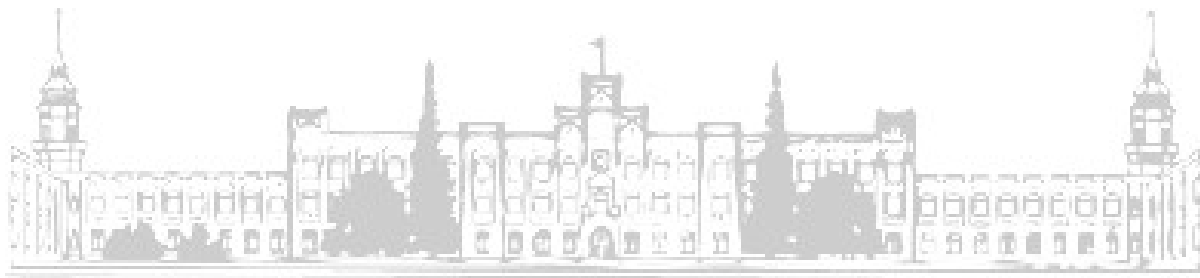


**Міністерство освіти і науки України  
Національний технічний університет України  
“Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”**



# **МАГІСТЕРСЬКА ДИСЕРТАЦІЯ ЗА ОСВІТНЬО-ПРОФЕСІЙНОЮ ПРОГРАМОЮ**

**Частина 2**

**Рекомендації до проєктування**

*затверджено вченою радою інституту матеріалознавства та  
зварювання ім. О. Є. Патона  
КПІ ім. Ігоря Сікорського  
як навчальний посібник для студентів, які навчаються  
за спеціальністю 132 «Матеріалознавство»,  
освітньо-професійною програмою  
«Нанотехнології та комп'ютерний дизайн матеріалів»,*

Київ

КПІ ім. Ігоря Сікорського

2021

Магістерська дисертація за освітньо-професійною програмою [Електронний документ] : рекомендації до проектування : навч. посіб. для студ. спеціальності 132 “Матеріалознавство” освітньої програми “Нанотехнології та комп’ютерний дизайн матеріалів” : 2 частини / НТУУ “КПІ ім. Ігоря Сікорського” ; уклад.: А. М. Степанчук, А. В. Мініцький, С. В. Нараєвський. – Електронні текстові дані (1файл: 775 Кбайт). – Частина 2. – Київ : НТУУ “КПІ ім. Ігоря Сікорського”, 2021. – 87 с.

*Гриф надано Методичною радою НТУУ “КПІ ім. Ігоря Сікорського”  
(Протокол № 2 від 09.12.2021 р.)  
за поданням Вченої ради Інституту матеріалознавства та  
зварювання імені Є. О. Патона (Протокол №13/21 від 05.11.2021 р.)* Електронне  
мережне навчальне видання

**МАГІСТЕРСЬКА ДИСЕРТАЦІЯ  
ЗА ОСВІТНЬО-ПРОФЕСІЙНОЮ ПРОГРАМОЮ  
Частина 2  
Рекомендації до проектування**

Укладачі: *Степанчук Анатолій Миколайович*, канд. техн. наук, проф.

*Мініцький Анатолій Вячеславович*, докт. техн. наук, доц.

*Нараєвський Сергій Вікторович*, канд. екон. наук, доцент

Відповідальний  
редактор: к. т. н., доцент Бірюкович Л. О.

Рецензент: д. т. н., проф. Маслюк В. А.

У навчальному посібнику викладаються основні вимоги до об’єму та характеристики питань, які повинні бути розроблені та відображені в кожному розділі магістерської дисертації проєктного спрямування; наводяться приклади рішення окремих задач. Надано рекомендації щодо опису та вибору технологічних схем виготовлення порошкових композиційних (в тому числі наноструктурних) матеріалів різного функціонального призначення. Зазначено основні критерії вибору обладнання для кожної технологічної операції. В навчальному посібнику наведено рекомендації для опису будівельного, енергетичного розділів, а також розділи охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях, організаційний і економічний розділи, де проводиться планова калькуляція собівартості річного обсягу виробництва продукції і визначається період окупності проєкту. Наведено рекомендації до розділу стартап проєкта з урахуванням особливостей магістерської дисертації проєктного спрямування.

## ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА .....	5
ВСТУП.....	9
1 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ.....	10
1.1 Вибір технологічного процесу .....	11
1.1.1 Вибір матеріалу .....	11
1.1.2 Вибір і обґрунтування технологічного процесу .....	11
1.1.3 Висновки та поставка задачі проєктування.....	13
1.2 Опис технологічного процесу .....	13
1.2.1 Обґрунтування асортименту продукції і технічних умов на неї.....	13
1.2.2 Вибір головних видів сировини і технічні умови на неї.....	14
1.2.3 Опис технологічних операцій .....	14
1.3 Розрахунок і складання матеріального балансу.....	17
1.4 Вибір і розрахунок кількості обладнання .....	31
1.4.1 Обладнання для змішування та розмелювання.....	34
1.4.2 Обладнання для просіву .....	37
1.4.3 Обладнання для пресування.....	37
1.4.4 Обладнання для спікання .....	40
1.4.5 План розміщення обладнання .....	45
2 БУДІВЕЛЬНИЙ РОЗДІЛ .....	48
3 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	50
4 ЕНЕРГЕТИЧНИЙ РОЗДІЛ.....	51
5 ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ РОЗДІЛ.....	54
5.1 Розрахунок чисельності виробничих робітників .....	54
5.3 Розрахунок продуктивності праці.....	61
6 ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ .....	62
6.1 Розрахунок капітальний вкладень .....	62
6.2 Визначення планової собівартості одиниці продукції.....	65

6.3 Розрахунок показників економічної ефективності проєктного рішення .....	70
7 СТАРТАП ПРОЄКТ .....	75
7.1 Опис ідеї стартап проєкту .....	75
7.2 Аналіз техніко-економічних переваг ідеї.....	76
7.3 Технологічний аудит ідеї проєкту .....	77
7.4 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап проєкту.....	78
7.5 Розроблення маркетингової програми стартап проєкту.....	82
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ .....	84
ДОДАТОК А. СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ .....	85

## ПЕРЕДМОВА

Однією з важливих задач вищої школи є підготовка кваліфікованих спеціалістів, які володіють достатніми знаннями в галузі техніки, технології, економіки та організації виробництва, наукової організації праці і управління підприємством. Магістерська дисертація проєктного спрямування повинна показати вміння майбутнього фахівця використовувати набуті знання для самостійного вирішення інженерних задач та набуття навичок проєктування виробництв по виготовленню виробів з порошкових композиційних та наноструктурних матеріалів за допомогою сучасних методів порошкової металургії.

Магістерська дисертація проєктного спрямування за освітньо-професійною програмою спеціальності 132 “Матеріалознавство” представляє собою проєкт технології виробництва виготовлення виробів та покриттів багатофункціонального призначення, з урахуванням впливу основних технологічних параметрів (тиску пресування, температури спікання, часу витримки під час пресування та спікання тощо) на експлуатаційні властивості виробів та покриттів.

*Мета* магістерської дисертації проєктного спрямування полягає у тому, що її виконавець повинен закріпити та розширити знання з теорії та технології створення виробництв порошкових композиційних та наноструктурних матеріалів, використовувати ці знання для вирішення інженерних, проєктно-аналітичних та виробничо-організаційних задач у професійної діяльності за фахом.

*Завданням* магістерської дисертації проєктного спрямування є набуття умінь та навичок проєктування виробництв (цехів), що виготовляють вироби методами порошкової металургії та нанотехнологій, вирішення організаційних питань, забезпечення необхідних умов роботи працівників та охорони та безпеки з охорони навколишнього середовища, обґрунтування соціальної та

економічної доцільності створення виробництв по отриманню порошків металів, сплавів, тугоплавких сполук, у тому числі нанорозмірних, та виробів і покриттів на їх основі.

*Предметом* магістерської дисертації є цех із виробництва виробів певного функціонального призначення (конструкційні, антифрикційні, фрикційні, високопористі, спеціального призначення, емісійні, жаро- та зносостійкі, інструментальні, електротехнічні тощо), нанесення багатофункціональних покриттів газотермічними та іншими методами, у тому числі з використанням вихідних нанорозмірних порошків та нанотехнологій.

При цьому виробництво повинно включати максимально повний цикл технологічних операцій відповідно до технологічного процесу.

Магістерська дисертація проєктного спрямування за професійно-професійною програмою є випускною кваліфікаційною роботою, на підставі захисту якої екзаменаційна комісія (ЕК) вирішує питання про надання студенту кваліфікації *магістра з матеріалознавства* зі спеціальності 132 “Матеріалознавство” за ОП “Нанотехнології та комп’ютерний дизайн матеріалів” [1].

Магістерська дисертація проєктного спрямування за професійно-професійною програмою виконується у відповідності до завдання, розробленого керівником магістранта і затвердженого завідувачем кафедри.

*Завдання на магістерську дисертацію* включає такі пункти:

1. П. І. Б. магістранта, тема дисертації; посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали наукового керівника дисертації; номер та дата наказу про затвердження теми дисертації.

2. Строк подання дисертації до захисту.

3. Вихідні дані до виконання дисертації.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, що їх належить розробити):

а) технологічний розділ;

- б) будівельний розділ;
- в) розділ охорони праці та безпеки в надзвичайній ситуації;
- г) енергетичний розділ;
- д) організаційний розділ;
- е) економічний розділ;
- ж) розробка стартап–проєкту.

5. Перелік графічного матеріалу.

6. Консультанти розділів дисертації.

7. Графік виконання дисертації.

Завдання підписую магістрант та керівник дисертації.

Магістерська дисертація за освітньо-професійною програмою проєктного спрямування виконується за вимогами до конструкторської документації і включає пояснювальну записку, загальні вимоги до оформлення якої наведено у [2], та графічні матеріали (креслення та плакати).

Пояснювальна записка складається з таких структурних елементів і розділів:

- титульна сторінка пояснювальної записки (додаток Е) [2];
- РЕФЕРАТ українською мовою (додаток Ж) [2];
- РЕФЕРАТ іноземною мовою, яку вивчав магістрант;
- ЗМІСТ;
- ВСТУП;
- 1 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ;
- 2 БУДІВЕЛЬНИЙ РОЗДІЛ;
- 3 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ;
- 4 ЕНЕРГЕТИЧНИЙ РОЗДІЛ;
- 5 ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ РОЗДІЛ;

- 6 ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ;
- 7 РОЗРОБЛЕННЯ СТАРТАП-ПРОЄКТУ;
- ВИСНОВКИ (українською мовою);
- ВИСНОВКИ (іноземною мовою, яку вивчав магістрант);
- ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ;
- ДОДАТКИ.

Детальна характеристика розділів і рекомендації до проектування виробництва буде надана у подальших розділах посібника, включаючи список рекомендованої літератури.

Графічні матеріали дисеркції включають:

- креслення апаратурно-технологічної схеми виробництва;
- креслення плану цеху;
- креслення обладнання та/або окремих його вузлів, які було удосконалено у дисертації у кількості 4–5 аркушів;
- плакат із техніко-економічними показниками виробництва, що проєктувалосьь.



## ВСТУП

У структурному елементі пояснювальної записки магістерської дисертації проєктного спрямування “**ВСТУП**” необхідно за обраним напрямом проєктування висвітлити сучасний стан технічного рівня розвитку галузі промисловості в Україні та за кордоном. Дати коротку історичну довідку про розвиток галузі промисловості по виробництву виробів з матеріалів з використанням технології порошкової металургії та нанотехнологій і показати досягнення вітчизняної науки і техніки у цьому напрямі.

Необхідно розглянути технічні особливості проєкту, обґрунтувати місце будівництва приміщення та його масштаби залежно від продуктивності, що визначається об’ємом готової продукції за одиницю часу.

Вибір масштабів виробництва, тобто річної продуктивності, повинно бути обґрунтовано, у першу чергу, попитом даної продукції та економічною доцільністю.

У зв’язку з тим, що найчастіше темою магістерської дисертації проєктного спрямування є проєкт цеху, необхідно висвітлити його значення у загальній системі заводу.

## 1 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

Розроблення нової технології є комплексним завданням, вирішення якого починається із вибору матеріалу виробу і закінчується розрахунком техніко-економічних показників виробництва, що проєктується. Вихідні дані для проєктування виробництва зазначаються у завданні на магістерську дисертацію як кількісні або/та якісні показники (характеристики) об'єкта проєктування, яким він повинен відповідати після розробки даного виробництва; умови, в яких повинен функціонувати об'єкт проєктування; продуктивність цеху, що проєктується тощо. *Наприклад*, у вихідних даних завдання на магістерську дисертацію проєктного спрямування на тему “Виробництво виробів триботехнічного призначення для роботи в умовах сухого тертя” зазначається:

“3. Вихідні дані до дисертації: Аналіз сучасного стану виробництва матеріалів триботехнічного призначення та виробів з них повинен дати можливість сформулювати шляхи отримання виробів, що працюють в умовах сухого тертя з вищими техніко-економічними показниками.

Продуктивність цеху, що проєктується з виробництва фрикційних виробів для роботи в умовах сухого тертя складає  $250 \text{ т/рік}$ .

Технологічні процеси повинні забезпечувати певний рівень найважливіших властивостей фрикційних матеріалів такі, як високий коефіцієнт тертя, який мало змінюється від температури та тиску, висока зносостійкість та міцність, достатня теплопровідність та термостійкість. Ці показники залежать від складу вихідного матеріалу та його структури, що формується у процесі спікання.”

Центральним розділом магістерської дисертації проєктного спрямування є технологічний розділ, який складається із таких частин:

- вибір технологічного процесу;
- опис технологічного процесу;
- розрахунок та складання матеріального балансу;

– вибір та розрахунок кількості обладнання.

У ДОДАТКУ А наведено список рекомендованої літератури.

## **1.1 Вибір технологічного процесу**

Для обґрунтування вибору технологічного процесу відповідно до завдання на магістерську дисертацію необхідно:

- вибрати матеріал для виготовлення виробу;
- вибрати технологічну схему виробництва виробів;
- розробити і описати технологічний процес для отримання матеріалів або виробів;
- провести розрахунок матеріального балансу та балансу матеріалів;
- вибрати технологічне обладнання і розрахувати його необхідну кількість.

### **1.1.1 Вибір матеріалу**

Виходячи із призначення та умов роботи виробу, які зазначаються у завданні на магістерську дисертацію необхідно провести аналіз літературних джерел і довідкових даних щодо властивостей існуючих матеріалів, що використовуються для виготовлення виробів у зазначеній у завданні області застосування, методів їх отримання, економічної доцільності їх використання. На підставі порівняльного аналізу характеристик матеріалів, роблять вибір найбільш прийняттого матеріалу, який у повній мірі забезпечить задані властивості виробу, виробництво якого проектується у магістерській дисертації.

### **1.1.2 Вибір і обґрунтування технологічного процесу**

Вибір технологічного процесу полягає у проведенні порівняльного

аналізу декількох апробованих і впроваджених у виробництво вітчизняних або зарубіжних технологій, які забезпечують найкращі якісні виробничі показники продукції і відповідають поставленим у завданні на магістерську дисертацію технічним умовам.

Для кожної технології необхідно навести технологічну схему, охарактеризувати вихідну сировину, коротко описати основні технологічні операції, зазначаючи режими їх проведення та переваги і недоліки. Наприкінці навести особливості, переваги та недоліки технології в цілому.

Характеристика переваг та недоліків наведених варіантів технологій визначається, перш за все, якістю продукції, що передбачається виробляти на виробництві, що проєктується. А також техніко-економічними показниками.

Якщо у практиці виробництва тих чи інших виробів відсутні різні технологічні варіанти їх виготовлення, то для вибору оптимального технологічного процесу порівнюють різні варіанти окремих технологічних операцій (одержання вихідних порошків, операцій підготовки вихідної шихти, пресування, спікання тощо). При цьому використовують ті ж підходи, що і у порівнянні окремих технологічних процесів, враховуючи якість продукції, техніко-економічні показники, екологію тощо.

А також необхідно розглядати порівняльні характеристики технологічних процесів з точки зору охорони праці та впливу на навколишнє середовище. Варіанти, що не забезпечують необхідні умови охорони праці та техніки безпеки, не можуть бути прийняті до застосування, або у випадку їх вибору потребують удосконалення у відповідності до норм техніки безпеки і охорони навколишнього середовища.

Для остаточного висновку про придатність тієї чи іншої технологічної схеми необхідно також враховувати ступінь завантаження обладнання по потужності і продуктивності.

### **1.1.3 Висновки та поставка задачі проєктування**

У цьому пункті підводиться підсумок порівняльного аналізу технологій, які відповідають поставленим у завданні на магістерську дисертацію технічним умовам, робляться висновки щодо переваг обраної технології і на рисунку наводиться її технологічна схема. Формулюються задачі на проєктування виробництва за обраною технологією.

### **1.2 Опис технологічного процесу**

Перед описом технологічного процесу необхідно обґрунтувати асортимент продукції та технічні умови на неї, а, також, вибір основних видів сировини і технічні умови на неї. За необхідності можна навести ескізи виробів, які планується виготовляти на виробництві, що проєктується.

#### **1.2.1 Обґрунтування асортименту продукції і технічних умов на неї**

Номенклатура, асортимент, склад і технічні умови на продукцію, яку передбачається випускати на підприємстві, що проєктується, повинні бути обґрунтовані попитом споживачів і відповідати стандартам або технічним умовам. Номенклатуру та асортимент продукції вибирають на підставі реальних даних по відповідній галузі промисловості. Технічні умови на продукцію наводять у вигляді таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Технічні умови на готову продукцію

Найменування	Характеристика	Державний стандарт або технічні умови

Окрім того, саме у даному пункті наводять ескізи виробів, які передбачається виготовляти на виробництві, що проєктується, із зазначенням їх основних розмірів.

### **1.2.2 Вибір головних видів сировини і технічні умови на неї**

Вибір вихідної сировини повинен бути обґрунтований такими умовами:

- вартістю сировини та вартістю її перевезень;
- ступенем дефіцитності сировини;
- технологічною придатністю.

Для основних видів сировини варто коротко викласти технологію їх виробництва, її особливості, які основні характеристики сировини вона забезпечує. До основних характеристик сировини відносяться хімічний і гранулометричний склад (приводяться у формі кінцевих границь, наприклад, вміст кисню в залізі складає не більше 0,2 %), в окремих випадках – механічні властивості і структура.

Характеристики вихідної сировини та технічні умови на неї наводять у вигляді таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Технічні умови на сировину та напівфабрикати

Найменування	Характеристика	Державний стандарт або технічні умови

### **1.2.3 Опис технологічних операцій**

Опис технологічних операцій слід починати із чіткого заголовка з номером та найменуванням. В описі кожної технологічної операцій зазначається:

- мета операції;

- фізико-хімічні основи процесу, який лежить в її основі та механізм формування заданих властивостей напівфабрикату чи готового виробу;
- характеристика обладнання, яке може використовуватись на даній операції, з обґрунтуванням доцільності його використання (при цьому особливу увагу варто приділити питанням механізації та автоматизації процесів), технологічні прийоми роботи на обладнанні – особливості пресування, спікання тощо;
- технологічні режими з їх обґрунтуванням (температура, тиск, тривалість, швидкість подачі і види газів, концентрації розчинів тощо);
- опис робочих прийомів, з яких складається операція;
- відомості про удосконалення в обладнанні, режимах, робочих прийомах, які реалізовані у магістерській дисертації, у порівнянні з виробництвами, що існують. Удосконалення повинні бути обґрунтовані покращенням якості продукції, комплексністю використання сировини, утилізацією відходів виробництва, скороченням витрат сировини, допоміжних матеріалів, енергії, палива, інструментів, зниженням собівартості продукції (обґрунтування може бути проведено на базі даних проєктних розробок, пропозицій винахідників, раціоналізаторів, досвіду аналогічних виробництв в інших галузях промисловості, даних літературних джерел);
- відомості по технічному контролю режимів та якості одержаних напівфабрикатів чи готових виробів на операції.

#### **1.2.4 Технологічний контроль і контроль якості продукції**

Технологічний контроль і контроль якості продукції – одна із важливих задач сучасного виробництва. Метою задач контролю є:

- запобігання випуску браку, своєчасне встановлення його причин з метою його ліквідації, боротьба за високу якість продукції і напівфабрикатів;
- підвищення вилучення металів у готову продукцію;

- скорочення енергетичних витрат.

У відповідності з цими задачами об'єктами технічного контролю являються:

- сировина, напівфабрикати, допоміжні матеріали та готова продукція;
- технологічні режими – температура, тиск, тривалість виробничих операцій.

Контроль сировини, напівфабрикатів, готової продукції – фізичний, хімічний, технологічний – служить для визначення складів відповідних матеріалів, їх основних фізичних характеристик і технологічних властивостей.

Технологічний контроль забезпечує дотримання цих режимів, оптимальних для отримання матеріалів потрібного складу і характеристик.

В магістерській дисертації варто описати організацію технічного контролю – цеховий відділ технічного контролю, систему паспортизації готової продукції і напівфабрикатів, об'єкти контролю, відбір проб (системи відбору проби, маса проби і розмір партії матеріалу, що контролюється), методи і прилади контролю, технічні умови.

Технічний контроль розробляють по кожній операції технологічного процесу і вже усередині операції підрозділяють на контроль матеріалів і режимів роботи обладнання, проведення даного етапу технологічного процесу виробництва.

Якщо прилади і методи контролю стандартні, широко розповсюджені, то достатньо лише коротко відмітити їх призначення і прийоми контролю. Тоді як для нових приладів і методів рекомендується дати докладний опис.

Розробляючи контроль матеріалів, варто орієнтуватися на експрес-методи хімічних аналізів, коротко описати їх сутність і переваги, а також на сучасні методи технічного аналізу – полярографічний, потенціометричний, в окремих випадках – рентгенівський, спектральний, визначення крупності порошків методами адсорбції, електронної мікроскопії.

Розробляючи контроль режимів процесів, необхідно максимально



використовувати автоматизацію, системи блокування, сигналізації, централізованого управління і контролю роботи агрегатів, намагаючись обмежити управління процесом безпосередньо обслуговуючим персоналом і розширити використання автоматичного управління з допомогою різних регуляторів.

По кожному процесу варто точно встановити параметри, які контролюються, а також дати вказівки з організації контролю під час проведення даної операції.

### **1.3 Розрахунок і складання матеріального балансу**

Матеріальний баланс є основним вихідним параметром для розрахунку необхідної кількості вихідних матеріалів, кількості технологічного обладнання та визначення техніко-економічних показників виробництва, що проєктується.

Для складання матеріального балансу технологічного процесу визначальним є продуктивність цеху, яка вказується у завданні на магістерську дисертацію.

Розрахунки треба проводити відносно добової продуктивності, для визначення якої необхідно розрахувати фонд часу роботи обладнання на рік. Для цього вираховують число календарних днів року для проведення планово-попереджувального ремонту, під час яких обладнання не приймає участі у технологічному процесі. Кількість таких днів на поточних лініях, на яких, звичай, ремонт всього обладнання проводиться одночасно, час простоїв визначається за тривалістю ремонту обладнання із найвищою категорією складності, а під час послідовного ремонту – за сумою їх простоїв на ремонт. Поточні ремонти та огляд обладнання виконують, як правило, у неробочий час лінії. Кількість днів, необхідних для ремонту обладнання неавтоматизованого виробництва, визначають на підставі графіку планово-попереджувального ремонту (наприклад, табл. 1.3), який складають за нормативними заводськими

даними та досвідом роботи. Під час його складання необхідно врахувати можливість організації та проведення ремонту у вихідні та святкові дні.

За даними таблиці 1.3 (чисельник – день місяця; знаменник – кількість годин на проведення ремонту) визначають середній час простою обладнання, який не повинен перевищувати 4–6 % за двозмінної та 10 % за трьохзмінної роботи. Час на зміну технологічного режиму складає 1,6 % загального часу роботи обладнання.

Таблиця 1.3 – Графік планово-попереджувального ремонту обладнання<sup>1</sup>

Обладнання	1 квартал			2 квартал			3 квартал			4 квартал			Всього
	Місяці												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Змішувач								$\frac{20}{8}C$					8
Гранулятор								$\frac{20}{8}C$					8
Екструдер		$\frac{20}{4}O$								$\frac{1-5}{36}K$			40
Піч спікання										$\frac{1-5}{40}K$			40
Усього													96

За однозмінної роботи ремонтників кількість днів на планово-попереджувальний ремонт визначається як

$$96:8 = 12 \text{ днів.}$$

Для визначення дійсного фонду часу роботи обладнання необхідно від

<sup>1</sup> *O* – огляд; *C* – середній ремонт; *K* – капітальний ремонт

календарного числа днів року (365 днів) відняти число днів, необхідних на планово-попереджувальний ремонт і неробочі дні цеху.

У масовому виробництві, особливо для відділення отримання порошків і спікання, економічно вигідною є робота без вихідних днів та зупинок на загальнонаціональні свята. Тому для таких відділень кількість робочих днів на рік визначається як різниця між календарним числом днів на рік та кількістю днів, необхідних для планово-попереджувального ремонту.

Баланс часу роботи цеху записують в формі таблиці 1.4.

Визначивши кількості робочих днів ( $n$ ), розраховують *добову продуктивність цеху* за сировиною або за готовою продукцією за формулою:

$$A = \frac{G}{n}, \quad (1.1)$$

де  $G$  – річний випуск продукції;

$n$  – кількість робочих днів на рік.

Таблиця 1.4 – Баланс часу роботи цеху (*цифри умовні*)

№ п/п	Елементи балансу	Кількість днів
1	Календарне число днів	365
2	Час на планово-попереджувальний ремонт	12
3	Загальнонаціональні свята	9
4	Вихідні дні	104
5	Неробочі дні цеху	125
6	Робочі дні цеху	240

Під час отримання кінцевої продукції у процесі переробки вихідної сировини можуть мати місце втрати, тому для забезпечення добової продуктивності в процес повинні бути введені матеріали з деяким надлишком для компенсації цих втрат.

*Кількість матеріалу*, що направляється на початок процесу в перший день ( $A_0$ ) із врахуванням втрат визначають за формулою:

$$A_0 = \frac{A}{\varphi} 100, \quad (1.2)$$

де  $A_0$  – кількість матеріалу, що направляється на початок процесу, %;

$\varphi$  – вилучення (вихід придатного по всьому технологічному процесу).

Щоб обчислити вилучення необхідно врахувати втрати по всіх операціях.

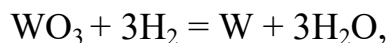
Втрати можуть бути зумовлені різними причинами.

Це можуть бути *технологічні втрати*:

- вигорання (випаровування) зв'язки;
- випаровування розчинника;
- відновлення оксидів тощо.

Ці втрати розраховуються і відносяться до *незворотних*.

*Приклад.* На операції відновлення (наприклад,  $\text{WO}_3$  або будь-якого іншого оксиду) воднем, яке відбувається за рівнянням



втрати розраховуються таким чином. Знаючи молекулярну вагу триоксиду вольфраму і атомарну вагу вольфраму із пропорції

$$\begin{array}{rcl} 232 \text{ WO}_3 & - & 184 \text{ W} \\ X & - & 96 \text{ кг} \end{array}$$

можна визначити необхідну кількість триоксиду вольфраму для отримання 96 кг порошку вольфраму ( $X$ ). Вона складе

$$X = \frac{232 \cdot 96}{184} = 121,04 \text{ кг.}$$

Таким чином незворотні втрати на операції відновлення оксиду вольфраму у відсотках будуть складати:

$$\frac{121,04 - 96}{121,04} \cdot 100 \% = 20,7 \%$$

У випадку, коли матеріальний баланс розраховується за основним матеріалом (вольфрамом), незворотні втрати на цій операції відсутні.

Коли в технологічному процесі для виготовлення заготовок виробів використовують пластифікатори, мастила, зв'язки, які вводяться до шихти на початкових операціях технологічного процесу (змішування, замішування), то їх видалення на наступних операціях (сушіння, спікання) призводить до зменшення ваги заготовок.

Так під час виготовлення захисних чохлів термопар із карбіду кремнію або нагрівачів із тугоплавких сполук, як пластифікатор застосовують 20-ти % розчин крохмалю у воді. Після пресування заготовок їх сушать. При цьому відбувається втрата ваги виробів за рахунок випаровування розчинника пластифікатору (води). Втрата ваги складає біля 80 % маси пластифікатору, який знаходився у виробі. У подальшому під час спікання практично повністю вигорає інша складова пластифікатору – крохмаль (20 % від кількості пластифікатору), що також призводить до незворотних втрат ваги виробу.

Для виготовлення нагрівачів з карбіду ніобію на операцію замішування надходить 60 кг карбіду ніобію і пластифікатор – 20-ти % розчин крохмалю у воді – у кількості 15 % від маси карбіду ніобію (тобто 9 кг, з яких 1,8 кг крохмалю і 7,2 кг води). Отже, усього маса шихти складає 69 кг.

Після того, як шихта проходить операції замішування, протирки, грануляції та пресування заготовок, де є відповідні механічних втрати, на операцію сушіння надходять заготовки масою вже 57,6 кг. Пластифікатор

складає 15 % цієї маси, тобто 8,64 кг, з яких 6,912 кг води (80 %) і 1,728 кг крохмалю (20 %). Під час сушіння вода випаровується. За рахунок цього процесу незворотні втрати на операції будуть складати 12 %. З урахуванням інших втрат, втрати на цій операції можуть бути і більшими.

На наступну операцію спікання вже надходять заготівки масою  $57,6 - 6,912 = 50,688$  кг, з якої маса крохмалю, що вигорає, складає 1,728 кг, (залишком попелу та коксу від вигорання крохмалю у розрахунках можна знехтувати). За рахунок цього процесу незворотні втрати на операції спікання будуть складати

$$\frac{1,728}{50,688} \cdot 100 \% = 3,4 \%$$

Втрати також можуть бути *механічними*:

- втрати за рахунок виділення пилу та висипання шихти (0,01–0,05 %);
- виникнення браку (зазвичай 0,5–1,5 %, 5–6 % – під час екструзії, шлікерному литві).

Механічні втрати можуть бути як незворотними, так і зворотними. Якщо втрати можна повернути у технологічний процес безпосередньо або після відповідної переробки запланованої на підприємстві, що проєктується, то такі втрати відносяться до *зворотних*. У описі технологічного процесу та в технологічній схемі під час розрахунку матеріального балансу необхідно вказувати, на яку операцію повертаються ці втрати. Як правило, такі втрати повертаються на попередні операції.

Під час розробки технологічного процесу величину втрат на операціях у відсотках (як зворотні (*a*), так і незворотні (*b*)) приймають на основі даних матеріального балансу діючого виробництва і корегують із врахуванням удосконалення технології та модернізації обладнання.

*Загальні втрати* на операції розраховують, як суму зворотних і

незворотних втрати на усіх операціях  $\sum(a + b)$ .

*Загальні витяги* на даній операції  $\eta$  (%) розраховують за формулою:

$$\eta = 100 - (a + b). \quad (1.3)$$

Визначивши загальний витяг на операції, необхідно розрахувати *загальний витяг на кожній операції* по відношенню до вихідного матеріалу  $\varphi_n$  за формулою:

$$\varphi_n = \left( \frac{\eta_1}{100} \times \frac{\eta_2}{100} \times \dots \times \frac{\eta_n}{100} \right) \cdot 100 = \frac{\eta_1 \times \eta_2 \times \dots \times \eta_n}{100^{n-1}}. \quad (1.4)$$

Загальний витяг по відношенню до вихідного матеріалу буде дорівнювати загальному вилученню.

*Втрати по відношенню до вихідної сировини на даній операції* визначають із післяопераційних втрат і повного витягу по відношенню до вихідної сировини

$$\alpha_n(\beta_n) = \frac{a_n(b_n) \times \varphi_{n-1}}{100}, \quad (1.5)$$

де  $a_n(b_n)$  – зворотні (незворотні) втрати по відношенню до вихідної сировини;

$\varphi_{n-1}$  – повний витяг по відношенню до вихідної сировини на попередній операції.

Потім розраховують добову продуктивність і кількість матеріалу, що направляється до процесу у день пуску виробництва. Кількість матеріалу, що переробляється на окремих операціях технологічного процесу розраховують у прямій послідовності технологічної схеми. Вихідною цифрою для розрахунку є кількість матеріалу  $A_0$ , що надходить до технологічного процесу у перший день.

Виходячи із значення  $A_0$  можна розрахувати *абсолютні значення зворотних та незворотних втрат* за формулою:

$$q_n^a(q_n^b) = \frac{A_0 \times \alpha_n \times (\beta_n)}{100}, \quad (1.6)$$

Обчисливши суму зворотних втрат, визначають *кількість матеріалів*, необхідних для введення у голову процесу *кожний день*  $B$ . Для цього від  $A_0$  необхідно відняти суму зворотних втрат:

$$B = A_0 - \sum a, \quad (1.7)$$

Ця кількість матеріалів надходить на першу операцію. Крім того, на цю операцію поступають зворотні втрати, якщо такі передбачені технологічним процесом. Для розрахунку кількості матеріалу, яка виходить з операції, необхідно від отриманого числа відняти зворотні і незворотні втрати на першій операції. Те ж саме виконують і на решті операцій. Кількість матеріалу, яка виходить з останньої операції повинна відповідати добовій продуктивності  $A$  виробництва, що проєктується.

По кожній операції складають загальний і поопераційний баланси основних матеріалів. Допоміжні матеріали розраховують по кожній операції на основі стехіометричного підрахунку за операціями і практичних даних, необхідних надлишків, а також із урахуванням втрат основних матеріалів на даній операції. Одержані результати розрахунків заносяться до таблиці 1.6.

*\*Розрахунок матеріального балансу розглянемо на прикладі виробництва захисних чохлів термопар із самозв'язаного карбіду кремнію продуктивністю 230 тонн на рік згідно технологічного процесу, схему якого наведено на рисунку 1.1.*



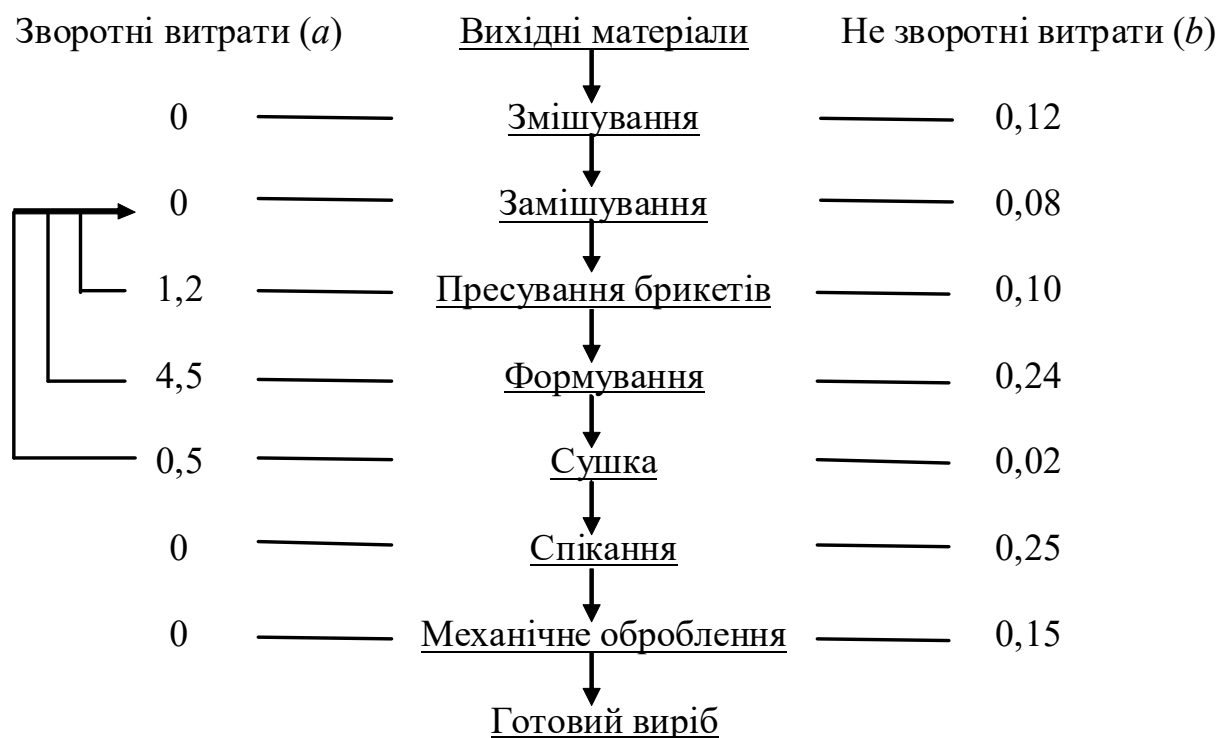


Рисунок 1.1 – Поопераційні втрати виробництва захисних чохлів термопар

Для визначення добової потужності цеху розраховуємо фонд часу роботи обладнання. Для цього визначаємо календарне число днів на рік, необхідних для планово-попереджувального ремонту обладнання (табл. 1.3). Складаємо баланс часу роботи цеху у вигляді таблиці 1.5.

Таблиця 1.5 – Баланс часу роботи цеху

Елементи балансу часу	Прихід днів	Витрати часу
Кількість календарних днів в році	365	—
Час на планово-попереджувальний ремонт	—	16
Святкові дні	—	8
Вихідні дні (суботи, неділі)	—	106
Всього:		130

Згідно цієї таблиці кількість робочих днів цеху на рік визначається як:

$$n = 365 - 130 = 235 \text{ днів.}$$

Далі за формулою (1.1) розраховуємо добову потужність цеху по готовій продукції ( $A$ ):

$$A = 230000/235 = 978,7234 \text{ кг.}$$

У зв'язку з тим, що під час переробки вихідної сировини мають місце втрати (рис. 1.1), їх враховуємо шляхом визначення виходу придатного  $\varphi_n$ . Знаючи вихід придатного, визначаємо кількість матеріалу, яку необхідно направляти в голову процесу із урахуванням втрат ( $A_0$ ).

Для визначення виходу придатного необхідно виконати низку розрахунків.

1. Визначаємо прямий поопераційний витяг на кожній операції за формулою (1.3).

<i>На першій операції</i>	$\eta_1 = 100 - (0 + 0,12) = 99,88.$
<i>На другій операції</i>	$\eta_2 = 100 - (0 + 0,08) = 99,92.$
<i>На третій операції</i>	$\eta_3 = 100 - (1,2 + 0,1) = 98,70.$
<i>На четвертій операції</i>	$\eta_4 = 100 - (4,5 + 0,24) = 95,26.$
<i>На п'ятій операції</i>	$\eta_5 = 100 - (0,5 + 0,02) = 99,48.$
<i>На шостій операції</i>	$\eta_6 = 100 - (0 + 0,25) = 99,75.$
<i>На сьомій операції</i>	$\eta_7 = 100 - (0 + 0,15) = 99,85.$

2. Визначаємо загальний витяг по відношенню до вихідного матеріалу на кожній операції  $\varphi_n$  визначаємо за формулою (1.4):

$$\begin{aligned}\varphi_1 &= \eta_1 = 99,88; \\ \varphi_2 &= (99,88 \times 99,92) / 100 = 99,800; \\ \varphi_3 &= (99,80 \times 98,70) / 100 = 98,503;\end{aligned}$$

$$\varphi_4 = (98,503 \times 95,26) / 100 = 93,834;$$

$$\varphi_5 = (93,834 \times 99,48) / 100 = 93,345;$$

$$\varphi_6 = (93,345 \times 99,75) / 100 = 93,112;$$

$$\varphi_7 = (93,112 \times 99,85) / 100 = 92,973.$$

3. За формулою (1.2) визначаємо кількість сировини, яку необхідно направляти у голову процесу в перший день:

$$A_0 = (978, 7234 \times 100) / 92,973 = 1052, 696 \text{ кг}.$$

4. Визначаємо зворотні  $\alpha_n$  і незворотні  $\beta_n$  втрати по відношенню до вихідного матеріалу на кожній операції за формулою (1.5):

Зворотні втрати	Незворотні втрати
$\alpha_1 = a_1 = 0;$	$\beta_1 = b_1 = 0,12;$
$\alpha_2 = 0;$	$\beta_2 = (0,08 \times 99,88) / 100 = 0,0799;$
$\alpha_3 = (1,2 \times 99,8) / 100 = 1,1976;$	$\beta_3 = (0,1 \times 99,8) / 100 = 0,0998;$
$\alpha_4 = (4,5 \times 98,503) / 100 = 4,433;$	$\beta_4 = (0,24 \times 98,503) / 100 = 0,236;$
$\alpha_5 = (0,5 \times 93,834) / 100 = 0,469;$	$\beta_5 = (0,02 \times 93,834) / 100 = 0,0188;$
$\alpha_6 = 0;$	$\beta_6 = (0,25 \times 93,345) / 100 = 0,233;$
$\alpha_7 = 0;$	$\beta_7 = (0,15 \times 93,112) / 100 = 0,1396.$

5. Визначаємо абсолютні зворотні  $q_n^a$  і незворотні  $q_n^b$  втрати (кг) за формулою (1.6):

Зворотні втрати	Незворотні втрати
$q_1^a = 0;$	$q_1^b = (1052,696 \times 0,12) / 100 = 1,263;$
$q_2^a = 0;$	$q_2^b = (1052,696 \times 0,0799) / 100 = 0,841;$

$$\begin{aligned}
q_3^a &= (1052,696 \times 1,1976) / 100 = 12,607; & q_3^b &= (1052,696 \times 0,0998) / 100 = 1,050; \\
q_4^a &= (1052,696 \times 4,433) / 100 = 46,666; & q_4^b &= (1052,696 \times 0,0998) / 100 = 1,050; \\
q_5^a &= (1052,696 \times 0,496) / 100 = 4,937; & q_5^b &= (1052,696 \times 0,0188) / 100 = 0,198; \\
q_6^a &= 0; & q_6^b &= (1052,696 \times 0,233) / 100 = 2,453; \\
q_7^a &= 0; & q_7^b &= (1052,696 \times 0,1396) / 100 = 1,496.
\end{aligned}$$

6. Визначаємо кількість матеріалу, яку необхідно подавати кожен день у голову процесу  $B$  за формулою (1.7):

$$B = 1052,696 - (12,607 + 46,666 + 4,937) = 988,486 \text{ кг.}$$

7. Визначаємо кількість матеріалу, яка надходить на кожну операцію і виходить з неї.

*На першу операцію:*

надходить 988,486 кг;

виходить  $988,486 - 1,263 = 987,223$  кг.

*На другу операцію:*

надходить 987,223 кг, а з урахуванням зворотних втрат із третьої, четвертої і п'ятої операцій усього надходить

$$987,223 + 12,607 + 46,666 + 4,937 = 1051,433 \text{ кг;}$$

виходить  $1051,433 - 0,841 = 1050,592$  кг.

*На третю операцію:*

надходить 1050,592 кг;

виходить  $1050,592 - (1,0505 + 12,607) = 1036,9345$  кг.

*На четверту операцію:*

надходить 1036,9345 кг;

виходить  $1036,9345 - (46,666 + 2,484) = 987,7845$  кг.

*На п'яту операцію:*

надходить 987,7845 кг;

виходить  $987,7845 - (4,937 + 0,198) = 982,6495$  кг.

*На шосту операцію:*

надходить 982,6495 кг;

виходить  $982,6495 - 2,453 = 980,1965$  кг.

*На сьому операцію:*

надходить 980,1965 кг;

виходить  $980,1965 - 1,469 = 978,7275 \cong 978,7234$  кг.

Результати розрахунків заносимо до таблиці 1.5.

Одержані результати розрахунків матеріального балансу використовуємо для розрахунку балансу матеріалів і представляємо у виді таблиці 1.6.

Розраховуючи балансу матеріалів, необхідно врахувати, що остаточна вага виробів формується на операції спікання, коли заготівки чохлів просочуються рідким кремнієм (розплавом) у кількості 15–20 %. Тому маса первинного карбїду кремнію, що надходить на першу операцію, буде менша на 18,4 %, що відповідає 179,64 кг, і складе 799,084 кг.

Також слід враховувати, що до складу вихідного матеріалу, який надходить на операцію змішування входить графіт у кількості 5,5–6,0 % відносно первинного карбїду кремнію (тобто, для прикладу складає 51,006 кг).

На операції замішування для формування заготівок чохлів у шихту додають пластифікатор – крохмальний клейстер (20-ти % розчин крохмалю у воді) у кількості 18–22 % від кількості шихти, що надходить на операцію (тобто, для прикладу 180,34 кг).

На операції сушки за рахунок випаровування води маса заготівок зменшується на 8–12 %. Практично повністю пластифікатор вигорає під час спікання.

Таблиця 1.6 – Поопераційний матеріальний баланс

Назва операції	Поопераційні втрати, %			Пряме поопераційне вилучення, %	Загальне вилучення, %	Втрати по відношенню до введеного матеріалу, %		Абсолютні втрати, кг		Кількість матеріалу, яка надходить на операцію, кг			Кількість матеріалу, яка виходить з операції, кг
	Зворотні	Не зворотні	Загальні			Зворотні	Не зворотні	Зворотні	Не зворотні	із попередньої операції	зворотні втрати	Всього	
Змішування	0	0,12	0,12	99,88	99,88	0	0,12	0	1,263	988,486	0	988,486	987,223
Замішування	0	0,08	0,08	99,92	99,80	0	0,0799	0	0,841	987,223	64,21	1051,433	1050,592
Протирання	1,2	0,10	1,3	98,70	98,503	1,1976	0,0998	12,607	1,0505	1050,592	0	1050,592	1036,9345
Формування	4,5	0,24	4,74	95,26	93,834	4,433	0,236	46,666	2,484	1036,9345	0	1036,9345	987,7845
Сушка	0,5	0,02	0,52	99,48	93,345	0,496	0,0188	4,937	0,198	987,7845	0	987,7845	982,6495
Спікання	0	0,25	0,25	99,75	93,112	0	0,233	0	2,453	982,6495	0	982,6495	980,1965
Механічне оброблення	0	0,15	0,15	99,85	92,973	0	0,1396	0	1,496	980,1965	0	980,1965	978,7234

Результати цих розрахунків, які у подальшому використовуються для розрахунку необхідної кількості обладнання, зводимо у таблицю 1.7.

Таблиця 1.7 – Баланс матеріалів

Назва операції	Карбід кремнію, кг	Кремній, кг	Графіт, кг	Крохмальний клейстер, кг	Всього, кг
Змішування	799,084		51,006		850,000
Замішування				180,346	1085,0784
Протирання					1084,210
Формування					1070,113
Сушка					1019,394
Спікання		137,57			1134,763
Механічне оброблення					980,1965

#### 1.4 Вибір і розрахунок кількості обладнання

Обладнання, яке необхідне для здійснення технологічного процесу вибирають виходячи з низки вимог.

1. Обладнання повинно бути стандартним і відрізнятись простотою конструктивних рішень вузлів, деталей та їх монтажу. Це знижує його вартість та полегшує ремонт за рахунок використання стандартних запасних частин.

2. Воно повинно відповідати сучасному рівню розвитку науки і техніки, тобто забезпечувати максимальну продуктивність за мінімальної чисельності обслуговуючого персоналу, сприяти зниженню втрат матеріалів та енерговитрат, дозволяти без істотних конструктивних змін проводити механізацію, автоматизацію управління і регулювання технологічних режимів.

3. Обладнання повинно відповідати вимогам техніки безпеки.

4. Продуктивність допоміжного обладнання (транспортне обладнання, насоси, вентилятори) повинно бути, як правило, вище продуктивності

основного обладнання, тобто мати необхідний резерв для підвищення розрахункових норм продуктивності основних агрегатів шляхом використання передових прийомів праці.

Вибір кожного типу обладнання повинен бути обґрунтованим як з точки зору виконання технологічного процесу, так і у відповідності з зазначеним вище. Обраний у магістерській дисертації тип обладнання варто порівняти із іншими аналогічними агрегатами і показати його переваги. При цьому необхідно коротко описати принцип дії і основні характеристики обраних агрегатів.

Розраховуючи кількості одиниць кожного типу обладнання, необхідно виходити із поопераційного балансу матеріалів технологічного процесу, з якого відомо масу або об'єм матеріалу, що переробляється на даному обладнанні. *Розрахункове число одиниць обладнання визначається за формулою:*

$$n_{\text{розр.}} = \frac{G}{p \tau}, \quad (1.8)$$

де  $G$  – маса матеріалу, що переробляється на операції, кг;

$p$  – продуктивність агрегату, кг/год;

$\tau$  – число годин роботи за добу.

Зазвичай,  $n_{\text{розр.}}$  – дробове число, яке округляють до найближчого більшого цілого числа. Для складного обладнання, що потребує складного обслуговування та частого ремонту або, яке не може бути тимчасово замінено іншими типами обладнання, *фактичне число обладнання* приймають на одиницю більше, тобто  $n + 1$ . На підставі отриманих даних розраховують коефіцієнт завантаження обладнання  $K_3$  :



$$K_3 = \frac{n_{\text{розр}}}{n_{\text{факт}}} \quad (1.9)$$

Коефіцієнт завантаження можна також підрахувати як відношення добової продуктивності на даній операції до добової продуктивності прийнятого числа агрегатів.

Кількість матеріалу, що переробляється на даному виді обладнання, визначають з матеріального балансу за кількістю матеріалу, який надходить на операцію у тому випадку, якщо кількість днів роботи обладнання на рік співпадає із кількістю днів роботи цеху, прийнятим за розрахунками матеріального балансу.

Якщо кількість днів роботи обладнання інше, добове завантаження визначають додатково за формулою:

$$G_{\text{доб}} = \frac{G_{\text{м}} \times N_{\text{ц}}}{N_{\text{об}}}, \quad (1.10)$$

де  $G_{\text{м}}$  – кількість матеріалу, який надходить на операцію, у відповідності із матеріальним балансом чи балансом матеріалів;

$N_{\text{ц}}$  – кількість робочих днів цеху на рік;

$N_{\text{об}}$  – кількість днів роботи обладнання на рік.

Наприклад, якщо на операцію спікання, виробництва, що працює 252 днів на рік, у відповідності з матеріальним балансом надходить 1000 кг матеріалу, а діляниця спікання працює без зупинок на святкові і вихідні дні, за виключенням зупинок на планово-попереджувальний ремонт, тобто 350 днів на рік, то добове завантаження обладнання на операції спікання становить

$$G_{\text{доб}} = \frac{1000 \times 252}{350} = 720 \text{ кг.}$$

Важливим у виборі кількості необхідного обладнання є визначення продуктивності агрегату, яку розраховують для вибраного обладнання відносно конкретних матеріалів і виробів, що передбачається виготовляти в цеху. Розглянемо приклади розрахунку продуктивності основних видів обладнання.

#### 1.4.1 Обладнання для змішування та розмелювання

Продуктивність (кг/год) змішувачів (млинів) визначають за формулою:

$$P_{\text{зм}} = \frac{V \times \varphi \times \gamma_{\text{нас}}}{\tau}, \quad (1.11)$$

де  $V$  – об'єм змішувача,  $\text{м}^3$ ;

$\varphi$  – коефіцієнт заповнення,  $\varphi = 0,4\text{--}0,5$ ;

$\gamma_{\text{нас}}$  – насипна щільність,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;

$\tau$  – тривалість операції, год.

*Приклад.* На операції змішування карбіду кремнію з графітом виробництва захисних чохлів термопар із самозв'язаного карбіду кремнію одночасно проходить розмел карбіду кремнію та змішування його з графітом. Тому для цієї операції доцільно використовувати кульові, атриторні, планетарні млини тощо, в яких можливе поєднання цих двох процесів. Серед зазначених млинів, кульовий млин є найпростіший в обслуговуванні і має найбільшу продуктивність, тому для проведення операції змішування у даному прикладі доцільно обрати кульовий млин із такими характеристиками:

Робочий об'єм	– 0,4 м <sup>3</sup> ;
Габаритні розміри	– 2,1 × 0,85 × 1,5 м;
Потужність	– 1,9 кВт;
Вартість	– 5,6 тис. грн.

Визначаємо продуктивність млина за формулою:

$$P_{зм} = \frac{G_{зав}}{\tau_{зм}},$$

де  $G_{зав}$  – вага одного завантаження у млин, кг.

$\tau_{зм}$  – технологічний час змішування, год.

Визначаючи вагу завантаження, треба пам'ятати, що об'єм заповнення млина, який визначається коефіцієнтом заповнення  $\phi$ , є сумою об'ємів – об'єму матеріалу та об'єму розмельних тіл, який визначається коефіцієнтом розпушення кульок  $\eta$ , що залежить від об'єму пустот (об'єму пор) між кулями. Може бути розрахований як відношення об'єму пустот (пор) до об'єму куль у млині (звичайно  $V_{куль} = 0,5$  барабану млина). Вагу одного завантаження визначаємо за формулою:

$$G_з = V_м \cdot \phi \cdot \eta \cdot \gamma_{нас},$$

де  $V_м$  – об'єм млина, см<sup>3</sup>;

$\phi$  – коефіцієнт заповнення млина,  $\phi = 0,5$ ;

$\eta$  – коефіцієнт розпушення кульок,  $\eta = 0,28$ ;

$\gamma_{нас}$  – насипна щільність вихідної шихти,  $\gamma_{нас} = 0,2-0,3$  від  $\gamma_{комп.}$

Шихта складається з двох компонентів, тому необхідно визначити середню густину  $\gamma_{\text{комп. сер.}}$  за формулою адитивності:

$$\gamma_{\text{комп. сер.}} = \frac{\gamma_{\text{SiC}} \times \gamma_{\text{C}} \times 100}{\gamma_{\text{SiC}} \times a_{\text{C}} + \gamma_{\text{C}} \times a_{\text{SiC}}},$$

де  $\gamma_{\text{SiC}}, \gamma_{\text{C}}$  – густина карбіду кремнію та графіту, відповідно, дорівнює  $3,2 \text{ г/см}^3$  та  $1,85 \text{ г/см}^3$ ;

$a_{\text{SiC}}, a_{\text{C}}$  – відсотковий вміст у шихті карбіду кремнію та графіту, відповідно, складає 94,0 % та 6,0 %.

Отже

$$\gamma_{\text{комп. сер.}} = (3,23 \times 1,85 \times 100) / (3,2 \times 6,0 + 1,85 \times 94,0) = 3,1 \text{ г/см}^3.$$

Тоді

$$G_3 = 0,4 \times 10^6 \times 0,5 \times 0,28 \times 3,1 \times 0,3 = 52080 \text{ г} = 52,08 \text{ кг}.$$

А продуктивність млина буде дорівнювати

$$P_{\text{зм}} = 52,08 / 12 = 4,3 \text{ кг/год}.$$

Тепер за формулою (1.8) визначаємо розрахункову кількість млинів:

$$n_{\text{м}} = 631,12 / (4,3 \times 24) = 6,1.$$

З урахуванням складності обладнання і навантаження на нього, приймаємо, що фактично на операції замішування буде працювати 8 млинів. Коефіцієнтом завантаження їх визначаємо за формулою (1.9)

$$K_3 = 6,1 / 8 = 0,76.$$

### 1.4.2 Обладнання для просіву

Продуктивність сит можна оцінити за формулою:

$$P_c = 36 \times h \times B \times K \times v \times \gamma \times 10^3,$$

де  $h$  – висота шару матеріалу в ситі, м;

$B$  – ширина сита, м;

$K$  – коефіцієнт розпушування порошку,  $K = 0,4-0,6$ ;

$v$  – середня швидкість переміщення порошку, м/с;

$\gamma$  – густина матеріалу, кг/м<sup>3</sup>

Визначаючи продуктивності сит необхідно враховувати, що крім параметрів процесу просіву і розмірів сит на їх продуктивність впливають спосіб подання матеріалу, властивості порошків (форма, розмір частинок, вологість), номер сітки, через яку проводиться просів.

### 1.4.3 Обладнання для пресування

Операція пресування призначена для ущільнення порошків чи пластифікованої суміші та надання заданих розмірів заготівці.

Вибір пресового обладнання здійснюють враховуючи потрібне зусилля пресування (залежить від площі виробу) та кількості ходів за хвилину (залежить від продуктивності виробництва).

Відповідно, спочатку визначають площу пресування і потрібне зусилля

пресування по формулі:

$$P = p \times S ,$$

де  $p$  – потрібне зусилля пресування,  $MH$ ;

$S$  – площа пресування,  $см^2$  .

Номінальне зусилля преса приймаємо рівним не менше  $1,25p$ .

За потрібному зусиллю пресування, мінімально допустимій висоті засипки порошку, зусиллю виштовхування вибирають прес, та наводяться його характеристики: потужність,  $кВт$ ; вартість, тис. грн.; габаритні розміри,  $м$ ;

Продуктивність пресу визначають за формулою,  $[кг/год]$ :

$$P_n = 60 \times q \times K ,$$

де  $q$  – маса однієї деталі,  $кг$ ;

$K$  – кількість ходів за хвилину.

Для автоматичних пресів  $K$  вказується у паспорті або у каталогах, а для пресів періодичної дії визначають на підставі нормування праці.

*Приклад.* Технологічним процесом передбачається пресування заготовок із середньою площею пресування  $80\text{--}100\text{ см}^2$  та вагою  $200\text{--}300\text{ г}$ . При цьому тиск пресування приймаємо у межах  $120\text{--}150\text{ МПа}$ .

Для вибору преса для пресування треба визначити його необхідне зусилля за формулою:

$$N_{пр.} = S_{пр} \times p \times 1,25 ,$$

де  $S_{пр}$  – площа пресування. Приймаємо  $90\text{ см}^2$ ;

$p$  – зусилля пресування. Приймаємо  $120 \text{ МПа} = 12 \text{ кН/см}^2$ .

Тоді

$$N_{\text{пр}} = 90 \times 12,0 \times 1,25 = 1350 \text{ кН}.$$

Згідно розрахованим параметрам вибираємо гідравлічний прес марки ДА 1530А із такими характеристиками:

- Зусилля пресування – 2000 кН;
  - Габаритні розміри –  $1,85 \text{ м} \times 1,35 \text{ м} \times 3,2 \text{ м}$ ;
  - Потужність – 22 кВт;
  - Вартість – 120 тис. грн.;
  - Кількість ходів ( $P_{\text{пр}}$ ) – 2–4 ход./хв.
- Необхідну кількість пресів визначаємо за формулою:

$$N_{\text{пр}} = G_3 / (P_{\text{пр}} \times 60 \times \tau),$$

де  $G_3$  – кількість пресовок, яку необхідно спресувати за добу;

$P_{\text{пр}}$  – кількість ходів (пресувань) за хвилину. Приймаємо 2 ход./хв.

Якщо кількість пресовок, яку необхідно спресувати на добу буде

$$G_3 = 648,41 / 0,25 = 2594 \text{ шт.},$$

то необхідна кількість пресів буде

$$N_{\text{пр}} = 2594 / (2 \times 60 \times 16) = 1,35.$$

Округляємо до цілого числа і приймаємо 2 преси, які будуть працювати із коефіцієнтом завантаження

$$K_3 = 1,35 / 2 = 0,675.$$

Надалі необхідно привести зображення зовнішнього вигляду пресу, його будову та принцип дії.

#### **1.4.4 Обладнання для спікання**

Продуктивність печі треба розраховувати у кожному конкретному випадку, так як вона залежить від виду матеріалу, призначення печі (отримання порошку, спікання тощо), часу нагріву та спікання виробів, габаритних розмірів робочого простору, розмірів піддонів (човників) та виробу, що спікається, способу завантажування у піддон.

У визначенні продуктивності печі важливим є розрахунок кількості (ваги) матеріалу, що завантажують на один піддон. Кількість матеріалу залежить від габаритів робочого простору печі (муфеля), розмірів піддону, габаритних розмірів деталі, ваги однієї деталі, насипної щільності вихідної шихти тощо. Так, наприклад, для отримання порошків металів та спікання порошкових виробів може використовуватись муфельна піч із розмірами робочого простору (муфеля)  $0,170 \text{ м} \times 0,250 \text{ м} \times 2,8 \text{ м}$ . У цьому випадку можна застосовувати піддони із розмірами, які показані на рисунку 1.2.

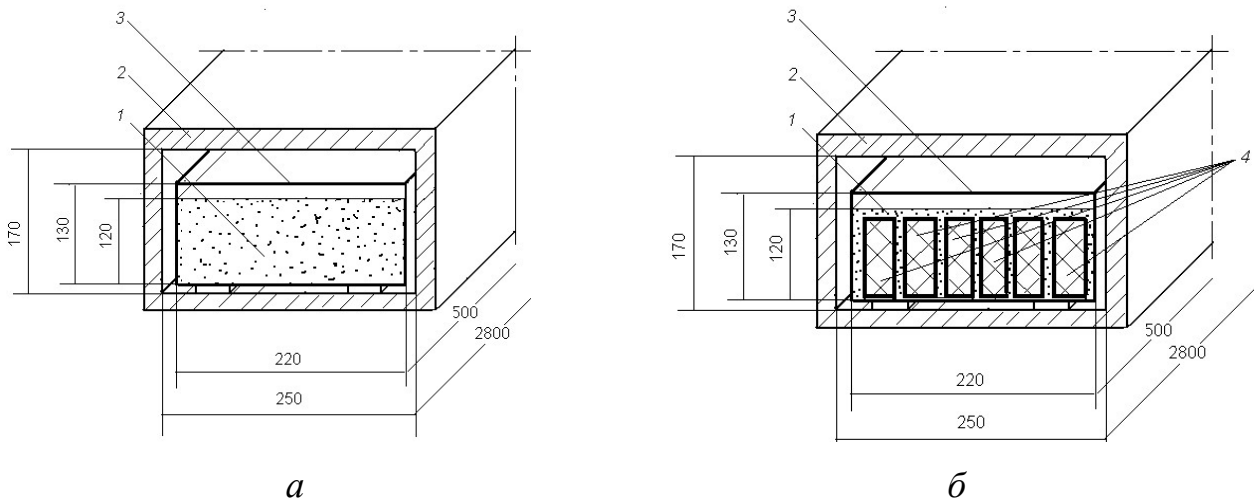
Для відновлення порошкової шихти (рис. 1.2, а) її вагу, яку завантажують в один піддон, визначають за формулою:

$$G_{\text{ш}} = \gamma_{\text{нас.ш.}} \times V_{\text{ш}},$$

де  $\gamma_{\text{нас.ш.}}$  – насипна щільність вихідної шихти;



$V_{\text{ш}}$  – об’єм шихти в одному піддоні, який визначають виходячи із розмірів піддону.



*а – завантаження порошкової шихти*

*1 – порошкова шихта; 2 – муфель печі; 3 – піддон*

*б – завантаження заготовок*

*1 – засипка; 2 – муфель печі; 3 – піддон; 4 – заготовки*

Рисунок 1.2 – Схема завантаження матеріалів у піч

Отже, об’єм шихти у прикладі буде складати:

$$V_{\text{ш}} = 120 \times 220 \times 500 = 13,2 \times 10^6 \text{ мм}^3 = 13,2 \times 10^3 \text{ см}^3 = 13,2 \times 10^{-3} \text{ м}^3.$$

Для визначення ваги порошкових деталей, які завантажують на один піддон, визначають їх кількість, яку можна розмістити на ньому. Тоді вага деталей одного завантаження буде визначатись за формулою:

$$G_{\text{д}} = g_{\text{д}} \times N_{\text{д}},$$

де  $g_d$  – вага однієї деталі;

$N_d$  – кількість деталей, що можна завантажити на один піддон.

Потім розраховують необхідну швидкість проштовхування піддонів по довжині печі,  $mm/xв$ :

$$v_n = \frac{L}{\tau},$$

де  $L$  – довжина зони нагріву,  $mm$ ;

$\tau$  – час ізотермічної витримки,  $xв$ .

Та період штовхання піддонів,  $xв$ :

$$N = \frac{l}{v_n},$$

де  $l$  – довжина піддону,  $mm$ .

Погодинну продуктивність печі розраховують за формулою:

$$P_n = \frac{G \times 60}{N}.$$

*Приклад.* Для забезпечення технологічного процесу була вибрана прохідна штовхальна піч ЦЕП-144 із такими характеристиками:

Робоча температура – 1200 °C;

Габаритні розміри,  $L \times B \times H$  – 3,5 м × 1,0 м × 1,8 м;

Розміри робочої зони,  $L \times B \times H$  – 1,0 м × 0,25 м × 0,14 м

Потужність	– 28 кВт
Продуктивність	– розрахункова;
Вартість	– 25 тис. грн.;

Для визначення продуктивності печі спочатку розраховуємо необхідну швидкість проштовхування піддонів по довжині печі, мм/хв:

$$V_{\pi} = \frac{L}{\tau},$$

де  $L$  – довжина робочої зони (нагріву), м. Згідно характеристики печі  $L = 1$  м;

$\tau$  – час спікання. Згідно технологічного процесу час спікання дорівнює 2 год (120 хв).

Тоді

$$V_{\pi} = 1 / 120 = 0,0083 \text{ м/хв.} = 8,3 \text{ мм/хв.}$$

Далі розраховуємо необхідний період проштовхування піддонів по довжині печі:

$$N = \frac{l}{V_{\pi}},$$

де  $l$  – довжина піддона. Приймаємо  $l = 500$  мм.

Тоді необхідний період штовхання буде

$$N = 500 / 8,3 = 60 \text{ хв.}$$

Визначивши період штовхання розраховуємо продуктивність печі за формулою:

$$p_n = \frac{q \times 60}{N},$$

де  $q$  – кількість матеріалу, що завантажується на один піддон.

Так, наприклад, у піддон із розмірами  $500 \text{ мм} \times 200 \text{ мм} \times 100 \text{ мм}$  можна завантажити 50 штук деталей, кожна вагою  $0,180 \text{ кг}$ . Тоді кількість матеріалу, що завантажується на один піддон дорівнює

$$q = 0,18 \times 50 = 9 \text{ кг}.$$

А отже, продуктивність печі складе

$$p_n = 9 \times 60 / 60 = 9 \text{ кг/год}.$$

Необхідну кількість печей для забезпечення технологічного процесу розраховуємо згідно формули:

$$n_n = \frac{G_n}{p_n \times \tau},$$

де  $G_n$  – кількість матеріалу, що переробляється за добу, наприклад  $1020 \text{ кг}$ .

Тоді

$$n_n = 1020 / 9 \times 24 = 4,7.$$

Зважаючи на інтенсивність експлуатації та складність обслуговування печей, приймаємо фактичну їх кількість не 5, а більше на одну – 6, коефіцієнт завантаження яких складе

$$K_3 = 4,7 / 6 = 0,79.$$

Дані розрахунків необхідної кількості обладнання і його характеристики заносять до таблиці 1.8.

Таблиця 1.8 – Зведена відомість обладнання цеху

Найменування операції	Найменування обладнання	Продуктивність, кг/год.	Число годин роботи агрегату на добу	Добове завдання, кг	Необхідна кількість одиниць обладнання	Прийнята кількість одиниць обладнання	Коефіцієнт завантаження	Встановлена потужність, кВт	Вартість, тис. грн.

#### 1.4.5 План розміщення обладнання

За планом розміщення обладнання визначають розміри і обриси будівлі цеху, що проєктується, вибирають допоміжне, особливо транспортне обладнання, зручність обслуговування обладнання та його ремонту.

Складаючи план розміщення обладнання по приміщеннях, а приміщень – по будівлі, варто виходити із таких основних положень.

1. Розміщення обладнання повинно, як правило, відповідати напямі технологічного процесу (матеріального потоку), без перетинів шляхів вантажопотоків, повернень з метою зменшення довжини комунікацій, усунення можливих транспортних травм, спрощення транспортних пристроїв.

2. Під час розміщення обладнання головними критеріями якості проєкту, окрім економічного, є умови праці обслуговуючого персоналу, які повинні

забезпечувати максимальну безпеку і мінімальну втомлюваність під час виконання усіх операцій по обслуговуванню обладнання і управлінню його роботою, а також можливість здійснення ремонту окремих позицій обладнання без серйозного ускладнення процесу виробництва на сусідніх агрегатах.

3. Джерела енергоживлення – пічні трансформатори, генератори постійного струму, генератори високої частоти – повинні розміщуватися у безпосередній близькості від установок, що споживають електроенергію, для того, щоб знизити витрати на будівлі і втрати енергії під час експлуатації.

4. Установки з ламповими генераторами повинні бути за екрановані для попередження електромагнітного випромінювання.

5. Варто розглянути можливість санітарних принципів групування операцій, направлених на максимальне обмеження поширення шкідливих виділень у виробничих приміщеннях. Тому, небезпечні у пожежному відношенні агрегати, робота яких супроводжується виділенням шкідливих для робітників виділень, з великим шумом, варто ізолювати і по можливості розміщувати так, щоб їх обмежували дві капітальні стіни (тобто у кутах будівель).

6. Розміщення обладнання повинно забезпечувати можливість побудови прямокутних будівель цехів простої конфігурації і, відповідно, дешевих. Для цього потрібно, по можливості, групувати в одній частині будівлі апарати, однотипні за розмірами та формою, але не порушуючи поточності.

7. Плануючи розміщення обладнання, варто враховувати також правила техніки безпеки, охорони праці, питання організації внутрішнього цехового транспорту, норми, встановлені для ширини проходів між агрегатами, між агрегатом та стіною, з урахуванням специфіки обладнання (печі, преси, дробильно-розмельне обладнання).

Повинні бути передбачені також площі для допоміжних приміщень – ремонтних та інструментальних майстерень, трансформаторної підстанції (якщо для неї не виділене окреме приміщення), лабораторії, приміщення для

контори, кімнат майстрів, начальника цеху, складів сировини та готової продукції, побутових приміщень (вмивальників, туалетів, роздягалок, душових).

## 2 БУДІВЕЛЬНИЙ РОЗДІЛ

У будівельному розділі необхідно обґрунтувати розташування вибраного обладнання в будівлі цеху, характеру його розміщення та вантажопотоків. Будівлю цеха та розташованих в ньому дільниць необхідно проектувати у вигляді простих геометричних форм із дотриманням вимог нормативних документів. Описують план цеху з переліком усіх приміщень, які розділяють по своїй ролі в технологічному процесі на виробничі, допоміжні (склади, ВТК, лабораторії, вентиляційні камери, підстанції) і обслуговуючі (офіси, побутові приміщення).

Висота і площі приміщень цеху вибирають в залежності від висоти та габаритів агрегатів з урахуванням можливості їх ремонту. Варто докладно обґрунтувати вибрані площі і висоту приміщень, розрахунки площі складів, побутових приміщень відповідно до норм будівництва промислових підприємств.

Для розміщення цехів необхідно використати одноповерхові будівлі, які забезпечують ефективне видалення шкідливих виділень з допомогою природної аерації. Допускається, у порядку виключення, розміщувати цехи порошкової металургії і на верхніх поверхах промислових будівель за умови їх достатньої висоти і міцності перекриттів. Всі елементи будівель, в яких розміщуються цехи порошкової металургії, відносяться до категорії Г відповідно до вимог пожежної безпеки і повинні виконуватись із негорючих матеріалів, які відповідають ступеням вогнестійкості I і II.

Компонуючи будівлю, необхідно враховувати розміри стандартних елементів залізобетонних конструкцій, висоту обладнання і можливість його ремонту, наявність підйомно-транспортних механізмів. Використовуючи стандартні елементи залізобетонних конструкцій слід враховувати, що ширина прольотів цеха може складати 12 м, 18 м, 24 м, 30 м та 36 м, а крок колон повинен бути кратним 6 м або 12 м. Вибираючи висоти цеха, необхідно



враховувати кількість шкідливих виділень, висоту обладнання, можливість використання технічних засобів для монтажу і ремонту обладнання.

Всі цехи і дільниці повинні мати проїзди і проходи, які можуть розміщуватись як по середині цеху, так і по периметру. Кожне виробниче приміщення повинне мати не менше одного основного проходу шириною не менше 1.5 м, зв'язаного з виходом або сходовими клітками. При цьому слід врахувати послідовність розташування дільниць відповідно до технологічного процесу та оптимізувати переміщення порошкових заготовок (від вихідної сировини до складу готової продукції) без перехресних виробничих ліній. Розміри проїздів і проходів приведені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Нормативи ширини проїздів та проходів

Найменування та призначення проїзду (проходу)	Напрямок руху	Ширина, м	
		Масове та багатосерійне виробництво	Одиничне та мілко серійне виробництво
Транспортний проїзд	Односторонній	від 2,0 до 3,5	від 2,5 до 3,5
	Двосторонній	5,0	5,0
Допоміжний проїзд для ручних таць, проходу працюючих	Односторонній	від 1,2 до 1,5	від 1,2 до 1,5
	Двосторонній	від 1,6 до 2,0	від 1,6 до 2,0

### **3 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ**

Для проєктування заходів із техніки безпеки необхідно виявити можливі джерела виробничого травматизму та професійних захворювань на кожній операції технологічного процесу (виділення шкідливих газів, робочі місця з високою температурою, небезпеку враження струмом тощо).

Після поопераційного опису відповідних джерел травматизму варто розробити систему заходів із техніки безпеки, дати опис приладів, які забезпечують необхідні умови роботи на робочих місцях.

Особливу увагу при цьому необхідно звернути:

- на заходи із техніки безпеки під час експлуатації двигунів машин, механізмів і трансмісій;
- вибір вентиляційного обладнання і системи вентиляції;
- заходи із техніки безпеки за умов дії променевої енергії, різких перепадів температур і осліплюючого світла;
- запобігання від ушкодження струмом під час експлуатації агрегатів, що живляться струмом;
- санітарно-гігієнічні прилади, їх розміщення і необхідні розміри відповідно до площі і об'єму;
- загальні і місцеві протипожежні засади, які запобігають можливості виникнення пожеж в цеху, що проєктується і передбачають швидку їх ліквідацію.

## 4 ЕНЕРГЕТИЧНИЙ РОЗДІЛ

Завданням енергетичного розділу магістерської дисертації проєктного спрямування є розрахунок кількості електроенергії, необхідної для забезпечення роботи цеху, а також витрат палива, газів та інших енергетичних затрат.

Обсяг витрат електроенергії визначають на підставі вибору і розрахунку кількості технологічного обладнання, використання його встановленої потужності для запланованого режиму роботи:

$$\mathcal{E} = M \cdot \Phi_0 \cdot \eta_{\text{зг}} \cdot K_1 \cdot K_2,$$

де  $M$  – встановлена потужність обладнання,  $\text{kWt}$ ;

$\Phi_0$  – річний фонд часу роботи обладнання,  $\text{год.}$ ;

$\eta_{\text{зг}}$  – коефіцієнт завантаження обладнання;

$K_1$  – коефіцієнт одночасності роботи (приймається рівним: для електричних печей – 0,6; для електродвигунів – 0,3; для генераторів високочастотного нагріву – 0,8);

$K_2$  – коефіцієнт використання потужності (приймається рівним 0,7).

Витрати енергії піднімально-транспортного обладнання визначають виходячи із його потужності.

В умовах малотоннажних виробництв транспортувальне обладнання вибирають разом з основним, а його характеристики вносять у відомість основного обладнання.

Витрати енергії для санітарно-технічних пристроїв (вентиляції, опалення) визначають у відповідності до вимог з охорони праці та техніки безпеки.

Витрати енергії на компресійні і вакуумні установки розраховують на основі потужності встановлених у цеху пристроїв та режимах їх роботи.

Розрахунок витрат енергії на освітлення для кожного приміщення виконують на основі загального плану цеху. Вихідні данні для розрахунку: площа приміщення, необхідна освітлюваність і режим роботи освітлювальних пристроїв.

Витрати енергії на освітлення розраховують за формулою:

$$Q = \frac{S \cdot q \cdot \tau \cdot f}{1000},$$

де  $S$  – площа, що освітлюється,  $m^2$ ;

$q$  – поверхнева густина теплового потоку,  $Вт/м^2$ ;

$\tau$  – число годин горіння на рік;

$f$  – коефіцієнт одночасного горіння.

Величину  $q$  зазвичай приймають: для виробничих приміщень – від  $11 \text{ Вт/м}^2$  до  $15 \text{ Вт/м}^2$ , для побутових і службових приміщень –  $10 \text{ Вт/м}^2$ .

Залежно від тривалості освітлювального періоду значення  $\tau$  приймають рівним: для двозмінної роботи –  $2500 \text{ год.}$ , для тризмінної роботи –  $4700 \text{ год.}$

Коефіцієнт, який враховує одночасність горіння ламп, приймають: для виробничих прогонів –  $0,8$ ; для побутових та службових приміщень –  $0,7$ ; для підвалів –  $0,9$ .

Результати розрахунків витрат електроенергії зводять до таблиць 4.1 та 4.2.

Таблиця 4.1 – Витрати електроенергії на роботу технологічного обладнання

Найменування споживача струму	Кількість споживачів	Потужність, $\text{кВт}$	Фонд робочого часу на рік, $\text{год}$	Коефіцієнт завантаженості	Коефіцієнт одночасності	Коефіцієнт використання потужності	Річні витрати електроенергії, $\text{кВт}\cdot\text{год}$
...	...	...	...	...	...	...	...
Усього витрат, $\text{кВт}\cdot\text{год}$							

Таблиця 4.2 – Витрати електроенергії на освітлення

Найменування споживача	Освітлювальна площа, $\text{м}^2$	Поверхнева щільність теплового потоку, $\text{Вт}/\text{м}^2$	Кількість годин горіння на рік, $\text{год}$	Коефіцієнт одночасності горіння	Річні витрати електроенергії, $\text{кВт}\cdot\text{год}$
...	...	...	...	...	...
Усього витрат, $\text{кВт}\cdot\text{год}$					

## 5 ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ РОЗДІЛ

Частину питань щодо організації виробництва у цеху, що проектується вирішують на основі даних попередніх розділів магістерської дисертації проектного спрямування, зокрема, технологічного (розрахунок потрібного обладнання, його розміщення, організація технічного контролю та контролю якості тощо). У цьому розділі слід обґрунтувати необхідну чисельність робітників основного виробництва, обслуговуючих працівників та управлінського персоналу, а також розмір фондів їхньої заробітної плати, визначити показники продуктивності праці.

### 5.1 Розрахунок чисельності виробничих робітників

Методика розрахунків планової чисельності працівників окремих категорій визначається специфікою їхньої роботи та галузевими особливостями функціонування підприємства.

Для визначення загальної чисельності промислово-виробничого персоналу на плановий період використовують метод коректування базової чисельності або метод розрахунку планової чисельності на підставі повної трудомісткості виготовлення продукції.

Чисельність працівників, зайнятих на нормованих роботах ( $\mathcal{C}_{p.n}^{пл}$ ), розраховують за формулою:

$$\mathcal{C}_{p.n}^{пл} = \frac{\sum_{i=1}^n t_i \cdot m_i}{T_{p.ч} \cdot K_{в.н}},$$

де  $n$  – кількість найменувань продукції;

$t_i$  – планова трудомісткість одиниці  $i$ -го виду продукції, *нормо-годин*;

$m_i$  – кількість продукції  $i$ -го виду, *одиниць*;

$T_{p.ч}$  – розрахунковий ефективний час роботи одного робітника, *год* (табл. 5.1.);

$K_{в.н}$  – очікуваний коефіцієнт виконання норми (1,0 – 1,5).

Таблиця 5.1 – Баланс робочого часу середньооблікового працівника

Показники	Планові значення
Кількість календарних днів	365
Вихідні та святкові дні	109
Час на планово-попереджувальний ремонт, <i>днів</i>	10
Номінальний фонд робочого часу, <i>днів</i>	246
Невиходи на роботу, <i>днів</i> з них:	26
відпустка	20
захворювання	4
дозволені законом	1
з дозволу адміністрації	0,5
прогули	0,5
цілодобові простої	0
страйки	0
Явочний робочий час, <i>днів</i>	220
Середня тривалість робочого дня, <i>год</i>	7,9
Внутрішньо змінні втрати робочого часу та простої, <i>год</i>	0,3
Робочі години	7,6
Ефективний фонд робочого часу за рік, <i>год</i>	1672

Чисельність основних робітників, зайнятих на ненормованих роботах ( $\mathcal{C}_{oc}^{пл}$ ) (контроль технологічного процесу, управління апаратами, машинами та іншим устаткуванням), розраховують за нормами обслуговування, а саме:

$$\mathcal{C}_{oc}^{пл} = \frac{m_o \cdot \Pi_{зм} \cdot K_{п}}{H_{об}},$$

де  $m_o$  – кількість об'єктів, що обслуговується;

$\Pi_{зм}$  – кількість робочих змін упродовж доби;

$K_{\pi}$  – коефіцієнт переведення явочної чисельності в облікову;

$H_{об}$  – норма обслуговування (кількість одиниць обладнання, що обслуговує один працівник).

Коефіцієнт переведення явочної чисельності в облікову розраховується за формулою:

$$K_n = \frac{100}{(100 - k)},$$

де  $k$  – плановий відсоток невиходів на роботу (за даними таблиці 5.1

$$k = \frac{26}{246} \cdot 100 = 10,6).$$

Чисельність допоміжних працівників ( $Ч_{д}^{пл}$ ), для яких неможливо встановити норму обслуговування та розрахувати трудомісткість робіт, визначають за кількістю робочих місць за формулою:

$$Ч_{д}^{пл} = П_{р.м} \cdot П_{зм} \cdot K_{\pi},$$

де  $П_{р.м}$  – кількість робочих місць (визначається за планом цеху).

Загальну чисельність робітників цеху, як основних, так і допоміжних, округлюють до найближчого цілого числа.

Приклад оформлення результатів розрахунків чисельності основних і допоміжних робітників (за робочими місцями) наведено в таблиці 5.2.



Таблиця 5.2 – Чисельність основних і допоміжних робітників цеху

Професія, спеціальність	Кваліфікацій ний розряд	Явочна чисельність по змінах			Загалом на добу	Коефіцієнт переведення явочної чисельності в облікову	Облікова чисельність
		1-а	2-а	3-а			
Основні робітники							
Пресувальник	4	6	6	-	12	1,12	14
Спікальник	5	2	2	2	6	1,12	7
Разом		8	8	2	18		21
Допоміжні працівники							
Наладчик	6	1	1	1	3	1,12	4
Черговий слюсар- електрик	5	1	1	1	3	1,12	4
Вантажник	2	1	1	-	2	1,12	3
Разом		3	3	2	8		11
Усього робітників		11	11	4			32

Тарифна сітка встановлює відповідні співвідношення в оплаті праці працівників різної кваліфікації. Вона є, власне, переліком тарифних розрядів і відповідних коефіцієнтів. Установлені в Україні параметри тарифної сітки наведено в таблиці 5.3.

Таблиця 5.3 – Типова тарифна сітка робітників різногалузевих підприємств та організацій

Показник	Тарифні розряди							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Тарифні коефіцієнти	1,0	1,088	1,204	1,350	1,531	1,800	1,892	2,0
Зростання тарифних коефіцієнтів:								
абсолютне		0,088	0,116	0,146	0,181	0,269	0,092	0,108
відносне		8,8	10,7	12,1	13,4	1,7,6	5,1	5,7

Важливим елементом тарифної системи є тарифна ставка. Її абсолютну величину визначають згідно зі встановленим державою мінімальним розміром заробітної плати. Згідно державного бюджету України на 2019 рік мінімальна заробітна плата становить: у місячному розмірі – 4173 грн, у погодинному

розмірі – 25,13 *грн*. Так, якщо на підприємстві тарифну ставку для першого розряду встановлено на рівні 25,13 *грн*, то ставка другого розряду становитиме  $25,13 \cdot 1,088 = 27,32$  *грн*, третього розряду  $25,13 \cdot 1,204 = 30,26$  *грн* тощо.

Приклад розрахунку фондів зарплати управлінського та обслуговуючого персоналу наведено у таблиці 5.4.

Таблиця 5.4 – Розрахунок фонду заробітної плати управлінського та обслуговуючого персоналу

Штатна посада	Чисельність, осіб	Місячний посадовий оклад, <i>грн</i>	Річний фонд заробітної плати, <i>грн</i>
<b>Керівники</b>			
Начальник цеху	1	21000	252000
Заступник начальника цеху	2	19000	456000
Начальник дільниці	4	16000	768000
Майстер	8	14000	1344000
Разом			2820000
<b>Спеціалісти</b>			
Провідний інженер-технолог	1	15000	180000
Інженер-технолог II-ї категорії	2	12000	288000
Диспетчер	1	10000	120000
Разом			588000
<b>Службовці та молодший обслуговуючий персонал (МОП)</b>			
Обліковець	2	9000	216000
Комірник	2	9000	216000
Прибиральниця	1	6000	72000
Разом			504000
Усього по цеху (дільниці)			3912000

Приклад розрахунку фондів зарплати основних і допоміжних робітників у таблиці 5.5

Таблиця 5.5 – Розрахунок фонду заробітної плати основних і допоміжних робітників<sup>1</sup>

Професія, спеціальність	Кваліфікаційний розряд	Годинна тарифна ставка, грн	Обліковий склад, осіб	Кількість годин роботи за рік		Основна заробітна плата, тис. грн (3×6)	Розрахунок додаткової заробітної плати, тис. грн					Загальний фонд заробітної плати, тис. грн (7+12)
				Одного робітника	Усіх		Надбавки та доплати				Разом (8+9+10+11)	
							Премії (40 % від основної заробітної плати)	За роботу в особливих умовах (18 %)	Оплата відпусток (12%)	Інші доплати та надбавки (12 %)		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Основні (технологічні) робітники												
Пресувальник	4	33,93	14	1672	23408	794,2	317,7	143,0	95,3	79,4	635,4	1429,6
Спікальник	5	38,47	7	1672	11704	450,3	180,1	81,0	54,0	45,0	360,2	810,5
Разом						124,5					995,6	2240,1
Допоміжні (обслуговуючі) робітники												
Наладчик	6	41,63	4	1672	6688	278,4	111,4	50,1	33,4	27,8	222,7	501,2
Черговий слюсар-електрик	5	38,47	4	1672	6688	257,3	102,9	46,3	308,7	25,7	205,8	463,1
Вантажник	2	27,32	3	1672	5016	137,0	54,8	24,7	16,4	13,7	109,6	246,7
Разом						672,7					538,1	1211,0
Усього по цеху (виробничій дільниці)						1917,2						3451,1

<sup>1 1</sup>Розрахунки у стовпчиках 7 – 13 приведені у тис. грн. Розрахунки округлені до одного знака після коми (сотень гривень).

### 5.3 Розрахунок продуктивності праці

Продуктивність праці, яка відображає ефективність роботи трудового колективу, розраховують як відношення річного обсягу виробництва до облікового складу всіх працівників цеху (робітників, управлінського персоналу та обслуговуючого персоналу).

Таким чином, продуктивність праці  $\Pi$  – це річний обсяг продукції, виготовленої з розрахунку на одного працівника цеху:

$$\Pi = \frac{G}{\sum \text{Ч}},$$

де  $G$  – обсяг продукції, виготовленої цехом (дільницею) за рік, кг;

$\sum \text{Ч}$  – чисельність працівників усіх категорій (робітників, управлінського та обслуговуючого персоналу).

Річний обсяг робіт вимірюють за допомогою різних показників. Це можуть бути натуральні або умовно-натуральні показники: штуки, комплекти, тонни тощо. Використовують також вартісні (у гривнях) та трудові (у норма-годинах) показники.

## 6 ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ

Основне завдання цього розділу – довести, що розроблене у магістерській дисертації виробництво є ефективним.

### 6.1 Розрахунок капітальний вкладень

Капітальні вкладення у проєктований об'єкт складаються із капіталовкладень у основні засоби (виробничі будівлі та споруди, технологічне і допоміжне обладнання, підйомно-транспортувальні засоби, оснащення тощо), а також оборотних нормованих засобів (витрати на створення оборотних запасів матеріалів і сировини, змінного обладнання, запчастин, інструменту, незавершеного виробництва тощо).

Приклад розрахунку капіталовкладень в обладнання та підйомно-транспортувальні засоби наведено у таблиці 6.1. Для розрахунку вартість транспортування обладнання, його монтажу і налагодження беруть у розмірі 10–25 % від його ціни.

Таблиця 6.1 – Розрахунок капітальних вкладень в обладнання

Найменування устаткування, його модель або технічна характеристика	Кількість, одиниць	Вартість за одиницю, тис. грн	Загальна вартість, тис. грн	Витрати на транспортування та монтаж, тис. грн	Усього, тис. грн
Основне технологічне устаткування					
Змішувач СМ-200	2	130	260	26	286
Прес КО-250	4	850	3400	340	3740
...	...	...	...	...	...
Разом основне технологічне устаткування					7550
Допоміжне та підйомно-транспортне устаткування					
Електро-штаблер ЕШ-188М (Р – 5 м; вантажопідйомність 500 кг)	4	200	800	80	880
...	...	...	...	...	...
Разом допоміжне та підйомно-транспортне устаткування					2100
Загалом по цеху (виробничій дільниці)					9650

Обсяг капіталовкладень у виробничі будівні та споруди визначають. Виходячи із площі цеху й усереднених нормативів вартості будівельних конструкцій і промислових проводок (табл. 6.2).

Таблиця 6.2 – Усереднені ринкові ціни на елементи будівельно-монтажних робіт [26\*]

Елементи будівельно-монтажних робіт	Вартість, грн/м <sup>3</sup>
1. Виробничі будівлі	
1.1. Одноповерхові	від 2500 до 4000
1.2. Багатоповерхові	від 3500 до 6000
2. Водопостачання виробничих приміщень	від 30 до 40
3. Каналізація виробничих приміщень	від 25 до 35
4. Електропроводка виробничих приміщень	від 50 до 60
5. Вентиляція виробничих приміщень	від 70 до 80
6. Побутові приміщення	від 3000 до 5000
7. Водопостачання побутових приміщень	від 40 до 50
8. Каналізація побутових приміщень	від 90 до 120
9. Електропроводка побутових приміщень	від 50 до 70
10. Вентиляція побутових приміщень	від 70 до 90
11. Зовнішній благоустрій	від 50 до 100
12. Невраховані витрати	від 500 до 1000

\*За цим посиланням можна знайти реальні ціни на різні види будівельних робіт

Безперервну виробничу діяльність цеху забезпечують оборотні засоби, мінімальна необхідна величина яких має назву нормативу оборотних засобів.

Найбільшим за розміром елементом (до 70 %) нормативу оборотних засобів є поточний запас матеріалів, який створюється для забезпечення процесу виробництва матеріальними ресурсами в період між двома черговими поставками. Середній поточний запас ( $Z_m$ ) визначається за формулою:

$$Z_m = M_d \cdot \frac{T_{\text{пост}}}{2_{\text{п}}},$$

де  $M_d$  – середньодобове споживання сировини та матеріалів, грн;

$T_{\text{пост}}$  – інтервал між поставками матеріалів у днях (приймається в межах від 15 днів до 30 днів).

Середньодобове споживання матеріалів визначається як вартість річної потреби в основних та допоміжних матеріалах, сировині, запасних частинах, інструменту, спецодягу тощо, розділених на 360 (де 360 – розрахункове число днів за рік).

Величину всіх інших елементів загального нормативу оборотних засобів (транспортного, підготовчого та резервного запасів матеріалів; незавершеного виробництва; витрат майбутніх періодів; готової продукції на складі тощо) можна приймати на рівні 50 % від розрахованого нормативу поточних запасів.

Таким чином, загальний річний норматив оборотних коштів ( $H_{\text{заг}}$ ) по об'єкту, що проектується, складе:

$$H_{\text{заг}} = 1,5 \cdot Z_{\text{м}}.$$

Після цього розраховують загальні капітальні вкладення в об'єкт, що проектується (табл. 6.3).

Таблиця 6.3 – Розрахунок загальних капітальних вкладень

Елементи капіталовкладень	Сума	
	тис. грн.	%
1. Будівлі:		
1.1. Виробничі	...	...
1.2. Побутові	...	...
2. Устаткування		
2.1. Основне технологічне	...	...
2.2. Допоміжне та підйомно-транспортне	...	...
3. Норматив оборотних засобів	...	...
Всього капіталовкладень у виробничі засоби	...	100 %

## **6.2 Визначення планової собівартості одиниці продукції**

Для визначення планової собівартості продукції на підприємствах, як правило, складають планові та фактичні калькуляції. Перші розраховують за плановими нормами витрат, другі – за їх фактичним рівнем. Складання калькуляцій передбачає визначення об'єкта калькулювання, вибір калькуляційних одиниць, калькуляційних статей витрат та методики обчислення.

Об'єктом калькулювання є та продукція чи робота (послуга), собівартість якої розраховують. Головним об'єктом калькулювання є готова продукція, яку поставляють на ринок. Для підприємств порошкової металургії це порошки металів та сплавів, спечені вироби тощо.

Проводячи розрахунки витрати групують за калькуляційними статтями, номенклатура яких залежить від особливостей виробництва. Установлюючи статті витрат, слід дотримуватися таких вимог:

- максимальну частку витрат, яку включають у собівартість, потрібно обчислювати безпосередньо для окремих виробів;
- статті непрямих витрат необхідно формулювати так, щоб їх можна було враховувати під час визначення вартості окремих виробів.

Типова номенклатура калькуляційних статей витрат для більшості підприємств різних галузей виглядає так:

1. Сировина та матеріали (за вирахуванням зворотних відходів).
2. Паливо та енергія на технологічні цілі.
3. Основна заробітна плата технологічних робітників.
4. Додаткова заробітна плата технологічних робітників.
5. Єдиний соціальний внесок.
6. Витрати на утримання та експлуатацію устаткування.
7. Загальновиробничі витрати.
8. Загальногосподарські витрати.



9. Витрати на підготовку та освоєння виробництва.

10. Поза виробничі витрати (на збут продукції, на маркетинг).

Сума перших семи статей становить цехову собівартість, дев'яти – виробничу собівартість, а усіх десяти статей – повну собівартість.

Під час калькулювання прямі витрати обчислюються безпосередньо на калькуляційну одиницю згідно з чинними нормами й цінами. Для непрямих витрат (утримання та експлуатація устаткування, загальновиробничі тощо) спочатку складають кошторис на певний період, після чого витрати розподіляють між різними виробами чи видами продукції.

Стаття *“Сировина та матеріали”* містить витрати на сировину, основні та допоміжні матеріали, закуплені вироби і напівфабрикати, тобто витрати, які можна обчислити безпосередньо на одиницю продукції на підставі витратних норм і цін.

Планові витрати основних і допоміжних (технологічних) матеріалів визначають на основі даних матеріального балансу, а ціни на них слід уточнювати у відділі матеріально-технічного забезпечення підприємства під час проходження переддипломної практики. Розрахунки оформляють у вигляді таблиці 6.4.

До статті калькуляції *“Паливо та енергія на технологічні цілі”* відносять вартість річних затрат технологічних енергоносіїв: електроенергії, природного газу, пари, стиснутого повітря, гарячої води та інших носіїв енергії. Суму витрат обчислюють у відповідності до норм витрат певних видів енергоресурсів і діючих тарифів та цін.

У разі відсутності норм витрат електроенергії використовують розрахунковий метод, за яким витрачання цього виду ресурсів визначають за встановленої потужності струмоприймачів, планового фонду часу роботи відповідного устаткування та коефіцієнта втрат електроенергії.

Стаття *“Основна заробітна плата технологічних робітників”* містить витрати на оплату праці робітників, безпосередньо зайнятих виготовленням

основної продукції. Це основні (технологічні) робітники, а фонд їхньої заробітної плати наведено у таблиці 6.4.

Стаття “Додаткова заробітна плата технологічних робітників” обчислюється у відсотках від основної заробітної плати технологічних робітників (табл. 6.4).

Таблиця 6.4 – Планова калькуляція собівартості річного обсягу виробництва продукції

Найменування статей витрат	Одиниця виміру	Кількість на річну програму	Ціна за одиницю, грн	Витрати на річну програму	Примітки
1. Сировина та матеріали					
1.1.					
1.2. ...					
2. Паливо та енергія на технологічні цілі (енергоносії)					
3. Основна заробітна плата технологічних робітників					
4. Додаткова заробітна плата технологічний робітників					
5. Єдиний соціальний внесок					
6. Утримання та експлуатація устаткування					
7. Загальновиробничі витрати					
8. Загальногосподарські витрати					
9. Витрати на підготовку та освоєння виробництва					
Виробнича собівартість річної програми					
10. Позавиробничі витрати					
Повна собівартість річної програми					

Стаття “Єдиний соціальний внесок” (ЄСВ) – це обов’язкове відрахування на загальнодержавне соціальне страхування. З 1 січня 2016 р. ставка ЄСВ складає 22 %. Базою для нарахування ЄСВ слугує загальний фонд заробітної плати по цеху.

Стаття “Утримання та експлуатація устаткування” є комплексною й охоплює амортизаційні відрахування на повне відтворення виробничого устаткування, підйомно-транспортних засобів; витрати на проведення усіх видів ремонту та міжремонтного обслуговування.

Норматив витрат на цю статтю встановлюється кожним підприємством у

відсотках до статті “*Основна заробітна плата технологічних робітників*”. Для підприємств порошкової металургії витрати можуть становити 100–250 %.

Стаття “*Загальновиробничі витрати*” також є комплексною. До неї належать такі види витрати:

- амортизація основних засобів та нематеріальних активів загальновиробничого призначення;
- витрати на управління виробництвом в межах виробничого об’єкта, що проєктується (оплата праці апарату управління цеху чи дільниці з врахуванням єдиного соціального внеску, офісні витрати в межах цеху чи дільниці);
- витрати на утримання, експлуатацію та ремонт основних засобів загальновиробничого призначення;
- витрати на удосконалення технології та організації виробництва;
- витрати на освітлення, опалення, водопостачання виробничих приміщень;
- витрати на охорону праці, техніку безпеки і охорону навколишнього середовища тощо.

Величину витрат за вказаною статтею калькуляції розраховують у відповідності до нормативу, прийнятого на підприємстві-аналогу. У разі відсутності таких даних загальновиробничі витрати встановлюють на рівні від 100 % до 120 % від величини статті “*Основна заробітна плата технологічних робітників*”.

Стаття “*Загальногосподарські витрати*” близька за змістом до попередньої і відрізняється лише рівнем об’єктів визначення витрат. Так, загальновиробничі витрати – це витрати на управління, виробниче і господарське обслуговування в межах цеху. Загальногосподарські витрати – це ті ж самі витрати тільки на рівні всього підприємства загалом. У цю статтю додатково включають витрати на набір і підготовку персоналу, службові відрядження, обов’язкові платежі (страхування майна підприємства, платежі на забезпечення заходів охорони навколишнього середовища тощо), плату за

банківське обслуговування. Для підприємств порошкової металургії загальногосподарські витрати становлять від 50 % до 150 % від основної заробітної плати технологічних робітників.

До статті “*Витрати на підготовку та освоєння виробництва*” належать такі види витрат:

- на підготовку та освоєння нової продукції;
- на освоєння нових технологічних процесів;
- на запуск у виробництво нових цехів, ділень і окремих агрегатів;
- на винахідництво і раціоналізацію та деякі інші.

Норматив вказаних витрат встановлюють за даними підприємства-аналога, а у разі їх відсутності на рівні від 30 % до 50 % від величини статті “*Основна заробітна плата технологічних робітників*”.

Стаття “*Позавиробничі витрати*” включає витрати на реалізацію продукції підприємства:

- відшкодування вантажно-розвантажувальних, складських, пакувальних, транспортних і страхових витрат;
- маркетингові витрати (реклама, участь у виставках, дослідження ринку тощо);
- витрати на гарантійний ремонт та гарантійне обслуговування;
- сплата експортного мита, митних зборів тощо.

Величину витрат по цій статті визначають у відсотках до виробничої собівартості (сума 9-ти перших статей калькуляції). Вони становлять близько 5–10 %.

На основі виконаних розрахунків складається планова калькуляція собівартості продукції (табл. 6.5).

Повну собівартість одиниці продукції ( $C_{\Pi}$ ) розраховують як відношення повної собівартості річної програми випуску продукції ( $C_{\Pi}^{\text{річ}}$ ) до річного обсягу (програми) випуску продукції цехом (дільницею):

$$C_{\pi} = \frac{C_{\pi}^{\text{річ}}}{G},$$

де  $G$  – річний обсяг (програма) випуску продукції.

### 6.3 Розрахунок показників економічної ефективності проєктного рішення

Порівняння спроектованого цеху, дільниці чи робочого місця, як правило, здійснюють із об'єктом, де виробляється аналогічна продукція, за такими показниками:

- трудомісткість продукції (зворотний показник продуктивності живої праці);
- капіталомісткість (фондомісткість) продукції;
- період окупності капітальних витрат.

Трудомісткість продукції визначається як відношення витраченої кількості праці до загального обсягу виробленої продукції. Технологічна трудомісткість одиниці продукції розраховується як сума витрат часу по окремим операціям технологічного процесу. Менш точно технологічну трудомісткість ( $t$ ) у нормо-годинах можна розрахувати за формулою:

$$t = \frac{\chi_{\text{ос}} \cdot \Phi_{\text{еф}}^{\text{пл}}}{G},$$

де  $\chi_{\text{ос}}$  – загальна чисельність основних (технологічних) робітників, осіб;

$\Phi_{\text{еф}}^{\text{пл}}$  – плановий ефективний фонд робочого часу одного працівника за рік, год;

$G$  – річний обсяг (програма) випуску продукції.

Капіталомісткість (фондомісткість) продукції ( $K_G$ ) визначається як відношення загальних капітальних витрат ( $K_{\text{заг}}$ ) у будівництво чи реконструкцію цеху (дільниці) або на технічне переоснащення виробництва до річного планового обсягу виробництва продукції:

$$K_G = \frac{K_{\text{заг}}}{G}.$$

Найрозповсюдженішим показником економічної ефективності капітальних витрат на нове будівництво, реконструкцію, впровадження нового обладнання чи технології, є період окупності капітальних витрат ( $\Pi_{\text{ок}}$ ), який має критеріальний характер:

$$\Pi_{\text{ок}} = \frac{K_{\text{заг}}}{\Gamma\Pi_p} \langle \Pi_{\text{ок}}^{\text{н}},$$

де  $\Gamma\Pi_p$  – річна сума грошового потоку, *грн*;

$\Pi_{\text{ок}}^{\text{н}}$  – нормативний період окупності, *років*.

Грошовий потік за рік розраховується як сума чистого прибутку та амортизаційних відрахувань, визначених за рік експлуатації спроектованого об'єкту:

$$\Gamma\Pi_p = 0,82 \cdot (\text{Ц} - C_{\text{п}}) \cdot G + \sum A,$$

де 0,82 – коефіцієнт, який враховує частку чистого прибутку у валовому прибутку;

$\text{Ц}$  – ринкова ціна одиниці продукції, *грн*;

$C_{\text{п}}$  – повна собівартість одиниці продукції, *грн*;

$\sum A$  – загальна річна сума амортизаційних відрахувань, *грн*.

Загальна річна сума амортизаційних відрахувань розраховується, виходячи з вартості основних засобів по 16 групам та передбаченого мінімального терміну їхньої експлуатації (табл. 6.5).

Таблиця 6.5 – Групи основних засобів та мінімальні терміни їхньої експлуатації

Групи	Мінімально допустимі строки корисного використання, <i>років</i>	Річна норма амортизації, %
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
група 1 – земельні ділянки	Амортизація не нараховується	
група 2 – капітальні витрати на поліпшення земель, не пов'язані з будівництвом	15	5
група 3 – будівлі	20	5
споруди	15	5
передавальні пристрої	10	10
група 4 – машини та обладнання	5	20
з них		
електронно-обчислювальні машини, інші машини для автоматичного оброблення інформації, пов'язані з ними засоби зчитування або друку інформації, пов'язані з ними комп'ютерні програми (крім програм, витрати на придбання яких визнаються роялті, та/або програм, які визнаються нематеріальним активом), інші інформаційні системи, комутатори, маршрутизатори, модулі, модеми, джерела безперебійного живлення та засоби їх підключення до телекомунікаційних мереж, телефони (в тому числі стільникові), мікрофони і рації, вартість яких перевищує 2500 гривень	2	50
група 5 – транспортні засоби	5	20
група 6 – інструменти, прилади, інвентар (меблі)	4	25

Продовження таблиці 6.5

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
група 7 – тварини	6	15
група 8 – багаторічні насадження	10	10
група 9 – інші основні засоби	12	5
група 10 – бібліотечні фонди	-	50
група 11 – малоцінні необоротні матеріальні активи	-	50
група 12 – тимчасові (не титульні) споруди	5	20
група 13 – природні ресурси	Амортизація не нараховується	
група 14 – інвентарна тара	6	15
група 15 – предмети прокату	5	20
група 16 – довгострокові біологічні активи	7	10

Нормативний період окупності капітальних вкладень у створення нових чи реконструкцію існуючих цехів (дільниць), вкладень на технічне переобладнання виробництва приймається у межах від 5 років до 7 років.

Економічна частина магістерської дисертації проєктного спрямування закінчується складанням зведеної порівняльної таблиці основних техніко-економічних показників об'єкта, що проєктується. Перелік типових порівняльних техніко-економічних показників наведений у таблиці 6.6.

Представлена номенклатура порівняльних показників, які характеризують проєкт, може доповнюватись специфічними показниками окремих галузей та виробництв.



Таблиця 6.6 – Порівняльні техніко-економічні показники спроектованого об'єкта

Найменування показників	Одиниця виміру	Значення по варіантам	
		Базовий (підприємство-аналог)	Спроектований
1. Річний плановий обсяг виробництва продукції ( $G$ )	$t, шт.$		
2. Загальна площа цеху (дільниці)	$m^2$		
3. Виробнича площа цеху (дільниці)	$m^2$		
4. Капіталомісткість продукції ( $K_G$ )	$\frac{грн}{шт.}$		
5. Загальна чисельність у тому числі: основний (технологічний) персонал допоміжний (технологічний) персонал управлінський та обслуговуючий персонал	осіб		
6. Загальний річний фонд заробітної плати	грн		
7. Середньомісячна заробітна плата одного працівника	грн		
8. Річний виробіток на одного працівника (продуктивність праці)	$\frac{т}{особу}$ ( $\frac{шт.}{особу}$ )		
9. Технологічна трудомісткість продукції ( $t$ )	$\frac{нормо - годин}{т (шт.)}$		
10. Цехова собівартість одиниці продукції	$\frac{грн}{т (шт.)}$		
7. Період окупності ( $\Pi_{ок}$ )	років		

## **7 СТАРТАП ПРОЄКТ**

У даному розділі студент має провести маркетинговий аналіз з метою виявлення ринкових можливостей впровадження результатів роботи. Основним завданням розділу є аналіз перспектив реалізації науково-технічних рішень представлених в роботі та пропозиція щодо їх ринкового впровадження.

В межах розділу слід проаналізувати та представити у вигляді таблиць:

- опис ідеї проєкту та загальні напрями використання потенційного товару;
- технічні можливості реалізації ідеї проєкту;
- аналіз ринкових можливостей щодо реалізації проєкту;
- на базі аналізу ринку розробляється стратегія ринкового впровадження потенційного товару.

Проведення маркетингового аналізу стартап проєкту передбачає наступні кроки.

### **7.1 Опис ідеї стартап проєкту**

В межах підрозділу слід проаналізувати та представити у вигляді таблиць:

- зміст ідеї проєкту;
- можливі напрями застосування потенційного товару;
- основні вигоди, що може отримати користувач товару (за кожним напрямком застосування);
- чим відрізняється від існуючих аналогів.

Перші три пункти подаються у вигляді таблиці (приклад наведено у таблиці 7.1) і дають цілісне уявлення про зміст ідеї та основні напрями застосування, що в свою чергу визначає можливі потенційні ринки клієнтів.

Таблиця 7.1 – Опис ідеї стартап проєкту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
Розроблення зносостійкого антифрикційного матеріалу на основі залізографіту для роботи у важко-навантажених вузлах. Даний матеріал може працювати за температур від $-20$ до $600^{\circ}\text{C}$ та швидкостях до $45\text{--}60$ м/с і тиску $1\text{--}2$ МПа не зазнаючи суттєвих змін форми виробу	1. Автомобільна промисловість для виготовлення направляючих втулок клапанів автомобілей	Збільшення зносостійкості при зниженні коефіцієнту тертя забезпечує збільшення експлуатаційних характеристик
	2. Текстильна промисловість для виготовлення втулок підшипників ковзання обладнання суконного та бавовняного виробництва	Зниження коефіцієнту тертя забезпечує стабільність роботи
	3. Сільськогосподарська діяльність для виготовлення втулок культиваторів і сіялок	Збільшення зносостійкості забезпечує збільшення строку експлуатації

## 7.2 Аналіз техніко-економічних переваг ідеї

Аналіз потенційних техніко-економічних переваг ідеї порівняно із пропозиціями конкурентів передбачає:

- визначення техніко-економічних властивостей та характеристик ідеї (відмінність вашої ідеї від існуючих аналогів);
- визначення попереднього кола конкурентів або товарів-аналогів, що вже існують на ринку та збір інформації щодо значень техніко-економічних показників для ідеї вашого проєкту та проєктів-конкурентів відповідно до визначеного вище переліку;
- проведення порівняльного аналізу показників: для власної ідеї визначаються показники, що мають а) гірші значення (W, слабкі); б) аналогічні (N, нейтральні) значення; в) кращі значення (S, сильні) (приклад наведено у таблиці 7.2).

Визначений перелік слабких, сильних та нейтральних характеристик та властивостей ідеї потенційного товару є підґрунтям для формування його конкурентоспроможності на ринку.

Таблиця 7.2 – Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик ідеї проєкту

№	Техніко-економічні характеристики ідеї	Потенційні товари				W (слабка сторона)	N (нейтральна сторона)	S (сильна сторона)
		Мій проєкт	ООО "ЮГ-СТАНКО-СЕРВИС"	ООО "РГС Україна"	"Диск-агро"			
1	<i>Зносостійкість</i>	<i>Втулки клапанів автомобілів</i>						+
2	<i>Стійкість до корозії</i>					+		
3	<i>Ціна</i>						+	

### 7.3 Технологічний аудит ідеї проєкту

В даному підрозділі проводиться аудит технології, за допомогою якої реалізується ідея проєкту. При цьому визначення технологічної здійсненності проєкту передбачає аналіз наступних складових (приклад наведено у таблиці 7.3):

- визначення за якою технологією буде виготовлено продукцію згідно ідеї;
- встановлення чи існують такі технології, чи їх потрібно розробити / доробити?
- чи доступні такі технології авторам проєкту?

За результатами аналізу таблиці робиться висновок щодо можливості технологічної реалізації проєкту, а також технологічного шляху, яким це доцільно зробити (з названих технологій обираються такі, що доступні автору проєкту та є наявними на ринку).

Таблиця 7.3 – Технологічна здійсненність ідеї проєкту

№	Ідея проєкту	Технології реалізації	Наявність технології	Доступність технологій
1	Втулки клапанів автомобілів	Пресування з наступним відпалом та допресовкою, спікання	Наявна технологія, проте довгий час отримання продукту, та наявність залишкової пористості	Наявна технологія
		Гаряче пресування	Наявна технологія, переваги швидкість, недоліком є вимоги до графітової прес-оснастки	Наявна технологія
		Гаряча штамповка	Наявна технологія, переваги швидкість, висока щільність	Наявна технологія
Обрана технологія реалізації ідеї проєкту: <i>Гаряча штамповка</i>				

#### 7.4 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап проєкту

Визначення ринкових можливостей, які можна використати під час ринкового впровадження проєкту, та ринкових загроз, які можуть перешкоджати реалізації проєкту із урахуванням стану ринкового середовища та потреб потенційних клієнтів. Для цього проводиться аналіз попиту: наявність попиту, обсяг виробництва, динаміка розвитку ринку (табл. 7.4).

Таблиця 7.4 – Попередня характеристика потенційного ринку стартап-проєкту

Показник стану ринку	Характеристика
Кількість головних гравців	3
Загальний обсяг продаж, <i>грн/ум. од.</i>	
Динаміка ринку	<i>Зростає/спадає/стагнує</i>
Наявність обмежень для входу (вказати характер обмежень)	<i>Спеціальне обладнання</i>
Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	<i>Присутні</i>
Середня рентабельність в галузі, %	

Середня норма рентабельності в галузі (по ринку) порівнюється із банківським відсотком на вкладення (за умови, що останній є вищим, можливо має сенс вкласти кошти в інший проєкт). За результатами аналізу таблиці робиться висновок щодо того чи є ринок привабливим для входження за попереднім оцінюванням.

Також при входженні на ринок слід враховувати цільову аудиторію на яку буде направлений збут товарів, враховуючи потреби та вимоги споживачів, так як вони формують ринок (табл. 7.5).

Таблиця 7.5. – Характеристика потенційних клієнтів стартап проєкту

№	Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія	Відмінність у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів до товару
1	Базова потреба, яку задовольняє товар	Визначити потенційні цільові групи клієнтів, що можуть бути зацікавленими у задоволенні означеної потреби	Вписати фактори, що формують поведінку клієнта (стандарти, технічні регламенти, фактори цінового характеру) та особливості експлуатації товару	Вимоги до продукції: – низька вартість; – висока зносостійкість  Вимоги до компанії:  – стабільність товару та поставок; – можливість корегування замовленням під час виробництва
	Висока зносостійкість	Машинобудівна, сільгоспгосподарча промисловість	До даних деталей застосовують спеціальні випробування, та стандарти, які визначають самі покупці	

Після визначення потенційних груп клієнтів та вимог до продукції складаються таблиці факторів загроз впровадженню проєкту (табл. 7.6) та факторів, що сприяють його впровадженню (табл. 7.7). Фактори слід подавати в порядку зменшення значущості.

Таблиця 7.6 – Фактори загроз

№	Фактори	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
1	<i>Складність доставки</i>	<i>Несвоєчасна доставка товару у зв'язку з форс-мажорними обставинами</i>	<i>Розробка та налагодження логістичних зв'язків</i>

Таблиця 7.7 – Фактори можливостей

№	Фактори	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
1	<i>Зростання попиту</i>	<i>Зміна економічної та політичної ситуації в країні приводить до зростання попиту на товар</i>	<i>Збільшення виробничих потужностей із збільшенням кількості фахівців</i>

Надалі проводиться ступеневий аналіз конкуренції на ринку, так як даний аспект дасть можливість точно сказати в який період часу варто впроваджувати продукцію і з якої кількості товару чи послуги доцільно розпочинати (табл.7.8)

Підсумовуючи всі наведені фактори, доцільно скласти SWOT-аналіз (матриця аналізу сильних (Strengths) та слабких (Weaknesses) сторін, загроз (Troubles) та можливостей (Opportunities), який представлений в таблиці 7.9.

SWOT-аналіз для визначення факторів і явищ, що роблять найбільший вплив на підприємство. Цей етап включає також визначення стадії життєвого циклу продукції, що дозволяє оцінити необхідність вкладень в розробку вдосконалених видів продукції з тим, щоб уникнути погіршення ринкової позиції в майбутньому.

Таблиця 7.8 – Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

Особливості конкурентного середовища	В чому проявляється дана характеристика	Вплив на діяльність підприємства
1. Вказати тип конкуренції: монополія/ олігополія/ монополістична /чиста	<i>На сьогоднішній день компанія ООО "РГС Украина" є основним постачальником товару в Україні</i>	<i>Зменшення ціни на товар, та покращення якості.</i>
2. За рівнем конкурентної боротьби: локальний / національний	<i>На міжнародному рівні зарекомендована компанія "Дискагро"</i>	<i>Завоювати довіру на Українському ринку, та розвинутися на міжнародний</i>
3. За галузевою ознакою: міжгалузева / внутрішньогалузева	<i>Найбільш привабливою є Машинобудівна та сільськогосподарська галузь</i>	<i>Реалізовувати товар у своїй галузі</i>
4. Конкуренція за видами товарів: товарно-видова (між товарами одного виду)	<i>Збільшення експлуатаційних характеристик товару</i>	<i>Покращення експлуатаційних показників ефективності деталей</i>
5. За характером конкурентних переваг: цінова / не цінова	<i>На даний вид промисловості витрачаються великі кошти</i>	<i>Слід за меншу ціну збільшити показники ефективності деталей</i>
6. За інтенсивністю: марочна / не марочна	<i>Низька інтенсивність, яка проявляється за кількістю проданої продукції</i>	<i>Можливості для невеликої партії</i>

Strengths (сильні сторони) – досвід та вміння, що дають змогу організації задумати та забезпечити виконання її стратегії.

Weaknesses (слабкі сторони) – досвід і вміння, що не сприяють вибору та втіленню стратегії, потрібної для виконання місії організації. Організація має два шляхи вирішення проблеми “слабких сторін”. По-перше, вона може робити інвестиції, щоб отримати перевагу, необхідну для виконання місії. По-друге, можна змінити місію так, щоб її досягти за допомогою досвіду й умінь, які організація вже має.

Opportunities (можливості) – це умови середовища, що забезпечують досягнення високого результату),

Troubles (загрози) – це умови середовища, що ускладнюють досягнення високих результатів навиків і вмінь.



Таблиця 7.9 – SWOT- аналіз стартап проєкту

Сильні сторони	Слабкі сторони
<ul style="list-style-type: none"> <li>– економія кольорових металів;</li> <li>– зниження вартості виготовлення і зменшення втрат металу в стружку;</li> <li>– підвищення ефективності праці;</li> <li>– підкріплення практичних даних теоретичними розрахунками для моделювання процесів, які відбуваються під час експлуатації деталі. Та подальша оптимізація останнього</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– недостатня кількість спеціалістів в даній галузі (покупці) може призвести до непорозуміння при постановці задачі;</li> <li>– неможливість відтворення реальних процесів, для перевірки матеріалу в відповідних умовах;</li> <li>– дороговизна проведення деяких видів аналізу матеріалів</li> </ul>
Можливості	Загрози
<ul style="list-style-type: none"> <li>– набутий досвід, призведе до правильного напрямку втілення та досягнення високих результатів;</li> <li>– створення та апробація результатів експерименту, з фундаментальними дослідженнями;</li> <li>– можливість виходу на інші ринки збути за не великою кількістю замовлень;</li> <li>– залучення та навчання молодих кадрів та використання сучасного обладнання</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– можливість несвоєчасного постачання сировини;</li> <li>– великі витрати на енергію;</li> <li>– нестабільність курсу</li> </ul>

Ринкові загрози та ринкові можливості є наслідками впливу факторів, які ще не реалізовані на ринку та мають певну ймовірність здійснення. Наприклад: зниження доходів потенційних споживачів – фактор загрози, на основі якого можна зробити прогноз щодо посилення значущості цінового фактору при виборі товару тобто цінової конкуренції (це вже ринкова загроза).

## 7.5 Розроблення маркетингової програми стартап проєкту

Для формування маркетингової програми слід вказати які основні переваги потенційного товару в порівнянні із аналогами, що дасть можливість стверджувати, про можливість конкурентоспроможності (табл. 7.10).

Таблиця 7.10 – Визначення ключових переваг концепції потенційного товару

№	Потреба	Вигода, яку пропонує товар	Ключові переваги перед конкурентами
1	Стійкість	<i>Високощільна, зносостійка деталь, за менших затрат на виробництво</i>	<i>Збільшення зносостійкості у 1,5 рази</i>
2	Надійність		<i>Робота за швидкостей до 45–60 м/с, тиску 1–2 МПа</i>
3	Дешевизна		<i>Дешевизна товару на 20–30 % від конкурентів</i>

У висновках розділу узагальнюється проведений аналіз та зазначається чи існують перспективи реалізації проєкту з огляду на потенційні групи клієнтів, стан конкуренції та конкурентоспроможність проєкту.

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Головенкін В. П. Положення про випускну атестацію студентів КПІ імені Ігоря Сікорського [Електронний ресурс] / уклад.: В. П. Головенкін, В. Ю. Угольніков. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 98 с. – Режим доступу : <https://kpi.ua/files/n7437.pdf/>. – Назва з екрану.
2. Магістерська дисертація за освітньо-професійною програмою [Електронний ресурс] : вимоги до структури, змісту та оформлення : навч. посіб. для студ. спеціальності 132 «Матеріалознавство» освітньо-професійної програми «Нанотехнології та комп'ютерний дизайн матеріалів» : 2 частини / Національний технічний університет України «КПІ імені Ігоря Сікорського» ; уклад.: Л. О. Бірюкович, В. І. Мазур. – Електронні текстові дані (1файл: 775 Кбайт). – Частина 1. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 80 с.
3. Степанчук А. М. Методичні вказівки до виконання курсових та дипломних проєктів бакалаврів для спеціальності “Композиційні та порошкові матеріали, покриття” [Текст] / уклад.: А. М. Степанчук, І. І. Білик, Л. О. Бірюкович. – Київ : НТУУ “КПІ”, 2011. – 35 с.
4. Степанчук А. М. Магістерська дисертація за освітньо-науковою програмою. Вимоги до виконання [Текст] : навч. посіб. для студ. спеціальності 132 “Матеріалознавство” за освітньою програмою “Нанотехнології та комп'ютерний дизайн матеріалів” / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: А. М. Степанчук, П. І. Лобода. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 42 с.

## ДОДАТОК А

### СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Степанчук А. Н. Технология порошковой металлургии [Текст] : учеб. пособие / А. Н. Степанчук, И. И. Билык, П. А. Бойко. – Київ : “Вища школа”, 1989. – 415 с.
2. Степанчук А. М. Теоретичні та технологічні основи отримання порошків металів, сплавів та тугоплавких сполук [Текст] / А. М. Степанчук. – Київ : НТУУ “КПІ”, 2007. – 353 с.
3. Порошковая металлургия и напыленные покрытия [Текст] : учебник для вузов / В. Н. Анциферов, Г. В. Бобров, Л. К. Дружинин [и др.]. – Москва : Металлургия, 1987. – 792 с.
4. Кипарисов С. С. Порошковая металлургия [Текст] / С. С. Кипарисов, Г. А. Либенсон. – Москва : Металлургия, 1980. – 495 с.
5. Сизоненко О. Н. Перспективные процессы изготовления порошковых материалов [Текст] / О. Н. Сизоненко, А. И. Ивлев, Г. А. Баглюк. – Николаев : НУК, 2014. – 376 с.
6. Андриевский Р. А. Наноструктурные материалы [Текст] : учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / Р. А. Андриевский, А. В. Рагуля. – Москва : Издательский центр “Академия”, 2005. – 192 с.
7. Ремпель А. А. Материалы и методы нанотехнологий [Текст] : учеб. пособие / А. А. Ремпель, А. А. Валеева. – Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2015. – 135 с.
8. Валиев Р. З. Объемные наноструктурные металлические материалы. Получение, структура и свойства [Текст] : учеб. пособие / Р. З. Валиев, И. В. Александров. – Москва : Академкнига, 2007. – 398 с.
9. Наноматериалы, нанопокрyтия, нанотехнологии [Текст] : учеб. пособие / Азаренков Н. А., Береснев В. М., Погребняк А. Д. [и др.]. – Харьков : ХНУ им. В. Н. Каразина, 2009. – 209 с.

10. Степанчук А. М. Теорія і технологія пресування порошкових матеріалів [Текст] : навч. посібник / А. М. Степанчук. – Київ : Центр учбової літератури, 2016. – 336 с.

11. Степанчук А. М. Обладнання виробництв порошкових та композиційних матеріалів. Каталог обладнання [Текст] : метод. вказівки до практ. занять та викон. курсових і дипломних проєктів для студентів спеціальності “Композиційні та порошкові матеріали, покриття” / А. М. Степанчук, М. О. Сисоєв. – Київ : НТУУ “КПІ”, 2009. – 99 с.

12. Кипарисов С. С. Оборудование предприятий порошковой металлургии [Текст] / С. С. Кипарисов, О. В. Падалко. – Москва : Металлургия, 1986. – 447 с.

13. Бойко П. А. Обладнання для виробництва виробів з порошкових матеріалів. Атлас [Текст] : 2 ч. / П. А. Бойко, А. М. Степанчук, П. І. Лобода. – Частина II. Обладнання для формування виробів з порошкових матеріалів. – Київ : “Політехніка”, НТУУ “КПІ”, 2003. – 140 с.

14. Степанчук А. М. Теорія і технологія пресування та спікання порошкових та композиційних матеріалів [Текст] : метод. вказівки до викон. лаборатор. робіт для студ. спец. “Композиційні та порошкові матеріали, покриття” : 2 ч. / А. М. Степанчук, П. І. Лобода, С. Г. Руденький. – Ч. II. – Київ : НТУУ “КПІ”, 2009. – 69 с.

15. Клячко А. И. Оборудование и оснастка для формования порошковых материалов [Текст] / А. И. Клячко, А. М. Уманский, В. Н. Бобров. – Москва : Металлургия, 1986. – 336 с.

16. Бондаренко В. П. Прессование заготовок из твердосплавных смесей [Текст] / В. П. Бондаренко, Г. Ю. Фрейдин, В. С. Мендельсон. – Москва : Металлургия, 1978. – 100 с.

17. Будник А. Ф. Типове обладнання термічних цехів та ділень [Текст] : навч. посібник / А. Ф. Будник. – Суми : Вид-во СумДУ, 2008. – 212 с.

18. Гетун Г. В. Основи проєктування промислових будівель [Текст] : навч. посібник / Г. В. Гетун. – Київ : Кондор, 2009. – 210 с.
19. Гандзюк М. П. Основи охорони праці [Текст] / М. П. Гандзюк, Є. П. Желібо, М. О. Халімовський. – Київ : Каравела, 2011. – 384 с.
20. Закон України “Про Державний бюджет України на 2019 рік” [Електронний ресурс] : Сайт Верховної Ради України. – Доступ до ресурсу : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2629-19>. – Назва з екрану.
26. Найбільший маркетплейс України prom.ua [Електронний ресурс] : Сайт маркетплейсу prom.ua. – Доступ до ресурсу : <https://prom.ua/ua/>. – Назва з екрану.
27. Бізнес портал Україна [Електронний ресурс] : Сайт Бізнес порталу all.biz. – Доступ до ресурсу : <https://ua.all.biz/uk/>. – Назва з екрану.
28. Розцінки com.ua [Електронний ресурс] : Сайт Розцінки України. – Доступ до ресурсу : [https://rascenki.com.ua/ua/city/kyiv/stroitelnye\\_raboty/](https://rascenki.com.ua/ua/city/kyiv/stroitelnye_raboty/). – Назва з екрану.
29. Розроблення стартап-проєкту [Електронний ресурс] : методичні рекомендації до виконання розділу магістерських дисертацій для студентів інженерних спеціальностей / за заг. ред. О. А. Гавриша. – Київ : НТУУ “КПІ”, 2016. – 28 с. – Режим доступу : [http://kaf-pe.kpi.ua/wp-content/uploads/2015/04/roz\\_startap\\_proektiv\\_met\\_vk.pdf](http://kaf-pe.kpi.ua/wp-content/uploads/2015/04/roz_startap_proektiv_met_vk.pdf). – Назва з екрану.