

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

**Інститут матеріалознавства та зварювання ім. Є.О. Патона  
Кафедра ливарного виробництва чорних і кольорових металів**

«На правах рукопису»

УДК 669.018.9

До захисту допущено:

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ М.М.Ямшинський

« \_\_ » \_\_\_\_\_ 2020 р.

**Магістерська дисертація**

**на здобуття ступеня магістра  
за освітньою-професійною програмою «Комп'ютеризовані процеси лиття»  
зі спеціальності 136 – Металургія  
на тему: «Вплив хімічного складу на жаростійкість чавунів для склоформ»**

Виконав:

студент VI курсу, групи Фл-91 мп  
Бичков Владислав Андрійович \_\_\_\_\_

Керівник:

Доцент, к.т.н., доцент  
Гурія Ірина Миранівна \_\_\_\_\_

Консультант з економічно-організаційної частини:

Доцент, к.н.т., доцент  
Нараєвський Сергій Вікторович \_\_\_\_\_

Рецезент

Доцент, к.т.н., доцент  
Доній Олександр Миколайович \_\_\_\_\_

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

Київ – 2020 року

**Національний технічний університет України «Київський політехнічний  
інститут імені Ігоря Сікорського»**

**Інженерно-фізичний факультет**

**Кафедра ливарного виробництва чорних і кольорових металів**

Рівень вищої освіти – другий (магістерський) за освітньо-професійною програмою

Спеціальність (спеціалізація) – 136 «Металургія»

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри

М.М.Ямшинський

(підпис)

(ініціали, прізвище)

“ \_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2020 р.

## **ЗАВДАННЯ**

### **НА МАГІСТЕРСЬКУ ДИСЕРТАЦІЮ СТУДЕНТУ**

Бичкову Владиславу Андрійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема дисертації: «Вплив хімічного складу на жаростійкість чавунів для склоформ»

Науковий керівник Гурія Ірина Миранівна к. т. н. доцент, затверджені наказом по університету від «16» листопада 2020 року №3313-с.

Термін подання студентом дисертації: 7 грудня 2020 року

3. Об'єкт дослідження: «технологічний процес отримання жаростійких чавунів»

4. Предмет дослідження: Дослідження впливу процесів легування, мікролегування та модифікування розплаву чавуну на фазовий склад та морфологію структурних складових жаростійкого чавуну.

5. Перелік питань, які потрібно розробити:

5.1 Опрацювати та проаналізувати літературу за темою дослідження;

5.2 Оптимізувати методику дослідження;

5.3 Провести експерименти;

5.4 Виготовити та дослідити зразки;

5.5 Дослідити вплив процесів легування, мікролегування та модифікування розплаву чавуну на фазовий склад та морфологію структурних складових жаростійкого чавуну;

5.6 Встановлення зв'язку між технологічними параметрами та мікроструктурою чавуну

5.7 Встановлення зв'язку між технологічними параметрами та фізико-механічними і експлуатаційними властивостями, шорсткістю і чистотою поверхні матеріалу виробу складної форми;

6. Перелік ілюстративного матеріалу: Презентація (15 слайдів)

7. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Економічно-організаційна частина	к.н.т. доцент Нараєвський С. В.		
Нормоконтроль	к.т.н., доцент Лютий Р.В.		

8. Дата видачі завдання 01 вересня 2020 року

Студент

\_\_\_\_\_

(підпис)

Бичков В.А.

(прізвище та ініціали)

Науковий керівник

\_\_\_\_\_

(підпис)

Гурія І.М.

(прізвище та ініціали)

## РЕФЕРАТ

Магістерська дисертація: 92 с., 33 рис., 10 табл., 37 посилань.

**Об'єкт дослідження** – технологічний процес отримання жаростійких чавунів.

**Предмет дослідження** – експлуатаційна стійкість деталей склоформ: росто- та окалиностійкість.

**Мета роботи** – встановити вплив хімічного складу чавунів на жаростійкість склоформ для підвищення експлуатаційних характеристик склоформ.

**Методи дослідження** – окалиностійкість досліджуваних чавунів визначали ваговим методом за збільшенням маси зразків, ростостійкість – виявленням на зразках тріщин та їх розмірів під дією циклічних нагрівань та охолоджень.

**Результати дослідження** – встановлено залежність експлуатаційних характеристик від хімічного складу чавунів, що працюють у термоциклічних режимах; запропановано чавун для виготовлення формокомплекту скляних виробів.

**Галузь застосування** – склотарне виробництво.

Пропозиції про можливі напрямки розвитку, продовження виконаних досліджень – виготовлення дослідного формокомплекту для випробувань в умовах промислового виробництва.

ЧАВУН, ЖАРОСТІЙКИЙ ЧАВУН, СКЛОТАРНЕ ВИРОБНИЦТВО,  
РОСТОСТІЙКІСТЬ, ОКАЛИНОСТІЙКІСТЬ, ТРІЩИНОСТІЙКІСТЬ.

## ABSTRACT

Master's dissertation: 92 pp., 33 figs., 10 tables, 37 references.

**The object of research** is the technological process of obtaining heat-resistant cast irons.

**The subject of research** is the operational stability of glass mold parts: growth and scale resistance.

**The purpose of the work** is to establish the influence of the chemical composition of cast irons on the heat resistance of glass molds to improve the performance of glass molds.

**Research methods** - scale resistance of the studied cast irons was determined by the weight method by increasing the mass of the samples, growth resistance - detection of cracks on the samples and their size under the action of cyclic heating and cooling.

**The results of the study** - the dependence of the performance characteristics on the chemical composition of cast irons operating in thermocyclic modes; cast iron for the manufacture of glass molds is proposed.

**Field of application** - glass container production.

Proposals on possible directions of development, continuation of the performed researches - production of an experimental form set for tests in the conditions of industrial production.

CAST IRON, HEAT RESISTANT IRON, GLASSWARE PRODUCTION, GROWTHRESISTANCE, SCALE RESISTANCE, CRACK RESISTANCE.

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП.....</b>	<b>10</b>
<b>1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ.....</b>	<b>11</b>
1.1 Перспективи розвитку склотарної галузі виробництва.....	11
1.2 Аналіз технологій виробництва склоформ вітчизняних підприємствах .....	14
1.3 Термомеханічні умови роботи склоформ під час виготовлення скловиробів .....	17
1.4 Аналіз вибору матеріалу для виготовлення склоформ .....	22
1.4.1 Використання чавуну для виготовлення склоформ .....	22
1.4.2 Експлуатаційна стійкість деталей склоформ.....	23
1.4.3 Забезпечення жаростійкості чавуну .....	23
1.4.4 Вплив окремих легувальних елементів на жаростійкість чавуну .....	25
1.4.5 Способи підвищення експлуатаційних властивостей деталей склоформ	29
1.4.6 Вибір хімічного складу для створення жаростійких чавунів, що будуть працювати у знакозмінних термоциклічних умовах. ....	30
1.4.7 Вибір хімічного складу і типу структуризації виливків склоформ.....	32
1.5 Висновки та постановка задач .....	34
<b>2 МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ .....</b>	<b>36</b>
2.1 Проведення плавки, випуск чавуну з печі.....	36
2.2 Виготовлення форм.....	37
2.3 Заливання форм чавуном і вибивання виливків.....	37
2.4 Термічне та механічне оброблення дослідних зразків .....	38
2.5 Визначення окалиностійкості чавунів .....	38

2.6	Визначення ростостійкості чавунів за циклічних нагрівань та охолоджень	41
	Висновки за розділом 2.....	42
<b>3</b>	<b>РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ</b> .....	<b>43</b>
3.1	Дослідження окалиностійкості .....	43
3.2	Дослідження ростостійкості чавунів за циклічних нагрівань та охолоджень	44
	.....	44
3.3	Вплив технологічних параметрів на термостійкість склоформ .....	50
3.4	Експлуатаційні властивості жаростійких чавунів після термічного оброблення.....	52
	Висновки до розділу 3 .....	55
<b>4</b>	<b>СТАРТАП-ПРОЕКТ</b> .....	<b>56</b>
4.1	Команда.....	56
4.2	Назва проекту.....	56
4.3	Короткий опис проекту .....	56
4.4	Бізнес-модель .....	57
4.4.1	Цінний продукт .....	57
4.4.2	Сегмент споживачів .....	57
4.4.3	Канали збуту .....	57
4.4.4	Взаємодія з споживачами.....	57
4.4.5	Дохід (монетизація).....	57
4.4.6	Ключові види діяльності .....	58
4.4.7	Ключові ресурси.....	58
4.4.8	Ключові партнери .....	58
4.4.9	Витрати.....	58

4.5 Споживчі властивості товару.....	58
4.6 Дослідження ринку .....	59
4.7 Дослідження конкурентного оточення .....	59
4.8 Маркетингова стратегія просування .....	59
4.9 Елементи фінансового плану .....	59
4.9.1 Опис бізнес-проекту.....	59
4.9.2 Опис товару/послуги/технології.....	60
4.9.3 Маркетинг та продаж .....	60
4.9.4 Фінансовий план .....	60
4.9.5 Резюме.....	61
<b>5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ</b>	<b>62</b>
5.1 Правові та організаційні основи охорони праці на підприємстві .....	62
5.2 Аналіз шкідливих і небезпечних виробничих факторів.....	64
5.2.1. Мікроклімат.....	64
5.2.2 Освітленість .....	66
5.2.3 Шум.....	66
5.2.4 Електробезпека.....	69
5.3 Інженерні рішення для забезпечення безпеки праці .....	70
5.3.1 Розрахунок вентиляції .....	70
5.4 Вимоги безпеки в надзвичайних ситуаціях.....	72
5.4.1 Пожежна безпека.....	72
5.4.2 Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях .....	74
5.5 Висновки до розділу 5.....	75
<b>6 ОРГАНІЗАЦІЙНО – ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА</b> .....	<b>76</b>



6.1 Науково-технічна актуальність теми дослідження .....	76
6.2 Розрахунок витрат на проведення дослідження.....	76
6.2.1 Витрати на оплату праці.....	76
6.2.2 Єдиний соціальний внесок.....	78
6.2.3 Матеріали, необхідні для проведення досліджень .....	78
6.2.4 Витрати на енергоносії.....	79
6.2.5 Витрати на спеціальне обладнання .....	79
6.2.6 Вартість послуг сторонніх організацій.....	79
6.2.7 Витрати на службові відрядження .....	80
6.2.8 Інші невраховані прямі витрати .....	80
6.2.9 Накладні витрати.....	80
6.2.10 Розроблення планової калькуляції кошторисної вартості теми .....	81
6.3 Визначення очікуваних результатів магістерської дисертації та розрахунок показників економічної ефективності.....	81
6.4 Висновки до розділу 6.....	84
<b>ВИСНОВОК.....</b>	<b>85</b>
<b>CONCLUSION.....</b>	<b>87</b>
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....</b>	<b>89</b>

## ВСТУП

На сьогоднішній день склотарне виробництво є важливою галуззю в промисловості держави та впливає на формування макроекономічних показників окремих регіонів та України.

Популярність скляної тари останнім часом підвищується у зв'язку з домінуванням тенденції до використання екологічних матеріалів. Тому цілком спрогнозовано подальше зростання обсягу споживання та зростання ринку склотари.

Виробники скляної тари в Україні помітно розширюють та модернізують існуючі підприємства, але конкуренція в збуті склоформ здійснюється в основному між іноземними виробниками. Але пандемія та зміни купівельної спроможності призвели до підвищення попиту на вітчизняний формокомплект та проведення ремонтних операцій.

Техніко-економічний аналіз процесів виготовлення формового оснащення в Україні показує, що якість кінцевого результату – стікість формових комплектів на 50% залежить від якості лиття пресформ.

Метою даної роботи є підвищення експлуатаційних характеристик чавунних склоформ. Для досягнення поставлених цілей було проведено дослідження впливу хімічного складу на окалинотійкість, ростотійкість та тріщинотійкість чавунів, що працюють в умовах термоциклічних навантажень.

# 1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

## 1.1 Перспективи розвитку склотарної галузі виробництва

Скляна промисловість є однією з галузей економіки України, і відіграє важливу роль у формуванні макроекономічних показників окремих областей і держави в цілому.

Скляне виробництво – це галузь промисловості, що виробляє будівельно-технічне (віконне скло, скляні блоки й труби), тарне (пляшки, консервну й парфумерну скляну тару тощо), хімічно-лабораторне та приладобудівне, господарсько-побутове (посуд, дзеркала тощо), електротехнічне і вакуумне, медичне, оптичне та інші види скла, скловолокно, мистецькі вироби зі скла і кришталю. Значну питому вагу в товарообігу займає скляна тара [1].

Скляною тарою називають групу скляного посуду, яка призначена для фасування, транспортування, зберігання і використання при споживанні різних продуктів. Вона є незамінною для упакування багатьох харчових продуктів і напоїв.

Скло має ряд особливо цінних переваг [2]:

- хімічна нейтральність забезпечує збереження харчових продуктів без суттєвих змін у споживчих характеристиках;
- міцність та стійкість до навантажень дозволяє не деформуватися під час навантаження, та зберігати товарний вигляд продукції;
- стійкість до внутрішнього тиску дає змогу випускати газовані напої та аерозольні товари;
- стійкість до нагрівання. Скло витримує температуру до 500 °С, хоча з іншої сторони різкі перепади температури можуть зруйнувати тару. Значна кількість товарів фасується в нагрітому стані або після фасування проводиться їх стерилізація;
- екологічність;

– багаторазовість використання.

Серед недоліків скла можна виділити:

- крихкість;
- велику питому вагу;
- високі транспортні витрати (відносно інших упаковок).

Варто відзначити, що останнім часом скляна тара набирає популярність у зв'язку з домінуванням тенденції до використання екологічних матеріалів. Це дозволяє стверджувати, що ринок склотари залишатиметься перспективним і буде спостерігатися подальше зростання обсягу його споживання.

У структурі виробництва склотари за видами переважають скляні ємності для напоїв та харчових продуктів близько 70%, і 22% займають банки для консервування [1].

Основні виробники скляної тари в Україні представлені підприємствами: ВАТ «Гостомельський склозавод», ВАТ «Рокитнянський склозавод» та ТОВ «Вільногірське скло». Підприємства повністю модернізуються і збільшують виробничі потужності, що дає змогу випускати склотару високої якості, різної форми та об'єму. Майже 95% всієї продукції на ринку України вітчизняного виробництва [3].

Українські виробники прогнозують поступове зміцнення позицій вітчизняної склотари на внутрішньому ринку. Явно програючи полімерним видам пакування при порівняльному підрахунку логістичних витрат, скляна тара залишається найбільш екологічною. Крім того, сучасні технології виробництва склотари дозволяють робити вироби не тільки полегшеної ваги, але й оригінальних конструкцій.

Склотарна галузь помітно розвивається завдяки підвищенню попиту на пиво і лікєро-горілочні вироби. Важливим стимулом у цьому можна вважати довготривалість зберігання, високі показники естетичного задоволення, інертність упаковки, що не змінює смак продукту.

Щодо стратегічних планів галузі, то скляна промисловість України розширює сферу ділових інтересів, налагоджуючи комунікацію все з більшою кількістю суміжних ринків. Адже процеси глобалізації усе ширше охоплюють як ринки споживання склотари, так і ринки сировинного постачання [3].

За даними [5] Future Market Insights попит на скляні пляшки буде стабільно зростати.

Очікується, що до 2022 року світовий ринок скляних пляшок досягне 71 млрд. дол. США.

Також Азіатсько-Тихоокеанський регіон (АРЕІ), за винятком Японії буде лідером для розширення ринку збуту протягом прогнозованого періоду.

У порівнянні з пластиковими пляшками скляні пляшки мають меншу популярність в якості пакувального товару, проте глобальний попит на скляну тару продовжує невпинно зростати і за кордоном.

Споживачі розвинених ринків, таких як Європа, як і раніше надають перевагу напоям в скляних пляшках. Це стосується передусім пива, вина, безалкогольних напоїв.

Виробники продуктів харчування і напоїв активно використовують скляні пляшки як пакувальне рішення, оскільки скло зберігає справжній смак продуктів протягом тривалого періоду [4].

Скляні пляшки також вважаються незамінною тарою для зберігання летких високо реактивних миючих та відбілюючих засобів [4].

Також у доповіді [5] йдеться, що АРЕІ залишиться найбільшим ринком збуту скляних пляшок до 2022 року.

З огляду на конкурентну перевагу виробництва скляної тари в країнах з низькою заробітною платою, таких як Китай і Індія, виробництво скляних пляшок зросте саме в цих країнах.

Регіон АРЕJ також є надзвичайно прибутковим для виробництва скляної тари завдяки достатній доступності ресурсів, збільшенню виробництва сирого діоксиду кремнію і сприятливим промисловим нормам [5].

Очікується, що протягом прогнозованого періоду ринок скляних пляшок АРЕJ буде постійно зростати, зареєструвавши CAGR (Compound annual growth rate – сукупний середньорічний темп зростання) на 6,6% [5].

З іншого боку, Північна Америка демонструє помірне зростання продажів своїх скляних пляшок. Зважаючи на активне споживання продуктів харчування та напоїв в США, продаж скляних пляшок в Північній Америці очікувано зросте до кінця 2022 року майже на 15 млрд. дол. США[5].

До 2022 року в Європі прогнозовано повільний, але невинний зріст продажу скляної тари.

## **1.2 Аналіз технологій виробництва склоформ вітчизняних підприємств**

Конкуренція в збуті склоформ на території країни в основному здійснюється між іноземними виробниками, а вітчизняні виробники (як за технологічними, так і економічними причин) не мають вагомої частки на ринку (менше 15% в грошовому еквіваленті) [6].

Основним стримуючим виробничим фактором розвитку є недостатня ефективність технології виробництва необхідних деталей, і як наслідок, високі витрати і низький ресурс готової склоформи. Діючі потужності, потенціал робочої сили і перспективні наукові розробки дозволяють вітчизняним виробникам забезпечити зростання продуктивності при підвищенні економічної ефективності виготовлення деталей склоформ.

Основними способами підтримки на ринку повноцінних виробників (заготовка – напівфабрикат – готовий виріб) склоформ є[6]:

- скорочення витрат на виробництво;
- скорочення неефективних виробничих потужностей і передача окремих виробничих операцій (термічна обробка, механічна обробка, збирання і т.д.) відокремленим підрозділам підприємства або іншим виробникам;
- виготовлення продукції з максимальною доданою вартістю.

Важливим фактором є мала кількість зарубіжних виробників в Україні, і це поки дозволяє вітчизняним підприємствам зберігати свої позиції, незважаючи на високі витрати енергії, частка яких в собівартості продукції в Україні на 20% ... 30% вище зарубіжних аналогів [6].

Також у зв'язку з важким економічним становищем за останнє десятиліття, що призвело до зниження купівельної спроможності через суттєве зростання курсової різниці валюти, спонукало до падіння попиту на іноземну продукцію, та відповідно до збільшення потреби у вітчизняних склоформах. Також зросла кількість проведення операцій по ремонту, переробці склоформ, якими оснащені вітчизняні заводи.

Склотарні заводи, що випускають продукцію великими обсягами, зацікавлені в стабільній безперебійній експлуатації формових комплектів [6].

За даними Держстатистики України [3], за останні 5 років виробництво скляної тари як збільшувалося, так і зменшувалося. Так після кризового 2008 року виробництво банок для консервування скоротилося на 18%, а виробництво пляшок для напоїв – на 25 %. В період 2009-2011 рр. спостерігалось зростання виробництва: в 2010 році темп приросту склав 13,8 % до попереднього року, а в 2011 році – 12,9 %. Однак позитивна тенденція закінчилася в 2011 році і вже у 2012 році виробництво знову знизилось на 7,6 %.

Особливості виробництва деталей склоформ, вибір технології їх виготовлення визначається на основі комплексного підходу технологічної, організаційної та економічної доцільності виробництва. Техніко-економічний аналіз поточних процесів виготовлення формового оснащення показало, що мінімальну вартість

мають форми, ресурс яких становить 200 ... 400 тис. термоциклів (теплозмін, змикання робочих кромок). Це пов'язано з тим, що їх виготовляють з немодифікованого чавуну з малим вмістом легуючих елементів. Термічним обробленням таких виробів є відпал, що включає в себе нагрів до 750 ... 930 °С і витримці протягом 4 ... 10 годин (в залежності від ступеню отриманого литтям відбілу). Формувальні комплекти з чавуну, робочі кромки яких додатково зміцнюється (наприклад, нанесенням зносостійкого покриття), витримують вже до 400 ... 550 тис. термоциклів. Однак їх відпускна ціна (за даними заводів) підвищується на 20 ... 30%.

За статистикою[6] вартість формувальних комплектів, виготовлених з легованого чавуну із спеціальним хімічним складом і спеціальною конфігурацією порожнини, вище на ~ 50%. Такі формувальні комплекти, для великих тиражів скляної тари, що експлуатуються тривалий час – коштують в 2 ... 3 рази дорожче форм, розрахованих на 200 ... 400 тис. термоциклів. На виготовлення чавунних ливарних форм припадає істотна частка від вартості всього технологічного процесу. Собівартість готового розплаву чавуну лінійно залежить від його хімічного складу.

Встановлено, що на собівартість виготовлення формувальних комплектів впливають:

1. Вибір матеріалу: нержавіюча сталь, низьколегований чавун, «нірезіст» тощо. Від хімічного складу матеріалу залежить його макро- і мікроструктура відповідно, фізичні (теплопровідність) і механічні властивості (міцність, твердість ударних поверхонь) прес-форм.

2. Конфігурація і компоновка форм: склоформ обладнання; габарити; кількість порожнин (майбутніх скловиробів) в формовому комплекті; наявність внутрішніх, "фігурних" частин; технологічна складність виконання порожнини тощо;

3. Спосіб виготовлення литих заготовок:

- технології литва: кокіль, піщана форма;



- технології термічної обробки виливків: високотемпературний або графітуючий відпал, об'ємне або точкове гартування тощо.;
- технологія механічної обробки (різанням або електроерозія, ротаційний або фрезерний верстат і т.д.), що залежить від конфігурації порожнини і габаритних розмірів прес-форм.

### **1.3 Термомеханічні умови роботи склоформ під час виготовлення скловиробів**

Аналіз умов експлуатації деталей склоформ [7] дозволяє встановити, що основними факторами, які впливають на стійкість – це висока температура термоциклювання [8] та високий рівень змінення структур в процесі зростання кількості теплосмін у деталі [9].

Зміна показників технологічності скла (в'язкості та поверхневого натягу) залежить від швидкості твердіння скломаси у формі (в наслідок чого змінюється і структура скла), рівномірність його розподілу по поверхні чорнової склоформи, а також і один із найголовніших моментів – споживчі властивості. Швидкість охолодження скломаси визначають за зміною в'язкості в залежності від температури та зміни температури за часом.

Визначено, що оптимальна температура плавлення тарного скла у печі має становити щонайменше 1250...1450 °С (рис. 1.2), а температура випуску в чорнові форми (де формуються попередня конфігурація скломаси у вигляді «пульки») – повинна становити понад 1100 °С [7].

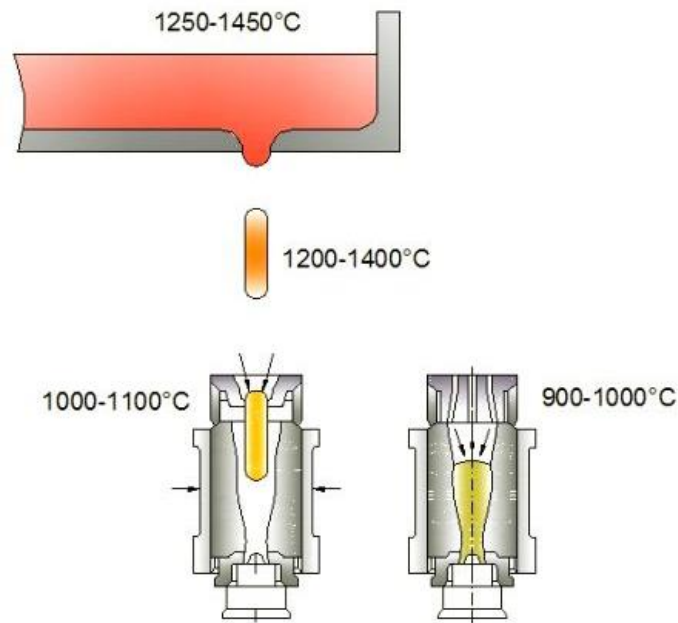
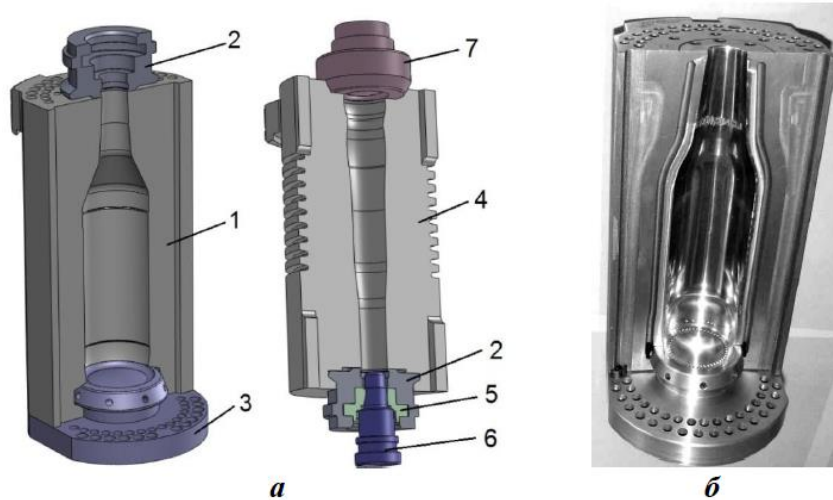


Рисунок 1.2 – Температурний діапазон виготовлення склотари на етапі отримання «пульки» [7].

За даними [10] часові параметри виготовлення скловиробу наступні:

- періодичність подачі краплі розплавленої скломаси до чорнової форми (рис. 1.2), яка охолоджується повітрям становить 30-150 шт/хв в залежності від її продуктивності;
- час видування скломаси в чорновій формі становить 1,2-3,0 с;
- подача стисненого повітря для пресування горлової частини скловиробу здійснюється через 0,3-0,7 с;
- видування «пульки» – через 1,0-1,5 с після подачі скломаси в чорнову форму;
- тривалість міжопераційного етапу «чорнова → чистова форми» становить 1 с;
- витримування скловиробу на піддоні охолодження становить 1,8-4,0 с;
- загальна тривалість процесу «скломаса → готовий скловиріб» не перевищує 8-15 с;

– компресійний тиск в процесі видування «пульки» скловиробу досягає 2,5-3,0 атм.



1 - напівформа чистова, 2 - кільце горлове, 3 - піддон, 4 - напівформа чорнова,  
5 - кільце центрувальне, 6 - плунжер, 7 - головка пресувальна

Рисунок 1.3 – Модель чистової та чорнової форми (а), знімок чистової форми (б) для виробництва склотари [10].

Термоциклічні умови роботи склоформи (рис. 1.4, 1.5) [10]:

– попереднє формування «пульки» чорною склоформою – температура скломаси становить 1000-1100 °С, температура нагріву робочої поверхні чорної склоформи становить 750-850 °С, а температура зовнішнього кожуха склоформи розігрівається до показників 230-300 °С;

– температура формування готового виробу за допомогою чистової склоформи становить 900-1000 °С, температура робочої поверхні склоформи 450-500 °С;

– тепловий удар у робочому шарі склоформи досягає 400 °С/(мм\*с) в момент початку роботи і 250 °С/(мм\*с) після виходу на режим;

– температурний градієнт за перетином склоформи становить 400-620 °С.

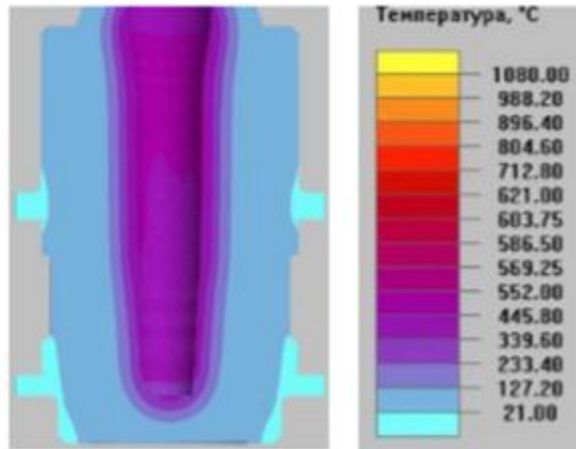


Рисунок 1.4 – Градієнт розігріву чорнової склоформи під час експлуатації

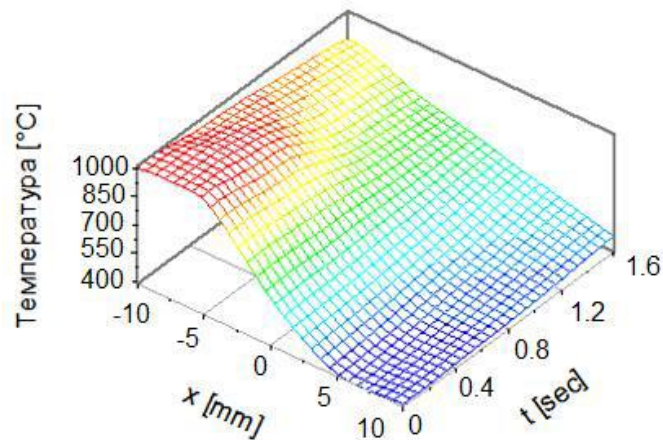
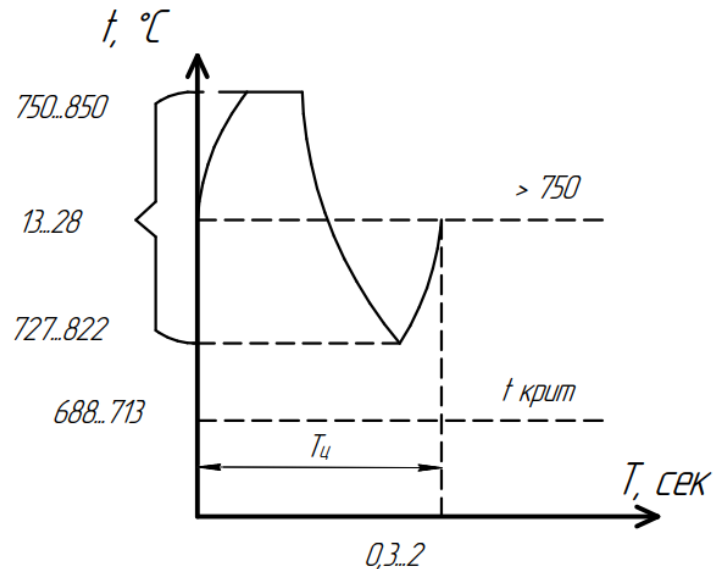


Рисунок 1.5 – Діаграма розподілу температур у скломасі та формі в процесі видування скловиробу [10]

Якщо схематично спростити цикл роботи склоформи у часі, то отримаємо такий вигляд (рис. 1.6) [10]:

- подача скломаси на робочі поверхні склоформи ( підвищення температури поверхні деталі);
- охолодження (кристалізація) скла, що носить назву витримка;
- відкриття формового комплексу та видалення готового виробу ( що супроводжується різким падінням температури поверхні склоформи);

– повернення формового комплексу у стартову позицію для повторення циклу ( супроводжується незначним підвищенням температури).



$t$  - температура експлуатації;  $\tau_{\text{ц}}$  - тривалість циклу;  $t_{\text{крит}}$  - критична температура експлуатації;  $\tau$  - час експлуатації

Р

и  
с  
у

Для деталей формувального комплексу при неізотричному навантаженні присутнє поєднання температурного та силового циклів, а саме: деформація на стиснення здійснюється при максимальній температурі циклу склоформи, а деформація на розтяг – при мінімальній. Дані навантаження відбуваються лише на поверхневих шарах, де їх знакозмінність знаходиться в максимальному діапазоні.

.

б

–

Схема термічного навантаження деталі склоформи в процесі нестационарного теплового впливу[10]

## 1.4 Аналіз вибору матеріалу для виготовлення склоформ

### 1.4.1 Використання чавуну для виготовлення склоформ

На сьогоднішній день на жаль не існує універсальної схеми, що здатна суттєво збільшити робочий ресурс деталей склоформ.

Основні напрямки для удосконалення експлуатаційного ресурсу являються:

- покращення хімічного та фазового складу;
- підвищення міцності поверхні, що контактує з розплавом скла.

Така ситуація створює нові підходи і методи для вирішення проблем із вдосконалення структури матеріалу литих склоформ, здешевлення їх виробництва та ремонту при підвищенні ресурсу експлуатації виробів.

Сучасні тенденції в світі дозволяють зробити підсумок, що на теперішній момент найкращим матеріалом для виготовлення формокомплекту лиття скла являється – чавун. Це пов'язано з тим, що покращення експлуатаційних характеристик деталей базується саме на основі даного матеріалу. Його популярність обумовлена великою кількістю переваг над своїми аналогами (сталь, бронза та ін.) саме за такими показниками [7]:

- невисока вартість шихтових матеріалів;
- відносна простота процесу плавки;
- високі технологічні показники;
- широкий спектр ливарних можливостей: низька лінійна та об'ємна усадка; висока рідкотекучість.

— гарні експлуатаційні характеристики: висока міцність; підвищена циклічна в'язкість; управління комплексом властивостей за рахунок стабілізації хімічного складу, а також управління поведінкою структурних компонентів матеріалу в процесі експлуатації [12].

#### 1.4.2 Експлуатаційна стійкість деталей склоформ

Одними із найголовніших вимог до деталей склоформ є задоволення умов технологічної стійкості, що складаються з ростостійкості, тріщино- та окалиностійкості деталі (рис. 1.7).

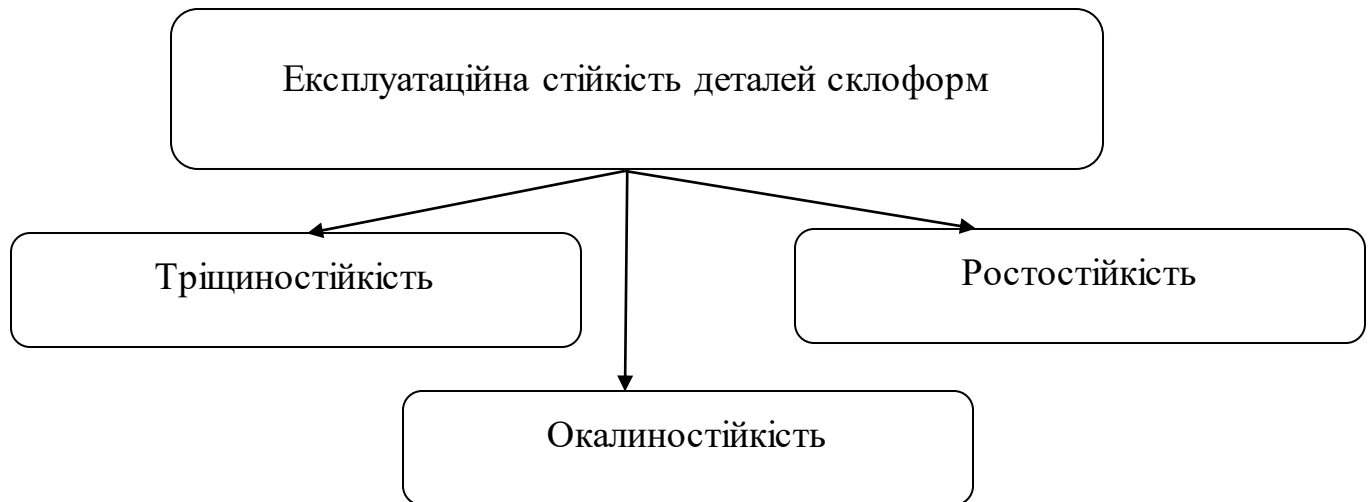


Рисунок 1.7 – Вимоги до деталей склоформ [12]

Основними чинниками утворення пошкоджень на робочих поверхнях формокомплекту є:

- висока температура експлуатації;
- високий рівень температурного градієнту;
- циклічність навантаження з високою частотою [9].

#### 1.4.3 Забезпечення жаростійкості чавуну

Для формулювання вимог (табл. 1.1), яким повинен відповідати чавун можна скористатися накопиченим досвідом експериментальних досліджень, а також практичними даними промислових випробувань [13].

Таблиця 1.1 – Шляхи вирішення проблем, пов'язаних з вимогами до жаростійкості

№	Характер вимог, що впливають на жаростійкість чавуну	Шляхи вирішення проблеми
1	Однорідна металева основа	Отримання однофазної структури металевої матриці, та усунення фазових перетворень у діапазоні робочих температур.
2	Схильність до низького утворення внутрішніх напружень	Отримання однофазної структури металевої матриці, та усунення фазових перетворень у діапазоні робочих температур. Покращення фізичних властивостей; збільшення теплопровідності; зменшення коефіцієнту лінійного розширення; поєднання високих показників міцності та пластичності.
3	Велика густина при малій газонасиченості	Покращення технології розплавлення; усунення причин підвищення газонасиченості форми; мінімізація газонасичення металу під час плавки.

Вирішення поставлених задач можливе за використанням різної комбінації легувальних елементів, та їх концентрації. У табл. 1.2 наведено класифікація легувальних елементів та їх вплив на структуру.



Таблиця 1.2 – Класифікація легувальних елементів [14]

№	Стабільна структура	Напрямок зміни критичного інтервалу температур	Легувальний елемент
1	Феритно-графітна	підвищення	Al, Si
2	Аустенітно-графітна	зниження	Ni, (Ni+Mn), (Ni+Cu)

#### 1.4.4 Вплив окремих легувальних елементів на жаростійкість чавуну

Найбільш розповсюдженими легувальними елементами у чавунах є: кремній, нікель, алюміній, хром, титан, ванадій та молібден.

##### **Вплив кремнію**

Густина – 2,328 г/см<sup>3</sup>, температура плавлення – 1415 °С.

Легування чавуну кремнієм забезпечує підвищення міцності і твердості фериту, а також високий ступінь графітизації чавуну; при цьому найбільший ефект досягають шляхом легування чавуну 4,5-5 % Si [12]. Збільшення його вмісту понад 5,0 % призводить до різкого підвищення стійкості чавуну проти окислення і росту за рахунок отримання стабільної структури графіт + кремнеферит, але механічні властивості при цьому погіршуються [14].

Для чавунів з кулястим графітом найбільш різке підвищення окалинотійкості і ростостійкості відбувається при вмісті кремнію в межах від 5,5 до 6,5 % [14].

Отже, вміст кремнію в чавунах для склоформ може становити до 5,0 %.

##### **Вплив нікелю**

Густина – 8,9 г/см<sup>3</sup>, температура плавлення – 1455 °С.

Нікель забезпечує стабільну аустенітну структуру та істотно підвищує корозійну стійкість сплаву, а також покращує механічні властивості у всьому діапазоні температур експлуатації чавунів. Коефіцієнт теплового розширення також залежить

від вмісту нікелю, досягаючи мінімуму при 35 % нікелю. Високолеговані нікелеві чавуни називаються Ni-Resist.

Нікель забезпечує стійкість чавунів до термоударів в умовах термоциклювання в широкому інтервалі температур. Що особливо важливо у поєднанні з корозійною стійкістю, високою пластичністю, жароміцністю і низьким коефіцієнтом температурного розширення.

Виливки з Ni-Resist, призначені для експлуатації в умовах термоциклювання за температур 480 °С і вище, для запобігання виділенню вуглецю у вигляді графіту з аустенітної матриці і жолоблення вилівка піддають високотемпературній стабілізації: нагрівання до 850-900 °С зі швидкістю 50-100 °С на годину та час витримки не менше 2-х годин плюс 1 година на кожні 25 мм товщини вилівка з подальшим охолодженням на повітрі [15].

### **Вплив алюмінію**

Густина – 2,7 г/см<sup>3</sup>, температура плавлення – 660 °С.

Вплив алюмінію на жаростійкість чавунів проявляється насамперед шляхом утворення ним захисних плівок. Сплави з 8 ... 12% Al або більш високим вмістом алюмінію в залежності від кількості вуглецю є жаро- і окаліностійкими до 1100 або 1300 °С. Найкраще себе проявляють чавуни, що містять близько 7, 8% Al. Так, дослідник Тірі рекомендує сірий чавун приблизно наступного складу: 3% С, 1% Si, 0,6 Mn, 0,75 Cr і 7,25% Al, відомий під маркою «Cralfer» як жаростійкий сірий чавун. Л. М. Черкасов рекомендує чавун аналогічного складу з 2,5 ... 3,2% С, 1,2 ... 2,3 Si, 0,6 ... 0,8% Mn і 5,5 ... 7,0% Al в якості матеріалу тиглів для плавлення алюмінію [16].

Разом з відповідним вмістом хрому невеликі кількості алюмінію впливають на жаростійкість. Дослідник Улич встановив, що для роботи при температурах до 800 °С чавун повинен містити додатково 2 ... 3% Al, до 900 °С – близько 7% Al і до 1000 °С – близько 7,5% Al. При цьому зміст інших елементів було наступним: 2,4 ... 3,2% С, 2% Si, 0,6% Mn, 0,4 P і близько 0,1% S [16].

## Вплив хрому

Густина – 7.18 г/см<sup>3</sup>, температура плавлення – 1907 °С.

При накопиченні в чавуні більше 0,20 % хрому кристалізація чавуну протікає за метастабільною схемою. Помітно збільшується кількість цементиту в структурі металічної основи і підвищується твердість чавуну. У тих випадках, коли необхідність додавання хрому в чавун обумовлена потребами експлуатації, для зниження карбідоутворюючої дії хрому разом з ним в розплав зазвичай вводять нікель в співвідношенні Ni: Cr – 1: 2 [17].

Досліджено жаростійкість чавуну, який легований хромом з розплаву електросталеплавильного шлаку. Показано, що невеликі домішки хрому 0,45-1,4 % (табл. 1.3) стабілізують структуру чавуну, поліпшують його окислостійкість. Показники жаростійкості дослідженого чавуну знаходяться на рівні чавуну, легованого ферохромом.

Таблиця 1.3 – Жаростійкість виплавлених чавунів з різним вмістом хрому [17]

Вміст хрому в чавуні, %	Збільшення маси, г/( м <sup>2</sup> * ч) при температурі випробовування, °С.	
	500	600
0,45	0,71	1,42
0,57	0,62	1,27
0,93	0,35	0,55
1,4	0,22	0,38

## Вплив титану

Густина – 4,5 г/см<sup>3</sup>, температура плавлення – 1668 °С

Титан – один з компонентів, який практично завжди присутня в чавуні. Він весь знаходиться в зв'язаному стані у вигляді карбіду, карбонітриду (С, N) або

оксикарбонітриду Ti (C, N, O). Мікродози титану в рідкому чавуні сприяють його графітизації, оскільки включення TiC виступають зародками графітоутворення.

В результаті проведених досліджень [18] підтверджено, що наявність невеликих концентрацій титану в чавуні призводить до погіршення його корозійної і жаростійкості і не здійснює помітного впливу на зносостійкість. Для підвищення експлуатаційних властивостей чавуну вміст титану в ньому має бути не менше 0,5%, і його доцільно застосовувати в складі легуючого комплексу.

Позитивний вплив на окалиностійкість та ростостійкість сірого чавуну надають невеликі (0,1-0,5%) добавки Ti, V і Nb. Оскільки їх вплив на властивості чавунів при підвищених і високих температурах приблизно однаково, а ванадій і ніобій досить дорогі і дефіцитні в Україні елементи, цим ще раз підтверджується доцільність використання саме титану [18].

#### **Вплив ванадію**

Густина – 6.11 г/см<sup>3</sup>, температура плавлення – 1910 °С

Так само як і титан ванадій при невеликих добавках (0,1-0,5%) позитивно впливає на окалиностійкість та ростостійкість

Ванадій, при легуванні білого чавуну, негативно впливає на жаростійкість, так як формує оксиди з низькою температурою плавлення і випаровування. Крім цього ванадій утворює пористу, рихлу окалину, яка не володіє захисними властивостями, і легко сублімується оксидною плівкою [18].

Дослідженням впливу ванадію на властивості зносостійкого хромомарганцевого чавуну в діапазоні концентрацій до 1,1% встановлено, що добавки до 0,3% ванадію, внаслідок його мікролегувальної та розкиснювальної дії, знижують зносостійкість і твердість сплаву. З підвищенням вмісту ванадію до 1 % суттєво зростають і зносостійкість, і твердість сплаву, оскільки збільшується кількість надтвердих карбідів ванадію. Таким чином, для підвищення зносостійкості хромомарганцевого чавуну, його доцільно додатково мікролегувати ванадієм у межах 0,4 ... 0,8%, що справедливо і для жаростійкості [18].

## **Вплив молібдену**

Густина – 10.22 г/см<sup>3</sup>, температура плавлення – 2623 °С.

Вже при невеликих 0,15% добавках молібдену спостерігається підвищення показників міцності високоміцного чавуну в литому стані, а пластичність дещо знижується. Особливо поліпшуються показники стійкості чавуну, легованого молібденом, після нормалізації. При підвищених температурах вплив молібдену на показники міцності чавуну проявляється більш помітно. При температурі 600 °С чавун, легований 0,78 % молібдену, має в 2 рази вищі показники міцності, ніж нелегований. Відносне подовження нелегованого і легованого чавунів спочатку з підвищенням температури до 300 °С зменшується, а потім зростає. При температурі 400 °С чавун, легований молібденом, набуває досить високий рівень пластичності [18].

### **1.4.5 Способи підвищення експлуатаційних властивостей деталей склоформ**

Для досягнення суттєвого підвищення стійкості формового комплекту необхідно регулювати хімічний склад чавуну і його ступінь структуризації. Це можна зробити за рахунок утворення структур у різних частинах вилівка, різними механізмами кристалізації, фазових перетворень та дифузії окремих елементів. Основні параметри які слід вдосконалити для досягнення високої стійкості склоформи [19]:

- теплопровідність повинна бути достатня для відведення надлишку теплової енергії від поверхні, що контактує з розплавом скла;
- ростостійкість вузлів, які розігріваються до температур  $\alpha - \gamma$  перетворення для наявного хімічного складу металу;
- міцність поверхонь та робочих кромek формокомплекту для усунення можливості деформації склоформи від дії великої кількості теплозмін;

— окалиностійкість поверхні, яка перебуває в контакті з повітрям та розплавом скла, а саме: робочі кромки, формоутворюючі поверхні.

Таке формування структури в тілі вилівка сприяє особливому комплексу властивостей формокомплекту, таких, як:

- необхідна достатня теплопровідність деталі в загальному;
- підвищення міцності внутрішніх шарів склоформи;
- висока ступінь термоокалистого шару робочої поверхні.

З даних причин особливо важливим моментом під час виготовлення деталей склоформ є контроль складу металу, як хімічного, так і фазового, а також відслідковування стану зміцнюючих структур, до числа яких відносять: цементит, перліт, та наприклад нікелева фаза, що може утворюватися на робочих кромках виробу. Від наявності та формування в процесі збільшення кількості циклів термоциклів безпосередньо залежать як теплофізичні так і міцнісні властивості деталі [19].

1.4.6 Вибір хімічного складу для створення жаростійких чавунів, що будуть працювати у знакозмінних термоциклічних умовах.

На сьогоднішній день існує велика кількість запатентованих та впроваджених у виробництво чавунів з різним хімічним складом. Всі вони являють собою систему Fe-C-X, де X – це легуючі елементи, що знаходяться в малих дозах.

Найбільш поширені на сьогоднішній день хімічні склади чавунів для склоформ наведено у табл.1.4.

Таблиця 1.4 – Хімічний вміст чавунів для деталей склоформ

Хім. елем.	Вміст хімічних елементів у чавунах, %												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
<b>C</b>	1,5-2,4	до 2,4	3,55	3,0-3,55	2,7-3,3	3,0-3,8	3,3-3,6	3,4-3,7	3,5	3,6-3,8	3,0-3,5	3,0-3,5	3,0-3,5
<b>Si</b>	1,0-2,8	1-2 (1,5-3)	4,55	4,5-5,0	4,5-5,5	2,0-3,0	2,0-2,2	2,3-2,7	2,8	1,92-2,2	1,6-2,0	1,6-2,0	1,9-2,4
<b>Mn</b>	0,05-1,0	0,5-1,5	0,44	до 0,5	до 0,8	до 0,5	0,3-0,4	0,2-0,4	0,45	0,3-0,7	0,5-0,8	0,5-0,7	0,4-0,6
<b>Ni</b>	34-36	34-36	0,003	–	–	–	до 0,5	0,2-0,5	0	<0,4	0,1-0,3	0,1-0,3	1,0-1,5
<b>Al</b>	–	–	0,111	до 0,1	0,1-0,3	0,6-1,5	–	–	–	–	–	–	–
<b>Mo</b>	0-0,8	(0,8-1,1)	–	–	–	–	0,4-0,6	0,2-0,4	0,25	0,5	0,3-0,6	0,3-0,6	–
<b>V</b>	–	–	0,004	–	–	–	0,1-0,15	–	0,06	0,1	0,1-0,2	–	–
<b>Cr</b>	0-0,1	до 0,2	0,081	до 0,1	–	0,4-1,0	до 0,3	до 0,15	0	0,1	0,08	0,07	0,3-0,5
<b>Cu</b>		до 0,5	–	–	–	–	до 0,3	до 0,3	–	–	0,1-0,2	–	–
<b>Ti</b>	0,01-0,25	–	–	–	–	–	0,1-0,15	–	0,1	0,1	0,05-0,1	–	–
<b>Mg</b>	0,01-0,04	–	–	–	–	–	–	0,01-0,02	–	–	–	–	–
<b>P</b>	0,00-0,08	до 0,08	до 0,04		до 0,1	до 0,1	до 0,05	до 0,04	0	0,07	0,07	0,05	0,2
<b>S</b>	0,00-0,01		до 0,03		до 0,03	до 0,03	до 0,05	до 0,02	0	0,15	0,07	0,05	0,1

#### 1.4.7 Вибір хімічного складу і типу структуризації виливків склоформ

Створення конкурентоспроможності вітчизняної продукції зарубіжним аналогам можливо двома способами:

- зниження собівартості виробництва готових деталей склоформування комплексу за рахунок раціоналізації процесів на виробництві литих заготовок, їх подальшого термічного та механічного оброблення;
- створення комплексу необхідних властивостей на рівні закордонних склоформ: термостійкість; жаростійкість; окалиностійкість.

Зниження собівартості створення литих заготовок можливе за допомогою зменшення використання легувальних елементів з високою ціною, та забезпечення оптимальної дії необхідних легувальних компонентів на рівні мікродозування, а бажану структуризацію литого виробу можна досягнути з допомогою покращення процесів заливання, та різних видів позапічного оброблення з подальшим твердінням та термічним обробленням.

На підставі цього найбільший інтерес представляє чавун, що легують кремнієм з подальшим формуванням необхідної структури в литому стані за допомогою дозування Fe-C-Si модифікованого чавуну мікро дозуванням легувальних елементів [20].

У переважній більшості робіт, що присвячуються легованим чавунам, відзначають негативну дію надмірного вмісту кремнію в розплаві ( $> 4.5\%$ ) [21]. Це пов'язано із негативним впливом на межу пластичності металу та його в'язкість. Але ці негативні ефекти не проявляються при вмісті кремнію менше 4,5%, який феритизує металеву основу, а також зменшує розміри графітових включень [22]. Тобто формування такої металевої основи та розмірів графітової фази, задовольняють вимоги до деталей склоформ.

Одним із найважливіших моментів у процесі виготовлення матеріалу склоформ є первинна графітизація, що визначає розмір графітових включень, як на внутрішній так і зовнішній частині вилівка, також її дисперсність та форму [23].



Основними перевагами повного протікання процесу первинної графітизації є [25-27]:

- усунення мікропористості у виливках, яка погіршує теплофізичні характеристики деталі в процесі експлуатації;
- зниження концентрації внутрішніх напружень у виливку за рахунок мінімізації процесів виділення карбідної фази;
- феритизація металевої основи чавуну;
- підвищення характеристики корозійної стійкості металевої матриці.

У зв'язку з цим виникає потреба у виборі модифікаторів та легувальних елементів, що одночасно підвищують інтенсивність процесу первинної графітизації, а також знижують схильність чавуну до вибілення [13]. Проаналізувавши основні легувальні елементи, а також різноманітні добавки, можна зробити деякі висновки:

1. Сплав №1 і 2 мають структуру аустеніту. Робочий діапазон температур до 1100 °С. Недоліком являється дорого вартісний легувальний елемент – нікель (34-36%)

2. Сплав № 3, 4 і 5 вміщують у своєму складі кремній ( рівень якого 4,5 - 5,5 %). У літературі достеменно не відомо чи шкодить він експлуатаційним властивостям. Тому його вміст взято на мінімальному рівні.

3. Сплав № 6 містить такі елементи як алюміній та хром, що у малих кількостях може утворювати захисний шар з оксидних плівок, які захищають передчасному окисленню матеріалу склоформи, але не забезпечують достатню корозійну стійкість.

4. Сплави № 7 - 13 за складом дуже схожі на чавун марки ЧС5 із незначними різноманітними добавками елементів для досягнення тих чи інших властивостей

На підставі висновків авторів [13], умов експлуатації склоформ, з метою економії легувальних елементів та дослідження впливу легувальних елементів на структуру та властивості чавуну, можна рекомендувати сплави, що наведені у наступній табл. 1.5.

Таблиця 1.5 – Сплави чавунів, що рекомендуються для склоформ

Хімічний елемент	Чавун		
	1	2	3
	Вміст легуючого елемента у %		
C	2,0-2,4	3,0-3,3	3,3-3,6
Si	2,0-2,8	4,5-5,0	2,2-2,6
Mn	0,05-1,0	до 0,5	до 0,5
Ni	34-36	-	0,2-0,5
Al	-	до 0,1	0,6-1,5
Mo	0,8-1,1	0,5	0,4-0,6
V	-	0,1	0,1-0,15
Cr	до 0,1	до 0,1	0,3-0,8
Cu	до 0,5	-	до 0,3
Ti	0,2-0,3	-	0,1-0,15
P	до 0,08	до 0,04	до 0,04
S	до 0,01	до 0,03	до 0,03

Основні елементи для легування такі: Si, Mo, Ni, Ti, Cr, Al, Cu.

### 1.5 Висновки та постановка задач

Базуючись на стані вітчизняного склотарного виробництва та тенденції росту споживання продукції в Україні та світі, для покриття попиту та підвищення конкурентоспроможності, а також збільшення ринку збуту необхідно зменшувати ціну на продукт, та підвищувати якість продукції. На це можна впливати за допомогою таких чинників, як: зменшення вартості на виробниче устаткування, зменшення вартості шихтових матеріалів, покращення технологій виготовлення та терміну експлуатування технологічного устаткування на виробництві.

Одним із найбільш суттєвим ціноутворювачем кінцевого продукту являється металева пресформа для виготовлення склотарної продукції. Модернізування її хімічного складу здатне знизити ціну у відношенні до кількості температурних циклів.

В рамках виконання дипломної магістерської роботи поставлено такі задачі:

1. Визначити склади чавунів для досліджень.
2. Дослідити вплив хімічного складу на окалиностійкість, ростостійкість та тріщиностійкість чавунів для склоформ.
3. Встановити вплив технологічних параметрів на термостійкість чавунів.
4. Встановити вплив термічного оброблення на експлуатаційні властивості жаростійких чавунів.
5. Визначити оптимальний хімічний склад чавуну для виготовлення формокомплекту.

## 2 МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ

### 2.1 Проведення плавки, випуск чавуну з печі

Для виплавлення чавунів використовували шихтові матеріали:

- сталевий брухт;
- чавунний брухт;
- переробний чавун;
- феросплави;
- первинні матеріали.

Плавлення проводили в індукційній печі марки ІСТ-0,06 з машинним генератором (частота струму 2,5 кГц). Футеровка печі – кисла.

Алгоритм завантаження шихти, легування та плавлення наступний:

- на дно тигля, завантажити сталевий та чавунний брухт;
- прогрівання та плавлення здійснювати на максимальній потужності;
- по мірі розплавлення шихти додати свіжі порції підігрітого сталевого брухту та переробний чавун;
- після повного розплавлення шихти, перегріти розплав до температури 1450 ... 1480 °С;
- довести розплав до необхідного хімічного складу за допомогою феросплавів які необхідно також попередньо підігріти та подрібнити до 20 ... 40 мм;
- контроль температури розплаву здійснювати вольфрам-ренієвою термопарою занурення (ВР 5/20 з кварцовим наконечником);
- модифікування проводити у ковші під час випуску розплаву з печі;

Випуск рідкого металу проводити в попередньо підігрітій до 700 ... 750 °С ківші, за допомогою якого відбувається подальше розливання металу у ливарні форми.

## 2.2 Виготовлення форм

Для отримання дослідних зразків виготовляли ливарні форми (рис. 2.1) з єдиної формувальної суміші, що має наступний склад:

- оборотна суміш – 90 ... 92 %;
- кварцовий пісок – 8 ... 6,5 %;
- формувальна глина – 2 ... 1,5 %.

Для запобігання пригару на поверхню контакта металу з формою наносили фарбу на основі графіту.



Рисунок 2.1 – Загальний вигляд ливарної форми

## 2.3 Заливання форм чавуном і вибивання виливків

З метою попередження вторинного окиснення розплаву виконувати заливання необхідно швидко, оскільки певні елементи розплаву, що мають високу спорідненість до кисню, швидко окислюються та погіршують властивості як розплаву, так і металу у виливках.

Висота заливання не повинна перевищувати 100 мм та мати рівномірний струмінь, аби не допустити його переривання.

Форми вибити після їх охолодження з виливком до рівня 200 ... 250 °С, не допускаючи при цьому ударної дії на виливок.

#### **2.4 Термічне та механічне оброблення дослідних зразків**

Одностадійний відпал на ферит дослідних зразків (рис. 2.2) проводили в муфельній печі СНОЛ 1,6.2,5.1/11-И2 потужністю 3 кВт. Температуру нагріву контролювали платинородій-платиновою термопарою (ПР10/068).



Рисунок 2.2 – Загальний вигляд дослідних зразків

Механічне оброблення зразків до необхідних розмірів здійснювали на токарно-гвинторізному верстаті моделі 16К20.

#### **2.5 Визначення окалиностійкості чавунів**

Окалиностійкість досліджуваних чавунів визначали ваговим методом за збільшенням маси зразків.

Для випробовувань використовували циліндричні зразки К10 відповідно до ГОСТ 6130-71 «Методы определения жаростойкости» діаметром  $10 \pm 0,1$  мм та висотою  $20 \pm 0,2$  мм (рис. 2.3).



Рисунок 2.3 – Зовнішній вигляд зразків для визначення окислостійкості

Після відповідної підготовки зразки розташовували в спеціальні алундові човники (рис. 2.4, а), відпалені до сталої маси за температури на  $150$  °С вищої температури випробовувань, тобто за максимальної температури  $1150$  °С. Розміри та матеріали човників вибрані такими, щоб вони сприяли вільному доступу повітря до поверхні зразка, забезпечували зберігання окалини та попереджували можливість взаємодії матеріалу човника з утвореними оксидами. Зразок дотикається до човника тільки двома лініями.



а



б

Рисунок 2.4 – Зовнішній вигляд зразків підготовлених до досліджень (а) та у пічній атмосфері за температури 1000 °С (б)

Головним показником окалиностійкості є величина  $q$ , яка характеризує збільшення маси зразка на одиницю його поверхні, г / (см<sup>2</sup>·год), протягом певного часу.

За різницею маси зразка до, та після випробовування визначали приріст маси  $\Delta P$ , за якою, з урахуванням площі поверхні зразка, розраховували питома збільшення маси  $q$ , яке є характеристикою окалиностійкості, за формулою:

$$q = \frac{\Delta P}{\tau \cdot S} \quad (2.1)$$

де  $\Delta P$  – різниця маси зразка до та після випробовування, г;

$\tau$  – час витримування зразка за температури випробовування, год;

$S$  – площа поверхні зразка, см<sup>2</sup>.

Зразки нагрівали у печі СНОЛ 1,6.2,5.1/11-И2, яка дає можливість проводити випробовування у повітряному середовищі, до температури  $1000 \pm 20$  °С. Початком випробовування вважали час досягнення в робочій зоні печі необхідної температури (рис. 2.4, б). Після закінчення часу випробовування зразки видаляли із печі, охолоджували на повітрі й зважували. За зміною маси зразків оцінювали схильність металу до окиснення, тобто його окалиностійкість. Для кожного хімічного складу випробовували одночасно три зразки з подальшим усередненням результатів випробувань.



## 2.6 Визначення ростостійкості чавунів за циклічних нагрівань та охолоджень

Сутність методики випробувань ростостійкості металевих матеріалів полягає у виявленні на зразках тріщин і зміни їх форми та розмірів під дією циклічних нагрівань і охолоджень.

Оскільки для металевих матеріалів найнебезпечнішими є термічні напруження за високих температур, коли метал втрачає свою міцність, а усадка за цих температур повністю переходить у пластичну деформацію, яка сприяє розвитку незворотних структурних змін металу і в подальшому призводить до руйнування виробу та скорочення часу його експлуатації, у роботі прийнято інтервал термоциклювання в діапазоні температур  $25 \leftrightarrow 1000$  °С. Для цього зразки довжиною 60 мм і діаметром 10 мм (рис. 2.5, а) піддавали нагріванню в індукційній печі до  $1000 \pm 20$  °С (рис. 2.5, б) і різко охолоджували в проточній воді з температурою  $25 \pm 3$  °С. Випробовування зразків здійснювали до появи на боковій поверхні або на його торцях тріщин термічної втоми. Така методика дає можливість оцінювати зміну щільності поверхневих шарів зразка та його структури.



а



б

Рисунок 2.5 – Зовнішній вигляд зразків (а) та установки (б) для визначення ростостійкості

Ростостійкість зразків визначали за зміною їх довжини під час термоциклювання.

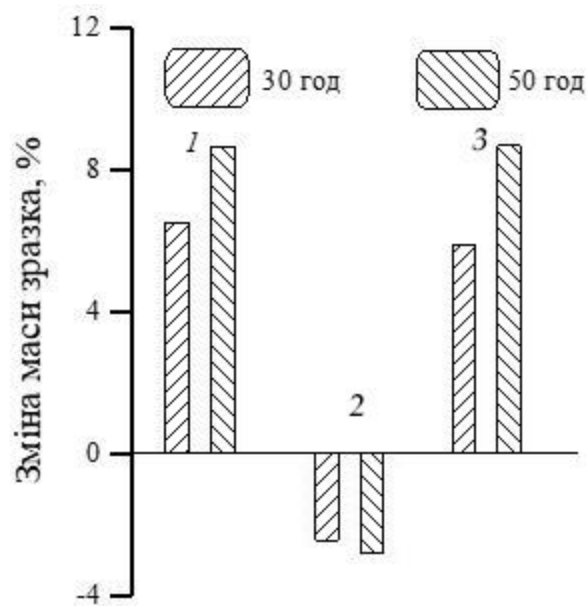
### **Висновки за розділом 2**

У розділі наведено методику проведення плавки, випуск чавуну з печі, виготовлення форм, заливання форм чавуном, вибивання виливків, механічне та термічне оброблення дослідних зразків, визначення окалиностійкості, термостійкості та ростостійкості чавунів за циклічних нагрівань та охолоджень.

## 3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

### 3.1 Дослідження окалиностійкості

За результатами проведених досліджень окалиностійкості побудовано гістограму зміни маси зразків (рис. 3.1, 1,3) через 30 та 50 год. випробувань. У зразках із чавунів марок 310ЖЧС5, стартап спостерігається збільшення маси за рахунок утворення та утримування окалини на поверхні через незначну різницю коефіцієнтів термічного розширення між матеріалом основи та окалиною. У зразку із чавуну марки 220ЖЧН35 маса у процесі експерименту зменшується (рис. 3.1, 2), що пояснюється відокремленням окалини внаслідок суттєвої різниці між коефіцієнтами термічного розширення між сплавом та окалиною. Зовнішній вигляд зразків після випробовування на окалиностійкість представлено на рисунку 3.2.



1 – зразок 2.1 (310ЖЧС5); 2 – зразок 1 (220ЖЧН35); 3 – зразок 3 (350ЖЧСЗЮХМН)

Рисунок 3.1 – Зміна маси зразків із чавуну під час випробовування на окалиностійкість через 30 та 50 год.

220ЖЧН35



310ЖЧС5



350ЖЧС3ЮХМН



30 год.

50 год.

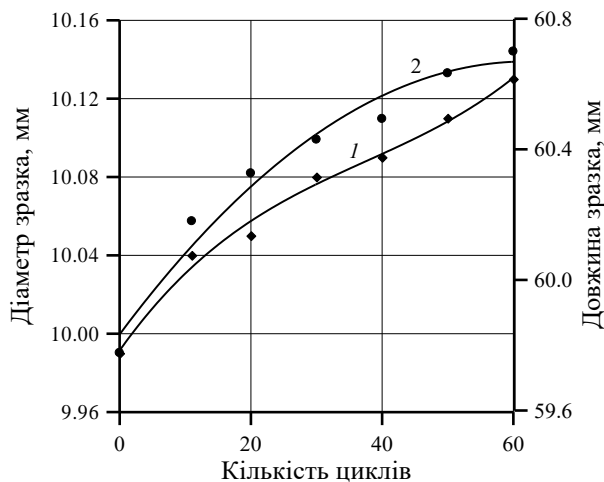
Рисунок 3.2 – Зовнішній вигляд зразків після випробовування на окалиностійкість через 30 та 50 год.

### **3.2 Дослідження ростостійкості чавунів за циклічних нагрівань та охолоджень**

Сутність методики випробовувань ростостійкості металевих матеріалів полягає у виявленні на зразках тріщин і зміни їх форми та розмірів під дією циклічних нагрівань і охолоджень.

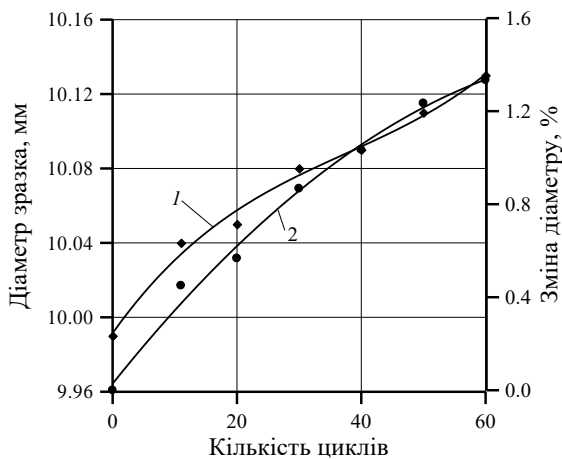
Оскільки для металевих матеріалів найнебезпечнішими є термічні напруження за високих температур, коли метал втрачає свою міцність, а усадка за цих температур повністю переходить у пластичну деформацію, яка сприяє розвитку незворотних структурних змін металу і в подальшому призводить до руйнування виробу та скорочення часу його роботи.

Встановлено, що діаметр зразка із чавуну марки 220ЖЧН35 після 60 циклів випробовування збільшився на 0,13 мм, а довжина – на 0,8 мм, що у відсотках становить 1,3 та 1,33 відповідно.



1 – середній діаметр; 2 – середня довжина

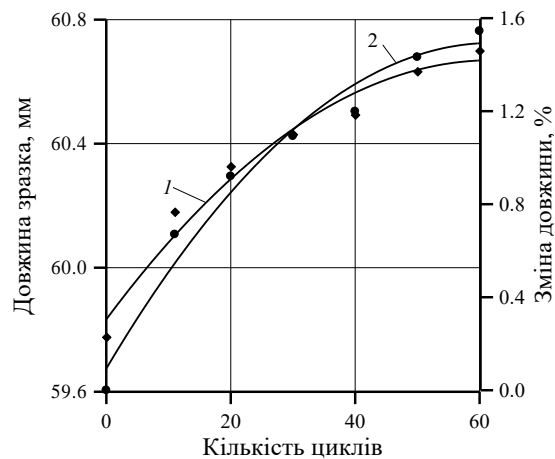
Рисунок 3.3 – Розміри зразків із чавуну марки 220ЖЧН35 під час термоциклування залежно від кількості циклів.



1 – середній діаметр;

2 – середній приріст

а



1 – середня довжина;

2 – середній приріст

б

Рисунок 3.4 – Розміри зразків із чавуну 220ЖЧН35 під час термоциклування залежно від кількості циклів: а – середній діаметр; б – середня довжина.

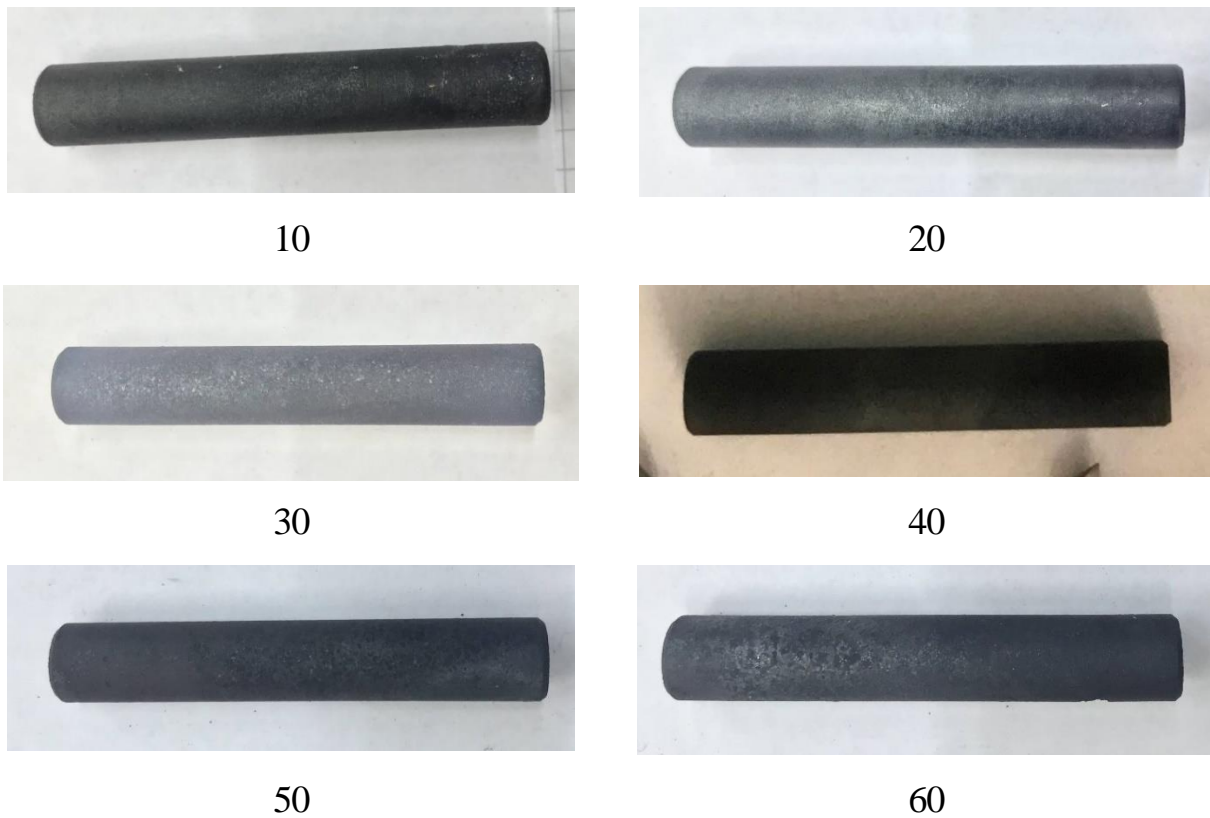
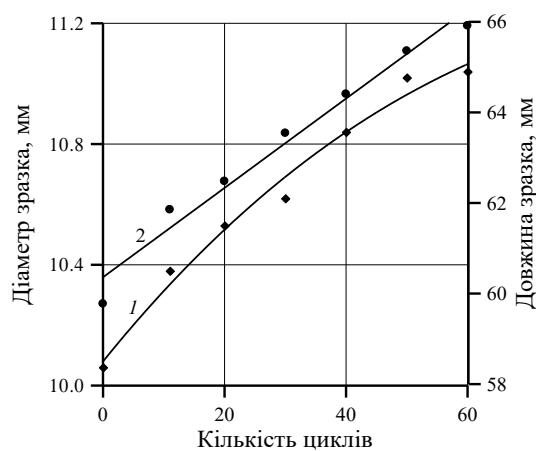


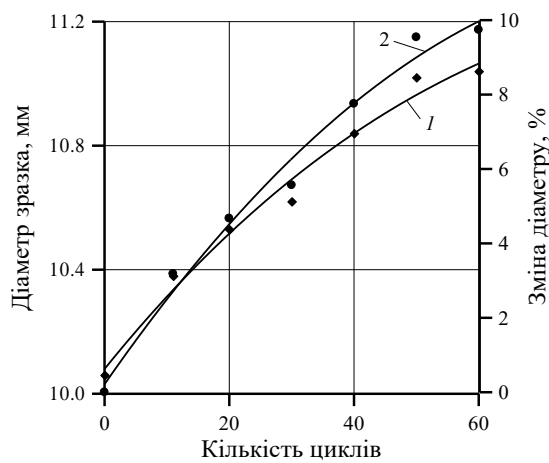
Рисунок 3.5 – Зовнішній вигляд зразка із чавуну марки 220ЖЧН35 після 10-60 циклів.

Встановлено, що діаметр зразка із чавуну марки 310ЖЧС5 після 60 циклів випробовування збільшився на 0,95 мм, а довжина – на 6 мм (рис 3.6), що у відсотках становить 9,5 (рис. 3.7, а) та 10 (рис. 3.7, б) відповідно. Зовнішній вигляд зразка на різних етапах випробовування наведено на рис. 3.8.



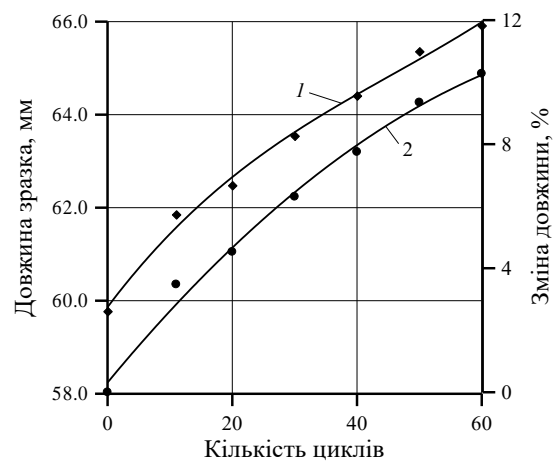
1 – середній діаметр; 2 – середня довжина.

Рисунок 3.6 – Розміри зразків із чавуну марки 220ЖЧН35 під час термоциклування залежно від кількості циклів



1 – середній діаметр;  
2 – середній приріст

а



1 – середня довжина;  
2 – середній приріст

б

Рисунок 3.7 – Розміри зразків із чавуну 310ЖЧС5 під час термоцикування залежно від кількості циклів: а – середній діаметр; б – середня довжина.



10



20



30



40



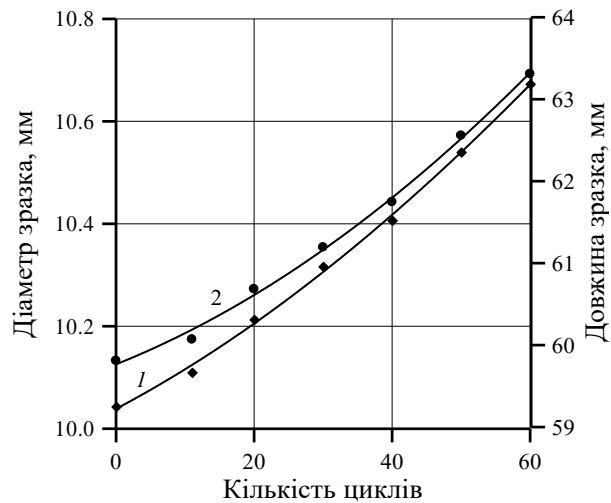
50



60

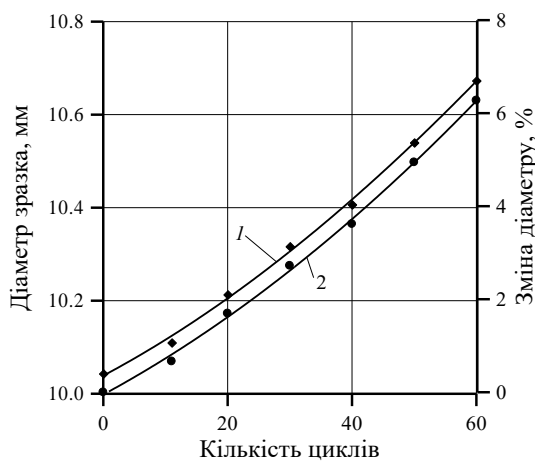
Рисунок 3.8 – Зовнішній вигляд зразка із чавуну марки 310ЖЧС5 після 10-60 циклів.

Встановлено, що діаметр зразка із чавуну марки 350ЖЧСЗЮХМН після 60 циклів випробовування збільшився на 0,55 мм, а довжина – на 3,6 мм (рис 3.9), що у відсотках становить 6,25 (рис. 3.10, а) та 5,95 (рис. 3.10, б) відповідно. Зовнішній вигляд зразка на різних етапах випробовування наведено на рис. 3.11.



1 – середній діаметр; 2 – середня довжина

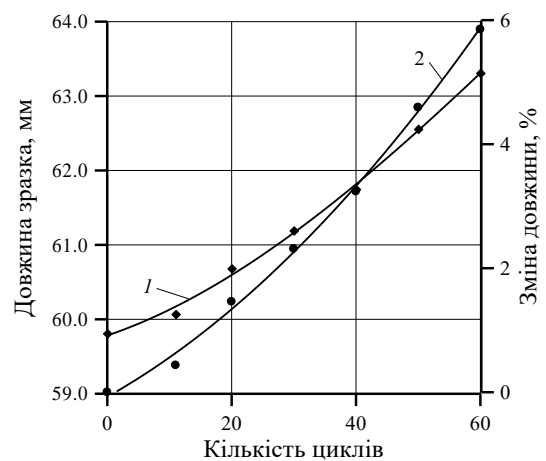
Рисунок 3.9 – Розміри зразків із чавуну марки 350ЖЧСЗЮХМН під час термоциклювання залежно від кількості циклів.



1 – середній діаметр;

2 – середній приріст

а



1 – середня довжина;

2 – середній приріст

б

Рисунок 3.10 – Розміри зразків із чавуну 350ЖЧСЗЮХМН під час термоциклювання залежно від кількості циклів: а – середній діаметр; б – середня довжина





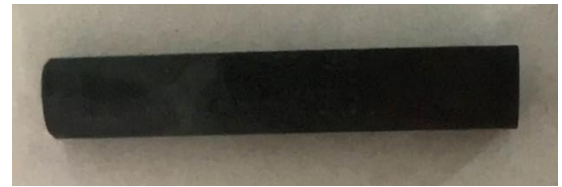
10



20



30



40



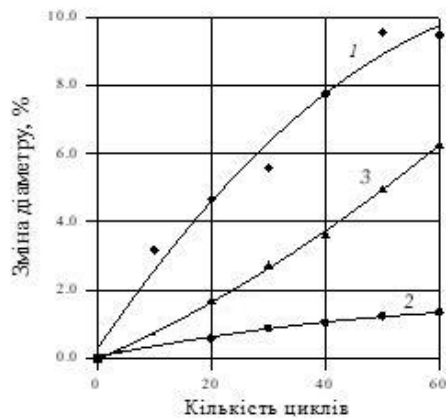
50



60

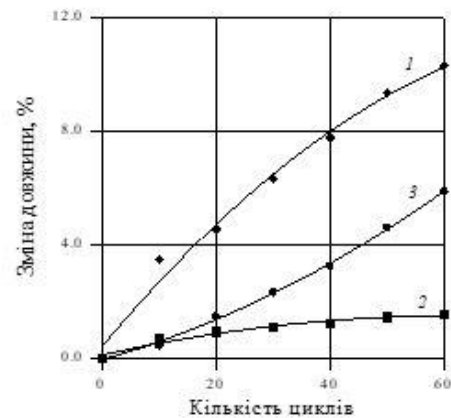
Рисунок 3.11 – Зовнішній вигляд зразка із чавуну марки 350ЖЧСЗЮХМН після 10-60 циклів

Динаміку зміни розмірів зразків із досліджуваних чавунів та їх загальний вигляд наведено на рисунку 3.12 та 3.13 відповідно.



- 1 – зразок 2.1 (310ЖЧС5);
- 2 – зразок 1 (220ЖЧН35);
- 3 – зразок 3 (350ЖЧСЗЮХМН)

а



- 1 – зразок 2.1 (310ЖЧС5);
- 2 – зразок 1 (220ЖЧН35);
- 3 – зразок 3 (350ЖЧСЗЮХМН)

б

Рисунок 3.12 – Динаміка зміни розмірів зразків із чавунів під час термоцикування залежно від кількості циклів: а – зміна діаметру; б – зміна довжини



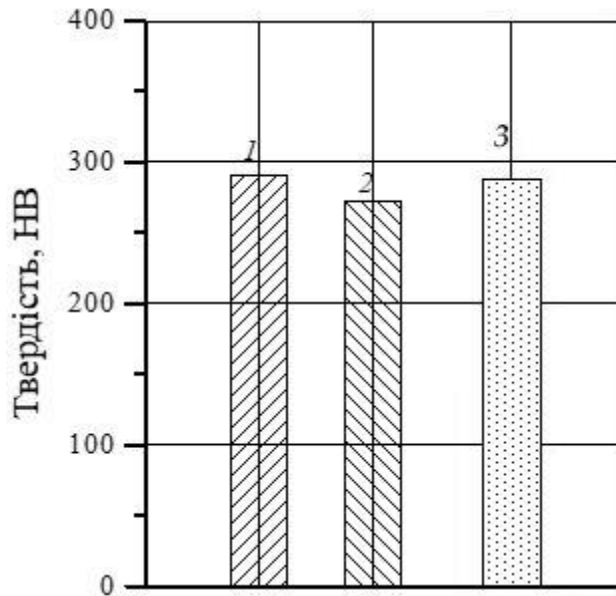
Рисунок 3.13 – Загальний вигляд зразків після термоцикування

### 3.3 Вплив технологічних параметрів на термостійкість склоформ

Аналізом літературних джерел та нормативних документів встановлено, що найкращий комплекс механічних властивостей спостерігається при твердості 280...300 НВ.

Мікролегування чавунів Mo, Cr, Ti, Al та V сприяє утворенню дрібнозернистої структури із невеликою кількістю карбідів, що забезпечує достатню твердість (рис. 3.14, 1, 3). Така твердість забезпечує високу експлуатаційну стійкість, але потребує додаткової операції перед механічним обробленням – низькотемпературного відпалу.

Зниження твердості в чавуні 220ЖЧН35 можна пояснити високими пластичними властивостями аустенітного чавуну даної марки, що покращує механічне оброблення і не потребує низькотемпературного відпалу.



– 310ЖЧС5; 2 – 220ЖЧН35; 3 – 350ЖЧС3ЮХМН

Рисунок 3.14 – Твердість чавунів

Однією з головних властивостей жаростійких матеріалів є їх термостійкість. Термостійкість будь-якого матеріалу можна охарактеризувати через термічну втоми. Процес термічної втоми досліджували з використанням зразків діаметром 10 мм та довжиною 60 мм. Дослідженнями зміни структури металу встановлено, що процес руйнування зразків можна розділити на декілька стадій, яким притаманні свої механізми розвитку процесів руйнування.

В роботі використовували жорсткі умови проведення досліджень під час термоцикування з метою отримання першої тріщини за короткий проміжок часу.

Чавун марки 220ЖЧН35 характеризується однорідною і гомогенною аустенітною структурою. Перша тріщина з'явилася на 34 циклі (рис. 3.15, в), а лінійні розміри збільшилися на 1,5%. Така поведінка матеріалу зумовлена пластичними властивостями аустеніту.



а



б



в

а – 310ЖЧС5; б – 220ЖЧН35; в – 350ЖЧСЗЮХМН

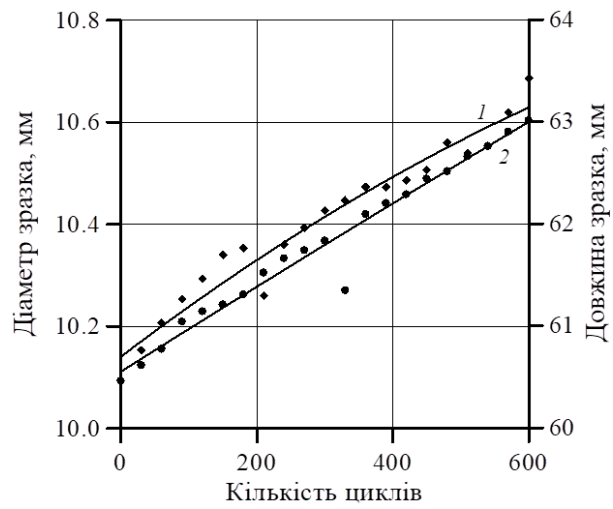
Рисунок 3.15 – Загальний вигляд зразків після термоциклування

На зразку (рис. 3.15, б) перша тріщина з'явилась на 3 циклі, а руйнування відбулося на 5 циклі. Такий вплив легувальних елементів пояснюється їх схильністю до окиснення в атмосфері повітря та утворення великої кількості неметалевих краплин у розплаві.

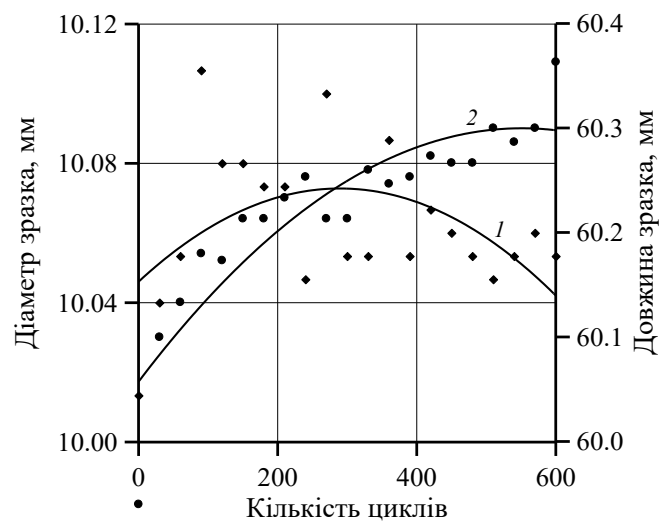
У чавуні для матеріалів склоформ марки 310ЖЧС5 (рис. 3.15, а) перша тріщина з'явилась на 15-му циклі, а лінійні розміри збільшилися на 10 %. Рекомендований чавун 350ЖЧСЗЮХМН (рис. 3.15, в) за рахунок вдосконаленої структури витримав 41 цикл до появи першої тріщини. Загальне збільшення розмірів відбулося на 6 %.

### **3.4 Експлуатаційні властивості жаростійких чавунів після термічного оброблення**

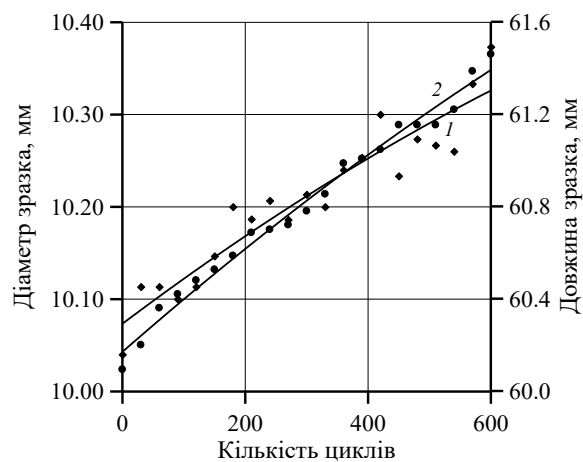
Для пом'якшення структури використовували термічне оброблення: 750 ° С з витримкою 4 години. Охолодження разом з піччю. В якості умов дослідження взято реальний час вприскування скломаси у пресформу – 5 секунд. Температура скломаси – 1280 ° С. Температура дослідження складала 1000 ° С. Зразок витягували на повітря і через 5 секунд температура ставала 970 ° С. Результати дослідження на рис. 3.18. Подальші випробовування здійснювали термоциклованням у воді 1000-20 ° С (рис. 3.19).



а

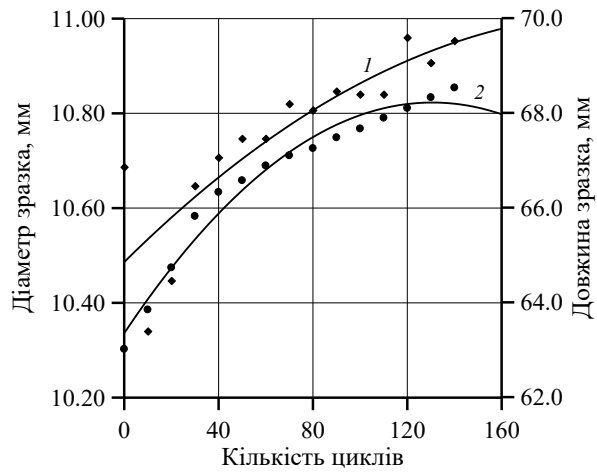


б

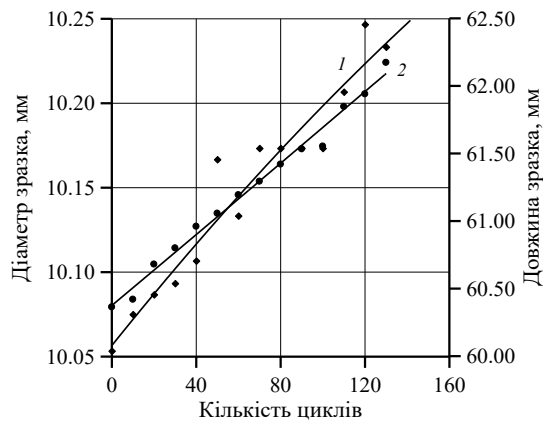


в

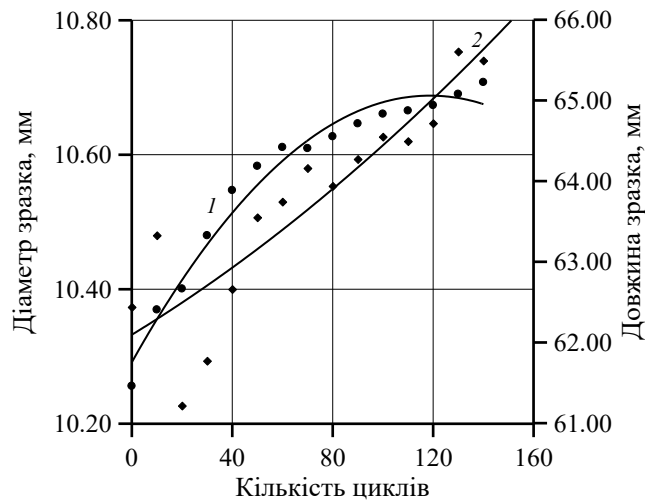
Рисунок 3.16 – Розміри зразків із жаростійких чавунів під час термоцикловання на повітрі залежно від кількості циклів: а – 220ЖЧН35; б – 310ЖЧС5; в – 350ЖЧС3ЮХМН; 1 – середній діаметр; 2 – середня довжина



а



б



в

Рисунок 3.17 – Розміри зразків із жаростійких чавунів під час термоциклювання у воді після повітря залежно від кількості циклів: а – 220ЖЧН35; б – 310ЖЧС5; в – 350ЖЧС3ЮХМН; 1 – середній діаметр; 2 – середня довжина.

У порівнянні з результатами термостійкості без термічного оброблення пластичні властивості всіх дослідних чавунів покращуються, що дозволить підвищити експлуатаційну стійкість формокомплекту.

Такий підхід дозволяє покращити економічні показники під час виготовлення формокрмплектів за рахунок зниження витрат на механічне оброблення.

### **Висновки до розділу 3**

1. За результатами проведених досліджень окалиностійкості у чавунів марок 310ЖЧС5, 350ЖЧС3ЮХМН спостерігається збільшення маси за рахунок утворення та утримування окалини на поверхні через незначну різницю коефіцієнтів термічного розширення між матеріалом основи та окалиною.

2. Ростостійкість чавуну марки 220ЖЧН35 становить 1,3 %, марки 310ЖЧС5 становить 10%, а марки 350ЖЧС3ЮХМН – 6,6 %.

3. У чавуні марки 220ЖЧН35 перша тріщина з'явилася на 34 циклі, а лінійні розміри збільшилися на 1,5%. Така поведінка матеріалу зумовлена пластичними властивостями аустеніту. У чавуні для матеріалів склоформ марки 310ЖЧС5 перша тріщина з'явилась на 15-му циклі, а лінійні розміри збільшилися на 10 %. Чавун 350ЖЧС3ЮХМН за рахунок вдосконаленої структури витримав 41 цикл до появи першої тріщини. Загальне збільшення розмірів відбулося на 6,25 %.

4. Твердість всіх досліджуваних чавунів становить у середньому 280 НВ, що ускладнює механічне оброблення під час виготовлення формокомплекту. Для зменшення внутрішніх напружень та отримання феритної металевої матриці у чавунних виливках необхідно здійснювати термічне оброблення.

5. Оптимальним з економічної точки зору доцільно використовувати чавун марки 350ЖЧС3ЮХМН.

## **4 СТАРТАП-ПРОЕКТ**

### **4.1 Команда**

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Інститут матеріалознавства та зварювання ім. Є.О. Патона Кафедра ливарного виробництва чорних і кольорових металів

Лідер команди:

Гурія І.М. (к.т.н., доц.)

Генератор ідей:

Гурія І.М. (к.т.н., доц.)

Виконавці:

Бичков В.А. (студент)

### **4.2 Назва проекту**

«Матеріал металевих пресформ для виготовлення склотари»

### **4.3 Короткий опис проекту**

Досліджено технологічні властивості чавуну різного хімічного складу з додаванням різних легувальних елементів. Розроблений матеріал вирішує проблему покращення техніко-економічних та термофізичних властивостей склоформи.

За видом проект відноситься до проектів «покращений продукт на існуючий ринок». Споживчий сегмент – B2B.



## **4.4 Бізнес-модель**

### **4.4.1 Цінний продукт**

Виготовлення пресформи для виготовлення склотари.

### **4.4.2 Сегмент споживачів**

Споживачі ринку – ливарні підприємства, які виготовляють пресформи для виробництва склотари.

### **4.4.3 Канали збуту**

Використовуються прямі канали збуту. Безпосередній контакт з потенційними покупцями через візити на підприємства та презентації товару. Контакт через тематичні та галузеві виставки та конференції. Збут через інтернет-ресурси (інтернет-магазин), послуги компаній перевізників.

### **4.4.4 Взаємодія з споживачами**

Підтримка інформаційних інтернет-ресурсів: сайт проекту, блог новин проекту, інтернет-магазин, пошукова оптимізація, реклама на інших сайтах і вебсторінках, використання безкоштовних дошок оголошень, банерна реклама, реклама через соціальні мережі. Підтримка клієнтів через E-mail/сайт. Застосування «програми лояльності» до клієнтів (гарантійні зобов'язання).

### **4.4.5 Дохід (монетизація)**

Отримання доходу з продажу технології виготовлення термостійкого чавуну.

#### 4.4.6 Ключові види діяльності

Виробництво виробів. Наукова діяльність. Маркетингова діяльність.

#### 4.4.7 Ключові ресурси

Матеріальні – шихтові та легувальні елементи. Технологія виробництва. Охоронні документи (патенти). Науково-технічні працівники.

#### 4.4.8 Ключові партнери

Виробнича база ливарна лабораторія кафедри ливарного виробництва чорних та кольорових металів. Партнери з надання логістичних та маркетингових послуг: оптимізація та просування сайтів «Інста Плюс», «DELPOST». Постачальники сировини та енергоресурсів для виробництва: підприємства що продають матеріали для ливарного виробництва.

#### 4.4.9 Витрати

Витрати на оренду промислових потужностей. Витрати на ресурсозабезпечення, логістику, маркетинг, підтримку інтернет-ресурсів.

### **4.5 Споживчі властивості товару**

Склоформи, виготовлені з чавуну запропонованого хімічного складу мають високі міцнісні характеристики, забезпечують хорошу якість поверхні та велика кількість термоциклів. Дані технології дають змогу знизити вартість продукції завдяки помірній ціні легувальних компонентів, відсутністю складного технологічного оснащення.

#### **4.6 Дослідження ринку**

За результатами аналізу аналогічної продукції не існує.

#### **4.7 Дослідження конкурентного оточення**

Ймовірних конкурентів на ринку в Україні та світу немає.

#### **4.8 Маркетингова стратегія просування**

Маркетингова стратегія просування проекту складатиметься з:

- просування проекту тематичних виставках та конференціях; – проведення презентацій для потенційних покупців;
- зустрічей безпосередньо на підприємствах, які користуються запропонованою продукцією та проведення демонстрацій;
- поступовим опануванням ринку України та виходом на міжнародний ринок.

#### **4.9 Елементи фінансового плану**

##### **4.9.1 Опис бізнес-проекту**

Мета проекту – отримання прибутку шляхом продажу складу сумішей та зв'язувальних компонентів. Актуальність проекту – оскільки не існує подібних зв'язувальних.

#### 4.9.2 Опис товару/послуги/технології

Товаром зв'язувальні компоненти та технологія приготування сумішей, що не має аналогів на Українському ринку та задовольняє всі технологічні особливості процесу.

#### 4.9.3 Маркетинг та продаж

Цільовий сегмент – B2B. Підприємства ливарного виробництва. Маркетингова стратегія просування проекту на початкових етапах включає в себе:

- участь у галузевих виставках та конференціях;
- проведення презентацій для потенційних покупців.

Для продажу застосовуються прямі канали збуту:

- безпосередній контакт з потенційними покупцями;
- збут через інтернет-ресурси.

#### 4.9.4 Фінансовий план

На поточному етапі існування проекту фінансовий план у необхідному обсязі не прораховувався. Однак, розраховано, що заплановані інвестиції для впровадження у виробництво та виробництва готових виробів в межах одного підприємства-виробника становлять:

- оренда промислової потужності: 2000 \$
- відпрацювання технології в умовах виробництва: 200 \$
- ресурсозабезпечення: 10000 \$
- затрати на логістику, маркетинг, з/п: 3000 \$

Поточна ситуація по проекту:

- в наявності є дослідні зразки;

#### 4.9.5 Резюме

Проект призначений для вирішення наступних проблем:

- екологічності у сфері побутової хімії і ливарного виробництва;
- вибиваємості невеликих стрижнів.

Заплановані інвестиції для впровадження у виробництво на одному підприємстві становлять 15200 \$.

## **5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ**

Метою розділу охорони праці є забезпечення належних умов праці в процесі дослідження впливу хімічного складу на жаростійкість чавунів для склоформ, а також розробка заходів спрямованих на усунення цих факторів та безпеку в надзвичайних ситуаціях.

Аналізуючи умови праці при виконанні даної НДР потрібно розглянути наступні чинники:

- мікроклімат;
- забруднення повітря робочої зони шкідливими речовинами;
- шум;
- вібрація;
- освітлення;
- електричний струм.

### **5.1 Правові та організаційні основи охорони праці на підприємстві**

Основоположним документом в галузі охорони праці є Закон України «Про охорону праці», який визначає основні положення щодо реалізації конституційного права працівників на охорону їх життя і здоров'я у процесі трудової діяльності, на належні, безпечні і здорові умови праці, регулює за участю відповідних державних органів відносини між роботодавцем і працівником з питань безпеки, гігієни праці та виробничого середовища і встановлює єдиний порядок організації охорони праці в Україні. Інші нормативні акти мають відповідати не тільки Конституції та іншим законам України, але, насамперед, цьому Законові [28].

Відповідно ст. 13 Закону України «Про охорону праці» роботодавець зобов'язаний створити на робочому місці в кожному структурному підрозділі умови праці відповідно до нормативно-правових актів, а також забезпечити додержання вимог законодавства щодо прав працівників у галузі охорони праці. З

цією метою роботодавець забезпечує функціонування системи управління охороною праці і несе безпосередню відповідальність за порушення зазначених вимог.

Згідно ст. 14 Закону України «Про охорону праці» працівник зобов'язаний: дбати про особисту безпеку і здоров'я, а також про безпеку і здоров'я оточуючих людей в процесі виконання будь-яких робіт чи під час перебування на території підприємства; знати і виконувати вимоги нормативно-правових актів з охорони праці, правила поведінки з машинами, механізмами, устаткуванням та іншими засобами виробництва, користуватися засобами колективного та індивідуального захисту; проходити у встановленому законодавством порядку попередні та періодичні медичні огляди. Працівник несе безпосередню відповідальність за порушення зазначених вимог [28].

Відповідно до ст. 15 Закону України «Про охорону праці» на підприємстві з кількістю працюючих 50 і більше осіб роботодавець створює службу охорони праці відповідно до типового положення, що затверджується центральним органом виконавчої влади з питань нагляду за охороною праці.

Припис спеціаліста з охорони праці може скасувати лише роботодавець. Ліквідація служби охорони праці допускається тільки у разі ліквідації підприємства чи припинення використання найманої праці фізичною особою.

Оскільки в КПШ ім. Ігоря Сікорського працює більше 50 осіб, то відповідно ст. 15 Закону України «Про охорону праці» створюється служба охорони праці, яка підпорядковується безпосередньо ректору КПШ ім. Ігоря Сікорського Згуровському Михайлу Захаровичу. Начальник служби охорони праці в КПШ ім. Ігоря Сікорського – Луцик Е.Г. На факультеті ІФФ відповідальний за службу охорони праці Лобода П.І., на кафедрі – Кивгило Б.В. В лабораторії (№ 03), де виконувалась робота, відповідальним за охорону праці є, Кивгило Б.В.

## 5.2 Аналіз шкідливих і небезпечних виробничих факторів

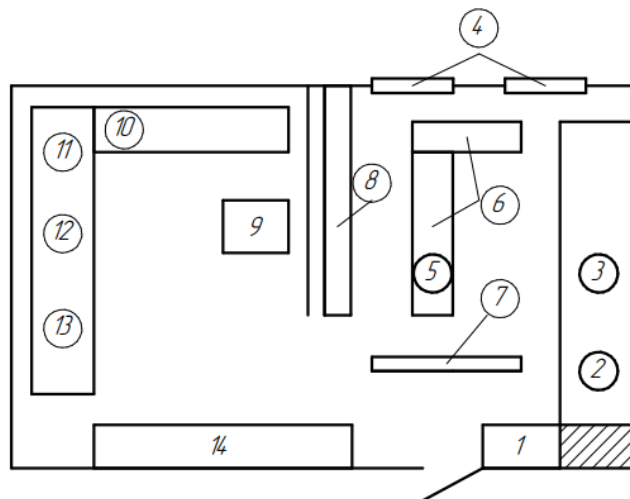
### 5.2.1 Мікроклімат

Для нормальної працездатності людини суттєве значення має чистота повітря, необхідний хімічний склад, оптимальність його (повітря) температури, вологості та швидкості руху. Тому аналіз мікроклімату у лабораторіях має важливе значення. Дослідження мікроклімату звертають увагу на такі показники:

- температура;
- рухливість повітря у робочій зоні;
- вологість повітря.

Отримані дані співставляють з встановленими нормами.

Робота виконувалася на кафедрі фізики металів КПІ ім. Ігоря Сікорського в лабораторії №03. Схематичне зображення лабораторії, а також розташування всіх елементів представлено на рис. 5.1.



- 1 – ручомийник; 2 – дистильатор; 3 – вакуумний вібростіл; 4 – вікна;  
5 – комп'ютер; 6 – столи; 7 – дошка; 8 – шкаф; 9 – робочий столик; 10 – піч опору;  
11 – піч трубчаста; 12 – фрезер; 13 – витяжка; 14 – сейф для інструментів.

Рисунок 5.1 – Розташування робочих місць в приміщенні де проводились дослідження



Було проведено вимірювання параметрів приміщення лабораторії та розрахунки площі і об'єму, що припадають на одну особу. Розрахунки наведені в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Параметри науково–дослідної лабораторії

Характеристика	Виміряні дані
Довжина, м	11
Ширина, м	5
Висота, м	3.1
Площа, м <sup>2</sup>	55
Об'єм м <sup>3</sup>	170,5
Площа на одну особу, м <sup>2</sup>	6
Об'єм на одну особу м <sup>3</sup>	55

Згідно зі ДБН В.2.2-28-2010 норма площі на одну особу становить 4,5 м<sup>2</sup>, а норма об'єму приміщення на одну особу – 15 м<sup>3</sup>.

Тобто, лабораторія 03, згідно з ДБН В.2.2-28-2010, відповідає нормам.

Для забезпечення оптимального мікроклімату «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень» ДСН 3.3.6.042-99 встановлюють оптимальні і допустимі температуру, відносну вологість та швидкість руху повітря в робочій зоні в залежності від пори року та категорії важкості робіт [28].

Згідно ДСН 3.3.6.042-99 категорія важкості робіт – І б. Ця категорія містить легкі фізичні роботи до 150 Ккал/год. Результати дослідження та нормовані величини параметрів мікроклімату в робочій зоні лабораторії № 03 показали, що в холодний період року при водяному опаленні фактична температура становить 21 °С (оптимальна – 21 °С – 23 °С, допустима – 17 °С – 25 °С), фактична швидкість руху повітря – 0,1 м/с (оптимальна – 0,1 м/с, допустима – ≤ 0,2 м/с) та фактична відносна вологість – 60 % (оптимальна – 40 % – 60 %, допустима – 75 %). В теплий період року при природньому повітрообміну фактична температура становить 22 °С (оптимальна – 22 °С – 24 °С, допустима – 19 °С – 30 °С), фактична швидкість

руху повітря – 0,2 м/с (оптимальна – 0,2 м/с, допустима – 0,1 м/с – 0,3 м/с) та фактична відносна вологість – 55 % (оптимальна – 40 % – 60 %, допустима – 60 % при 27 °С).

На основі вище написаного можна зробити висновок, що мікроклімат в лабораторії відповідає вимогам санітарних норм.

### 5.2.2 Освітленість

Освітлення буває трьох видів: суміщене, штучне і природне. Природне у свою чергу поділяється на верхнє, бічне та комбіноване. Штучне – місцеве і загальне [29].

Недостатня або надмірна освітленість, нерівномірність освітлення в полі зору втомлює очі, призводить до зниження продуктивності праці; при цьому зростає потенційна небезпека помилкових дій і нещасних випадків. Надмірна яскравість джерел світла може спричинити головний біль, різь в очах, розлад зору; світлові відблиски – тимчасове засліплення.

У лабораторії здійснюється природне бокове освітлення (вікна з північного боку) та штучне загальне. Відстань від вікна до місця основної роботи складає 1 м.

Освітлення, що забезпечує нормальні зорові роботи, є важливим чинником в організації і проведенні НДР, тому що при поганому освітленні підвищується втомленість, а це негативно впливає на здоров'я людини.

Для забезпечення нормованих значень освітленості в приміщенні потрібно проводити очищення скла, віконних рам і світильників не рідше двох разів у рік, а також проводити своєчасну заміну перегорілих ламп.

### 5.2.3 Шум

Виробничий шум – це сукупність різних за гучністю і тоном звуків, які виникають у повітряному середовищі [30]. Розрізняють шуми:

- механічний (під час роботи конвеєра, виконання завантажувально-розвантажувальних робіт);
- електромагнітний (під час роботи електромагнітних пристроїв змінного струму);
- аеродинамічний (у разі витоку газів, руху повітря у вентиляційних камерах);
- гідродинамічний (під час руху води і різноманітних рідин);
- повітряний (розповсюджується в повітряному середовищі);
- структурний (внаслідок коливання конструкцій стін, перекриттів, перегородок будівлі).

Науково-дослідницька робота виконувалась на індукційній печі, що видає певний шум під час роботи, також шум надходив у процесі дослідження зразків ростостійкості.

Граничні величини шуму на робочих місцях регламентуються ДСТУ 12.1.003-86. У ньому закладено принцип встановлення певних параметрів шуму, виходячи з класифікації приміщень за їх використанням для трудової діяльності різних видів ДСН 3.3.6.037-99 [31].

Засоби та заходи колективного захисту, що зменшують шум на шляху його поширення, поділяються на архітектурно-планувальні та акустичні (рис 5.2).



Рисунок 5.2 - Класифікація засобів та заходів колективного захисту, що зменшують шум на шляху його поширення

Архітектурно-планувальні заходи щодо захисту від шуму передбачаються при проектуванні, реконструкції та експлуатації підприємства (цехів, дільниць).

Звукоізоляція є ефективним засобом зменшення рівня шуму у напрямку його поширення, що реалізується шляхом встановлення звукоізоляційних перешкод (перегородок, кабін, кожухів, екранів). Принцип звукоізоляції базується на тому, що більша частина звукової енергії, яка потрапляє на перешкоду, відбивається і лише незначна її частина проходить крізь неї.

Для звукоізоляції окремих шумних дільниць у приміщенні чи устаткування застосовують легкі багат шарові звукоізоляційні перегородки з повітряними прошарками. Для звукоізоляції найбільш шумних вузлів та агрегатів (ланцюгові передачі, двигуни, компресори, вентилятори) використовуються звукоізоляційні кожухи, які є засобами, що встановлюються в безпосередній близькості від джерела шуму. В тих випадках, коли неможливо ізолювати шумне устаткування чи його

вузли, захист працівника від дії шуму здійснюють шляхом облаштування звукоізольованої кабіни з пультом керування та оглядовими вікнами [32].

У даному випадку наявний імпульсний шум. Так як робота на установках, які викликають шум, проводилась рідко, тому для захисту від шуму використовували засоби індивідуального захисту – біруші.

#### 5.2.4 Електробезпека

Відповідно діючим правилам побудови електроустановок ППЕ-97 приміщення лабораторій з точки зору небезпеки ураження людини електричним струмом відноситься до приміщень без підвищеної небезпеки електротравм [33]. Це сухі приміщення з температурою повітря 18-25 °С та струмо-непровідною підлогою. Електроустановки, що використовуються при виконанні даної НДР, живляться напругою 220 В змінного струму частотою 50 Гц. Причинами враження електричним струмом під час виконання трудового процесу з електрообладнанням є:

- випадковий дотик до струмоведучих частин, які перебувають під напругою, через відсутність засобів недоступності або безвідповідальне відношення до безпеки персоналу;
- дотик до не струмоведучих частин електроприладів, які випадково потрапили під напругу через ушкодження ізоляції чи іншого ушкодження;
- потрапляння під напругу під час проведення ремонтних робіт на відключених електроприладах через помилкове їх включення.

Вплив електричного струму на організм може мати дуже небезпечні для здоров'я людини наслідки і навіть привести до смерті [34]. Імовірність смертельного результату при поразці електричним струмом вище, ніж при інших причинах травматизму.

На дію електричної поразки впливає ряд факторів:

- величина струму (1 мА);
- рід струму (струм перемінний);

- частота струму (50 Гц);
- шлях струму в організмі (г-н, р-р, р-г);
- тривалість дії струму;
- стан організму;
- виробниче середовище, відноситься до 1 класу.

Величина струму, що протікає через яку-небудь ділянку тіла. При розробці захисних заходів, вважають небезпечним струм у 25 мА, при якому важко самотійно відірватись від провідника, а струм величиною 100 мА може призвести до смертельного результату.

Заходи, що зменшують ймовірність ураження струмом:

- проведення інструктажів;
- розміщення струмопровідних частин на недоступній для дотику висоті;
- застосування, періодичний контроль і підтримання ізоляції;
- застосування малих напруг, блокувальних пристроїв, чутливих до напруги на корпусі щодо землі схем, розподільних трансформаторів;
- захисне відключення (автоматичне відключення установки у випадку замикання).

У лабораторії вірно виконане захисне заземлення корпусів, електроустаткування і приладів. Розташування робочих місць таке, що виключається можливість дотику до корпусів, електроустаткування і приладів.

## **5.3 Інженерні рішення для забезпечення безпеки праці**

### **5.3.1 Розрахунок вентиляції**

Розрахунок об'єму повітря, яке необхідно видалити місцевою вентиляцією  $L_m$ , визначають, виходячи з заданої швидкості всмоктування біля (джерела) виділення шкідливих речовин, характеристики спектру швидкостей всмоктування для певної конструкції всмоктувального отвору та наявності поверхонь, що огорожують зону всмоктування. У цьому випадку:

$$L_M = 3600 \cdot F_0 \cdot V_0,$$

де  $F_0$  – площа відкритого перерізу витяжного отвору відсмоктувача, м<sup>2</sup>;

$V_0$  – швидкість всмоктування повітря у цьому прорізі, м/с.

Площу  $F_0$  визначають конструктивними особливостями технологічного обладнання та вибраного витяжного пристрою [35].

При застосуванні електродугових та плазмових технологій значення  $V_0$  знаходять, виходячи з умов забезпечення заданої швидкості повітря  $V_x$  (0,5 м/с) у зоні електричної дуги на відстані  $X$  (0,45 м) від центра всмоктуючого отвору:

$$V_0 = 16 \cdot V_x \cdot (X/d)^2, \quad (5.2)$$

де  $d$  – діаметр вентиляційного отвору, м.

На рис. 5.3 наведено принципову схему місцевої вентиляції необхідної для проведення ЕІЛ.

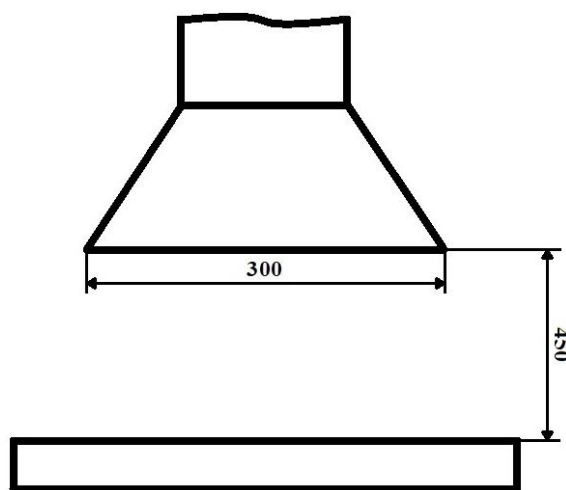


Рисунок 5.3 – Схема місцевої вентиляції

У результаті розрахунків встановлено, що швидкість всмоктування повітря у цьому прорізі  $V_0$  має становити 18 м/с, а об'єм повітря, що повинно бути видалене місцевою вентиляцією  $L_M$  – 2995 м<sup>3</sup>/год.

## 5.4 Вимоги безпеки в надзвичайних ситуаціях

До видів небезпеки, що можуть статися на виробництві, належать: пожежа; вибух (усередині обладнання, будівлях або навколишньому середовищі); розрив або зруйнування обладнання; викид шкідливих речовин; сполучення перелічених видів небезпеки. З метою запобігання виникненню та ліквідації надзвичайних (аварійних) ситуацій на підприємстві має бути план локалізації та ліквідації аварійних ситуацій і аварій у відповідності до положення [35].

### 5.4.1 Пожежна безпека

Пожежна безпека об'єкта – стан об'єкта, за яким з регламентованою імовірністю виключається виникнення і розвитку пожежі та впливу на людей її небезпечних факторів, а також забезпечується захист матеріальних цінностей.

Основними напрямками забезпечення пожежної безпеки є усунення умов виникнення пожежі та мінімізація її наслідків.

Відповідно до НАПБ Б.03.002-2007 приміщення лабораторії № 03 за пожежонебезпекою відноситься до категорії «Г» (в лабораторії є негорючі речовини та матеріали в гарячому, розжареному або розплавленому стані, процес обробки яких супроводжується виділенням променистого тепла, іскор, полум'я; горючі гази, спалимі рідини, тверді речовини, які спалюються або утилізуються як паливо) [36]. Найбільш пожежонебезпечним місцем в лабораторії є місце де прокладена електропроводка. Загоряння в приміщенні може спричинитися через коротке замикання в електропроводці. План евакуації із лабораторії в разі виникнення пожежі наведено на рис. 5.4.

У випадку пожежі на електроустановці, що знаходиться під напругою виникле полум'я не гаситься водою, а використовується вуглекислотний чи вуглекислотноброметиловий вогнегасник.



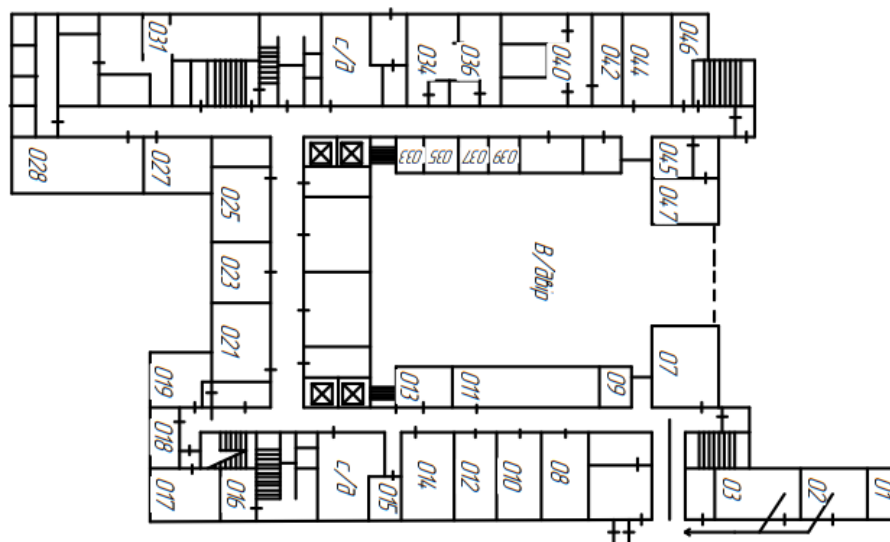


Рисунок 5.4 – План евакуації

На випадок пожежі в лабораторії є водопровід, вогнегасник вуглекислотноброметиловий ОУБ-3 (ДСТУ 111564-65), а на сходових клітках і в коридорах шухляди з піском, вогнегасники ОХП-10, ОП-1Б, пожежні крани. Приміщення обладнане пожежною сигналізацією автоматичної дії комбінованого типу (оповісник КИ-1).

Відповідно до ОНТП 24-86 лабораторія за пожежною безпекою належить до категорії В, тому що в ній знаходяться тверді та важко горючі матеріали.

У випадку пожежі у лабораторії може горіти:

- електроустановки та їхня проводка;
- паркет та штори;
- шафи та паперові документи, що знаходяться в них.
- виникнення пожеж у лабораторії можливо за наступними причинами:
- порушення технологічного режиму;
- несправність електроустаткування;
- необережне звертання з вогнем;
- ремонт устаткування на ходу;
- неправильне користування устаткуванням.

Для запобігання пожеж необхідно виключити перераховані недоліки і строго дотримуватись правил протипожежної безпеки.

Пожежна безпека (ГОСТ 12.1.004-91) забезпечується:

- запобігання спалаху ізоляції при КЗ за рахунок максимального струменевого захисту;
- запобігання утворення горючого середовища за рахунок надійної герметизації обладнання, обмеженням застосування і зберігання горючих та вибухонебезпечних речовин;
- застосування пожежної сигналізації з датчиком (ИДФ-І, ДПД та ін.);
- використанням вогнегасників (клас пожежі В): ОХП-10, ОХВП-10, ОВП-7, ОХ-7, ОП-10А; для класу пожежі Е вогнегасники типу УО, ОП-10А (вибрати тип і кількість відповідно до НАПБ Б.03.002-2007).

У випадку пожежі на електроустановці, що знаходиться під напругою виникле полум'я не гаситься водою, а використовується вуглекислотний чи вуглекислотноброметиловий вогнегасник.

#### 5.4.2 Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях

У випадку пробією електричної напруги на корпус електродугового агрегату необхідно відключити рубильник і довести до відома про це майстра або начальника дільниці.

У випадку потрапляння кого-небудь під напругу, необхідно відключити електродуговий агрегат від мережі, покласти потерпілого на дерев'яний настил, підклавши під голову ватник, викликати лікаря за телефоном 103 і, якщо це необхідно, зробити постраждалому штучне дихання.

У випадку загорання електродугового агрегату необхідно відключити рубильник і приступити до гасіння пожежі за допомогою вогнегасника [36].

Кожен робітник і службовець, що виявив пожежу або загорання, зобов'язаний:

— негайно сповістити про це в заводську пожежну охорону за телефоном 101;

— приступити до гасіння вогню пожежі наявними в цеху (на дільниці) засобами пожежогасіння (вогнегасник, пісок, пожежний кран тощо);

— викликати до місця пожежі посадових осіб (начальника цеху, дільниці).

У випадку одержання травми необхідно довести до відома про це майстра, начальника дільниці та звернутися в медпункт.

## **5.5 Висновки до розділу 5**

1. Було розглянуто основні шкідливі фактори присутні у лабораторіях та місці проведення науково-дослідної роботи. Зважаючи на основні ДСтУ, ДСН, ДБН, що регулюють необхідні для безпечної роботи параметри, було встановлено, що робоча лабораторія в якій проводилася НДР відповідає всім зазначеним нормам.

2. Отже, на основі вище зазначеного можна зробити висновок, що мікроклімат, організація робочого місця, освітлення в лабораторії відповідають вимогам санітарних норм. А рівень шуму, виробниче та рентгенівське випромінювання не перевищує допустимих норм.

## **6 ОРГАНІЗАЦІЙНО – ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА**

### **6.1 Науково-технічна актуальність теми дослідження**

При конструюванні сучасних машин, механізмів і приладів, незважаючи на безліч відомих людству матеріалів, виникає потреба у нових, таких, що мають комплекс різноманітних, іноді протилежних властивостей. Одним з найбільш перспективних шляхів вирішення даної задачі є синтез композиційних матеріалів, які не зустрічаються у природі та складаються з двох або більше компонентів, різних за своїм хімічним складом та з чіткою межею поділу.

Найбільш розповсюдженими матеріалами для композитів серед кольорових металів є алюміній та титан. Їх поєднання може значно підвищити якість виробів та одночасно забезпечити низьку питому вагу, високу питому міцність, корозійну стійкість та жароміцність.

### **6.2 Розрахунок витрат на проведення дослідження**

#### **6.2.1 Витрати на оплату праці**

Витрати на оплату праці науково-дослідного персоналу розраховують на основі даних про трудомісткість окремих робіт по темі дослідження та посадових окладів безпосередніх їх виконавців [37].

Під час виконання магістерської дисертації було задіяно три виконавці: доцент, кандидат технічних наук, інженер-дослідник (магістр) та технік 1 категорії.

Так як відсутні методики розрахунку трудомісткості різних етапів виконання магістерської дисертації, їх значення встановлювали на базі експертних оцінок від провідних фахівців. Результати експертної оцінки трудомісткості етапів магістерської дисертації наведені в табл. 6.1.

Таблиця 6.1 – Трудомісткість етапів магістерської дисертації

Найменування робіт по темі дослідження	Трудомісткість, людино-днів		
	доцент, кандидат технічних наук	інженер-дослідник (магістр)	технік 1 категорії
1. Аналіз науково-технічних публікацій з теми	5	20	–
2. Обґрунтування мети та напрямів дослідження	2	7	–
3. Розробка методики проведення експериментів	2	4	2
4. Проведення експериментів	5	10	14
5. Дослідження зразків	2	16	-
6. Обговорення отриманих результатів	10	20	-
Разом за виконавцями теми	26	77	16

Денну заробітну плату кожного з виконавців визначали як місячну заробітну плату, поділену на середню кількість днів у місяці, що при п'ятиденному робочому тижні становить 21,2 дні. Місячні посадові оклади заробітної плати співробітників кафедри ливарного виробництва чорних та кольорових металів Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» та величина денної заробітної плати виконавців роботи наведені в табл. 6.2.

Фонд заробітної плати (ФЗП) обчислюється як сума добутоків трудомісткості і денної заробітної плати кожного з виконавців:

$$\text{ФЗП} = 26 \cdot 568,49 + 77 \cdot 0 + 16 \cdot 245,7 = 18711,94 \text{ грн.}$$

Таблиця 6.2 – Розрахунок витрат на оплату праці

Посада виконавців теми	Планова трудомісткість, людино-днів	Заробітна плата, грн		
		посадовий місячний оклад	середньоденна зарплата	усього за виконавцями
Доцент, кандидат технічних наук	26	12052,00	568,49	14780,74
інженер-дослідник (магістр)	77	-	-	-
технік 1 категорії	16	5209,00	245,7	3931,2
Разом оплата праці науково-дослідної роботи				18711,94

### 6.2.2 Єдиний соціальний внесок

Згідно з діючим законодавством України єдиний соціальний внесок є обов'язковим відрахуванням на загальнодержавне соціальне страхування і складає 22%. Базою для нарахування єдиного соціального внеску слугують загальні витрати на оплату праці по науково-дослідній роботі.

$$V_C = 0,22 \cdot 18711,94 = 4116,63 \text{ грн.}$$

### 6.2.3 Матеріали, необхідні для проведення досліджень

Для виготовлення експериментальних зразків використовували різні легувальні матеріали. Дані про вартість використовуваних матеріалів та загальні витрати на матеріали  $V_M$  наведено в табл. 6.3.

Таблиця 6.3 – Вартість основних матеріалів

Найменування	Одиниця вимірювання	Кількість	Ціна, грн/кг	Сума, грн
Шихтові матеріали	кг	10	50	500
Силіцій	кг	0,5	17	8,5
Нікель	кг	1	600	600
Алюміній	кг	1	180	180
Молібден	кг	0,5	900	450
Хром	кг	0,5	400	200
Мідь	кг	1	260	260
Титан	кг	0,5	300	150
Загальні витрати на матеріали ( $V_M$ )				2350

#### 6.2.4 Витрати на енергоносії

В процесі виконання науково-дослідної роботи, для забезпечення розплавлення алюмінію у тигельній печі було використано 231 кВт електроенергії, вартість якої становить 204,137 коп./кВт·год.

$$V_{EH} = 204,137 \cdot 231 = 47155,647 \text{ коп.} = 471,56 \text{ грн.}$$

#### 6.2.5 Витрати на спеціальне обладнання

При виконанні магістерської дисертації усі роботи проводили лише з використанням наявного обладнання на кафедрі ливарного виробництва КПІ ім. Ігоря Сікорського. Витрати на утримання та експлуатацію обладнання відносимо до статті «Накладні витрати».

#### 6.2.6 Вартість послуг сторонніх організацій

У виконанні даної магістерської дисертації сторонні організації участі не приймали.

### 6.2.7 Витрати на службові відрядження

Усі роботи, пов'язані з виконанням магістерської дисертації за даною темою, проведені на кафедрі ливарного виробництва КПІ ім. Ігоря Сікорського. Окремі службові відрядження не планувались.

### 6.2.8 Інші невраховані прямі витрати

Інші невраховані прямі витрати ( $C_{\text{інш}}$ ) плануємо у розмірі 10% від врахованих:

$$V_{\text{інш}} = 0,1 \cdot (18711,94 + 4116,63 + 2350 + 471,56) = 2565 \text{ грн.}$$

### 6.2.9 Накладні витрати

Накладні витрати включаються до калькуляції кошторисної вартості теми пропорційно обсягам витрат на оплату праці основних виконавців або пропорційно сумі прямих витрат на виконання теми досліджень по нормативам організації-виконавця цього дослідження.

Ця стаття включає витрати, пов'язані з управлінням організацією-виконавцем теми, витрати на винахідництво і раціоналізацію; витрати на амортизацію основних фондів; витрати на науково-технічну інформацію; витрати на забезпечення нормальних умов праці і техніки безпеки; витрати на оплату послуг банків; податки, збори та інші обов'язкові платежі і витрати тощо [37].

Норматив відрахувань на накладні витрати на кафедрі ливарного виробництва КПІ ім. Ігоря Сікорського встановлений в розмірі 20% планової суми прямих витрат по темі магістерської дисертації:

$$НВ = 0,2 \cdot (18711,94 + 4116,63 + 2350 + 471,56 + 2462,12) = 5622 \text{ грн.}$$



## 6.2.10 Розроблення планової калькуляції кошторисної вартості теми

Планова кошторисна вартість магістерської дисертації визначається як сума витрат за окремими статтями вартості. Результати визначення вартості наведені у табл. 6.4.

Таблиця 6.4 – Калькуляція планової кошторисної вартості магістерської дисертації за темою

Найменування статей витрат	Позначення	Сума	
		грн.	%
1	2	3	4
1.Витрати на оплату праці	ФЗП	18711,94	55,3
2.Єдиний соціальний внесок	В <sub>С</sub>	4116,63	12,16
3.Матеріали для проведення досліджень	В <sub>М</sub>	2350	6,94
4.Енергоносії для проведення досліджень	В <sub>ЕН</sub>	471,56	1,39
5.Спецобладнання для наукових цілей	–	–	–
6.Вартість послуг сторонніх організацій	–	–	–
7.Витрати на службові відрядження	–	–	–
8.Інші невраховані прямі витрати по темі	В <sub>ІНШ</sub>	2565	7,58
9.Накладні витрати	НВ	5622	16,61
10.Кошторисна вартість теми		33837,13	100

## 6.3 Визначення очікуваних результатів магістерської дисертації та розрахунок показників економічної ефективності

Дослідження, що проводиться в даній роботі, має пошуковий та теоретичний характер, а отже розрахунок очікуваного річного економічного ефекту досить складний, оскільки відсутні повні дані відносно сфери використання результатів роботи, а також вихідні дані для розрахунку одночасних та поточних витрат. У зв'язку з цим доцільно використовувати бальну систему оцінки економічної ефективності за наступними показниками:

- важливість розробки (K1);
- можливість використання результатів розробки (K2);
- теоретичне значення та рівень новизни (K3);
- складність розробки (K4).

Шкала для оцінки важливості розробки K1:

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  $K1 = 1$ .

Шкала для оцінки можливості використання результатів розробки K2:

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  $K2 = 8$ .

Шкала для оцінки теоретичної значимості і рівня нововведення K3:

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  $K3 = 3$ .

Шкала для оцінки показників складності дослідження К4:

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  $K4 = 3$ .

Загальна оцінка Б визначається як добуток коефіцієнтів :

$$B = 1 \cdot 8 \cdot 6 \cdot 3 = 144$$

Умовний річний економічний ефект науково-дослідної роботи визначається за формулою:

$$E_{\text{ндр}} = 500 \cdot B \cdot E_{\text{н}} \cdot V_{\text{ндр}}, \quad (6.1)$$

де 500 – умовна вартість одного балу;

$E_{\text{н}}$  – нормативний коефіцієнт економічної ефективності,  $E_{\text{н}} = 0,15 \div 0,5$ ;

$V_{\text{ндр}}$  – витрати на виконання магістерської дисертації (планова річна кошторисна вартість виконання магістерської дисертації).  $V_{\text{ндр}} = 32499,9$  грн..

Таким чином, умовний економічний ефект становить:

$$E_{\text{ндр}} = 500 \cdot 144 \cdot 0,50 \cdot 32499,9 = 55750,05 \text{ грн.}$$

Економічна ефективність магістерської дисертації визначається коефіцієнтом ефективності  $E_{\text{ндр}}$ , який характеризує частку загального ефекту від розробки на умовну одиницю витрат:

$$E_{\text{ндр}} = E_{\text{ндр}} / V_{\text{ндр}}. \quad (6.2)$$

Підставивши значення у формулу (6.2) знайдемо коефіцієнт економічної ефективності:

$$E_{\text{НДР}} = 55750,05/32499,9 = 1,71.$$

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

#### **6.4 Висновки до розділу 6**

1. Розраховано планову кошторисну вартість проведення магістерської дисертації з урахуванням всіх видів витрачених ресурсів.
2. Обґрунтовано актуальність та економічну доцільність проведення роботи.

## ВИСНОВКИ

1. Одним із найбільш суттєвим ціноутворювачем кінцевого продукту являється металева пресформа для виготовлення склотарної продукції. Модернізування її хімічного складу здатне знизити ціну у відношенні до кількості температурних циклів.
2. Виходячи із отриманих дослідницьких даних робимо висновок, що дана галузь потребує інновацій, які можна досягнути за допомогою матеріально технічної бази факультету.
3. Виготовлено циліндричні зразки для визначення термостійкості та ростостійкості наступних марок: 310ЖЧС5, 350ЖЧСЗЮХМН, 220ЖЧН35;
4. Проведено дослідження виготовлених зразків за відповідними методиками.
5. За результатами проведених досліджень окалиностійкості у чавунів марок 310ЖЧС5, 350ЖЧСЗЮХМН спостерігається збільшення маси за рахунок утворення та утримування окалини на поверхні через незначну різницю коефіцієнтів термічного розширення між матеріалом основи та окалиною.
6. Ростостійкість чавуну марки 220ЖЧН35 становить 1,3 %, марки – 10% 310ЖЧС5, а марки 350ЖЧСЗЮХМН – 6,6 %.
7. У чавуні марки 220ЖЧН35 перша тріщина з'явилася на 34 циклі, а лінійні розміри збільшилися на 1,5%. Така поведінка матеріалу зумовлена пластичними властивостями аустеніту. У чавуні для матеріалів склоформ марки 310ЖЧС5 перша тріщина з'явилась на 15-му циклі, а лінійні розміри збільшились на 10 %. Чавун 350ЖЧСЗЮХМН за рахунок вдосконаленої структури витримав 41 цикл до появи першої тріщини. Загальне збільшення розмірів відбулося на 6,25 %.
8. Твердість всіх досліджуваних чавунів становить у середньому 280 НВ, що ускладнює механічне оброблення під час виготовлення формокомплекту. Для зменшення внутрішніх напружень та отримання феритної металевої матриці у чавунних виливках необхідно здійснювати термічне оброблення.

9. Показано, що розроблений стартап-проект є потенційним претендентом на успіх, оскільки передбачається запровадження унікального методу обробки, що не потребує значних затрат та можливе швидке його впровадження.

10. Встановлено, що НДР виконувалась в лабораторіях, які повністю відповідають вимогам електробезпеки та пожежної безпеки.

## CONCLUSION

1. One of the most significant pricing of the final product is a metal mold for the manufacture of glass products. Modernization of its chemical composition can reduce the price in relation to the number of temperature cycles.

2. Based on the obtained research data, we conclude that this industry needs innovations that can be achieved through the material and technical base of the faculty.

3. Cylindrical samples were made to determine the heat resistance and growth resistance of the following brands: 310ЖЧС5, 350ЖЧС3ЮХМН, 220ЖЧН35;

4. Research of the made samples by the corresponding techniques is carried out.

5. According to the results of scale resistance studies in cast irons of grades 310ЖЧС5, 350ЖЧС3ЮХМН, an increase in mass is observed due to the formation and retention of scale on the surface due to a slight difference in thermal expansion coefficients between the base material and scale.

6. Growth resistance of cast iron of the 220ЖЧН35 brand makes 1,3%, marks - 10% 310ЖЧС5, and grades 350ЖЧС3ЮХМН - 6,6%. From the economic point of view it is expedient to use cast iron of the 310ЖЧС5 brand.

7. In 220ЖЧН35 cast iron, the first crack appeared in 34 cycles, and the linear dimensions increased by 1.5%. This behavior of the material is due to the plastic properties of austenite. In 310ЖЧС5 glass molding cast iron, the first crack appeared in the 15th cycle, and the linear dimensions increased by 10%. Cast iron 350ЖЧС3ЮХМН due to the improved structure withstood 41 cycles before the first crack. The overall increase in size was 6.25%.

8. The hardness of all investigated cast irons is on average 280 HB, which complicates machining during the manufacture of the mold set. To reduce internal stresses and obtain a ferrite metal matrix in cast iron castings, it is necessary to carry out heat treatment.

9. It is shown that the developed startup project is a potential contender for success, as it provides for the introduction of a unique method of processing that does not require significant costs and its rapid implementation is possible.

10. It was established that the research was performed in laboratories that fully meet the requirements of electrical safety and fire safety.



## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Книшук О.О. Перспективи розвитку склотарної галузі України [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: [http://www.rusnauka.com/18\\_APSN\\_2014/Economics/9\\_172722.doc.htm](http://www.rusnauka.com/18_APSN_2014/Economics/9_172722.doc.htm).
2. Сирохман І.В Товарознавство пакувальних матеріалів і тари: підручник (для студ. вищ. навч. закл.)/І.В.Сирохман,В.М.Загородня.-К.:Центр учбової літератури,2009.-616с.
3. Стекольная индустрия Украины: состояние, динамика и перспективы развития 2008-2012 гг. - Киев, 2012. - 262 с.
4. Технології пакування харчової продукції (фізичне і термодинамічне підґрунтя) / О.Ю. Шевченко, В.А. Піддубний // Упаковка. – 2006. – № 1.
5. Growing Demand in the Beer and Alcohol Packaging Industry Anticipated to Drive Glass Container Market Revenue: Global Industry Analysis and Opportunity Assessment, 2016-2026 [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: [futuremarketinsights.com](http://futuremarketinsights.com).
6. Ринок склотари в Україні за 2008-2012 гг. аналіз виробництва, експорту, імпорту. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://koloro.ua/ua/blog/issledovaniya/rynok-steklotary-v-ukraine-za-2008-2012-gg.-analiz-proizvodstva-jeksporta-importa.html>.
7. Леушин И. О. Теплофизические параметры эксплуатации деталей чугуновых стеклоформ / И. О. Леушин, Д. Г. Чистяков // Литейное производство. – 2013. – № 1 (13). – с. 50-52.
8. Попов В. М. Термостойкость чугунов с различной формой графита / В. М. Попов, Б. Л. Коган // Литейное производство. – 1991. – № 2. – С. 34.
9. Леушин И. О. Влияние структурообразования и фазового состава чугуновых отливок стеклоформ на эксплуатационные свойства готовых изделий / И. О. Леушин, Д. Г. Чистяков // Изв. вузов. Черная металлургия. – 2013. – № 5. – с. 19-23.

10. Леушин И. О. Повышение эксплуатационной стойкости деталей чугуновых стеклоформ путем совершенствования технологии их изготовления и контроля / И. О. Леушин, Д. Г. Чистяков, С. Н. Марфенин // Труды Нижегородского государственного университета им. Р.Е. Алексеева. – 2014. – № 1 (103). – с. 212-224.
11. Александров М. В. Разработка химических составов и технологии получения низколегированных термостойких чугунов для деталей стеклоформ: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.16.04 "Литейное производство" / Александров М. В. – Нижний Новгород, 2013. – 18 с.
12. Леушин И. О. Влияние структуры чугуна на образование эксплуатационных дефектов стеклоформирующей оснастки / И. О. Леушин, Д. Г. Чистяков, В. А. Володин. // Наука и Образование МГТУ им. Н. Э. Баумана. – 2015. – №11. – с. 111–123.
13. Чистяков Д. Г. Разработка технологии изготовления чугуновых отливок стеклоформ с повышенным эксплуатационным ресурсом: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.16.04 "Литейное производство" / Чистяков Д. Г. – Нижний Новгород, 2014. – 18 с.
14. Бобро Ю. Г. Легированные чугуны / Ю. Г. Бобро. – Москва: Металлургия, 1976. – 288 с.
15. Properties and Applications Of Ni-Resist and Ductile Ni-Resist Alloys [Электронный ресурс]. – 1998. – Режим доступа до ресурсу: [https://www.nickelinstitute.org/media/1770/propertiesandapplicationsofni\\_resistandductileni\\_resistalloys\\_11018\\_.pdf](https://www.nickelinstitute.org/media/1770/propertiesandapplicationsofni_resistandductileni_resistalloys_11018_.pdf).
16. Бобро Ю.Г. легированные алюминием чугуны с шаровидным графитом/ в сб. «литейное производство: научно-исследовательские и опытные работы. Труды всесоюзного совещания». –М: МАШГИЗ 1960. – 252 с.
17. Жаростойкость чугуна, легированного хромом из расплава металлургического шлака / В.Н. Костяков, Н.В. Кирьякова, С.И. Клименко, А.А. Волошин // Процессы литья. — 2013. — № 5. — С. 26-28.

18. Ермаков М.А/ Управление структурой и свойствами отливок из хромистого чугуна путем легирования, модифицирования и электроимпульсной обработки расплава. - Комсомольск-на-Амуре, 2015.- 228 с.
19. Леушин И. О. Упрочняющие фазы чугуновых деталей стеклоформ с градиентной структурой литья / И. О. Леушин, Ю. А. Зиновьев, Д. Г. Чистяков // Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева. – 2014. – № 1 (74). – с. 62-67.
20. Тополянский П. А. Увеличение срока службы формокомплектов в условиях стеклотарных заводов / П. А. Тополянский // Стеклоформы. – 2009. – № 3. – с. 14-18.
21. Королёв С. П. Чугун с вермикулярным графитом материал для стеклоформ / С. П. Королёв, В. М. Королёв, Д. Н. Худокормов // Литейное производство. – 1996. – № 1. – с. 6-8.
22. Леушин И. О. О способах управления высокоуглеродистой фазой чугуна для отливок стеклоформ, изготавливаемых на основе сплава ЧС5Ш / И. О. Леушин, Д. Г. Чистяков // Вестник ЮУрГУ. – 2013. – Т. 13, № 2. – с. 58-64.
23. Курганов В. А. Жаростойкий чугун с шаровидным графитом / В. А. Курганов // Литейщик России. – 2011. – № 10. – с. 25-27.
24. Неижко И. Г. Графитизация и свойства чугуна. АН УССР. Институт проблем литья / И. Г. Неижко. – Киев: Наук. думка, 1989. – 208 с.
25. Волощенко М. В. Коррозионная стойкость высокопрочного чугуна с различным содержанием кремния / М. В. Волощенко, Т. Г. Цапко // Литейное производство. – 1986. – № 12. – с. 5.
26. Соловьев В. П. Оценка влияния химических элементов на графитизацию чугуна / В. П. Соловьев, О. В. Курагин // Литейное производство. – 1991. – № 7. – с. 7-8.
27. Кабинов Д. А. Предотвращение отбела в тонкостенных отливках из высокопрочного чугуна графитизирующими добавками / Д. А. Кабинов // Литейное производство. – 1978. – № 5. – с. 6-7.

28. Охорона праці // Юридична енциклопедія : [у 6 т.] / ред. кол. Ю. С. Шемшученко (відп. ред.) [та ін.] — К. : Українська енциклопедія ім. М. П. Бажана, 2002. — Т. 4 : Н — П. — 720 с. — ISBN 966-7492-04-4.
29. Техніка безпеки // Юридична енциклопедія : [у 6 т.] / ред. кол. Ю. С. Шемшученко (відп. ред.) [та ін.] — К. : Українська енциклопедія ім. М. П. Бажана, 2004. — Т. 6 : Т — Я. — 768 с. — ISBN 966-7492-06-0.
30. Основи охорони праці: Підручник. 2ге видання, доповнене та перероблене / К. Н. Ткачук, М. О. Халімовський, В. В. Зацарний [та ін.]; за ред. К.Н. Ткачука і М. О. Халімовського. — К. : Основа, 2006. — 448 с.
31. Строительные нормы и правила. Административные и бытовые здания: ДБН В.2.2-28-2010.
32. Желібо Є.П. Безпека життєдіяльності: Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів освіти України I-IV рівнів акредитації / Є.П. Желібо, Н.М. Заверуха, В.В. Зацарний. — Київ: «Каравела», 2001. — 320 с.
33. Строительные нормы и правила. Административные и бытовые здания: ДБН В.2.2-28-2010.
34. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку: ДСН 3.3.6.037-99.
35. Санитарные правила работы с источниками неиспользуемого рентгеновского излучения: СП 1960-79.
36. Основи охорони праці / К.Н. Ткачук, М.О. Халімовський, В.В. Зацарний [та ін.]; за ред. К.Н. Ткачука і М.О. Халімовського. — К. : Основа, 2006. — 448 с.
37. Гавриш О.А. Методичні рекомендації до розробки економічної частини дипломних проектів і робіт / О.А. Гавриш, В.І. Кривда, С.В. Нараєвський.// — К.: ІВЦ “Політехніка”. — 2010. — 54 с