим трьома способами: теплопровідністю, тепловипромінюванням, конвекцією. 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) [46].

По фізичній природі ІЧ випромінювання являє собою потік матеріальних часток, яким притаманні квантові і хвильові властивості. ІЧ випромінювання охоплює область спектра з довжиною хвилі 0.78...540 мкм.

ІЧ випромінювання чинять на організм в основному тепловий вплив. Ефект дії ІЧ випромінювання залежить від довжини хвилі, що обумовлює глибину його проникнення. Дія ІЧ випромінювань при поглинанні їх у різних шарах шкіри зводиться до її нагрівання. При цьому збільшується обмін речовин, збільшується вміст натрію і фосфору в крові, зменшується число лейкоцитів, відбувається поляризація шкіри людини. ІЧ випромінювання впливає на функціональний стан центральної нервової системи, частішає пульс і дихання, підвищується температура тіла, посилюється потовиділення та інші [42].

При тривалому перебуванні в зоні ІЧ випромінювання відбувається порушення теплового балансу в організмі. Порушується робота терморегулюючого апарату, підсилюється діяльність серцево – судинної і дихальної систем, підсилюється потовиділення, відбувається втрата потрібних організму солей.

Інтенсивність теплового опромінення працівників від нагрітих поверхонь технологічного устаткування, освітлювальних приладів та інсоляція від зашкленних огорожень не повинна перевищувати  $35 \text{ Вт/м}^2$  – за опромінення 50 % і більше поверхні тіла;  $70 \text{ Вт/м}^2$  – за величини поверхні тіла, що опромінюється від 25...50 %;  $100 \text{ Вт/м}^2$  – за опромінення не більше як 25 % поверхні тіла працівника.

### 5.2.8 Електробезпека

Електробезпека – система організаційних і технічних заходів і засобів, які забезпечують захист людей від шкідливої і небезпечної дії електричного струму електричної дуги, електричного поля і статичної електрики.

Електротравма – це травма, викликана дією електричного струму або електричної дуги.

Згідно із діючими правилами використання електрообладнання ППЕ-97 та ГОСТ 12.1.030-78 приміщення лабораторій з точки зору безпеки ураження людини електричним струмом відносяться до приміщення з підвищеною небезпечністю ураження електричним струмом: можливе одночасне доторкання до металевих заземлюючих предметів і корпусів електроустановок, в результаті цього може бути ураження електричним струмом [45].

Причинами ураження електричним струмом можуть бути:

1. Доторкання до частин електроустановок, що випадково знаходяться під струмом внаслідок замикання фази на корпус, ушкодження ізоляції або іншої несправності.
2. Потрапляння під напругу під час проведення ремонтних робіт на вимкненому обладнанні за причиною помилкового включення або з причини недотримання часу, необхідного для зняття електричних зарядів з високовольтних шин, розрядки конденсаторів.

Вплив електричного струму на організм може мати небезпечні для здоров'я людини наслідки і навіть привести до смерті. Ймовірність смертельного випадку при поразці електричним струмом вища, ніж при інших причинах травматизму.

На дію електричного ураження впливає ряд факторів:

- пошкодження ізоляції;
- іскріння дуг;
- доторкання до частин електроустановок, що випадково знаходяться під струмом внаслідок замикання фази на корпус.

При розробці захисних заходів, вважають травматичним струм у 25 мА, при якому важко самотійно відірватися від провідника, а струм величиною 100 мА може привести до смертельного результату [44].

Джерелом небезпеки ураження струмом або виникнення замикання у лабораторії є піч опору та сушильна шафа.

В 07 лабораторії знаходяться піч опору та сушильна шафа, корпуси яких мають 2 шари вогнетривкої цегли та азбесту, також обидва пристрої встановлені на ізолюючому покритті, що називається подвійною ізоляцією, таким чином ці пристрої не потребують додаткового заземлення, а потребують занулення.

Занулення – це навмисне електричне з'єднання відкритих провідних частин електроустановок, що не знаходяться в нормальному стані під напругою, з глухозаземленою нейтральною точкою генератора або трансформатора, в мережах трифазного струму; з глухозаземленим виводом джерела однофазного струму; з заземленою точкою джерела у мережах постійного струму, що виконується в цілях електробезпеки [45].

В даній лабораторії виконано занулення печі електроопору та сушильної шафи. Корпус обладнання з'єднуються з нульовим захисним провідником заземлюючим проводом, який приєднується до внутрішньої магістралі (яка виконує функції нульового захисного провідника) та корпусів методом гвинтового з'єднання з застосуванням антикорозійних заходів.

Принцип роботи занулення: якщо напруга (фаза) потрапляє на з'єднаний з нулем металевий корпус приладу, відбувається коротке замикання. Автоматичний вимикач який знаходиться у печі опору та в сушильній шафі, включений в пошкоджений ланцюг спрацьовує від короткогозамикання і відключає лінію від електрики. Крім цього, відключення електрики від лінії може виконувати плавкий

запобіжник. У будь-якому випадку, регламентують час автоматичного відключення пошкодженої лінії. Для номінальної фазної напруги мережі 380/220 В час автоматичного відключення не має перевищувати 0,4 с.

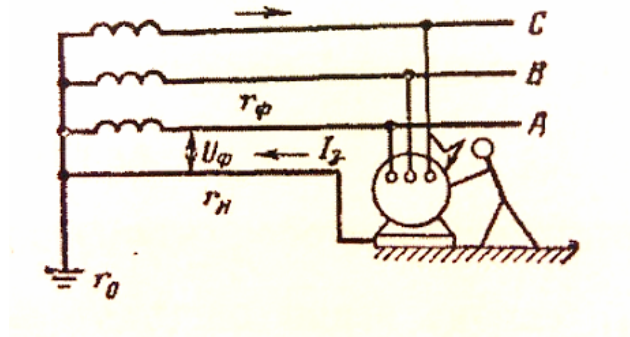


Рисунок 5.2 – Схема роботи занулення

### 5.3 Розробка заходів, спрямованих на забезпечення здорових умов праці

В холодний період року в лабораторії має місце занижена температура через двобічне розташування вікон в лабораторії, а також через слабе водяне опалення. Через це в робочій зоні слід встановлювати обігрівачі, а вікна утеплювати в холодну пору року. В лабораторії також потрібно додатково встановлювати електричний обігрівач [43].

Конструкції установок, котрі використовувались в даній роботі забезпечують безпеку обслуговуючого персоналу при дотримуванні загальних вимог і правил монтажу та електроустановок із напругою, що не перевищують 220 В. Розташування робочих місць таке, що виключає можливість дотику до корпусів електроустаткування та приладів.

Для запобігання пожеж необхідно чітко дотримуватись правил протипожежної безпеки. У випадку виникнення пожежі на електроустановці, яка знаходиться під напругою полум'я, котре виникає, гаситься не водою, а за допомогою вуглекислотного вогнегасника.



В приміщенні лабораторії потрібно встановити пожежні стенди, ящики з піском, вогнегасники, пожежні крани.

Також необхідно контролювати роботу пожежного сповіщувача системи пожежної сигналізації, яка автоматично подає сигнал тривоги при виникненні одного або кількох ознак пожежі: підвищенні температури, появи диму або полум'я на приймальний прилад, появі значних теплових випромінювань.

#### **5.4 Безпека в надзвичайній ситуації**

Закон України «Про захист населення і території в умовах ситуації техногенного і природного характеру» дає наступне визначення надзвичайної ситуації[52].

Надзвичайна ситуація – це порушення умов життєдіяльності людей викликані виробничими аваріями, катастрофами, стихійними лихами, епідеміями які привели або можуть привести до людських жертв і великим матеріальним збиткам [43].

Ефективність захисту населення у надзвичайній ситуації (НС) може бути досягнута тільки на основі усвідомленого урахування принципів забезпечення безпеки у надзвичайних ситуаціях і ефективному використанні всіх засобів і способів, що послаблюють її негативні впливи та збільшують безпеку населення.

В залежності від характеру причин виникнення надзвичайної ситуації розрізняють:

- надзвичайну ситуацію техногенного характеру;
- надзвичайну ситуацію екологічного характеру;
- надзвичайну ситуацію природного характеру;
- надзвичайну ситуацію соціального характеру.

Принципи забезпечення безпеки в умовах НС за ознаками їх реалізації умовно ділять на три групи. Перша – це завчасна підготовка і накопичення засобів захисту (колективних та індивідуальних) від небезпечних і шкідливих чинників, забезпечення їх готовності для використання населення, а також підготовка по проведенню заходів щодо евакуації населення з небезпечних зон (зон ризику). Друга

– диференційований підхід у забезпеченні повного обсягу захисних заходів в залежності від виду джерел небезпечних і шкідливих чинників, а також від місцевих умов. Третя – комплексне ефективне застосування засобів і способів, які забезпечують надійний захист від наслідків НС, узгоджене здійснення усіх заходів, що гарантують безпеку життєдіяльності в сучасному техносоціальному середовищі.

Щоб запобігти виникненню надзвичайної ситуації техногенного та природного характеру в нашій країні виникає Єдина державна система запобігання і регулювання надзвичайної ситуації техногенного характеру [52].

Кожний рівень ЄДСЗР має координуючі та постійні органи управління щодо розв'язання завдань у сфері запобігання надзвичайної ситуації, захисту населення. Координуючі органи ЄДСЗР:

– загальнодержавний рівень: (державна комісія з питань техногенно-екологічної безпеки та надзвичайних ситуацій; національна рада з питань безпечної життєдіяльності населення);

– регіональний рівень;

– місцевий рівень;

– об'єктовий рівень.

Можлива надзвичайна ситуація може досягати об'єктового рівня. Згідно Класифікатора надзвичайних ситуацій в Україні надзвичайною ситуацією об'єктового рівня вважається така ситуація, що розгортається на території об'єкта або на самому об'єкті і наслідки якої не виходять за межі об'єкта або його санітарно-захисної зони. Для спрощення машинної обробки інформації класифікатор визначає оригінальний код кожної надзвичайної ситуації, що складається з 5 – ти цифр, які вказують на клас, групу і вид надзвичайної ситуації ( О – об'єктовий, М – місцевий, Р – регіональний, Д – державний) [44].

Відповідно до ДБН В1.1-7-2002 будівля відноситься до I ступеня вогнестійкості (будинки з несучими та огорожувальними конструкціями з природних або штучних кам'яних матеріалів, бетону, залізобетону із застосуванням листових і плитних негорючих матеріалів.

Основний засіб захисту населення в надзвичайних ситуаціях – це евакуація населення, його укриття в захисних спорудах, використання засобів індивідуального захисту і медичної профілактики, що зазначені у попередньому розділі. Захисні споруди – це інженерні об'єкти, спеціально призначені для захисту населення від фізичних, хімічних, біологічно небезпечних і шкідливих чинників [45].

Виникнення пожеж в лабораторії та цеху можливе за такими причинами:

- порушення правил протипожежної безпеки;
- несправність електроустаткування;
- необережне поводження з вогнем та розплавленим металом;
- ремонт устаткування на ходу;
- конструктивні недоліки устаткування;
- неправильне користування устаткуванням.

У випадку виникнення надзвичайної ситуації, а саме закорочення кабельної електропроводки, що знаходиться під напругою та іскрить необхідно:

- відключити подачу току до лабораторії;
- сповістити про пожежу за допомогою пожежної сигналізації;
- спробувати знешкодити подальше розповсюдження полум'я;
- гасити полум'я необхідно вогнегасниками типу ВВ-2, ВВ-8, а також піском
- необхідно швидко евакуюватися в безпечні приміщення або на двір.

План евакуації з поверху, де знаходиться лабораторія зображено на рис 5.3

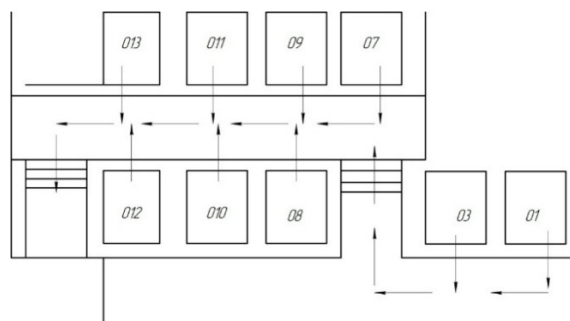


Рисунок 5.3 — План евакуації з поверху

## ВИСНОВКИ

1. На основі проведеного аналізу літературних джерел було встановлено, що гранулометричний склад формувальних кварцових пісків впливає на фізико-механічні властивості формувальних сумішей, а саме на міцність, газопроникність, обсіпання, щільність та пористість. При зміні вмісту зернових фракцій кварцового піску, можна отримати різні властивості піщано-глинистої суміші.

2. При проведенні досліджень, а також для полегшення оптимізації багатofакторного процесу і найповнішого вивчення об'єктів дослідження, експеримент було сплановано за планом, розробленим на основі ЛПт послідовностей.

3. При проведенні досліджень використовувались стандартні методики для визначення властивостей формувальної суміші: міцності, обсіпання та газопроникності. Пористість та щільність зразків формувальної суміші визначалась розрахунковим шляхом.

4. Дослідженнями встановлено, що підвищення газопроникності формувальної суміші у сирому стані майже до 300 од. пояснюється відсутністю дрібнодисперсних складових наповнювача в складі суміші. При чому чим більша різниця у величині зерен фракцій (0315, 063), тим більший вплив має їх взаємне співвідношення в складі наповнювача на газопроникність у сирому стані. Чим менша різниця величини зерен піску, які входять до складу суміші, тим в більших межах змінюється газопроникність суміші у сирому стані.

5. Встановлено, що газопроникність формувальної суміші в сухому стані, має високі значення і складає більше 1000 од., через відсутність пилоподібної складової. Зі збільшенням величини зерна всіх фракцій наповнювача спостерігається область мінімуму газопроникності – 280 од., при співвідношенні фракцій 1:1. Чим менша величина зерна всіх фракцій, що входять до складу наповнювача, тим більше змінюється газопроникність суміші в сухому стані в досліджуваній області.

6. Зміну пористості формувальної суміші у сирому стані виявлено тільки в суміші, наповнювач якої вміщує зерна фракцій 0315 і 063. Пористість суміші

досягає мінімального значення – 38,3 % при співвідношенні фракцій кварцового піску 0315 і 063 приблизно 1:1. Як і в сирому стані, мінімальне значення пористості формувальної суміші в сухому стані при співвідношенні фракцій 063 і 0315 приблизно 1:1, складає майже 40%.

7. За результатами проведених досліджень встановлено, що характер зміни міцності на стиск та пористість в сирому стані в залежності від гранулометричного складу кварцового піску мають схожий характер. Збільшення вмісту кварцового піску фракції 04 призводить до зниження міцності та пористості формувальної суміші. А залежність зміни міцності на стиск в сухому стані зразків формувальної суміші від зміни співвідношення гранулометричного складу в об'ємі кварцового піску має подібний характер як і в сирому стані.

8. На основі проведених досліджень встановлено, що мінімальне значення обсипання спостерігається у сирому стані при вмісті фракції 0315 в межах від 45,0 до 55,0 мас. ч. та складає 1,2 %. При вмісті у складі формувальної суміші зерен кварцового піску фракцій 04 і 063 спостерігається збільшення обсипання суміші від 2,5 % до 8,5 %. Збільшення обсипання формувальної суміші у сухому стані виявлено тільки в суміші, наповнювач якої вміщує зерна фракцій 0315 і 063. Найменше значення обсипання у сухому стані спостерігається при співвідношенні більшої і меншої фракції наповнювача суміші 1:1 і складає менше 0,5 %.

9. На основі проведених досліджень встановлено, що зміна співвідношень фракцій різних розмірів в об'ємі наповнювача формувальної суміші призводить до формування в її об'ємі певних геометричних структур, котрі дозволяють регулювати технологічні властивості у широких межах.

10. На основі проведених досліджень та аналізу всіх факторів встановлено оптимальний склад пластичної формувальної суміші.

11. Проведений аналіз небезпечних та шкідливих факторів, які мають місце при виконанні даної роботи, запропоновані заходи, які спрямовані на їх усунення, а також забезпечення безпеки персоналу у разі надзвичайної ситуації.

12. Результати роботи були представлені на 6 міжнародних науково-технічних конференціях та опубліковані у збірниках тезисів доповідей.

# ДОДАТКИ

