НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»
НН інститут матеріалознавства та зварювання ім. Є. О. Патона
Кафедра високотемпературних матеріалів та порошкової металургії

«На правах рукопису»
УДК 621.762

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри
_____Юрій БОГОМОЛ
«___»_____2024 р.

Магістерська дисертація
за освітньо-професійною програмою
«Нанотехнології та комп'ютерний дизайн матеріалів»
зі спеціальності 132 Матеріалознавство
тему: «Виробництво ріжучого інструменту для чистової обробки кольорових металів та сплавів»

Виконав:
магістрант ІІ курсу, групи ФН-з21мп
Салапан Олександр Валентинович _____

Науковий керівник:
к.т.н., доцентка, Бірюкович Л. О. _____

Консультант з розділу охорона праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях:
д.т.н., професор, Левченко О. Г. _____

Консультант з економічного розділу:
к.е.н., доцент Нараєвський С. В. _____

Нормоконтроль:
к.т.н., доцентка Троснікова І. Ю. _____

Рецензент:
доцент кафедри ФМТО, к.т.н., доцент Дудка О. І. _____

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

Магістрант _____

Київ – 2024 року

ВІДОМІСТЬ МАГІСТЕРСЬКОЇ ДИСЕРТАЦІЇ

№ з/п	Формат	Позначення	Найменування	Кількість листів	Примітка
1	А4		Завдання на		
			проєктування	3	
2	А4	ФН-з21мп.2101.4230.0002.01ПЗ	Пояснювальна		
			записка	100	
3	А1	ФН-з21мп.2101.4230.0002.02АС	Апаратурно-		
			технологічна схема	1	
4	А1	ФН-з21мп.2101.4230.0002.03СА	Гідравлічний прес-		
			автомат	1	
5	А1	ФН-з21мп.2101.4230.0002.04СА	Муфельна		
			штовхальна піч	1	
6	А1	ФН-з21мп.2101.4230.0002.05СА	Вібросито	1	
7	А1	ФН-з21мп.2101.4230.0002.06ПЦ	План цеху	1	
8	А1		Техніко-економічні		
			показники	1	

	ПІБ	Підп.	Дата	ФН-з21мп.2101.4230.0002.00		
Розробн.	Салапан О.В.			ВІДОМІСТЬ МАГІСТЕРСЬКОЇ ДИСЕРТАЦІЇ	Лист	Листів
Керівн.	Бірюкович Л.О.				1	1
Консульт.					Каф. ВТМ та ПМ Гр. Фн-з21мп	
Н/контр.	Троснікова І.Ю.					
Зав.каф.	Богомол Ю. І.					

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
НН інститут матеріалознавства та зварювання ім. Є. О. Патона
Кафедра високотемпературних матеріалів та порошкової металургії

Рівень вищої освіти	*другий (магістерський)*
Спеціальність	*132 МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО*
Освітньо-професійна програма	*Нанотехнології та комп'ютерний дизайн матеріалів*

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
_____ Юрій БОГОМОЛ
(підпис) (ініціали, прізвище)
«___»_____2023 р.

З А В Д А Н Н Я
НА МАГІСТЕРСЬКУ ДИСЕРТАЦІЮ СТУДЕНТУ

Салапану Олександру Валентиновичу

1. Тема дисертації: Виробництво ріжучого інструменту для чистової обробки кольорових металів та сплавів.

Науковий керівник дисертації: к.т.н, доцентка Бірюкович Ліна Олегівна,
затверджений наказом по університету від 08.11.2023 року № 5196−С.

2. Строк подання студентом дисертації: 08.01.2024.

3. Вихідні дані до дисертації: провести аналіз сучасного стану виробництва із виготовлення ріжучого інструменту для обробки кольорових металів та сплавів, щоб сформулювати шляхи отримання виробів із вищими техніко-економічними показниками.

Продуктивність цеху, що проєктується, із виготовлення ріжучого інструменту для обробки кольорових металів та сплавів складає 450 тис. шт./рік.

Технологічні процеси повинні забезпечувати певний рівень найважливіших властивостей ріжучого інструменту такі, як висока зносостійкість та міцність, достатня теплопровідність та термостійкість. Ці показники залежать від складу вихідного матеріалу та його структури, що формується у процесі спікання.

Організаційно-економічні засади повинні забезпечувати нормативний коефіцієнт економічної ефективності не нижчий за 1,5.

Заходи з охорона праці на виробництві, яке проєктується, повинні відповідати нормативним вимогам.

4. Перелік завдань, які потрібно розробити:

а) технологічний розділ:

– провести аналіз сучасного стану теорії і технології отримання ріжучого інструменту із наперед заданими властивостями та високими техніко-економічними показниками;

– вибрати номенклатуру виробів на виробництві, що проєктується;

– вибрати матеріал для виготовлення ріжучого інструменту;

– розробити технологічну схему для виготовлення ріжучого інструменту;

– скласти баланс матеріалів та провести розрахунки необхідної кількості вихідних матеріалів, зворотних та незворотних втрат матеріалів, розрахувати необхідну кількість обладнання та скласти план його розташування у цеху;

б) будівельний розділ:

– описати план цеху з переліком та характеристикою всіх приміщень – виробничих, допоміжних та службових;

в) розділ охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях:

– визначити шкідливі та небезпечні виробничі фактори;

– розрахувати місцеву вентиляцію;

– розробити заходи для попередження впливу шкідливих та небезпечних виробничих факторів;

– розробити заходи протипожежної безпеки та захисту навколишнього середовища;

г) енергетичний розділ:

– розрахувати витрати електроенерії на виробництво;

д) організаційний та економічний розділи:

– обґрунтувати необхідну кількість робітників та управлінського персоналу, розмір фонду їх заробітної плати, визначити показники продуктивності праці;

– довести, що розроблене виробництво є ефективним;

е) розроблення стартап-проєкту:

– провести маркетинговий аналіз з метою виявлення ринкових можливостей впровадження результатів проєктування.

5. Перелік графічного матеріалу:

– апаратурно-технологічна схема;

– гідравлічний прес;

– штовхально-муфельна піч;

– вібросито;

– план цеху;

– таблиця техніко-економічних показників.

6. Консультанти розділів дисертації.

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Економічний розділ	Нараєвський С. В. доцент, к.е.н.		
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Левченко О. Г. професор, д.т.н.		

7. Дата видачі завдання: 06.11.2023 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів виконання дипломного проєкту	Строк виконання етапів проєкту	Примітка
1	Літературний огляд галузі	6.11.23	
2	Вибір технологічного процесу	6.11.23	
3	Розрахунок матеріального балансу	13.11.23	
4	Вибір обладнання	15.11.23	
5	Розроблення будівельного розділу	17.11.23	
6	Розроблення розділу охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях	20.11.23	
7	Розроблення енергетичного розділу	25.11.23	
8	Розрахунок організаційного та економічного розділу	28.11.23	
9	Розроблення розділу стратап-проєкту	10.12.23	
10	Графічна частина	23.12.23	
11	Оформлення пояснювальної записки	28.12.23	

Магістрант _____ Олександр САЛАПАН

Науковий керівник дисертації _____ Ліна БІРЮКОВИЧ

Пояснювальна записка
до магістерської дисертації

на тему «Виробництво ріжучого інструменту для чистової обробки кольорових металів і сплавів»

Київ – 2024

РЕФЕРАТ

Магістерська дисертація за освітньо-професійною програмою складається із пояснювальної записки, що має: стор. – 100, рис. – 14, табл. – 46, літ. –29 і графічної частини із 5 креслень і 1 плакату.

БАГАТОГРАННІ НЕПЕРЕТОЧУВАНІ ПЛАСТИНИ, ПОРОШКИ, РІЖУЧИЙ ІНСТРУМЕНТ, ТВЕРДІ СПЛАВИ

У магістерській дисертації викладено літературний огляд сучасного стану теорії і практики виготовлення твердосплавних пластин для ріжучого інструменту для обробки кольорових металів та сплавів.

Мета проекту є розробка технологічного процесу виробництва виготовлення багатогранних непереточуваних пластин для різального інструменту. Розрахунок виробничого обладнання та його кількості, заходів з охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях, організаційних та економічних показників виробництва, розроблення стартап-проекту.

Для досягнення цієї мети в роботі вирішуються такі питання:

– вибір матеріалу, який забезпечить необхідні властивості виробу;
– розробка технологічного процесу.

Основним матеріалом дисертації є тверді ВК сплави для обробки кольорових металів і сплавів.

В роботі розроблено технологічні схему виготовлення багатогранних непереточувальних пластин для ріжучого інструменту.

ABSTRACT

The master's thesis under the educational and professional program consists of an explanatory note, which has: p. – 100, Fig. – 14, Table – 46, lit. – 29 and a graphic part of 5 the drawings and 1 poster.

MULTIFACETED NON-TRANSFERABLE INSERTS, POWDERS, CUTTING TOOLS, HARD ALLOYS

The master's thesis presents a literature review of the current state of theory and practice of manufacturing carbide inserts for cutting tools for processing non-ferrous metals and alloys.

The aim of the project is to develop a technological process for the production of multifaceted nonreciprocating inserts for cutting tools. Calculation of production equipment and its quantity, measures for labor protection and safety in emergency situations, organizational and economic indicators of production, development of a startup project.

To achieve this goal, the following issues are addressed in the work:

– selection of a material that will provide the required product properties;

– development of a technological process.

Object of study: hard alloys of VC for processing non-ferrous metals and alloys. Subject of research: technological parameters of manufacturing multifaceted inserts for cutting tools.

ЗМІСТ

ВСТУП 6
1 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ 8
1.1 Вибір і обгрунтування технологічного процесу 8
1.1.1 Вибір матеріалу 8
1.1.2 Вибір і обґрунтування технологічного процесу 12
1.1.3 Висновки та постановка задачі проєктування 17
1.2 Опис технологічного процесу 18
1.2.1 Обґрунтування асортименту продукції в технічних умовах на неї 18
1.2.2 Вибір головних видів сировини і технічні умови на неї 19
1.2.3 Опис технологічних операцій 20
1.2.4 Технологічний контроль і контроль якості продукції 24
1.3 Розрахунок і складання матеріального балансу 25
1.4 Вибір і розрахунок кількості обладнання 34
1.4.1 Обладнання для дозування 34
1.4.2 Обладнання для замішування із пластифікатором 35
1.4.3 Обладнання для сушки 38
1.4.4 Обладнання для просіву 39
1.4.5 Обладнання для пресування 40
1.4.6 Обладнання для спікання 41
1.4.7 Обладнання для механічної обробки 43
1.4.8 План розміщення обладнання 46
2 БУДІВЕЛЬНИЙ РОЗДІЛ 48
2.1 Структура цеху 48
2.1.1 Норми розміщення обладнання 49
3 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ 51
3.1 Аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів (ШНВФ) 51
3.2 Розроблення заходів для попередження впливу шкідливих та небезпечних виробничих факторів 53
3.3 Інженерне рішення щодо розрахунку місцевої вентиляції 55

3.4 Вимоги безпеки в надзвичайних ситуаціях 59
3.4.1 Пожежна небезпека 59
3.4.2 Виробнича небезпека 61
4 ЕНЕРГЕТИЧНИЙ РОЗДІЛ 63
5 ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ РОЗДІЛ 68
5.1 Розрахунок чисельності виробничих робітників..... 68
5.2 Розрахунок продуктивності праці 72
6 ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ..... 74
6.1 Розрахунок капітальних вкладень..... 74
6.2 Визначення планової собівартості одиниці продукції..... 78
6.3 Розрахунок показників економічної ефективності проектного рішення..... 81
7 РОЗРОБЛЕННЯ СТАРТАП–ПРОЕКТУ 83
7.1 Опис ідеї проєкту 83
7.2 Технологічний аудит ідеї проєкту 84
7.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап проєкту..... 85
7.4 Розроблення ринкової стратегії проєкту 90
7.5 Розроблення маркетингової програми стартап проєкту..... 92
7.6 Висновок..... 94
ВИСНОВКИ 96
CONCLUSIONS..... 97
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ..... 98
ДОДАДКИ……99

ВСТУП

Кольорові метали – це практично усі металеві елементи періодичної таблиці так, як лише залізо, хром і марганець відносяться до чорних металів. Виробництво ріжучих інструментів для обробки кольорових металів і сплавів включає в себе кілька етапів, щоб забезпечити ефективність і довговічність інструментів.

Під час виробництва ріжучого інструменту для кольорових металів і сплавів слід враховувати специфічні властивості матеріалів, призначення (наприклад, фрезерування, точіння, свердління) і бажаний термін служби інструменту.

Металорізальні інструменти класифікують за конструктивними та технологічними особливостями [1]. За конструкцією розрізняють два основних типи ріжучих інструментів: монолітні та зі змінними ріжучими твердосплавними пластинами. Монолітні інструменти виготовляються повністю з твердого сплаву, швидкорізальної сталі (HSS), або твердосплавні пластини в державці з інструментальної сталі.

На відміну від них, конструкція інструментів зі змінними елементами включає два взаємопов'язані компоненти: корпус і кінцеву ріжучу пластину з твердосплавного матеріалу [2].

Сучасний аналіз використання змінних твердосплавних пластин в металорізальних інструментах виявляє кілька ключових тенденцій, які сприяють їх широкому впровадженню в процеси обробки. Використання цих пластин еволюціонувало разом з удосконаленням матеріалів, покриттів і технологій виробництва.

Твердосплавні пластини виробляють методом порошкової металургії. У цьому процесі металеві порошки або композиції металевих порошків з неметалевими порошками формують, пресують і спікають [2].

Використання ріжучого інструменту, виготовленого з цього матеріалу,

забезпечує кращі експлуатаційні властивості та продуктивність порівняно з іншими матеріалами для виготовлення ріжучого інструменту. Змінні твердосплавні пластини займають перше місце у виробництві ріжучих інструментів завдяки своїм перевагам з точки зору твердості, міцності та зносостійкості.

Метою даної роботи магістерської дисертації з проектування цеху з виробництва ріжучого інструменту для обробки кольорових металів і сплавів продуктивністю 450 000 штук на рік.

1 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Вибір і обґрунтування технологічного процесу

Загалом проєктування виробництва представляє собою комплексне завдання, вирішення якого починається з вибору матеріалу виробу. А також включає вибір технології, якою даний матеріал буде отримуватись, види обладнання, на якому можна економічно вигідно реалізувати дану технології, для чого необхідно провести розрахунки матеріального балансу.

1.1.1 Вибір матеріалу

Ефективність ріжучого інструменту залежить головним чином від його матеріалу. Важливо, щоб інструмент мав високу продуктивність за якомога довший термін служби.

В даний час для робочих частин ріжучих інструментів використовуються інструментальні сталі, такі як швидкоріжучі, леговані і вуглецеві сталі, тверді сплави, мінеральна кераміка, надтверді матеріали (в тому числі природні і синтетичні алмази) і матеріали на основі нітриду бору (композити).

Загалом, інструментальні матеріали повинні відповідати певним вимогам, які можна розділити на три групи:[1]

– експлуатаційні вимоги: інструментальний матеріал повинен мати високу стійкість при різанні, зносостійкість і достатню міцність. Він повинен мати хорошу теплопровідність і не прилипати до оброблюваного матеріалу.

– технологічні вимоги: матеріал повинен мати хорошу оброблюваність, особливо при шліфуванні, і здатність піддаватися пластичній деформації. Також повинні бути присутніми необхідні властивості термообробки, такі як гарне загартовування і прогартовуваність.

– інструментальний матеріал повинен бути економічним, щоб забезпечити мінімальні витрати на виготовлення інструменту, які впливають на собівартість.

Тверді сплави є найважливішим інструментальним матеріалом для високопродуктивної обробки матеріалів різанням. Тверді сплави сьогодні широко використовуються для виготовлення ріжучих інструментів. Вони представляють собою композиційний матеріал, в якому тверді зерна карбідів (нітридів або боридів) перехідних металів – вольфраму, титану, танталу, хрому або ж їх комбінації – знаходяться у пластичній металевій матриці з кобальту, або нікелю тощо. Карбіди вольфраму, титану і танталу характеризуються високою твердістю ізносостійкістю [2].

Залежно від хімічного складу металокерамічні тверді сплави, що застосовуються для виробництва ріжучого інструменту, поділяють на три основні групи:

– *карбідовольфрамові сплави.* Це сплави групи ВК. До них належать сплави: ВК3, ВК4, ВК6, ВК8, ВК10, ВК15 [6].

Розглянуті сплави застосовуються для обробки чавуну, кольорових металів і неметалевих матеріалів. Обираючи марки твердого сплаву необхідно враховувати вміст кобальту, який зумовлює його міцність. Під час роботи з ударами і вібраціями вибирають сплави з великим вмістом кобальту ВК15, ВК10, ВК8, для більш легких умов різання – сплави ВК2, ВК3.

– *на основі карбідів вольфраму і титану та сполучного металу кобальту* представлені двокарбідні титано-вольфрамо-кобальтові сплави групи ТК (Т30К4, Т15К6, Т14К8, Т5К10, Т5К12), що володіють більшою зносостійкістю порівняно зі сплавами групи ВК.

– *на основі карбідів вольфраму, титану, танталу і кобальту* представлені трьохкарбідні титано-тантало-вольфрамо-кобальтові сплави групи ТТК: ТТ7К12, ТТ8К6, ТТ10К8Б, ТТ20К9. Введення до складу сплавів карбідів танталу значно підвищує їхню міцність, але знижує жаростійкість [6].

Усі марки твердих сплавів розбиті за міжнародною класифікацією (ІСО) на групи: К, М і Р. Сплави групи К − призначені для обробки чавуну і кольорових

металів, що дають стружку надлому. Сплави групи М − для важкооброблюваних матеріалів, сплави групи Р − для обробки сталей.

З метою економії дефіцитного вольфраму розробляють безвольфрамові металокерамічні тверді сплави на основі карбідів, а також карбідонітридів перехідних металів, насамперед титану, ванадію, ніобію, танталу. Ці сплави виготовляють на нікелемолібденовій зв'язці.

Отримані тверді сплави на основі карбідів за своїми характеристиками приблизно рівноцінні стандартним сплавам групи ТК. Наразі промисловістю освоєно безвольфрамові сплави ТН-20, ТМ-3, КНТ-16 тощо. Ці сплави мають високу окалиностійкість, низький коефіцієнт тертя, меншу, порівняно з вольфрамовмісними сплавами, питому вагу, але мають, як правило, нижчу міцність, схильність до руйнування за підвищених температур. Вивчення фізико-механічних та експлуатаційних властивостей безвольфрамових твердих сплавів показало, що вони успішно можуть бути використані для чистової та напів чистової обробки конструкційних сталей і кольорових сплавів, але значно поступаються сплавам групи ВК під час обробки титанових і нержавіючих сталей.

Одним зі шляхів підвищення експлуатаційних характеристик твердих сплавів є нанесення на ріжучу частину інструменту тонких зносостійких покриттів на основі нітриду титану, карбіду титану, нітриду молібдену, оксиду алюмінію. Товщина шару покриття, що наноситься, коливається від 0,005 мм до 0,2 мм. Дослідження показують, що тонкі зносостійкі покриття призводять до значного зростання стійкості інструменту[5].

Під час різанні металу виділяється значна кількість тепла, яке нагріває ріжучу частину інструменту. Температура поверхонь і ріжучих кромок інструменту залежить від умов, в яких проводиться процес різання, і може доходити до кількох сотень градусів. Ріжучий матеріал повинен мати високу термостійкість, щоб зберігати свою твердість за високих температурах і відновлювати її після охолодження, ріжучий матеріал повинен мати високу термостійкість.

Він також повинен мати високу зносостійкість за високих температур, щоб

запобігти стиранню матеріалом, що обробляється. Досить висока міцність ріжучого матеріалу є важливою передумовою.

Якщо матеріал робочої частини інструменту дуже твердий, це може призвести до поломки інструменту і відколів ріжучої кромки, оскільки матеріал може бути дуже крихким [3].

У таблиці 1.1 наведено склад і найважливіші фізико-механічні властивості сплавів на основі WC-Co (група WC) [7].

Таблиця 1.1 – Склад та найважливіші фізико-механічні властивості сплавів WC-Co (група ВК) [7]

Сплав	Склад сплаву, %			Характеристики фізико-механічних властивостей		
	WC	TaC	Co	Межа міцності при згині, $\sigma_{зг}$, МПа не менше	Густина $\rho \cdot 10^{-3}$, кг/м^3	HRA, не менше
ВК3	97	-	3	1176	15,0 – 15,3	89,5
ВК3-М	97	-	3	1176	15,0 – 15,3	91,0
ВК4	96	-	4	1519	14,9 – 15,2	89,5
ВК6	94	-	6	1519	14,6 – 15,0	88,5
ВК-6М	94	-	6	1421	14,8 – 15,1	90
ВК-6ОМ	92	-	5	1274	14,7 – 15	90,5
ВК-8	92	-	8	1666	14.4 – 14,8	87,5
ВК-10	90	-	10	1764	14,2 – 14,6	87
ВК-10М	90	-	10	1617	14,3 – 14,6	88
ВК-10-ОМ	88	2	10	1470	14,3 – 14,6	88,5

Аналіз різних видів матеріалів для механічної обробки металів і сплавів, надає можливість вибрати найбільш підходящий матеріал, який відповідає вимогам до заданих властивостей продукту, який буде виготовлятись на

виробництві, що проєктується.

На підставі проведеного аналізу для виготовлення ріжучого інструменту для обробки кольорових металів і сплавів у виробництві, що проєктується, було обрано твердий сплав марки ВК6 зі складом 94 % WC і 6 % Co. Вибір матеріалу із таким складом пояснюється його відносною економічністю та необхідними для обробки кольорових металів та сплавів властивостями.

1.1.2 Вибір і обґрунтування технологічного процесу

Для виробництва ріжучого інструмента з твердих сплавів найчастіше застосовують методи порошкової металургії. Цей метод відрізняється від методу лиття тим, що в процесі спікання принаймні один з компонентів перебуває у твердому стані.

Традиційна технологічна схема (рис.1.1), яка включає такі операції, як приготування суміші з порошків вихідних компонентів із пластифікатором, пресування суміші, спікання і додаткову обробку, є найпоширенішим методом виготовлення виробів із твердих сплавів [2].

Окрім перерахованих основних операцій, технології включає підготовку вихідних матеріалів і сировини. Так як вихідними матеріалами для виробництва порошків ВК є вольфрамовий ангідрид (WO_3) і порошок оксиду кобальту (Co_3O_4), то технологією передбачається відновлення вольфрамового ангідриду і карбідізація, як правило, сажею, тоді як порошок оксиду кобальту відновлюється за допомогою водню.

Оскільки під час відновлення WO_3 утворюються проміжні оксиди, реакція відновлення відбувається у декілька етапів:

$$WO_3 + 0{,}1H_2 = WO_{2,90} + 0{,}1H_2O,$$

$$WO_{2,90} + 0{,}18H_2 = WO_{2,72} + 0{,}18H_2O,$$

$$WO_{2,72} + 0{,}72H_2 = WO_2 + 0{,}72H_2O,$$

$$WO_2 + 2H_2 = W + 2H_2O.$$

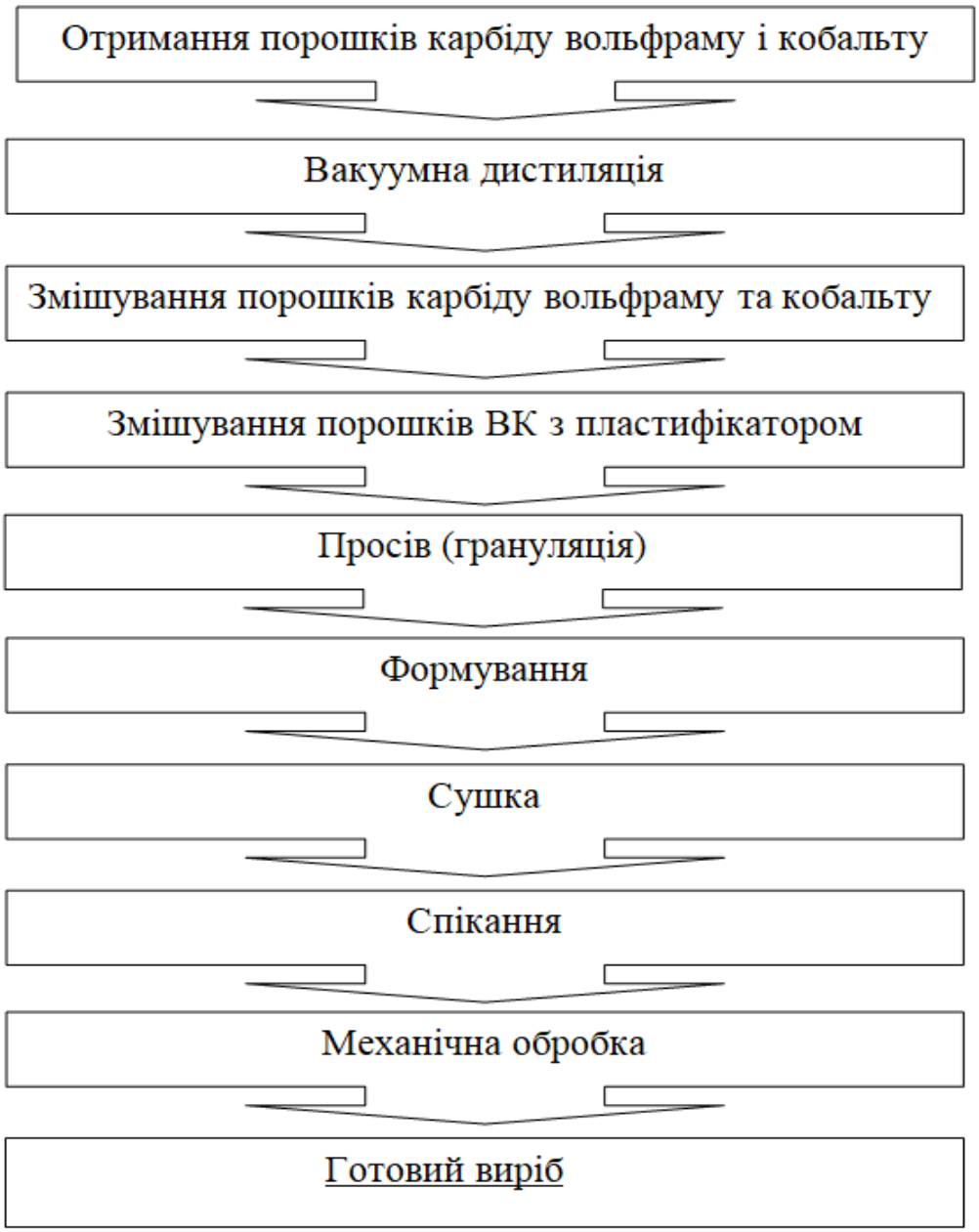


Рисунок 1.1 – Узагальнена технологічна схема отримання виробів з порошків тугоплавких сполук

Сумарна реакція відновлення має такий вигляд:

$$WO_3 + 3H_2 = W + 3H_2O.$$

Для отримання карбіду вольфраму порошкоподібний вольфрам змішується у сухому вигляді із сажею, кількість якої відповідає реакції [2]:

$$W + C = WC.$$

Відновлення порошку кобальту відбувається за реакцією:

$$Co_2O_3 + 3H_2 = 2Co + 3H_2O.$$

Отримані таким чином порошки карбіду вольфраму і кобальту змішують. Змішування твердих тугоплавких сполук перехідних металів зі зв'язуючим металом здійснюється у рідинному середовищі (спирті) в кульових млинах протягом досить тривалого часу. Частинки також подрібнюються в процесі змішування [2].

Пресування в прес-формах (рис. 1.2) – найпоширеніший спосіб у виробництві виробів із твердих сплавів. Деякі особливості обумовлені малою пластичністю сумішей порошків і їх високою дисперсністю. Наявність у вихідній суміші твердих сплавів непластичних частинок тугоплавких сполук може призвести до утворення розшарових тріщин і заготовці після пресування. Висока дисперсність сумішей також сприяє виникненню розшарових тріщин. Щоб уникнути цієї небезпеки заготовки пресують за невеликих тисків, тому вони не мають достатньої міцності. Для надання заготовкам достатньої міцності для їх подальшої обробки у суміші твердих сплавів перед пресуванням вводять пластифікуючі речовини, наприклад розчин синтетичного каучуку в бензині. Тиск пресування коливається в межах 50–150 МПа в залежності від якості та кількості введеного в суміш пластифікатору. При цьому пористість заготовок складає 50 %, а лінійна усадка під час спікання – 20 %.

Традиційна версія технології із методом пресування в прес-формах дозволяє масово виготовляти вироби простої форми [2]. Однак у деяких випадках для виробництва безпористих спеціальних карбідних виробів, що складаються з компонентів, які практично неможливо спекти за звичайних умов, а також для виготовлення виробів більш складної форми застосовують інші методи. Прикладами цього є гаряче пресування або гаряче пресування попередньо спресованих, а іноді і спечених заготовок.

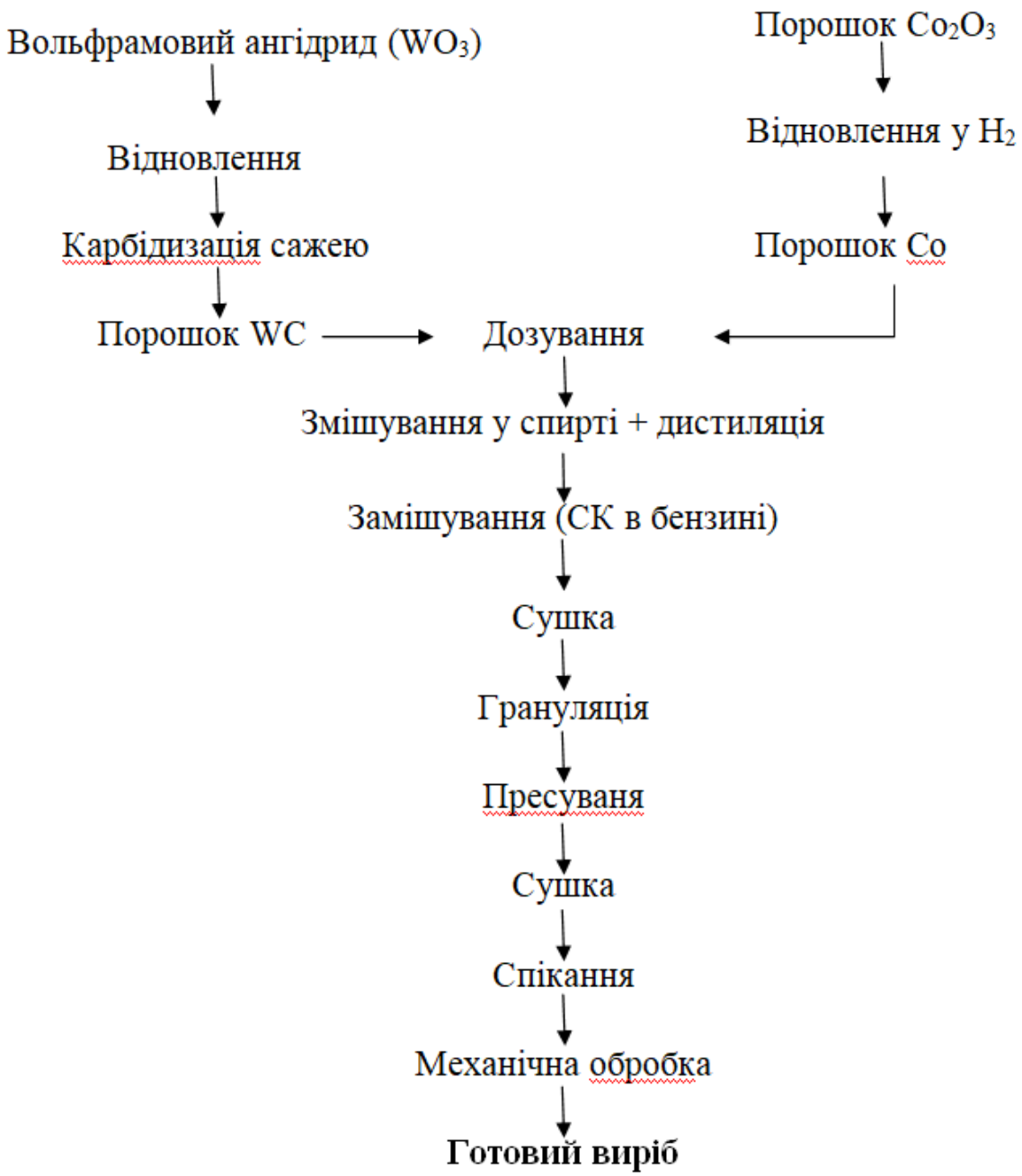


Рисунок 1.2 – Технологічна схема виробництва твердих сплавів групи ВК методом пресування у прес-форма

У виробництві твердих сплавів метод гарячого пресування застосовується для виготовлення великогабаритних твердосплавних виробів високої щільності (великих матриць для волочіння, матриць прес-форм для пресування твердих сплавів, вирубних матриць, згинальних, витяжних штампів, блок-матриць і опорних плит, камер високого тиску тощо) або спеціальних сплавів (оксикарбідної і нітридної ріжучої кераміки), які неможливо отримати в безпористому стані

звичайним спіканням. Нагрівають прес-форми прямим пропусканням струму через пуансони, матрицю, індукційним способом або застосовують непрямий нагрів з одночасним одно- або двостороннім прикладенням тиску на пуансони.

Гаряче пресування виробів здійснюється, як правило, в прес-формах, виготовлених з міцного і щільного графіту.

Під час спікання в графітовій прес-формі заготовки можуть припікатись до поверхонь її робочої частини, тим самим призводити до руйнування прес-форми після кожного спікання. Щоб запобігти цьому внутрішні стінки матриці і поверхню пуансонів, що прилягає до пресованого матеріалу, перед гарячим пресуванням покривають спеціальними мастилами, наприклад, суспензією жирного лускатого графіту в гліцерині. Процес гарячого пресування для сплавів ВК проводять за температури 1350–1600 °С під тиском 7–15 МПа та за часу витримки 1–30 хв (залежить від розміру заготовки). За гарячого пресування значно скорочується тривалість нагрівання, витримки та охолодження. За звичайного методу роздільного пресування та спікання, останній завершується через 1–2 год, тоді як за гарячого пресування тривають всього 1–30 хв.

В розробленому проєкті використовується технологічна схема, зображена на рисунку 1.3.

Це одна з найбільш оптимальних та економічно вигідних технологічних схем для даної форми заготовки, оскільки обладнання, яке дозволяє виробляти цю заготовку, підібрано для всіх цих операцій і є не тільки ефективним, але й недорогим [4].

Виробництво твердих сплавів має багато спільного з іншими продуктами, які виготовляються за допомогою процесів порошкової металургії. Однак існують і деякі особливості, які необхідно враховувати залежно від типу та складу матеріалу. Важливо, щоб технологічні процеси були гармонізовані для досягнення оптимального результату.

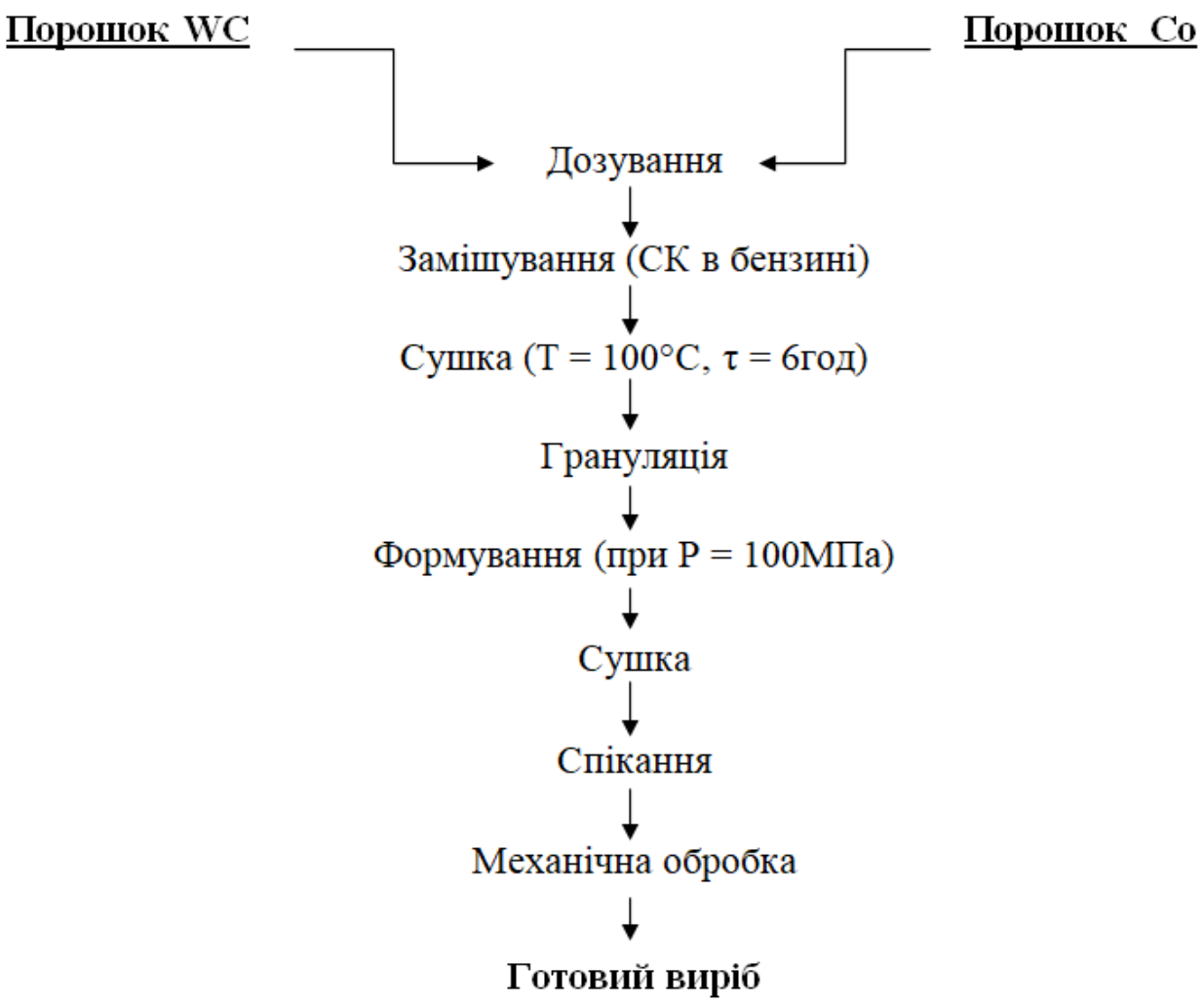


Рисунок 1.3 – Узагальнена технологічна схема виробництва твердих сплавів ВК

Для заданого виробництва, обрані основні операції є достатніми для досягнення бажаних властивостей і параметрів. Це ще раз доводить ефективність та економічність даної технологічної схеми.

1.1.3 Висновки та постановка задачі проєктування

Проєктування цеху з виготовлення ріжучого інструменту для обробки кольорових металів і сплавів вимагає ретельного врахування різних факторів.

Проведений аналіз технологій, за якими виготовляють вироби із твердих сплавів показав, що на вибір технології, яка буде впроваджуватись на виробництві,

що проєктується, впливає не тільки матеріал виробів, а й їх номенклатура та умови роботи. Таким чином, так як у цеху, що проєктується, планується зі сплаву ВК6 виготовляти багатогранні непереточувані пластини, що мають просту форму, то доречно обрати технологію, яка включає такі основні операції як: мокре змішування вихідних порошків карбіду вольфраму і кобальту у спирті із наступною дистиляцією; замішування суміші на пластифікаторі; грануляція суміші; пресування заготовок у прес-формах; сушіння заготовок; спікання у середовищі водню; механічна обробка.

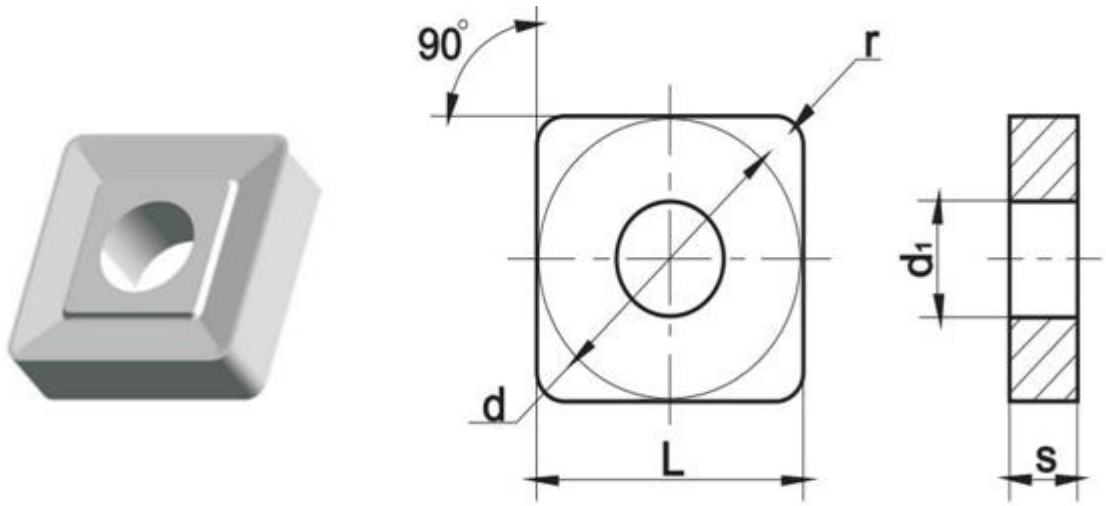
1.2 Опис технологічного процесу

1.2.1 Обґрунтування асортименту продукції в технічних умовах на неї

Кольорові метали та сплави часто мають специфічні властивості, які вимагають точної обробки. Певні галузі промисловості або застосування, такі як виробництво медичного обладнання або електроніка, можуть вимагати спеціалізованих твердосплавних пластин, які можуть забезпечити високу точність, чистоту поверхні та точність розмірів.

Твердосплавні пластини відіграють вирішальну роль у збільшенні терміну служби інструменту, підвищенні ефективності різання та мінімізації зносу інструменту в умовах високих температур [5].

На виробництві, що прєктується, планується виготовляти ріжучий інструмент для обробки кольорових металів та сплавів. З огляду на технологічну можливість виготовлення твердосплавних пластин з різними фізико-механічними властивостями, розмірами і формами для високошвидкісного різання кольорових металів і сплавів, продукція яка виробляється, завжди матиме попит. Ескіз багатогранної непереточуваної платини, що планується виготовляти на виробництві, що проєктується наведено на рисунку 1.4.



L – ширина (15,9 мм); S – товщина (4,76 мм); d_1 – діаметр отвору (6,35 мм); r – радіус ріжучої кромки (0,8мм)

Рисунок 1.4 – Ескіз багатогранної непереточуваної пластини

Технічні умови на готову продукцію наведено у таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Технічні умови на готову продукцію

Найменування	Характеристика	Державний стандарт
ВК-6	87,5 HRA, ρ = 14,8 г/см^3, склад 94 % WC, 6 % Co	ГОСТ 3882-74

1.2.2 Вибір головних видів сировини і технічні умови на неї

На виробництві, що проєктується, планується виготовляти найбільш затребувані твердосплавні пластинки зі сплаву ВК6, який має склад 94 % WC, 6 % Co.

У таблиці 1.3 наведено технічні характеристики на сировину для виготовлення сплавів ВК6.

Таблиця 1.3 – Технічні умови на сировину

Найменування	Характеристика	Державний стандарт
WC	$\rho_{нас}$= 3,1 г/см^3, ρ =15,632г/см^3,	ГОСТ 11884.1-78
Co	ρ = 8,9 г/см^3, $\rho_{нас}$= 0,84г/см^3	ГОСТ 9721 - 79

Оскільки ВК сплави використовують для оснащення різального інструменту, то вони повинні відповідати таким вимогам:

– відповідний розмір зерен складових фаз. Чим менше зерно WC, тим більша твердість і зносостійкість, але менша міцність;

– не повинно бути скупчення цементуючої фази, вона повинна рівномірно розподілятися по всьому матеріалу;

– чіткий фазовий склад, який підібрано під умови роботи інструменту;

– ріжучий матеріал повинен мати високу твердість.

1.2.3 Опис технологічних операцій

Виготовлення виробів – багатогранних непереточуваних пластин зі сплаву ВК6 для ріжучого інструменту для обробки кольорових металів та сплавів планується на виробництві, що проєктується, здійснювати відповідно до технологічної схеми наведеної на рисунку 1.3, яка складається із таких операцій: мокре змішування вихідних порошків карбіду вольфраму і кобальту у спирті із наступною дистиляцією; замішування суміші на пластифікаторі; грануляція суміші; пресування заготовок у прес-формах; сушіння заготовок; спікання у середовищі водню; механічна обробка [7].

У цеху, що проєктується, планується виготовляти вироби із готової суміші порошків карбіду вольфраму і кобальту складу, що відповідає складу сплаву ВК6 – 94 % WC, 6 % Co, тому технологічна схема цеху починається з операції замішування суміші із пластифікатором.

Замішування. Використовують для отримання однорідного композита.

Порошки твердих сплавів пресуються як правило погано, тому для покращення їх пресуємості до них додають різні речовини (пластифікатори): розчин синтетичного каучуку в бензині, розплав парафіну з додатком ПАР. На виробництві, що проєктується, планується як пластифікатор використовувати 5 %-й розчин синтетичного каучуку в бензині. А замішування проводжу за допомогою шнекового змішувача.

Сушка є однією із операцій підготовки порошків до пресування. Сушку проводять з метою видалення розчинника – бензину. Процес, як правило, проводять у сушильній шафі за температури 80–90 °С.

Грануляцію проводять з метою поліпшення текучості шихти. Здійснювати її можна різними методами, серед яких є подрібнення попередньо спресованих заготовок на декількох послідовних віброситах за допомогою легкого металевого стрижня. Після чого шихту просіюють і здійснюють віброокачування для отримання частинок сферичної форми. Найчастіше цей метод прийнятний для укрупнення дисперсних порошків з метою підвищення їх текучості і зниження пірофорності.

Ще один метод грануляції – сушка розпиленням, коли суспензію твердого сплаву у розмельній рідині розпилюють нагрітим повітрям у спеціальній камері.

Пресування є однією з основних операцій у виготовленні виробів із твердого сплаву марки ВК6. Під час цієї операції виробу надаються основні розміри, забезпечується механічна міцність, достатня для подальшої його обробки.

Процес ущільнення порошків від час пресування у прес-формах можна умовно розділений на три стадії:

– структурна деформація, під час якої відбувається руйнування арок і містків, що утворюються у процесі насипання порошку, і заповнення пустот. Тобто відбувається відносне переміщення частинок і їх щільне укладання без помітної деформації;

– пружна і пластична деформація або крихке руйнування частинок. Деформація спочатку локалізується у контактних ділянках. При цьому, пластичній деформації або крихкому руйнуванню передує пружна деформація. Зняття

навантаження в межах пружної деформації (досягнення межі пружності матеріалу, що ущільнюється), може призвести до розширення деформованих об'ємів частинок у разі незначних сил тертя між порошком і стінками прес-форми і між частинками порошку. Як правило, після такого ступеню ущільнення, витягнуті з прес-форми пресовки не зберігають свою форму і розсипаються, тобто наявність пружної деформації частинок не призводить до ущільнення. На цій стадії ущільнення матиме місце тільки за досягнення на контактних ділянках напруги, що перевищують межу текучості (для пластичних матеріалів) і межу міцності (для крихких матеріалів) [1].

– обжимання компактного матеріалу. У реальних умовах під час ущільнення порошкових матеріалів третій етап не досягається.

Гранульовану суміш на виробництві, що проєктується, планується пресувати на гідравлічному автоматичному пресі ДБ-2432. Такий вибір пресу обумовлений високою швидкістю пресування, компактним розташуванням механізмів, порівняно нижчою потужністю приводів. Тиск пресування P=50–150 МПа. Оптимальний тиск пресування вибирають, виходячи із властивостей пресовок, насамперед їхньої щільності й міцності. Щільність за інших рівних умов залежить в основному від тиску пресування. Вона тим вище, чим більший тиск пресування. Щільність же безпосередньо впливає на міцність властивості деталей.

Також, для виготовлення багатогранних непереточуваних пластин із твердих сплавів можна використовувати імпульсне, гідростатичне і гаряче пресування.

Сушка. Метою сушки після пресування є надання заготовкам додаткової міцності. Процес проводять у сушильній шафі за температури 100 °С протягом 6 годин.

Спікання. Спікання є основною і кінцевою операцією, на якій відбувається остаточне формування виробів із твердого сплаву, їх структура і геометричні розміри. Основна мета – ущільнення та зміцнення спресованих заготовок, які після цього повинні мати задані фізичні і механічні властивості. Спікають тверді сплави марки ВК за температур 1350–1550 °С в муфельних, штовхальних, шахтних печах, у середовищі водню або у вакуумі. На виробництві, що проєктується, планується

використовувати піч ЦЕП-342 і спікання проводити за температури 1450 °С в середовищі водню.

Процеси і механізми спікання в системі WC–Co можна описати таким чином:

– за температур 200−400 °С відбувається видалення пластифікатору;

– за температур 400–700 °С проходить відновлення оксидів кобальту, заліза, вольфраму, молібдену;

– за температур 800–1000 °С відбувається зварювання окремих зерен карбідів у місцях їх контактів, яке супроводжується деяким зміцненням деталі [7];

– в інтервалі температур 1150–1300°С відбувається утворення твердого розчини на основі кобальту і процес спікання супроводжується доволі активною усадкою. На початку нагріву спікання відбувається в твердому стані без участі рідкої фази. За температури плавлення евтектики починається плавлення твердого розчину WC і в заготовці, що спікається, з'являються сліди рідини евтектичного складу. Подальше збільшення температури до 1400 °С призводить до додаткового розчинення WC в рідкій фазі і триває доки кількість рідкої фази не зрівняється із твердою [6];

– за досягнення температури плавлення евтектики, яка складається з Co з розчиненим в ньому WC і C з'являється рідка фаза і починають діяти сили поверхневого натягу, що сприяють переміщенню зерен WC в напрямку їх щільнішої упаковки. Процес відбувається за T=1300−1400 °С і завершується майже повним ущільненням порошкової заготовки [6];

– зі збільшенням температури спікання від 1400 °С до 1500 °С спостерігається рост зерна WC, розрив контактів між ними і утворення карбідного скелет. Підвищені температури і тривала витримка під час спікання приводять до того, що розмір зерен WC значно перевищують розмір зерен вихідного порошку. Рідка фаза заповнює всі проміжки і пори між карбідними зернами. За достатньої витримки і максимальній температурі сплав повністю звільняється від газів, що в ньому знаходились [6];

– під час охолодження сплаву від 1500 °С до 1300 °С в області температури 1400 °С відбувається кристалізація рідкої фази, яка супроводжується виділенням

WC із рідкої фази. За подальшого зниження температури виділяється C, розчинений у кобальті [6].

Механічна обробка може здійснюватися на різних етапах технології і з різною метою заточування ріжучих кромок, отримання заглиблень та порожнини складної форми, а також отворів. На виробництві, що проєктується, планується застосовувати шліфування багатогранних непереточуваних пластин на шліфувальних станках з метою надання їм точних геометричних розмірів [5].

Технічний контроль здійснюється впродовж усього технологічного процесу.

1.2.4 Технологічний контроль і контроль якості продукції

Проведення технічного контролю і контролю якості продукції – одне з важливих завдань сучасного виробництва. До завдань контролю належать [4]:

– запобігання випуску бракованих виробів, своєчасне встановлення причин браку з метою його ліквідації;

– підвищення виходу придатного в готову продукцію;

– скорочення енергетичних витрат.

Відповідно до цього об’єктами технічного контролю є [4]:

– сировина, напівфабрикати, готова продукція;

– технологічні режими (температура, тиск, тривалість).

Готові вироби контролюють по зовнішньому вигляді, геометричним розмірам, хімічному складу, твердості, мікроструктурі, фізико-технологічним властивостям [4].

За допомогою огляду виявляються зовнішні дефекти: оплавлення, відкол, тріщини, окислення. В кожному конкретному випадку вирішується питання про можливість використання виробу.

Геометричні розміри контролюють, вимірюючи їх штангенциркулем і мікрометром з точністю до 0,01–0,10 мм. Відхилення від заданих розмірів не повинні перевищувати 0,3–0,7 мм.

Дослідження мікроструктури дозволяє судити про повноту проходження процесу спікання і дифузійних процесів, рівномірності товщини шару і розподілу структурних складових в матриці, про обсяг, форму і розподіл пор. Дослідження мікроструктури проводяться на мікрошліфах [7].

1.3 Розрахунок і складання матеріального балансу

Матеріальний баланс є важливою відправною точкою для розрахунку необхідної кількості вихідних матеріалів, кількості технологічного обладнання та визначення техніко-економічних показників запланованого виробництва [4].

Розрахунки базуються на добовій продуктивності [4]. Для цього необхідно визначити фонд часу роботи обладнання за рік. Для цього визначається кількість календарних днів для планово-попереджувальних ремонтів, в які обладнання не задіяне в технологічному процесі. Кількість днів для потокових ліній, на яких, як правило, всі обладнання ремонтуються одночасно, визначається за тривалістю ремонту обладнання найвищої категорії складності [6].

Для послідовних ремонтів визначається сума часу простою обладнання на ремонті. Поточні ремонти та огляди зазвичай проводяться в неробочий час лінії. Кількість днів, необхідних для ремонту неавтоматизованого виробничого обладнання, визначається на підставі плану планово-попереджувального ремонту. Цей план складається на основі нормативних даних заводу і досвіду роботи. При цьому слід враховувати, що ремонт може проводитися також у вихідні та святкові дні [4].

Час простою обладнання не повинен перевищувати 4–6 % від загальної кількості робочих днів підприємства за двозмінної роботи і 10 % за тризмінної. Час на зміну технологічного режиму не повинен перевищувати 1,6 % від загального часу роботи обладнання [4].

Для визначення загального фонду робочого часу обладнання необхідно з числа днів у році (365 днів) відняти число днів, необхідних для профілактичного обслуговування (табл. 1.4), а також кількість неробочих днів цеху. Витрати на

заплановані операції з виготовлення ріжучого інструменту для обробки кольорових металів і сплавів показані на рисунку 1.4 [4].

Таблиця 1.4 – Графік планово-попереджувального ремонту обладнання

Обладнання	1 квартал			2 квартал			3 квартал			4 квартал			Усього
	Місяці												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Шнековий змішувач		$\frac{20}{4}$О						$\frac{20}{8}$С					12
Сушильна шафа					$\frac{20}{8}C$								8
Вібросито		$\frac{20}{4}$О			$\frac{20}{8}C$								12
Змішувач								$\frac{20}{8}$С					8
Протиральне сито			$\frac{20}{4}$О		$\frac{20}{8}C$								12
Прес		$\frac{20}{4}$О				$\frac{20}{4}$О				$\frac{20}{8}$С			16
Піч спікання		$\frac{20}{4}$О				$\frac{20}{4}$О				$\frac{20}{8}$С			16
Шліфувальний станок						$\frac{20}{4}$О		$\frac{20}{8}$С					12
Усього													96 год

О – огляд ; К – капітальний ремонт; С – середній ремонт.

Рисунок 1.4 – Втрати на операціях з виготовлення різального інструменту для обробки кольорових металів і сплавів

За однозмінної роботи в цехах кількість днів для профілактичного обслуговування визначається таким чином:

96:8 = 12 днів.

Щоб визначити фактичний час роботи обладнання, від календарного року (365 днів) необхідно відняти кількість днів планових регламентних робіт і неробочих днів на підприємстві.

У масовому виробництві, особливо у порошковому виробництві та у дільниці спікання, економічно вигідно працювати без вихідних і перерв на державні свята. Таким чином, кількість робочих днів на рік є результатом різниці між календарною

,кількістю днів на рік і кількістю днів, необхідних для планово-попереджувальних ремонтів.

Баланс робочого часу на підприємстві наведено в таблиці 1.5.

Таблиця 1.5 – Баланс часу роботи цеху

Елементи балансу	Кількість днів
Календарна кількість днів	365
Час на планово-попереджувальний ремонт	12
Загальнонаціональні свята	9
Вихідні дні	104
Неробочі дні цеху	125
Робочі дні цеху	240

Визначивши кількість робочих днів цеху на рік, розрахуємо його добову продуктивність за готовою продукцією:

Одна деталь має масу 12,8 г. Тоді маса всіх деталей становить:

$$G = 450\,000 * 12{,}8 = 5\,760\,000 \text{ г} = 5\,760 \text{ кг},$$

$$\text{A} = \frac{G}{n} = \frac{5\,760}{240} = 24 \text{ кг}.$$

де G – річний випуск продукції, кг;

n – кількість робочих днів на рік.

У зв'язку з тим, що під час переробки вихідної сировини мають місце втрати (рис. 1.4), враховуємо їх шляхом визначення виходу придатного φ. Обчисливши вихід придатного, можна визначити кількість матеріалу, яка має надходити на початок процесу з урахуванням втрат (A_0). Розрахунки ведемо згідно з формулою:

$$A_o = \frac{A}{\varphi} 100.$$

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

ϕ – вилучення (вихід придатного по всьому технологічному процесу).

Для визначення виходу придатного проводимо такі розрахунки:

Визначаємо прямий пооопераційний витяг на кожній операції за формулою:

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

Визначаємо загальний пооопераційний витяг на додаткових операціях за формулою:

$$\eta_1 = 100 - (0 + 0{,}1) = 99{,}90\%;$$

$$\eta_2 = 100 - (0 + 0{,}2) = 99{,}80\%;$$

$$\eta_3 = 100 - (0 + 0{,}2) = 99{,}95\%;$$

$$\eta_4 = 100 - (0{,}2 + 0{,}5) = 99{,}3\%;$$

$$\eta_5 = 100 - (0{,}3 + 0{,}2) = 99{,}5\%;$$

$$\eta_6 = 100 - (0 + 2{,}5) = 97{,}50\%;$$

$$\eta_7 = 100 - (0 + 0{,}8) = 99{,}20\%;$$

$$\eta_8 = 100 - (0 + 1{,}0) = 99{,}00\%.$$

Визначаємо загальний витяг на кожній операції відносно вихідного матеріалу за формулою:

$$\varphi_n = \left(\frac{\eta_1}{100} * \frac{\eta_2}{100} \dots \frac{\eta_n}{100}\right) * 100 = \frac{\eta_1 \eta_2 \dots \eta_n}{100^n},$$

$$\varphi_1 = \eta_1 = 99{,}90\ \%;$$

$$\varphi_2 = \frac{\eta_2 \varphi_1}{100} = 99{,}70\ \%;$$

$$\varphi_3 = \frac{\eta_3 \varphi_2}{100} = 97{,}21\%;$$

$$\varphi_4 = \frac{\eta_4 \varphi_3}{100} = 96{,}53\ \%;$$

$$\varphi_5 = \frac{\eta_5 \varphi_4}{100} = 96{,}05\ \%;$$

$$\varphi_6 = \frac{\eta_6 \varphi_5}{100} = 93{,}65\ \%;$$

$$\varphi_7 = \frac{\eta_7 \varphi_6}{100} = 92{,}90\ \%;$$

$$\varphi_8 = \frac{\eta_8 \varphi_7}{100} = 91{,}97\ \%.$$

Визначаємо кількість сировини, яка має надійти на початок процесу:

$$A_0 = \frac{A}{\varphi} * 100.$$

$$A_0 = \frac{24}{91{,}97} * 100 = 26{,}10 \text{ кг}.$$

Для кожного процесу слід визначити втрати по відношенню до вихідного матеріалу. Розрахунки проводяться за наступною формулою:

$$\alpha_n(\beta_n) = (\alpha_n(\beta_n) * \varphi_{n-1})/100.$$

Зворотні

$\alpha_1 = \alpha_1 = 0;$
$\alpha_2 = 0;$
$\alpha_3 = 0;$
$\alpha_4 = 0{,}2 * \frac{97{,}21}{100} = 0{,}1944;$
$\alpha_5 = 0{,}3 * \frac{96{,}53}{100} = 0{,}2895;$
$\alpha_6 = 0;$
$\alpha_7 = 0;$
$\alpha_8 = 0.$

Незворотні

$\beta_1 = \beta_1 = 0{,}1;$
$\beta_2 = 0{,}2 * \frac{99{,}90}{100} = 0{,}1998;$
$\beta_3 = 2{,}5 * \frac{99{,}70}{100} = 2{,}4925;$
$\beta_4 = 0{,}5 * \frac{97{,}21}{100} = 0{,}4860;$
$\beta_5 = 0{,}2 * \frac{96{,}53}{100} = 0{,}1930;$
$\beta_6 = 2{,}5 * \frac{96{,}05}{100} = 2{,}4012;$
$\beta_7 = 0{,}8 * \frac{93{,}65}{100} = 0{,}7492;$
$\beta_8 = 1{,}0 * \frac{92{,}9}{100} = 0{,}929.$

Абсолютні витрати становлять за формулою:

$$q_n^a(q_n^b) = (A_0 \alpha_n(\beta_n))/100.$$

Зворотні Незворотні

$q_1^a = 0;$

$q_2^a = 0;$

$q_3^a = 0;$

$q_4^a = 26{,}1 \cdot \frac{0{,}1944}{100} = 0{,}0507;$

$q_5^a = 26{,}1 \cdot \frac{0{,}2895}{100} = 0{,}0755;$

$q_6^a = 0;$

$q_7^a = 0;$

$q_8^a = 0.$

$q_1^b = 26{,}1 \cdot \frac{0{,}1}{100} = 0{,}0261;$

$q_2^b = 26{,}1 \cdot \frac{0{,}1998}{100} = 0{,}0521;$

$q_3^b = 26{,}1 \cdot \frac{2{,}4925}{100} = 0{,}6505;$

$q_4^b = 26{,}1 \cdot \frac{0{,}4860}{100} = 0{,}1268;$

$q_5^b = 26{,}1 \cdot \frac{0{,}1930}{100} = 0{,}0503;$

$q_6^b = 26{,}1 \cdot \frac{2{,}4012}{100} = 0{,}6267;$

$q_7^b = 26{,}1 \cdot \frac{0{,}7492}{100} = 0{,}1955;$

$q_8^b = 26{,}1 \cdot \frac{0{,}929}{100} = 0{,}2424.$

Обчислюємо суму зворотних втрат і визначаємо масу матеріалу, яка має надходити кожен день на початок процесу (B) за формулою:

$$B = A_0 - \sum q.$$

$$B = 26{,}1 - (0{,}0507 + 0{,}0755) = 25{,}9738 \text{ (кг)}.$$

Визначаємо масу матеріалу, що надходить на кожну операцію і виходить з неї.

На першу операцію:

– надходить: 25,9738 кг;

– виходить: $25{,}9738 - 0{,}0261 = 25{,}9477$ кг.

На другу операцію:

– надходить: 25,9477 кг;

– виходить: $25{,}9477 - 0{,}0521 = 25{,}8956$ кг.

На третю операцію:

– надходить: 25,8956 кг;

– виходить: $25{,}8956 - 0{,}6505 = 25{,}2451$ кг.

На четверту операцію:

– надходить: 25,2451 кг;

– виходить: $25{,}2451 - 0{,}1268 = 25{,}1183$ кг.

На п’яту операцію:

– надходить: $25{,}1183$ кг;

– виходить: $25{,}1183 - 0{,}0503 = 25{,}068$ кг.

На шосту операцію:

– надходить: $25{,}068$ кг;

– виходить: $25{,}068 - 0{,}6267 = 24{,}4413$ кг.

На сьому операцію:

– надходить: $24{,}4413$ кг;

– виходить: $24{,}4413 - 0{,}1955 = 24{,}2458$.

На восьму операцію:

– надходить: $24{,}2458$ кг;

– виходить: $24{,}2458 - 0{,}2424 = 24{,}0034$ кг.

Після проведення вищевказаних операцій в даному проєкті по виготовленню ріжучого інструменту для обробки кольорових металів і сплавів річною потужністю 450 тис. шт./рік., було складено технологічну схему виготовлення виробів з порошків тугоплавких сполук. Операційний матеріальний баланс наведено в таблиці 1.6.

Таблиця 1.6 – Пооопераційний матеріальний баланс

Назва операції	Пооопераційні витрати, %			Пряме пооопераційне вилучення η, %	Загальне вилучення φ, %	Втрати відносно введеного металу, %		Абсолютні втрати, кг		Маса матеріалу, що надходить на операцію, кг			Маса матеріалу, що виходить з операції, кг
	зворотні	незворотні	загальні			зворотні α	незворотні β	зворотні q(a)	незворотні q(b)	з попередньої операції	зворотні втрати	всього	
Дозування	0	0,1	0,1	99,90	99,90	0	0,1	0	0,0261	25,9738	0	25,9738	25,9738
Замішування	0	0,2	0,2	99,80	99,70	0	0,1998	0	0,0521	25,9477	0	25,9477	25,8956
Сушка	0	2,5	2,5	97,50	97,21	0	2,4925	0	0,6505	25,8956	0	25,8956	25,2451
Грануляція	0,2	0,5	0,7	99,30	96,53	0,19442	0,48605	0,0507	0,1268	25,2451	0,0146	25,2597	25,1183
Формування	0,3	0,2	0,5	99,50	96,05	0,28959	0,19306	0,0755	0,0503	25,1183	0,0217	25,14	25,068
Сушка	0	2,5	2,5	97,50	93,65	0	2,40125	0	0,6267	25,068	0	25,068	24,4413
Спікання	0	0,8	0,8	99,20	92,90	0	0,7492	0	0,1955	24,4413	0	24,4413	24,2458
Мех. обробка	0	1,0	1,0	99,00	91,97	0	0,929	0	0,2424	24,2458	0	24,2458	24,0034

1.4 Вибір і розрахунок кількості обладнання

Обладнання, вибране для процесу, що розробляється, повинно відповідати таким вимогам:

– обладнання має бути стандартизованим;

– відповідати сучасному рівню розвитку науки і техніки;

– вони повинні відповідати сучасному стану виробництва;

– продукція повинна відповідати вимогам безпеки;

– повинен бути достатній резерв для підвищення;

розрахункових норм продуктивності;

– виробничі потужності повинні бути достатніми для забезпечення високого рівня автоматизації та механізації, а також можливості використання роботів і робототехніки, можливість зменшити втрати матеріалу та енергії;

– для розрахунку кількості одиниць кожного типу обладнання необхідно виходити з пооопераційного балансу матеріалів технологічного процесу. Цей баланс надає інформацію про масу або об'єм матеріалу, який обробляється на даному обладнанні.

Кількість одиниць обладнання визначається за такою формулою:

$$N_{\text{розр.}} = \frac{G}{\rho\tau},$$

де G – маса матеріалу, що переробляється на операції дозування за добу, кг;

P – продуктивність вагів, кг/год;

τ – час роботи на добу, год.

1.4.1 Обладнання для дозування

Для дозування порошків використовують ваги марки DIGI DS 166−BP 150 кг (рис. 1.5). Це сучасні підлогові ваги, призначені для зважування вантажів на складах, на підприємствах. Основна причина вибору − зручність і простота використання.

Ваги марки DIGI DS 166 − BP мають такі характеристики:

– габаритні розміри – 0,5 х 0,5 х 0,5 м;

– вартість – 3 000 грн.

Рисунок 1.5 − Ваги марки DIGI DS 166 − BP

Необхідну кількість вагів визначаємо за формулою:

$$N_{\text{розр.}} = \frac{G}{\rho\tau} = \frac{25{,}9738}{600 * 8} = 0{,}34;$$

де G – маса матеріалу, що переробляється на операції дозування за добу, кг;

P – продуктивність вагів, кг/год;

τ – час роботи на добу, год.

Приймаємо одні ваги з коефіцієнтом завантаження $К_З = 0{,}34/1 = 0{,}34$.

1.4.2 Обладнання для замішування із пластифікатором

У промисловості сьогодні основним методом підготовки шихти є змішування металевих порошків, таких як кобальт, нікель, залізо, сплави цих металів, молібден, вольфрам, хром тощо, з одночасним подрібненням (розмелювання), а також порошків тугоплавких сполук, таких як WC і Co. Це робиться протягом тривалого часу в кульових млинах, вібраційних млинах, стрижневих млинах або аттриторах в рідкому середовищі [8].

Як середовище розмелювання зазвичай використовують органічні рідини, такі як етиловий спирт або метанол, а також ацетон і, в деяких випадках, воду. Отриману суміш сушать в сушильних шафах, дистиляторах. В нашому ж разі, рекомендується використовувати (рис. 1.6). Він забезпечує максимально тонкий розмел [8].

Характеристики млина:

Робочий Об'єм − 0,4 м^3;

Габаритні Розміри − 2500×1100×1750 мм;

Потужність − 40 кВт;

Вартість – 185 000 грн.

Рисунок 1.6 − Вібраційний млин ВМ-400

Необхідну кількість млинів визначаємо за формулою:

$$P_З = \frac{V * \varphi * \gamma_{нас}}{\tau},$$

де V – об'єм змішувача, см^3;

φ – коефіцієнт заповнення змішувача, φ = 0,4-0,5;

$\gamma_{нас}$. – середня насипна густина вихідної шихти, кг/ см^3;

τ – технологічний час змішування.

Продуктивність млина в нашому випадку визначаємо за формулою:

$$p_м = \frac{G_з}{\tau_м},$$

де $G_з$ – маса одного завантаження у млин, кг;

$\tau_м$ – технологічний час змішування, год ($\tau_м$= 12).

Масу одного завантаження визначаємо за формулою:

$$G_з = V_м \varphi_{з.м} \eta_p \gamma_{нас},$$

де $V_м$ – об'єм млина, см^3;

$\varphi_{з.м}$ – коефіцієнт заповнення млина ($\varphi_{з.м}$ = 0,5);

η_p – коефіцієнт розпушення кульок (η_p = 0,28);

$\gamma_{нас}$ – середня насипна густина вихідної шихти, г/см^3 ($\gamma_{нас}$ = 0,2 – 0,3$\gamma_{комп}$).

Середню комплектну щільність матеріалу шихти визначаємо за формулою:

$$\gamma_{комп} = \frac{\gamma_{Co}\gamma_{WC}100}{\gamma_{Co}a_{WC} + \gamma_{WC}a_{Co}},$$

де γ_{Co}, γ_{WC} – щільність порошку кобальту та карбіду вольфраму відповідно 8,9 і 15,63 г/см^3;

a_{WC}, a_{Co} – вміст у шихті карбіду вольфраму та кобальту відповідно 94% та 6% (по масі).

Тоді:

$$\gamma_{комп} = \frac{8{,}9 * 15{,}63 * 100}{8{,}9 * 94 + 15{,}63 * 6} = 14{,}95 \frac{г}{см^3};$$

$$G_з = 0{,}4 * 10^6 * 0{,}5 * 0{,}28 * 14{,}95 * 0{,}3 = 251160 = 251{,}160 \text{ кг};$$

$$p_м = \frac{251{,}160}{12} = 20{,}93 \frac{кг}{год}.$$

Необхідна кількість млинів:

$$N_{м} = \frac{26}{20{,}93 * 12} = 0{,}10.$$

Беремо 1 млин з коефіцієнтом завантаження $К_{з} = \frac{0{,}1}{1} = 0{,}1.$

1.4.3 Обладнання для сушки

Процес сушіння слугує для полімеризації пластифікатора та затвердіння заготовок. Для цього процесу було обрано сушильну шафу СП-100 С (рис. 1.7). Її характеристики:

Габарити – 700 х 800 х 685 мм;

Робоча температура до 300 °С;

Потужність – 1,6 кВт;

Завантаження камери − 70 кг;

Кількість полиць – 5 шт;

Вартість − 45 000 грн.

Рисунок 1.7 – Сушильна шафа СП-100С

Приймаючи завантаження 70 кг, визначаємо продуктивність сушильної шафи:

$$\text{Р} = \frac{G}{\tau} = \frac{70}{0{,}5} = 140\ \frac{\text{кг}}{\text{год}}.$$

Розраховуємо кількість обладнання, яке необхідне для даної операції:

$$N = \frac{G\text{м}}{\text{Р}} * \tau = \frac{25{,}8926}{140 * 8} = 0{,}023.$$

Тому потрібна лише одна сушильна шафа з коефіцієнтом завантаження 0,023.

1.4.4 Обладнання для просіву

Для цього процесу вибрали вібросито ВС 8М (рис. 1.8). З такими характеристиками:

Габарити – 1100 х 800 х 1000 мм;

Потужність – 1,6 кВт;

Продуктивність – 300 кг/год;

Вартість – 11 000 грн.

Рисунок 1.8 – Вібросито ВС 8М

Необхідна кількість становить:

$$N_{м} = \frac{26}{300 * 1} = 0{,}09.$$

Приймаємо одне вібраційне сито з коефіцієнтом завантаження 0,09.

1.4.5 Обладнання для пресування

Одним з найважливіших етапів виробництва є пресування. Передбачається пресування заготовок, що зображені на рисунку 1.4, масою 12,8 г. При цьому тиск пресування 200–400 МПа.

Прес вибирають залежно від необхідного зусилля пресування, за формулою:

$$P_{пр} = S_{пр} p_{пр} 1{,}25,$$

де $S_{пр}$ – площа пресування;

$p_{пр}$ – тиск пресування (200 МПа = 20 кН/см^2).

$$P_{пр} = 26 * 20 * 1{,}25 = 650 \text{ кН/см}^2.$$

Відповідно, обраємо гідравлічний прес ДБ2432 (рис. 1.9) з такими характеристиками:

Зусилля пресування − 1900 кН;

Габаритні розміри − 2300×1200×3800 мм;

Потужність − 7,5 кВт;

Кількість ходів − 7 ход./хв;

Вартість – 100 000 грн.

Потрібну кількість пресів визначаємо за формулою:

$$N_{пр} = \frac{G_{заг}}{K_{пр} * 60 * \tau},$$

де $G_{заг}$ – кількість заготовок, яку потрібно спресувати за добу;

$K_{пр}$ – кількість ходів (пресувань) за хвилину.

Рисунок 1.9 – Гідравлічний прес ДБ2432

Отже:

$$G_{заг} = \frac{25140}{12,8} = 1964 \text{ шт.}$$

Тоді:

$$N_{пр} = \frac{1964}{7 * 60 * 8} = 0,58.$$

Приймаємо 1 прес із коефіцієнтом завантаження $К_з = \frac{0,58}{1} = 0,58$.

1.4.6 Обладнання для спікання

Основною особливістю печей для спікання виробів з порошків є можливість проведення нагріву в захисних середовищах. Для процесу було обрано муфельну штовхальну піч ЦЕП-342 для спікання з такими характеристиками:

Робоча температура − 1500 °С;

Потужність – 50 кВт;

Габарити − 6800×1300×1800 мм;

Габарити робочої зони − 280×140×110 мм;

Продуктивність − 30 кг/год;

Вартість − 600 000 грн.

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

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

де L – довжина робочої зони (нагріву), м. За характеристиками печі L = 6,8 м;

τ – час спікання. За технологічним процесом час спікання дорівнює 1 год (60 хв.).

$$V_n = \frac{2.8}{60} = 0.0466\,\frac{\text{м}}{\text{хв}} = 46{,}6\,\frac{\text{мм}}{\text{хв}}.$$

Розраховуємо період проштовхування піддонів по довжині печі:

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

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

Відповідно, необхідний період буде:

$$N = \frac{500}{46{,}6} = 11 \text{ хв.}$$

Після того, як ми підготували необхідні дані, розраховуємо продуктивність печі за формулою:

$$P_n = \frac{q * 60}{N},$$

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

Для спікання виробів у печі використовується піддон розміром 500 мм х 200 мм х 100 мм, в який можна завантажити 300 шт. заготовок, кожна вагою 12,8 г. Кількість матеріалу, яку можна завантажити на піддон, становить:

$$12{,}8 * 360 = 3840 \text{ г} = 3{,}840 \text{ кг}.$$

Продуктивність печі:

$$P_n = \frac{3{,}840 * 60}{11} = 20{,}95 \frac{\text{кг}}{\text{год}}.$$

Розраховуємо необхідну кількість печей для виконання технологічного процесу за формулою :

$$n_n = \frac{G_n}{(p_n * \tau)},$$

де Gп– кількість матеріалу, що переробляється за добу, кг.

Потрібна визначити кількість печей для попереднього спікання:

$$n_n = \frac{26{,}1}{20{,}95 * 11} = 0{,}11.$$

Отже, приймаємо одну піч з коефіцієнтом завантаження $К_з = \frac{0{,}11}{1} = 0{,}11$.

1.4.7 Обладнання для механічної обробки

Для обробки був обраний плоскошліфувальний верстат FSM25AUTO (рис. 1.10) з наступними характеристиками:

Габарити − 200x1420x2000 мм;

Вага − 1500 кг;

Максимальна швидкість обробки − 400 мм2/хв;

Потужність − 2,2 кВт;

Вартість − 700 000 грн.

Рисунок 1.10 – Плоскошліфувальний верстат FSM25AUTO

Щоб визначити продуктивність верстата, нам спочатку потрібно розрахувати кількість деталей, які необхідно обробити за день. Кількість матеріалу, отриманого для цього процесу, становить 24,2458 кг, оскільки одна деталь важить 12,8 г.

$$24245{,}8/12{,}8 = 1894 \text{ шт.}$$

Щоденний обсяг виробництва деталей становить 1894 штук. Після спікання кожна деталь підлягає механічній обробці. Площа поверхні деталі становить 240 мм^2 .

$$S_з = 240 * 1894 = 454560 \text{ мм}^2 ,$$

$$n_{\text{розрах}} = \frac{S_з}{P * \tau} = \frac{454560}{400 * 60 * 8} = 2{,}3675.$$

Потрібно три шліфувальні верстати з коефіцієнтом завантаження:

$$К_з = 2{,}3675/3 = 0{,}78.$$

Зведений перелік обладнання для цеху наведено в таблиці 1.8.

Таблиця 1.8 – Зведена відомість обладнання цеху

Операція	Обладнання	Габаритні розміри, м	Продуктивність, кг/год	Прийнята кількість одиниць обладнання	Коефіцієнт завантаження	Встановлена потужність, кВт
Змішування та розмел	Вібраційний млин ВМ-400	2,5х1,1х1,75	20,93	1	0,1	40
Сушка	Сушильна шафа СП-100С	0,7х0,8х0,685	140	1	0,023	1,6
Просів	Вібросито ВС-8М	1,1х0,8х1	300	1	0,09	1,6
Пресування	Гідравлічний прес ДБ2432	2,3х1,2х3,8	5,43	1	0,58	7,5
Спікання	Штовхальна піч ЦЕП-342	6,8х1,3х1,1	30	1	0,11	50
Механічна обробка	Плоскошліфувальний верстат FSM25AUTO	2,х1,4х2х2	0,82	3	0,78	2,2

1.4.8 План розміщення обладнання

Після того, як визначено тип обладнання і його необхідну кількість, його треба розмістити в будівлі цеху. Для цього необхідно визначити розмір і форму будівлі, яка повинна відповідати будівельним нормам.

Слід підібрати допоміжне обладнання, особливо транспортне, і передбачити його легкість в обслуговуванні. А також передбачити просте обслуговування та ремонт.

Розробляючи план розміщення обладнання в приміщеннях і будівлях слід дотримуватися таких основних принципів:

– розташування обладнання повинно в цілому відповідати напрямку технологічного процесу (матеріального потоку), не перетинаючи шляхи вантажопотоків;

– розташування обладнання повинно бути обрано таким чином, щоб всі роботи з технічного обслуговування можна було проводити безпечно, а ремонт окремих вузлів не впливав на робочий процес сусідніх агрегатів;

– джерела електроживлення, такі як пічні трансформатори, генератори постійного струму і високочастотні генератори повинні бути розташовані якомога ближче до обладнання, яке вони живлять;

– пристрої повинні бути згруповані в приміщеннях таким чином, щоб обмежити поширення шкідливих факторів. Легкозаймисте обладнання, пов’язане з пилом або шумом, слід розташовувати в окремих приміщеннях для забезпечення безпеки та зведення до мінімуму небажаних наслідків;

– розміщення обладнання повинно дозволяти будувати стандартизовані будівлі з використанням стандартних компонентів.

На виробництві, що проєктується, виконується сім операцій для виготовлення готової продукції. Для спрощення деякі процеси об’єднані таким чином, що необхідне обладнання розташоване поруч в одному приміщенні.

На початку процесу сировина змішується з пластифікатором і сушиться. Обладнання для цих процесів згруповано і розміщено в окремому приміщенні.

Згідно з таблицею 1.8, на виробництві є вібраційний змішувач та сушильна установка.

Далі йде просіювання та грануляція. У нас є 1 вібросито і 1 прес. Прес і сушарка розташовані в одному приміщенні, щоб спростити процес. Оскільки прес великий і має високий тиск пресування, його необхідно розміщувати на відстані 2,5 метрів від колон та інших агрегатів.

Наступна операція технології є спікання, для проведення якої використовують штовхальна муфельну піч ЦЕП-342 неперервної дії. Так як заготовки спікають у відновному середовищі водню, то піч має бути розміщена у окремому приміщення, яке повинно відповідати нормам щодо вибухової безпеки.

Завершальною операцією технології є механічна обробка, яка здійснюється на плоскошліфувальний верстат FSM25AUTO, які розміщені в окремому приміщенні – відділенні механічної обробки.

Розміри зовнішніх і внутрішніх стін та колон відповідають нормам ГОСТ 11024-2012, ГОСТ 12504-2015, ГОСТ 18979-2014. Панелі для стін та колон вибрані із залізобетону.

2 БУДІВЕЛЬНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Структура цеху

Найбільш важливим і фундаментальним питанням під час планування цеху є його планування. Сюди входить тип матеріалу і його зберігання, тип і кількість обладнання, його обслуговування, умови праці працівників і наявність вантажопотоків.

По-перше, потрібно визначити кількість прольотів колон для будівлі цеху, що проєктується. За цим критерієм виробничі будівлі поділяються на однопролітні та багатопролітні. Для невеликих виробничих будівель, до яких відноситься цех, що проєктується, має сенс використовувати будівлі з одним прольотом.

Також було вирішено, що виробнича будівля буде одноповерховою. Це забезпечує кращі умови для розміщення обладнання, організації виробничих процесів та використання різних транспортних і підйомних засобів, оскільки воно розташоване безпосередньо на землі.

Далі обирано стіни у нашій будівлі, вони будуть з залізобетонних панелей відповідно до [13] та [14]. Крок між колонами обраний 6 м і прольотом 18 м.

Стіни та перекриття будівлі виконані із залізобетону, який відповідає I та II ступеням вогнестійкості згідно з вимогами протипожежного захисту.

Оскільки найвищим технологічним обладнанням є гідравлічний прес висотою 3,8 м, ми обрали висоту приміщення 6 м. Це враховує можливість майбутніх ремонтів, а також підйомно-транспортного механізму. Розміри віконних прорізів повинні бути кратними 300 мм і 600 мм по ширині і 600 мм по висоті. Отже, віконні прорізи в запланованій будівлі матимуть розміри 1800х1800 мм [14].

Для проїзду наземного транспортного засобу в зовнішніх стінах станційних будівель передбачені ворота. Вибираємо стандартні розміри 3000х3000 мм. Двері до відділень, за винятком кімнати майстра, двостулкові з прорізами 2000х2400 мм.

У приміщення майстра – одностулкові двері з прорізами 1000х2000 мм. Обладнання цехів розташоване відповідно до стандартів для заводів порошкової металургії в Україні [8]. Згідно з цими нормами, відстань між обладнанням і будівельними конструкціями (до колон) повинна бути не менше 0,8 метра. Відстань між розмелювальними установками, ситами і змішувачами – 0,8–1,5 м.

Для транспортних засобів та працівників є коридор для обслуговування завширшки 3 м. Ширина дороги для транспортних засобів становить 2 м, а дороги для працівників – 0,5 м з кожного боку.

Загальна площа цеху становить 540 м^2.

Це становить, що площа S = 540 м^2. Таким чином, об'єм складає V = 2160 м^{3,}

Виробничі ділянки будуть розміщені у таких приміщеннях:

– відділення підготовки та змішування порошків;
– відділення грануляції;
– відділення пресування;
– відділення спікання;
– відділення механічної обробки ;
– відділ контролю якості.

Також передбачено склади вихідної сировини та готової продукції і кімнату майстра.

2.1.1 Норми розміщення обладнання

Відстань між агрегатами та будівельними конструкціями (до колон) повинні бути не менше 0,8 м.

Відстань між обладнанням для формування виробів і будівельними конструкціями (до колон) залежить від номінального зусилля преса, що використовується на виробництві. На виробництві, що проєктується, становить 1900 кН, а отже відстань повинна бути 2,5 м.

Норми відстаней для термічного обладнання (печей різних конструкцій) та будівельних конструкцій (колон) складає – 2,5 м.

Мінімальна відстань між іншим технологічним обладнанням визначається шириною проходу для працівника і становить 1,5 м.

У всіх цехах і дільницях повинні бути проходи і проїзди, які можуть бути влаштовані як в центрі цеху, так і по периметру. Кожен виробничий приміщення повинно мати щонайменше один головний прохід шириною не менше 1,5 м, який з'єднаний з виходом або сходами. Розташовуючи дільниць відповідно до технологічного процесу необхідно враховувати і оптимізувати переміщення порошкових заготовок. Розміри проходів і проїздів наведені в таблиці 2.1 [26].

Таблиця 2.1 – Нормативи ширини проїздів та проходів

Найменування та призначення проїзду (проходу)	Напрямок руху	Ширина, м	
		Масове та багатосерійне виробництво	Одиничне та дрібно серійне виробництво
Транспортний проїзд	Односторонній	від 2,0 до 3,5	від 2,5 до 3,5
	Двосторонній	5	5
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

Охорона праці є важливим соціальним фактором. Перед державою стоїть завдання створити безпечні та нешкідливі умови праці. Якісна підготовка фахівців з охорони праці має вирішальне значення в цьому відношенні.

В цеху існують різні потенційно небезпечні фактори, такі як підвищений рівень запиленості повітря, високий рівень шуму, інфрачервоне випромінювання та ризик ураження електричним струмом, які можуть призвести до травм і захворювань.

Метою цього розділу є аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів, які можуть виникати під час роботи в дільницях цеху. Завдання полягає в розробці заходів і засобів для запобігання нещасним випадкам на виробництві та мінімізації негативного впливу на людей, які працюють на цьому виробництві. Основна увага повинна бути зосереджена на безпеці та здоров'ї працівників.

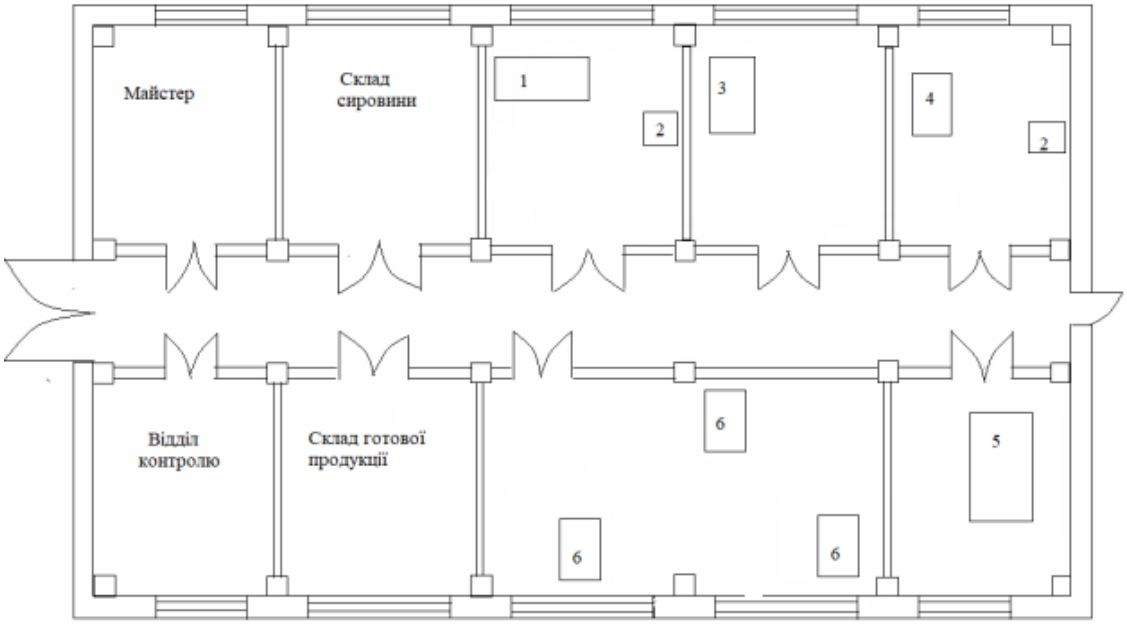
3.1 Аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів (ШНВФ)

В магістерській дисертації проєктується цех з виробництва ріжучого інструменту для обробки кольорових металів і сплавів, а саме багатогранних непереточуваних пластин продуктивністю 450 000 одиниць/рік.

Цех має такі відділення: дозування, змішування з пластифікатором, формування, спікання, механічна обробка.

Потенційні небезпеки існують на кожному етапі виробництва. На рисунку 3.1 показано план розміщення цеху з виробництва твердосплавних непереточуваних пластин для обробки кольорових металів і сплавів.

Обладнання, що використовується у виробництві, має певні фактори, які можуть спричинити нещасні випадки на виробництві та професійні захворювання.



1 – вібраційний млин; 2 – сушильна шафа; 3 – вібраційне сито; 4 – прес; 5 – піч; 6 – шліфувальні машини

Рисунок 3.1 – План дільниці

У таблиці 3.1 наведені назви окремих виробничих процесів та присутні на них небезпечні та шкідливі виробничі фактори (НШВФ).

Таблиця 3.1 – Шкідливі та небезпечні фактори на виробництві

Технологічна операція	Шкідливі та небезпечні виробничі фактори
Дозування порошку	Пил порошку
Змішування з пластифікатором	Забруднення повітря парами бензину, шум
Пресування	Механічні травми від рухомих частин, що знаходяться під тиском
Спікання	Теплове та інфрачервоне випромінювання, пожежна безпека
Механічна обробка	Пил порошку

Одним з найбільш шкідливих факторів на нашому виробництві є пил від порошку ВК6, оскільки ми використовуємо відносно дрібнодисперсний порошок розміром 1–2 мікрометри. Пил утворюється в цеху під час транспортування

порошкових матеріалів, дозування, змішування, пресування, вивантаження та обробки спечених виробів.

Випадкове вдихання частинок порошку може призвести до професійних захворювань, таких як пневмонія, астма або силікоз. Для зменшення концентрації необхідно використовувати розпилювальне обладнання відповідно до [15] та використовувати вентиляційні системи. Як зазначено в [25], роботодавець повинен забезпечити працівників засобами індивідуального захисту (ЗІЗ). Тому, щоб уникнути ураження легенів пилом, необхідно використовувати ЗІЗ відповідно до [25].

Другим шкідливим фактором є пари бензину, які є дуже токсичними та пожежонебезпечними. Вони утворюються при змішуванні порошку з пластифікаторами за допомогою розчину каучуку в бензині. Пари можуть потрапляти в організм через шкіру, рот і дихальні шляхи. Тому рекомендується використовувати ЗІЗ у вигляді респіраторних масок. Концентрація парів бензину в повітрі не повинна перевищувати 0,3 мг/л. При концентрації від 5 мг/л до 10 мг/л навіть короткочасне вдихання може призвести до гострого отруєння. Основними симптомами є кашель, головний біль і подразнення слизових оболонок.

Пресування здійснюється на автоматичному пресі, тому основний ризик травмування від рухомих частин преса. Щоб уникнути травм необхідно дотримуватися заходів безпеки.

Заключним етапом є спікання, яке поділяється на два етапи, попереднє спікання та остаточне спікання, але все одно відбувається за високих температур 900 °C та 1420 °C відповідно, що означає можливість опіків та пошкоджень від інфрачервоного випромінювання.

3.1.1 Розроблення заходів для попередження впливу шкідливих та небезпечних виробничих факторів

Умови праці часто пов’язані зі шкідливими та небезпечними факторами, які можуть впливати на здоров’я працівників та призводити до забруднення навколишнього середовища.

Однак проектування об’єктів, організація виробничих процесів, архітектурно-планувальні рішення та засоби колективного захисту не завжди можуть гарантувати безпечні умови праці. Саме тут на допомогу приходять засоби індивідуального захисту (ЗІЗ).

Засоби індивідуального захисту (ЗІЗ) використовуються для запобігання або мінімізації впливу шкідливих факторів.

Для забезпечення безпечного виконання роботи рекомендується використовувати такі ЗІЗ:

– засоби захисту слуху, наприклад, навушники з шумопоглинанням;

– засоби захисту органів дихання, такі як фільтруючі пристрої, включаючи протипилові маски, протигази та аерозольні маски;

– носити спеціальний захисний одяг, такий як халати, фартухи та одяг , що захищає від механічних та електричних пошкоджень, металевих крапель та інфрачервоного випромінювання, одяг для зварювання та теплозахисний одяг;

– засоби захисту ніг і стегон, наприклад, електроізоляційне взуття;

– використовувати дерматологічні засоби захисту, такі як захисні креми, мазі, гелі, засоби для очищення та відновлення шкіри.

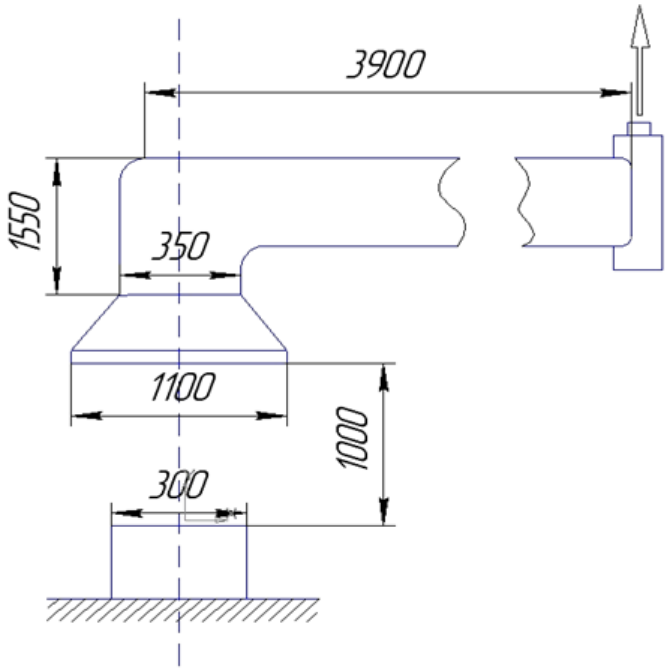
Використання засобів індивідуального захисту необхідне для забезпечення ефективного захисту працівників у захисту працівників у середовищах, де інші методи захисту, такі як модифікована технологія, автоматизація герметизація обладнання та ефективна вентиляція є недостатніми.

Необхідно зазначити, що використання ЗІЗ є менш надійним методом захисту від небезпек і має використовуватися лише тоді, коли інші методи, такі як зміна технології, автоматизація, герметизація обладнання та ефективна вентиляція, не можуть забезпечити належну безпеку. І використовувати їх слід лише тоді, коли інші, більш ефективні методи неможливі, або не можуть зменшити небезпеку.

3.2 Інженерне рішення щодо розрахунку місцевої вентиляції

Основне призначення промислової вентиляції − створення і підтримання повітряного середовища у виробничих приміщеннях, що відповідає вимогам охорони праці та техніки безпеки. Метою локалізованої вентиляції є витяжка шкідливих викидів [17]. У цеху, де просіюється порошок, встановлена витяжний зонт.

Схема системи витяжної вентиляції показана на рисунку 3.2.



1 – вентиляційний зонт; 2 – вентилятор; 3 – повітропровід

Рисунок 4.1 – Схема системи витяжної вентиляційної

Висота підвісу парасольки Н приймається 1,6–1,8 м від рівня підлоги.

$$A = a + 0{,}8h,$$
$$B = b + 0{,}8h.$$

де *а*, *в* – сторони поверхні, що перекривається, м;

h – відстань від низу парасольки до поверхні, що перекривається, м.

Якщо: *а* = 4,5 м, *в* = 2,0 м, *h* = 0,4 м, то:

$$A = 4{,}5 + 0{,}8 * 1{,}6 = 5{,}8 \text{ м},$$

$$B = 2{,}0 + 0.8 * 1{,}6 = 3{,}3 \text{ м}.$$

Кут розкриття парасольки приймаємо φ = 60º.

Повна висота зонта h_n визначається за формулою:

$$h_n = \frac{A - A_0}{2tg\frac{\varphi}{2}} + h_b,$$

де A_0– довжина витяжної труби, приймаємо 0,5 м;

h_b – висота борта, приймаємо 0,2 м.

Тоді:

$$h_n = \frac{5{,}8 - 0{,}5}{2tg\frac{60}{2}} + 0{,}2 = 4{,}5.$$

Витрати повітря, що видаляється витяжною трубою від витяжного пристрою розраховується за формулою:

$$L = 3600 * F * V_0,$$

де L – витрати повітря, що видаляється, м³/г;

F – площа розрахункового перетину, м²;

V_0 – середня швидкість в розрахунковому перетині витяжного отвору, м/с (V_0 = 1,2 м/с).

Площу розраховуємо за формулою:

$$F = P_n * h,$$

де Pn – периметр витяжного пристрою, м;

h – відстань від джерела виділення тепла, м (h = 0,4 м).

Виходить:

$$P_n = 5{,}8 * 2 + 3{,}3 * 2 = 18{,}2 \text{ м}^2,$$
$$F = 18{,}2 * 0{,}4 = 7{,}28 \text{ м}^2.$$

Розхід повітря буде становити:

$$L = 3600 * 7.25 * 1.2 = 30181 \frac{м^3}{год}.$$

Вибираємо схему повітропроводів системи вентиляції і визначаємо втрати тиску в повітроводах за формулою:

$$H_в == \sum(i) * Rтр * l + \sum(i) Z,$$

де $H_в$ – сумарні втрати, Па;

Rтр – питомі втрати тиску на тертя в Па на погонний метр довжини;

ℓ - довжина повітропроводів, м;

Z – втрати тиску на місцеві опори, Па.

Втрати тиску на тертя в повітропроводі визначаються за довідником, виходячи з ширини повітропроводу та втрат повітря. Якщо Rтр = 52 Па, загальні втрати становлять:

$$H_в = 52 * 3 + 95{,}04 = 251{,}04 \text{ Па} + 300 \text{ Па} = 551{,}04 \text{ Па} = 55{,}1 \text{ кгс м2}.$$

Знаходимо площу повітропроводу за формулою:

$$Fв = \frac{L * n}{(3600 * V_в)}, \text{ м}^2,$$

де $V_в$ – швидкість повітря у повітропроводі, м/с;

n – кількість печей, що обслуговує повітропровід.

$$Fв = \frac{30181 * 1}{3600 * 12} = 0{,}69 \text{ м}^2.$$

Визначаємо ширину повітропроводу:

$$B_2 = \sqrt{\frac{4 * F_в}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 * 0{,}69}{3{,}15}} = 0{,}87 \text{ м}.$$

Витрати тиску на місцеві опори визначаються за формулою:

$$Z = \frac{V^2 * p}{2} * L, \text{Па},$$

де L – коефіцієнт місцевих втрат, L = 1,2;

V – швидкість руху повітря, м/с;

p – щільність повітря що пересувається кг/м³, p = 1,1 кг/м³.

Тоді:

Z = 95,04 Па.

Для вибору вентилятора розраховуємо дійсний розхід повітря, що видаляється витяжною системою від зонта, з урахуванням 10 % запасу, за формулою:

$$L_{\text{В}} = 1{,}1 * L * n, \text{м}^3/\text{год},$$

де n – кількість печей, що обслуговуються одним вентилятором.

$$L_{\text{В}} = 1{,}1 * 30181 * 1 = 33200 \ \frac{\text{м}^3}{\text{год}}.$$

На підставі $L_в$ і H вибираємо вентилятор Ц4-70 № 6,3 з колесом 1,05 D, коефіцієнт корисної дії (ККД) вентилятора η = 0,805.

Потужність електродвигуна вентилятора розраховується в кВт за формулою:

$$N = \frac{L_{\text{в}} * H}{(3600 * 102 * \eta_{\text{в}} * \eta_n},$$

де $L_в$ – кількість повітря, що видаляється, м³/год;

H – сумарні втрати тиску, кг/см²;

$\eta_в$ – ККД вентилятора, $\eta_в$ = 0,805;

$\eta_п$ – ККД ремінного приводу, $\eta_п$ = 0,9.

Тоді:

$$N = \frac{33200 * 55{,}1}{3600 * 102 * 0{,}805 * 0{,}9} = 6{,}87 \text{ кВт}.$$

З каталогу вибираємо двигун типу А02-51-4, потужністю 7,5 кВт, частотою обертання 1440 об/хв.

3.3 Вимоги безпеки в надзвичайних ситуаціях

Під час виробництва можуть виникати різні небезпеки, такі як пожежі, вибухи (на підприємстві, в будівлях або в навколишньому середовищі), розриви або руйнування обладнання та викиди забруднюючих речовин. Для запобігання виникненню та ліквідації надзвичайних ситуацій та аварій важливо, щоб підприємство мало план локалізації та ліквідації аварійних ситуацій і аварій відповідно до нормативно-правових актів [19].

Під час аналізу вразливості підприємства до небезпек необхідно визначити всі можливі надзвичайні ситуації та аварії, навіть якщо вони є малоймовірними.

Важливо розглянути сценарії та оцінити наслідки. Ідентифікація можливостей і умов виникнення аварійних ситуацій повинна здійснюватися на основі аналізу специфіки роботи. Необхідно враховувати як окремі установки (апарати, машини тощо), так і їх групи (технологічні агрегати). Також необхідно враховувати небезпечні властивості речовин і матеріалів, що використовуються у виробництві (вибухонебезпечні, легкозаймисті та шкідливі речовини). При цьому необхідно враховувати параметри стану речовини, такі як температура, тиск і агрегатний стан, а також стан обладнання. Це стосується як нормальної технологічної експлуатації, так і можливих режимів роботи при виникненні та розвитку аварій.

3.3.1 Пожежна небезпека

Протипожежні профілактичні заходи, насамперед, повинні бути направлені на попередження виникнення пожеж та на створення умов, перешкоджаючих поширенню вогню у випадку пожежі згідно ДСТУ 8828:2019 [21].

Відповідно до НАПБ Б.03.002-2007 [23] дільниця за вибуховою та пожежною небезпекою відноситься до категорії Г.

Основними причинами пожежі можуть бути:

– порушення режимів технологічного процесу;

– незадовільний стан електротехнічних пристроїв та порушення правил їх монтажу та експлуатації;

– струми коротких замикань;

– неефективна робота вентиляції;

– невиконання вимог нормативних документів із питань пожежної безпеки.

Виробничі відділення обладнуються автоматичними спринклерними установками пожежогасіння, які спрацьовують за визначеної температурі. На основі даних про технологічні процеси та пожежо небезпечність матеріалів, які знаходяться в приміщеннях, які захищаються, а саме порошок карбіду вольфраму, в якості речовини для гасіння вогню прийнята повітряно-механічна піна.

Спринклерні установки призначені для локалізації і місцевого тушіння пожежі, для подачі сигналу про пожежу, погану роботу АУП. Для перешкоди можливого розповсюдження вогню із приміщень яке захищається в суміжне з ним, незахищене, на дверях передбачені дренажні засоби зі зрошувачами типу ОПРС по НАПБ Б.03.002-2007 [21], [23].

Час тушіння пожежі автоматичними установками пожежогасіння прийнятий 15 хв.

Необхідний запас піноутворювача зберігається в передбаченому резервуарі місткістю 1500 м³.

Передбачаємо ряд заходів щодо пожежної безпеки систем: вентиляції, звукова та світова сигналізації, які сповіщають про порушення роботи припливна та витяжних систем, заземлення опалювально-вентиляційного обладнання, повітропроводи у вибухонебезпечних приміщеннях передбачені із матеріалів які не горять.

Основними заходами, що попереджають вибухову пожежонебезпеку являється недопущення запиленості повітря, ізоляція електричної проводки, забезпечення десятиразового повітрообміну в приміщенні, де розташована піч, а в

інших приміщеннях – п’ятикратного повітрообміну на годину.

Як засіб індивідуального пожежогасіння у цеху застосовують вогнегасники ОХП-10, ОВП-10; для гасіння пожеж електроустановок під напругою – вуглекислотні ОУ-5, ОУ-8; обладнуються спеціальні стенди.

Будівлю обладнано пожежною сигналізацією. Біля входу до цеху встановлено щит та бункер із піском.

Цех має схему евакуації людей під час пожежі (рис. 3.2). Кожний із працівників цеху повинен проходити інструктаж по пожежній безпеці.

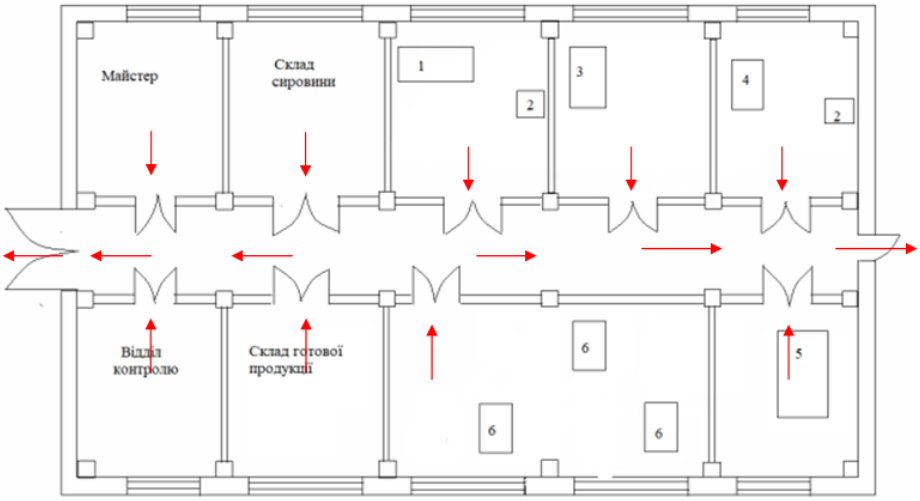


Рисунок 3.2 – План евакуації

3.3.2 Виробнича небезпека

До роботи на підприємстві допускаються особи, яким не менше 18 років, які гідні за станом здоров’я і пройшли медичну перевірку, мають відповідні професійні навички, допуски з пожежної та електробезпеки.. Для попередження виробничого травматизму проводяться щомісячні інструктажі з охорони праці, вступні інструктажі.

При роботі на пресах і станках всі частини механізмів і електродвигунів, що рухаються і крутяться повинні бути закриті захисними кожухами. Для кожного обладнання або станка, що працює, повинна бути інструкція з експлуатації і охорони праці.

Згідно ДСТУ ГОСТ 12.0.230:2008 [25] під час виконання вантажних,

розвантажувальних і транспортних робіт все обладнання, яке використовується для цих операцій (троси, контейнери, гаки) повинні бути вільні і огороджені.

В будівлі передбачено дві системи вентиляції: загальна припливно-витяжна вентиляція для подачі свіжого повітря в приміщення, а також для підігрівання повітря в холодний період року. Місцева витяжна вентиляція використовується для відкачування абразивного пилу і його затримки в пиловловлювачах; повітряно всмоктуючі рукава встановлюють безпосередньо на шліфувальних і відрізних станках.

Для попередження виробничого травматизму з організаційних підприємств проводять щомісячні інструктажі з охорони праці, вступні інструктажі. Для кожного обладнання або станка, що працює, повинна бути інструкція по експлуатації і охороні праці, оскільки виробництво ріжучих пластин пов’язано зі значною кількістю пилу [25].

4 ЕНЕРГЕТИЧНИЙ РОЗДІЛ

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

Обсяг витрат електроенергії визначають на підставі вибору та розрахунку кількості технологічного обладнання, використання його встановленої потужності для запланованого режиму роботи [25]:

$$Э = М \cdot Ф0 \cdot \eta_{зв} \cdot К1 \cdot К2 ,$$

де M – встановлена потужність обладнання, кВт;

$Ф_0$ – річний фонд роботи обладнання, год;

K_1 – коефіцієнт одночасності роботи, який приймається для печей 0,6; для двигунів 0,3; для генераторів високочастотного нагріву 0,8;

K_2 – коефіцієнт використання потужності, K_2 = 0,7;

$\eta_{зв}$ – коефіцієнт завантаження обладнання.

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 [28].

Визначаємо витрати електроенергії на технологічних операціях.

Змішування та розмелювання:

$$Э_1 = 40 * 240 * 12 * 0{,}1 * 0{,}3 * 0{,}7 = 2\ 419{,}2 \text{ кВт/год.}$$

Сушка шафа для відновлення шихти:

$$Э_2 = 1{,}6 * 240 * 8 * 0{,}27 * 0{,}6 * 0{,}7 = 348{,}36 \text{ кВт/год.}$$

Просів і грануляція:

$$Э_3 = 1{,}6 * 240 * 12 * 0{,}09 * 0{,}3 * 0{,}7 = 87{,}1 \text{ кВт/год.}$$

Пресування:

$$Э_4 = E = 7{,}5 * 240 * 16 * 0{,}58 * 0{,}3 * 0{,}7 = 3\ 507{,}87 \text{ кВт/год.}$$

Спікання:

$$Э_5 = 50 * 240 * 16 * 0{,}11 * 0{,}6 * 0{,}7 = 97\ 574{,}4 \text{ кВт/год.}$$

Механічна обробка:

$$Э_6 = 2{,}2 * 240 * 8 * 0{,}78 * 0{,}3 * 0{,}7 = 691{,}9 \text{ кВт/год.}$$

Результати розрахунків витрат електроенергії технологічним обладнанням заносимо в таблицю 4.1

Таблиця 4.1 – Загально річні витрати електроенергії на технологічне обладнання

Найменування споживача струму	Кількість споживачів	Потужність, кВт	Фонд робочого часу на рік	Коефіцієнт завантаженості,%	Коефіцієнт одночасності роботи	Коефіцієнт використання потужності	Річні втрати електроенергії, кВт·год
Вібраційний млин ВМ-400	1	40	2 880	0,53	0,3	0,7	2 419,2
Сушильна шафа СП-100С	1	1,6	1 920	0,52	0,6	0,7	348,36
Вібросито ВС-8М	1	1,6	2 880	0,58	0,3	0,7	87,1
Гідравлічний прес ДБ - 2432	1	7,5	3 840	0,86	0,3	0,7	3 507,87
Штовхальна піч ЦЕП - 342	1	50	3 840	0,49	0,6	0,7	97 574,4
Плоскошліфувальний верстат	3	2,2	1920	0,7	0,3	0,7	2 075,7
Всього витрат, кВт·год							**103 595,84**

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

Витрати енергії на освітлення розраховують за формулою [4]:

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

де S – площа, що освітлюється, м^2;

q – поверхнева густина теплового потоку, який приймаємо для виробничих приміщень 15 Вт/м^2, а для побутових та службових приміщень 10 Вт/ м^2;

τ – кількість годин горіння освітлювальних приладів на рік, год.; приймаємо для двозмінної роботи − 2 500 год, а для тризмінної − 4 788 год;

f – коефіцієнт одночасності горіння. Приймаємо для виробничих приміщень f = 0,8; для побутових та службових f = 0,7; для підвалів f = 0,9.

Розрахунок витрат електроенергії на освітлення ведемо виходячи з площі дільниці, її відділень і побутових приміщень. При цьому враховуємо, що цех складається з таких приміщень:

- склад вихідної сировини – 56, м^2;
- склад готової продукції – 56 м^2;
- кімната майстра – 35 м^2;
- відділення змішування – 56 м^2;
- відділ технічного контролю – 35 м^2;
- коридор – 110 м^2;
- відділення пресування – 56 м^2;
- відділення механічної обробки – 35 м^2;
- відділення спікання – 98 м^2.

Тоді виходячи з формули витрати будуть складати:

Склад вихідної сировини:

$$Q = \frac{56 * 10 * 2500 * 0{,}7}{1000} = 980 \frac{\text{кВт}}{\text{год}}.$$

Склад готової продукції:

$$Q = \frac{56 * 10 * 2500 * 0{,}7}{1000} = 980 \frac{\text{кВт}}{\text{год}}.$$

Кімната майстра:

$$Q = \frac{35 * 10 * 2500 * 0{,}7}{1000} = 612{,}5 \ \frac{\text{кВт}}{\text{год}}.$$

Відділ змішування:

$$Q = \frac{56 * 15 * 2880 * 0{,}8}{1000} = 1\ 935{,}36 \frac{\text{кВт}}{\text{год}}.$$

Відділ технічного контролю:

$$Q = \frac{35 * 10 * 2500 * 0{,}7}{1000} = 612{,}5 \ \frac{\text{кВт}}{\text{год}}.$$

Коридори:

$$Q = \frac{110 * 10 * 4788 * 0{,}7}{1000} = 3\ 686{,}76 \ \frac{\text{кВт}}{\text{год}}.$$

Відділення пресування:

$$Q = \frac{56 * 15 * 3840 * 0{,}8}{1000} = 2\ 580{,}48 \ \frac{\text{кВт}}{\text{год}}.$$

Відділення спікання:

$$Q = \frac{98 * 15 * 3840 * 0{,}8}{1000} = 4\ 515{,}84 \ \frac{\text{кВт}}{\text{год}}.$$

Відділення механічної обробки:

$$Q = \frac{35 * 15 * 1920 * 0{,}8}{1000} = 806{,}4 \ \frac{\text{кВт}}{\text{год}}.$$

Результати розрахунків витрат електроенергії на освітлення наведені в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Загальнорічні витрати електроенергії на освітлення.

Найменування споживача	S, м^2	q, Вт/м^2	f	τ, год	Річні витрати, кВт·год
Склад вихідної сировини	56	10	0,7	2 500	980
Склад готової продукції	56	10	0,7	2 500	980
Кімната майстра	35	10	0,7	2 500	612,5
Відділення змішування	56	15	0,8	2 880	1 935,36
Відділ технічного контролю	35	10	0,7	2 500	612,5
Коридори	110	10	0,7	4 788	3 686,76
Відділення пресування	56	15	0,8	3 840	2 580,48
Відділення спікання	98	15	0,8	3 840	4 515,84
Відділення механічної обробки	35	15	0,8	1 920	806,4
Всього витрати, кВт·год					16 709,84

5 ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ РОЗДІЛ

Питання організації виробництва в цеху вирішуємо на основі даних попередніх розділів проекту, зокрема технологічного розділу (розрахунок необхідного обладнання, його розміщення, організація технічного контролю та контролю якості тощо). У цьому розділі обґрунтовується необхідна кількість робітників та управлінського персоналу, розмір фонду оплати праці, визначаються показники продуктивності праці.

5.1 Розрахунок чисельності виробничих робітників

Методика розрахунку планової чисельності працівників певних категорій визначається специфікою їхньої роботи та галузевими особливостями підприємства.

Чисельність робітників, зайнятих на нормованих роботах ($Ч^{пл}_{р.н}$), розраховують за формулою:

$$Ч^{пл}_{р.н} = \frac{\sum_{i=1}^{n} t_i m_i}{T_{р.ч} K_{в.н}}$$

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

m_i – кількість продукції i-го виду, одиниць;

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

n – кількість видів виготовлюваної продукції;

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

Чисельність основних робітників, зайнятих на ненормованих роботах ($Ч^{пл}_{ос}$) (контроль технологічного процесу, керування апаратами, машинами та іншим

устаткуванням), розраховують за нормами обслуговування, а саме:

$$Ч_{ос}^{пл} = \frac{m_0 П_{зм} К_п}{Н_{об}},$$

де m_0 – кількість обслуговуваних об'єктів;

$П_{зм}$ – кількість змін роботи на добу;

$К_п$ – коефіцієнт переведення явочної чисельності в облікову;

$Н_{об}$ – норма обслуговування одного агрегата (кількість об’єктів на одного робітника).

Баланс робочого часу середньооблікового працівника наведено у таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Баланс робочого часу середньооблікового працівника

Показники	Планові значення
Кількість календарних днів	365
Вихідні та святкові дні	104
Час на планово-попереджувальний ремонт, днів	12
Номінальний фонд робочого часу, днів	240
Невиходи на роботу (днів),з них:	30
відпустки	20
захворювання	4
дозволені законом	1
з дозволу адміністрації	0,5
прогули	0,5
цілодобові простої	0
страйки	0
Явочний робочий час, днів	214
Середня тривалість робочого дня, год.	7,9
Внутрішньо змінні втрати робочого часу та простої, год.	0,3
Робочі години	7,6
Плановий фонд роботи працівника в рік.	1672

Коефіцієнт перерахунку штатної чисельності до облікової чисельності:

$$К = 240 / 214 = 1,12.$$

Розрахунки кількості основних та допоміжних працівників наведені в таблиці 5.2 нижче.

Таблиця 5.2 – Чисельність основних і допоміжних робітників цеха

Професія, спеціальність	Кваліфікаційний розряд	Явочна чисельність по змінах			Загалом на добу	Коефіцієнт переведення явочної чисельності в облікову	Облікова чисельність
		1-а	2-а	3-я			
Основні робітники							
Оператор змішувача (шихтувальник)	V	1	1	-	1	1,12	2
Оператор пресу	IV	1	1	-	1	1,12	2
Оператор сушильної шафи	V	1	1	-	2	1,12	2
Оператор просівального обладнання	V	2	2	-	2	1,12	4
Спікальник муфельної печі	V	2	2	2	3	1,12	4
Шліфувальник	V	1	1	-	2	1,12	3
Разом		8	7	2	11		17
Допоміжні робітники							
Слюсар-ремонтник	IV	1	1	1	3	1,12	3
Слюсар-електрик	IV	1	1	1	3	1,12	3
Транспортувальник-вантажник	П	1	1	1	3	1,12	3
Разом		3	3	3	9		9
Усього робітників		12	10	5	20	1,12	26

Типова тарифна сітка для працівників різних підприємств та організацій в Україні наведена в наступній таблиці 5.3.

Важливим елементом тарифної сітки є тарифна ставка. Її абсолютний рівень залежить від встановленого державою розміру мінімальної заробітної плати.

Відповідно до державного бюджету України з 01 січня 2024 році мінімальна

заробітна плата становить: у місячному розмірі − 7100 грн, у погодинному розмірі – 42,75 грн. Таким чином, якщо тарифна ставка для першого розряду встановлена на рівні 42,75 грн.

Таблиця 5.3 – Типова тарифна сітка робітників різногалузевих підприємств та організацій

Показник	Тарифні розряди							
Тарифні коефіцієнти	1,0	1,088	1,204	1,350	1,531	1,8	1,892	2,0
Зростання тарифних коефіцієнтів: абсолютне відносне		0,088 8,8	0,116 10,7	0,146 12,1	0,181 13,4	0,269 17,6	0,092 5,1	0,108 5,7

Розрахунок фондів заробітної плати управлінського персоналу наведено в таблиці 5.4.

Таблиця 5.4 – Розрахунок фонду заробітної плати управлінського та обслуговуючого персоналу

Штатна посада	Чисельність, осіб	Місячний посадовий оклад, грн.	Річний фонд заробітної плати, грн.
Керівники			
Начальник цеху	1	21 000	252 000
Заступник начальника цеху	1	19 000	228 000
Майстер	1	14 000	168 000
Разом	**3**	**54 000**	**648 000**
Спеціалісти			
Провідний Інженер-технолог	1	15 000	180 000
Разом	**1**	**15 000**	**180 000**
Службовці та молодший обслуговуючий персонал			
Обліковець	1	9 000	108 000
Комірник	1	9 000	108 000
Прибиральник	1	6 000	72 000
Разом	3	24 000	288 000
Усього по цеху	**7**		**936 000**

5.2 Розрахунок продуктивності праці

Продуктивність праці розраховується як відношення річного об’єму виробництва до облікового складу всіх робітників дільниці.

Таким чином, продуктивність праці (П) – це річний об’єм продукції, виготовленої в розрахунок на одного робітника дільниці.

$$П = \frac{G}{\sum Ч},$$

де G – обсяг продукції, виробленої цехом за рік, кг;

$\sum Ч$ – чисельність працюючих всіх категорій.

$$П = 5\ 760 / (26+7) = 186\ кг/особу.$$

Відповідно до тарифної сітки розраховано фонди заробітної плати основних і допоміжних працівників. Розрахунки приведені в таблиці 5.5.

Таблиця 5.5 – Розрахунок фондів заробітної плати основних і допоміжних робітників

Професія, спеціальність	Кваліфікаційний розряд	Годинна тарифна ставка, грн.	Обліковий склад, осіб	Кількість годин роботи за рік		Основна заробітна плата, грн	Розрахунок додаткової заробітної плати, грн					Загальний фонд заробітної плати, грн (7+12)
				одного робітника	усіх		Премії (40% від основ. зар-ти)	За роботу в особливих умовах (18%)	Оплата відпусток (12%)	Інші доплати та надбавки (10%)	Разом (8+9+10+11)	
Основні (технологічні) робітники												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Оператор змішувача (шихтувальник)	V	65,45	2	1 672	3 344	218 864,8	87 545.9	39 395.7	26 263.8	21 886,8	175 092.2	393 957
Оператор пресу	IV	57,71	2	1 672	3 344	192 982,2	77 192.8	34 736.8	23 157.9	19 298,2	154 385.7	347 368
Оператор сушильної шафи	V	65,45	2	1 672	3 344	218 864,8	87 545.9	39 395.7	26 263.8	21 886,8	175 092.2	393 957
Оператор просівального обладнання	V	65,45	4	1 672	6 688	437 729,6	175 091.8	78 791.3	52 527.6	43 772,6	350 183.2	787 913
Спікальник муфельної печі	V	65,45	4	1 672	6 688	437 729,6	175 091.8	78 791.3	52 527.6	43 772,6	3501 83.2	787 913
Шліфувальник	V	65,45	3	1 672	5 016	328 297,2	131 318.9	59 093.5	39 395.7	32 829,2	262 637.3	590 934.5
Разом			**17**			**1 834 468.2**					**1 292 748.8**	**3 302 042.5**
Допоміжні (обслуговуючі) робітники												
Слюсар-ремонтник	IV	57,71	3	1 672	5 016	289 473,4	115789.3	52 105.2	34 736.8	28 947,4	231 578.7	521 052.1
Черговий слюсар-електрик	IV	57,71	3	1 672	5 016	289 473,4	115789.3	52 105.2	34 736.8	28 947,4	231 578.7	521 052.1
Транспортувальник	II	46,51	3	1 672	5 016	233 294,2	93 317.6	41 992.9	27 995.3	23 329,2	186 635	419 929.2
Разом			**9**			**812 241**					**649 792.4**	**1 462 033.4**
Усього			**26**			**2 646 709.2**					**1 942 541.2**	**4 589 250.4**

6 ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ

6.1 Розрахунок капітальних вкладень

Будівництво запланованого заводу включає капітальні вкладення в основні засоби, такі як виробничі будівлі, споруди, технологічне та допоміжне обладнання, підйомно-транспортне обладнання та інструменти. Крім того, нормовані фонди використовуються для запасів в обігу, таких як сировина, матеріали, змінне обладнання, запасні частини та інструменти [4].

В таблиці 6.1 наведено приклад розрахунку капітальних вкладень в обладнання, підйомно-транспортне устаткування.

Витрати на транспортування, встановлення та налагодження обладнання оцінюються в 10–25% від ціни [4].

Таблиця 6.1 – Розрахунок капіталовкладень в обладнання

Найменування устаткування, його модель або технічна характеристика	Кількість, одиниць	Вартість за одиницю, тис. грн	Загальна вартість, тис. грн	Витрати на транспор-тування та монтаж, тис. грн	Всього, тис. грн
Основне технологічне устаткування					
Вібраційний млин ВМ-400	1	185	185	18,5	203.5
Сушильна шафа СП-100С	1	45	45	4,5	49.5
Вібросито ВС 8М	1	11	11	1,1	12,1
Гідравлічний прес ДБ 2432	1	100	100	10	110
Муфельно-штовхальна піч ЦЕП − 342	1	600	600	60	660
Плоскошліфувальний верстат FSM25AUTO	3	700	2 100	210	2310
Разом основне технологічне устаткування					**3 345.1**
Допоміжне та підйомно-транспортне устаткування					
.Електроштаблер ЕШ-188М	2	25	50	5	55
Інвентар	−	−	50	5	55
Ваги марки DIGI DS 166 − BP	1	3		0,3	3,3
Разом допоміжне та підйомно-транспортне устаткування					113,5
Загалом по цеху					**3 458.6**

Визначається рівень капітальних вкладень у виробничі будівлі та споруди. Виходячи з площі цеху та середніх нормативів витрат на будівельні конструкції та промислових проводок (табл. 6.2).

Таблиця 6.2 – Розрахунки капітальних вкладень на будівництво дільниці

Елементи капітальних вкладень	Одиниця вимірювання	Об'єм будівлі, м^3	Вартість	
			Одиниці, грн	Загальна, грн
1 Виробнича будівля одноповерхова	м^3	2160	2 500	5 400 000
1.1 Водопостачання			30	64 800
1.2 Каналізація			25	54 000
1.3 Електропроводка			50	108 000
1.4 Вентиляція			70	151 200
Всього				**5 778 000**
2. Побутові приміщення	м^3	200	3 000	600 000
2.1 Водопостачання			40	8 000
2.2 Каналізація			90	18 000
2.3 Електропроводка			50	10 000
2.4 Вентиляція			70	14 000
Всього				**650 000**
3 Зовнішній благоустрій	м^3	2 400	50	12 000
4 Невраховані витрати		2 400	500	1 200 000
Загальна вартість будівлі				**7 628 000**

Середній поточний запас ($З_м$) визначається за формулою:

$$Зм = М_Д \frac{Т_{пост}}{2}$$

де $М_Д$ – середньодобове споживання сировини та матеріалів, грн.;

$Т_{пост}$ – інтервал поставки в днях (приймається в межах 15-30 днів).

Середньодобове споживання матеріалів визначається як вартість річної потреби в основних та допоміжних матеріалах, сировині, запасних частинах, інвентарю, спецодягу тощо, розділених на 240 (де 240 – розрахункове число днів за рік).

$$З_м = 6\ 438\ 000*30 / 24* 2 = 4\ 023\ 750 \text{ грн.}$$

Величину всіх інших елементів загального нормативу оборотних коштів (транспортного, підготовчого та резервного запасів матеріалів; незавершеного виробництва; витрат майбутніх періодів; готової продукції на складі та ін.) приймаємо на рівні 50 % від розрахованого нормативу поточних запасів. Загальний розмір капіталовкладень у формування оборотних коштів дорівнює сумі вартості всіх вказаних елементів [4].

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

$$H_{ЗАГ} = 1{,}5 \cdot З_м,$$

де $З_м$ – норматив поточних запасів.

$$Н_{заг} = 1{,}5*4\ 023\ 750 = 6\ 035\ 625.$$

Потім ми розраховуємо загальну суму капітальних вкладень у проектований об'єкт (таб 6.3).

Таблиця 6.3 – Розрахунок загальних капітальних вкладень

Елементи капіталовкладень	Сума	
	тис. грн.	%
1. Будівлі: 1.1. Виробничі	5 778	36,29%
1.2. Побутові	650	4,08%
2. Устаткування 2.1. Основне технологічне	3 345,1	21,01%
2.2. Допоміжне та підйомно-транспортне	113,5	0,71%
3. Норматив оборотних коштів	6 035,63	37,91%
Всього капіталовкладень у виробничі фонди	**15 922.22**	**100%**

Розмір капітальних вкладень у виробничі запаси матеріалів розраховано та занесено до таблиці 6.4.

Таблиця 6.4 – Розрахунок вартості основних і допоміжних матеріалів на річну виробничу програму

Назва матеріалу	Одиниці виміру	Добові витрати	Кількість робочих діб на рік	Загальнорічні витрати, кг	Ціна 1 кг., грн	Вартість за рік, грн
Основні матеріали						
ВК6	кг	24	240	5 760	1 100	6 336 000
Допоміжні матеріали						
Синтетичний каучук в бензині	л	15	240	3 600	15	54 000
Етанол	л	5	240	1 200	40	48 000
Всього						**6 438 000**

Капіталовкладення в пристрої становлять 20 % від вартості обладнання:

$$К_{пр} = 3\,458\,600 * 0{,}2 \;=\; 691\,720 \text{ грн.}$$

Розмір капіталовкладень у поточні виробничі запаси з урахуванням транспортування складає 10 % від річних потреб:

$$К_{З} = 6\,438\,000 * 0{,}1 \;=\; 643\,800 \text{ грн.}$$

Величину резервного технологічного балансу беремо у розмірі 10% від вартості оцінки запасу:

$$К_{р.з.} = 643\,800 * 0{,}1 \;=\; 64\,380 \text{ грн.}$$

Сума оборотних коштів у незавершеному виробництві розраховується за формулою:

$$\sum_{об} К_{у.н.в.} = В_{пл} * Т_{д} * К_{нв} / Т_{пл},$$

де $В_{пл}$ – виробництво товарної продукції у плановому періоді по виробничій собівартості, грн.;

$Т_д$ – тривалість циклу виготовлення продукції днів;

$К_{нв}$ – коефіцієнт наростання витрат;

$Т_{пл}$ – кількість днів у плановому періоді, днів.

$$\sum_{об}К_{у.н.в} = 6\ 438\ 000*2*0,75/2=482\ 850 \text{ грн.}$$

Вартість всіх інших елементів оборотних коштів складає близько 25 % від вартості планового запасу матеріалів.

$$К_{ост} = 0,25*6\ 438\ 000 = 1\ 609\ 500 \text{ грн.}$$

Сумарний розмір оборотних коштів складає:

$$К_з+К_{р.з}+\sum_{об}К_{у.н.в}+К_{ост} = 643\ 800 + 64\ 380 +482\ 850+1\ 609\ 500 = 2\ 800\ 530 \text{ грн.}$$

6.2 Визначення планової собівартості одиниці продукції

Важливу роль у системі техніко-економічних розрахунків у підприємстві відіграє калькуляція, тобто розрахунок витрат на певні види продукції [4].

Об'єктами калькуляцією є продукти або послуги, витрати на які розраховуються. До об’єктів калькуляції належать основна і побічна продукція, а також праця. Основними об'єктами калькуляції є готові вироби, які продаються на ринку за межами підприємства. Калькуляція собівартості інших продуктів має додаткові значення [4].

У промисловості найчастіше застосовується така номенклатура калькуляційних статей витрат:

– сировина і матеріали (за вирахуванням зворотних відходів);
– паливо та енергія на технологічні цілі;
– основна заробітна плата технологічних робітників;
– додаткова заробітна плата технологічних робітників;
– єдиний соціальний внесок;
– витрати на утримання і експлуатацію устаткування;
– загальновиробничі витрати;
– втрати внаслідок технічно неминучого браку;

– інші виробничі витрати;
– адміністративні витрати;
– витрати на підготовку та освоєння нового виробництва;
– позавиробничі витрати на збут продукції [4].

Сума перших дев'яти пунктів є виробничою собівартістю, а сума всіх 12 пунктів – повною собівартістю виготовленої продукції [4].

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 [4].

До статті калькуляції *"Паливо та енергія на технологічні цілі"* відносять вартість річних витрат 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 [4].

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

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 [4].

Стаття *"Основна заробітна плата технологічних робітників"* містить витрати на оплату праці робітників, безпосередньо зайнятих виготовленням основної продукції [4].

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 [4].

Стаття *"Позавиробничі витрати"* включає витрати на дослідження ринку, просування продукції та збут [4].

Планова калькуляція собівартості річного обсягу виробництва продукції наведена в таблиці 6.5.

Повну собівартість одиниці продукції ($С_п$) розраховують як відношення повної собівартості річної програми випуску продукції ($Сп^{річ}$) до річного обсягу (програми) випуску продукції цеха:

$$С_п = \frac{25287900.44}{450000} = 56{,}2\,\frac{грн}{шт}.$$

Таблиця 6.5 – Планова калькуляція собівартості річного обсягу виробництва продукції

Найменування статей витрат	Одиниця виміру	Кількість на річну програму	Ціна за одиницю грн.	Витрати на річну програму, грн.
1.Сировина і матеріали				
1.1 Сплав ВК6	кг	5760	1100	6 336 000
1.2 Синтет. каучук в бензині		3 600	15	54 000
1.3 Етанол		1200	40	48 000
2.Енергоносії				339 750
2.1 Електроенергія	кВт/год	120 305,68	2,64	317 607
3.Основна заробітна плата	грн.			2 646 709.2
4.Додаткова заробітна плата	грн.			1 942 541.2
5. Відрахування на єдиний соціальний внесок	грн.			1 009 635.09
6. Утримання та експлуатація машин і устаткування	грн.			3 458 600
7.Загальновтробничі витрати	грн.			1 834 468.2
8.Будівництво	грн.			6 428 000
10. Виробнича собівартість річної програми				24 075 900.44
11. Позавиробничі витрати				1 212 000
12. Повна собівартість річної програми				25 87 900.44

6.3 Розрахунок показників економічної ефективності проектного рішення

Порівняння здійснюємо за такими показниками:

– трудомісткість продукції (зворотний показник продуктивності живої праці);

– капіталомісткість (фондомісткість) продукції;

– період окупності капітальних витрат.

Технологічну трудомісткість (Т) у нормо-годинах можна вирахувати за формулою:

$$t = \frac{Ч_{ос} * Ф_{еф}^{пл}}{G},$$

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

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

G – річний обсяг (програма) випуску продукції.

$$t = 17 * 1672/450000 = 0{,}063 \textit{ нормо-годин/шт.}$$

Капіталомісткість продукції (K_G) визначається як величина загальних капітальних витрат ($К_{заг}$) у будівництво чи реконструкцію цеху на технічне переоснащення виробництва до річного планового обсягу виробництва продукції [4]:

$$K_G = K_{заг} / G,$$

$$K_G = 15\ 922\ 220 / 450\ 000 = 35 \text{ грн/шт.}$$

Найрозповсюдженішим показником економічної ефективності капітальних витрат на нове будівництво, реконструкцію, впровадження нового обладнання чи технології, є період окупності капітальних витрат (Пок), який має критеріальний характер [4]:

$$П_{ок} = \frac{К_{заг}}{ГП_р} < П^н_{ок},$$

де $ГП_р$ – річна сума грошового потоку, грн.

$П^н_{ок}$ – нормативний період окупності, років.

$$ГП_р = 0{,}82 * (100 - 56{,}2) * 45\,000 + 1\,905\,816 = 18\,068\,016 \text{ грн.}$$

$$П_{ок} = \frac{25\,287\,900}{18\,068\,016} = 1{,}4.$$

Результати розрахунків наведено у таблиці 6.6.ё

Таблиця 6.6 – Техніко-економічні показники

Найменування показника	Одиниця виміру	Значення
1	2	3
Річний плановий обсяг виробництва продукції (G)	шт	450000
Загальна площа дільниці	$м^2$	620
Виробнича площа дільниці	$м^2$	540
Капіталомісткість продукції (K_G)	грн	35
Загальна чисельність працівників	осіб	26
Загальний річний фонд заробітної плати	грн	4 589 250.4
Середньомісячна зарплата одного працівника	грн	14 709,13
Технологічна трудомісткість продукції (t)	нормо-години/кг	0,063
Повна собівартість одиниці продукції	грн/кг	56,2
Період окупності ($П_{ОК}$)	років	1,4

7 РОЗРОБЛЕННЯ СТАРТАП−ПРОЕКТУ

Стартап-проекти стали дуже поширеними в останні роки. Стартап − це новостворена компанія, яка перебуває на стадії розвитку і будує свій бізнес або на основі нових інноваційних ідей, або на основі нещодавно випущених технологій. Стартап характеризується обмеженими початковими інвестиціями, швидким розвитком і низькими шансами на успіх. Найважливішим документом стартапу є бізнес-план. Він визначає бізнес-можливості та перспективи подальшого розвитку, а також пояснює, як ці можливості можуть бути реалізовані існуючою командою.

7.1 Опис ідеї проєкту

На виробництві, що проєктується, планується виготовляти ріжучий інструмент для обробки кольорових металів і сплавів, було обрано твердий сплав марки ВК6 зі складом 94 % WC і 6 % Co. Твердосплавні пластини відіграють вирішальну роль у збільшенні терміну служби інструменту, підвищенні ефективності різання та мінімізації зносу інструменту в умовах високих температур.

З огляду на технологічну можливість виготовлення твердосплавних пластин з різними фізико-механічними властивостями, розмірами і формами для високошвидкісного різання кольорових металів і сплавів, продукція яка виробляється, завжди матиме попит.

Таблиця 7.1 – Опис ідеї стартап-проєкту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
Виробництво непереточуваної ріжучої пластини з твердого сплаву ВК6	1. Металообробне виробництво	Збільшення терміну служби інструменту, підвищенні ефективності різання та мінімізації зносу інструменту в умовах високих температур.
	2. Гірничо-металургійна промисловість	

7.2 Технологічний аудит ідеї проєкту

Сьогодні український ринок ріжучого інструменту зайнятий не тільки вітчизняними, а й міжнародними компаніями, які продовжують залишатися лідерами. Тому є сенс розглянути позитивні та негативні сторони нашого проекту та наших конкурентів (табл. 7.2).

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

№ п/п	Техніко-економічні характерис-тики ідеї	Товар			W (слабка сторона)	N (нейтральна сторона)	S (сильна сторона)
		Мій проект	Полтавський Алмазний Інструмент, Прат	ISCAR Ukraine			
1.	Стійкість при різанні	Виготовлення БНП з твердого сплаву WC-Co 6%, для обрки різанням кольорових металів і сплавів					+
2.	Непотрібність у заточуванні інструменту						+
3.	Доступна ціна					+	

Технологія повинна мати хорошу відтворюваність результатів і бути економічно доцільною. Аналіз технології наведено в таблиці 7.3.

Таблиця 7.3 – Технологічна здійсненність ідеї проекту

Ідея проекту	Технології реалізації	Наявність технології	Доступність технологій
Виробництво непереточуваної ріжучої пластини з твердого сплаву ВК6	Методом порошкової металургії	Наявна	Доступна

Технологія виготовлення пластин з сплавів ВК6 методом порошкової металургії є добре відпрацьованим і широко використовуваним процесом в індустрії ріжучого інструменту. Таким чином, технологія виготовлення пластин ВК6 методом порошкової металургії є високоефективною, пропонуючи баланс

переваг у твердості, індивідуалізації та масовому виробництві, з урахуванням початкових витрат та впливу на навколишнє середовище.

7.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап проєкту

Визначення ринкових можливостей і загроз дозволяє планувати розвиток проекту з урахуванням ринкового середовища, потреб потенційних клієнтів і пропозицій конкуруючих проектів. Таблиця 7.4 містить попередню характеристику потенційного ринку для стартап − проекту та аналіз попиту і динаміки ринку. Аналіз показує, що ринок є привабливим для появи на ньому, оскільки продукт є унікальним і потребує менших інвестицій порівняно з потенційним загальним обсягом продажів.

Таблиця 7.4 – Попередня характеристика потенційного ринку стартап-проекту

№ п/п	Показник стану ринку	Характеристика
1	Кількість головних гравців	3 основні конкуренти.
2	Загальний обсяг продаж, грн/ум.од	200 000 − 400 000$
3	Динаміка ринку	Стабільна
4	Наявність обмежень для входу	Спеціальне обладнання
5	Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	Відсутні
6	Середня рентабельність в галузі	> 20 %

При входженні на ринок товарів і послуг слід враховувати наступні моменти:

– відповідність виробу вимогам економічної технології його використання, що забезпечується розробкою конструкції виробу.

– технологічність конструкції виробу або його складових частин (деталей, вузлів, механізмів), що забезпечує задані експлуатаційні характеристики та дає змогу здійснювати економічно ефективне серійне виробництво. Характеризується простотою і досконалістю форм.

При виході на ринок слід також враховувати потреби та вимоги споживачів, оскільки саме вони формують ринок, а отже, є цільовою групою для продажу товарів та послуг. У таблиці 7.5 наведено перелік потенційних груп клієнтів та їхні характеристики. Для кожної групи складається орієнтовний перелік вимог.

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
Застосування зміних непереточувальних пластин з твердих сплавів	Металообробне виробництво	До цих деталей застосовуються спеціальні випробування і стандарти, які визначаються покупцем.	Якість
			Допустима собівартість
			Надання чітких гарантій
	Гірничо-металургійна промисловість		Швидкість виконання

Після проводиться аналіз ринкового середовища. Складається таблиця 7.6 та 7.7 з факторами, які сприяють або перешкоджають виведенню проекту на ринок.

Таблиця 7.6 – Фактори загроз

№ п/п	Фактори	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
1	Обмежений ринок	Достатня кількість продукції відомих брендів	Як підсумок зниження обсягів продажів через порушення умов договору.
2	Складність доставки	Несвоєчасна доставка товару	Розробка та налагодження логістичних зв‘язків

Таблиця 7.7 – Фактори можливостей

№ п/п	Фактори	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
1	Вихід на нові для себе ринки збуту	Можливості розширення виробництва, збуту	Збільшує кількість продукції, що призводить до розширення виробничої діяльності
2	Складність доставки	Несвоєчасна доставка товару	Розробка та налагодження логістичних зв‘язків

У таблиці 7.8 наведено результати поетапного аналізу конкуренції на ринку. Було визначено наступні характеристики конкурентного середовища: Тип конкуренції, масштаби конкуренції, галузева ознака, тип конкуренції за видом продукції та за типом конкурентної переваги, інтенсивність конкуренції.

Таблиця 7.8 – Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

Особливості конкурентного середовища	В чому проявляється дана характеристика	Вплив на діяльність підприємства
1. Вказати тип конкуренції − монополістична	На сьогоднішній день на ринку присутня велика кількість іноземних виробників	Зменшення ціни на продукцію, та покращення якості.
2. За рівнем конкурентної боротьби − національний	Важливо зосередитися на пошуку конкурентних переваг, щоб забезпечити компанії стійку конкурентну позицію на ринку.	Завоювання довіри на українському ринку та вихід на міжнародний рівень.
3. За галузевою ознакою – міжгалузева	Особливо перспективними вважаються машинобудування та металообробка.	Реалізовувати вироби у своїй галузі
4. За характером конкурентних переваг − нецінова	На дані продукти витрачаються значні фінансові ресурси, особливо на виробничі ресурси, які використовуються для виготовлення виробів	Бажано підвищити ефективність деталей без збільшення витрат
5. За інтенсивостью	Низька інтенсивність продажу, яка проявляється за кількістю проданої продукції	Можливості для невеликої партії

У таблиці 7.9 наведено результати детальнішого аналізу умов конкуренції, за М. Портером.

Таблиця 7. 9 – Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером

Складові аналізу	Прямі конкуренти в галузі	Потенційні конкуренти	Постачальники	Клієнти	Товари замінники
	ISCAR Ukraine, Полтавський Алмазний Інструмент	Бар'єри входу на ринок є порівняно незначними.	Фактори сили: - відмова у співпраці	Фактори сили: - рівень доходів, витрат - доступність товарівзамінників - рівень зацікавленості - доступ до інформації про продукт	Фактори загроз: - краща ціна - вища якість
Висновки:	Конкуренція є відносно не великою	Є можливість виходу на ринок. Наявні потенційні конкуренти	Відкрити своє виробництво ріжучих пластин достатньо дорого, тому співпраця з партнерами буде дуже доцільною.	Якщо продукція не буде відповідати вимогам покупців, то покупці будуть відмовлятись купувати продукцію, то компанія не зможе існувати. Не відповідність товару тенденціям та технічним вимогам за якими слідкують користувачі.	Встановлення технічних вимог, які обмежують або перенаправляють роботу ринку.

На основі результатів аналізу, представлених у таблиці 7.9, було обґрунтовано фактори конкурентоспроможності. Обґрунтування наведено в таблиці 7.10.

Таблиця 7.10 – Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

№ п/п	Фактор конкуренто-спроможності	Обґрунтування вибору
1	Цінність для споживача	Здобуття та утримання конкурентоспроможності позиції на ринку
2	Використання найновіших технологій	Нові шляхи для вдосконалення продукту
3	Цінова політика	Збереження темпів виробництва
4	Якість продукції	Максимум прибутку

За визначеними факторами конкурентоспроможності (табл.7.10) проводиться аналіз сильних та слабких сторін стартап-проекту (табл.7.11).

Таблиця 7.11 – Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін

№ п/п	*Фактор конкурентоспроможності*	*Бали 1-20*	*Рейтинг товарів конкурентів у порівнянні з підприємством*						
			–3	*–2*	*–1*	0	*+1*	*+2*	*+3*
1	Цінність для споживача	20			+				
2	Використання найновіших технологій	10				+			
3	Цінова політика	18			+				
4	Якість продукції	19				+			

Проаналізувавши всі зазначені фактори, доцільно провести SWOT-аналіз. Це показано в таблиці 7.12 і допомагає визначити фактори та явища, які мають найбільший вплив на підприємство. На цьому етапі також визначається стадія життєвого циклу продукту. Оцінюється, чи потрібні інвестиції в розробку вдосконаленої продукції, щоб уникнути погіршення ринкової позиції в майбутньому.

Таблиця 7.12 – SWOT - аналіз стартап-проєкту

(S) Сильні сторони	(W) Слабкі сторони
– Співробітники - молоді та кваліфіковані фахівці. – Пропонується широкий спектр послуг, включаючи суміжні галузі. – Вихідні матеріали порівняно недорогі. Послуга дешевша, ніж аналогічні пропозиції на ринку.	– Брак власних приладів та обладнання. – Виникнення додаткових транспортних витрат.
(O) Можливості	(T) Загрози
– Зміцнення позиції на ринку, вихід на нові сегменти ринку та збільшення асортименту. – Підвищувати кваліфікацію співробітників у сфері сучасних технологій, менеджменту та маркетингу. – Вдосконалення і автоматизація процесів і технологій	– Поява нових конкурентів. – Відсутність точного обладнання. – Дефіцит постачальників. – Високий попит, який неможливо задовольнити. – Нестабільні природні катаклізми в країні. – Нестабільна економічна ситуація.

На основі SWOT-аналізу були розроблені альтернативи виходу на ринок стартап-проекту, які наведені в таблиці 7.13.

В результаті аналізу альтернатив виведення стартап-проекту на ринок було обрано третю альтернативу, оскільки вона пропонує простішу та швидшу змогу отримати ресурси, а також має коротші терміни реалізації.

Таблиця 7.13 – Альтернативи ринкового впровадження стартап-проєкту

Альтернатива (орієнтовний комплекс заходів) ринкової поведінки	Ймовірність отримання ресурсів	Строки реалізації
Впровадження нової технології виробництва, розробка нових виробів	Середня	Від кількості спонсорів. спонсорів. Наявність ідеї, технології, продукту, реалізація проекту може зайняти від 6 до 24 місяців.

7.4 Розроблення ринкової стратегії проєкту

Для визначення охоплення ринку в Таблиці 7.14 описані цільові групи потенційних споживачів. З яких вибираються ті, хто користується ріжучими пластинами.

Компанія зосереджена на одному сегменті і тому обирає спрямовану маркетингову стратегію.

Таблиця 7.14 – Вибір цільових груп потенційних споживачів

№ п/п	Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів сприйняти продукт	Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу у сегмент
1	Машинонобудівна промисловість	Як правило, компанії хочуть отримувати замовлення якомога швидше, щоб продовжувати виробництво і впевненими у якості та надійності продукції.	Високий	Висока	Низька
2	Металообробна промисловість				
Які цільові групи обрано підприємства які зацікавлені в обробки матерілу різанням.					

Для роботи в обраних сегментах ринку сформовано базову стратегію розвитку, яка представлена у таблиці 7.15.

Таблиця 7.15 – Визначення базової стратегії розвитку

Обрана альтер-натива розвитку проєкту	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкуренто- спроможні позиції відповідно до обраної альтернативи	Базова стратегія розвитку
Машинобудівна промисловість	диференціації	Аналіз ринку та економічної ситуації, а також конкурентів для розробки стартап-проекту (бізнес-плану). Здійснення пошуку максимально прийнятних кредитних пропозицій.	Стрімка розробка та просування продукту на ринок за рахунок кредитних коштів.

Стратегія диференціації обрана тому, що продукт повинен мати важливу відмінну рису з точки зору споживача. Хоча обрана стратегія є дороговартісною, вона буде високоприбутковою в майбутньому. Основне завдання компанії - правильно розпізнати потреби споживачів.

Таблиця 7.16 визначає основну концепцію розвитку. Компанія обрала стратегію імітації ринку, щоб охопити невелику частку ринку на початковому етапі та заощадити кошти при впровадженні інноваційних технологій.

Таблиця 7.16 – Визначення базової стратегії конкурентної поведінки

Чи є проект «першопрохід-цем» на ринку?	Чи буде компанія шукати нових споживачів, або забирати існуючих у конкурентів?	Чи буде компанія копіювати основні характеристики товару конкурента, і які?	Стратегія конкурентної поведінки
України – так, на міжнародному – ні.	Пошук тих, хто Готовий до нововведень	Так	Стратегія наслідування лідеру

На основі визначених базових стратегій та вимог споживачів була розроблена стратегія позиціонування проекту, яка в узагальненому вигляді наведена в таблиці 7.17.

Таблиця 7.17 – Визначення стратегії позиціонування

Вимоги до товару цільової аудиторії	Базова стратегія розвитку	Ключові конкурентоспроможні позиції власного стартап-проєкту	Вибір асоціацій, які мають сформувати комплексну позицію власного проєкту (три ключових)
Важливими факторами є відповідність технічним вимогам, ціна та швидкість виконання.	Диференціації	Технологічна схема виробництва є унікальною, оскільки забезпечує швидкість, високу якість і низьку собівартість.	Надійність, доступність, швидкість.

Аналізуючи таблиці цього підрозділу, можна зробити висновок, що компанія буде орієнтуватися на окремий сегмент ринку при виході на ринок, орієнтуватися на іноземних лідерів ринку та шукати нових споживачів для продукту в майбутньому.

7.5 Розроблення маркетингової програми стартап проєкту

У таблиці 7.18 підсумовано результати попереднього аналізу конкурентоспроможності проєкту.

Таблиця 7.18 – Визначення ключових переваг концепції потенційного товару

Потреба	Вигода, яку пропонує товар	Ключові переваги перед конкурентами (існуючі або такі, що потрібно створити)
Порошкова металургія дає змогу забезпечити однорідність від партії до партії, гарантуючи однорідність властивостей кінцевого продукту.	Висока твердість і зносостійкість, індивідуалізації та масовому виробництві.	Відсутність схожих концепцій в Україні.

Розроблена трирівнева маркетингова модель товару (табл. 7.19).

Таблиця 7.19 – Опис трьох рівнів моделі товару

Рівні товару	Сутність та складові		
I.Товар за задумом	Непереточуваних ріжуча пластина з твердого сплаву ВК6, для обробки кольорових металів і сплавів може використовуватись на фрезерувальних та різних видах токарних верстатів.		
II. Товар у реальному виконанні	Властивості/характеристики	М/Нм	Вр/Тх/Тл/Е/Ор
	1. Висока твердість і зносостійкість	Нм	Тх/Тл
	2. Пластини з дрібнозернистою структурою	Нм	Тх/Тл
	3. Багатогранність	Нм	Вр/Тх
	Якість: відповідає ГОСТу 19052-80 «Пластины режущие сменные многогранные твердосплавные»		
	Пакування: Картона коробка , на упаковці буде зображено: загальна назва продукту; власна назва; масу нетто; означення ГОСТ 19052-80; технічні характеристики продукту.		
	Марка: «Cutting plate»		
III. Товар із підкріпленям	До продажу. Інструмент буде проходити перевірку на відповідність якості.		
За рахунок чого потенційний товар буде захищено від копіювання: шляхом створення патенту та комерційної таємниці			

Наступним кроком є визначення цінових меж (табл. 5.20). Аналіз проведений експертним методом.

Таблиця 7.20 – Визначення меж встановлення ціни

№ п/п	Рівень цін на товари-замінники	Рівень доходів цільової групи споживачів	Верхня та нижня межі встановлення ціни на товар/послугу
1	100–200 грн. за шт	від 50 тис.грн	50–150 грн.за шт

Оптимальну систему збуту для продукту визначають за допомогою таблиці 7.21. Обрана система дає можливості вигідно реалізовувати продукт на міжнародному ринку.

Таблиця 7.21 – Формування системи збуту

Заключним компонентом маркетингової програми є розробка концепції

маркетингових комунікацій. Ця концепція ґрунтується на попередньо обраній

№ п/п	Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів	Функції збуту,які має виконувати постачальник товару	Глибина каналу збуту	Оптимальна система збуту
1	Споживачі купують продукт у спеціалізован их точках продажу	Підтримка розробленої технології	Канали різного рівня	Мережа Інтернет, виставки…

основі позиціонування та певних характеристиках поведінки споживачів (табл. 5.22).

Таблиця 7.22 – Концепція маркетингових комунікацій

Специфіка поведінки цільових клієнтів	Канали комунікацій, якими користуються цільові клієнти	Ключові позиції, обрані для позиціону-вання	Завдання рекламного повідомлення	Концепція рекламного звернення
Клієнти дізнаються про новинки в Інтернеті та шукають товари з низькою ціною та високою якістю.	Соціальні мережі, сайти, конфе-ренції	Контент-маркетинг, партнерства	Доказати клієнту переваги над конкурентами	Підкреслити найважливіші метрологічні характеристики та переваги над конкурентами

7.6 Висновок

Незважаючи на переваги та недоліки, розвиток цього проекту є перспективним, оскільки сучасний ринок потребує більш довговічних та якісних деталей. Вироби, виготовлені за допомогою процесу порошкової металургії, значно підвищують міцність і щільність деталей. Пластини з твердого сплаву WC-Co 6% є стандартним матеріалом для ріжучого інструменту в різних галузях промисловості.

Важливо зазначити, що конкретні переваги можуть відрізнятися залежно від застосування, умов різання та загального дизайну і виготовлення твердосплавних пластин.

Стартап-проект має переваги перед конкурентами. Ідея є свіжою і має потенціал для розвитку. Подальше впровадження та вдосконалення технології призведе до підвищення прибутковості, що зробить проект більш привабливим для інвестицій.

ВИСНОВКИ

В даній дисертації проаналізовано технологію виготовлення твердосплавних пластин для обробки кольорових металів і сплавів. Після аналізу всіх переваг і недоліків, з усіх розглянутих варіантів був обрано оптимальний. Матеріалом обрано твердий сплав ВК6 на основі карбіду вольфраму та кобальту. Цей матеріал відмінно зарекомендував себе не тільки в Україні, але й за кордоном.

Виходячи з виробничої потужності 450 000 штук на рік, було спроєктовано цех для виробництва пластин з твердого сплаву ВК6.

Відповідно до технологічного процесу було підібрано відповідне обладнання та створено схему його розташування у приміщеннях цеху.

Було розроблено будівельний розділ, в якому було визначено площу виробничого цеху та створено його план з розміщенням обладнання.

Розроблений розділ “Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях”, який включає в себе найважливіші правові норми, що забезпечують безпеку на виробництві. На основі цього вживаються заходи щодо запобігання травматизму та усунення шкідливих факторів, які можуть впливати на організм людини з метою створення безпечних умов праці. Та буди проведенні розрахунки місцевої вентиляції.

В енергетичному розділі були розраховані енергетичні витрати на для функціонування цеху.

В організаційному і економічному розділах були розраховані витрати на будівлю цеху, придбання необхідного обладнання та заробітну плату працівників, які працюють в цеху.

Також проведено розроблення стартап-проекту по виробництву БНП для обробки кольорових металів і сплавів. Розраховано собівартість виробу, яка склала 56,2 грн/кг та період окупності цеху, який становить 1,4 роки.

CONCLUSIONS

This thesis analyzes the technology of manufacturing carbide inserts for processing non-ferrous metals and alloys. After analyzing all the advantages and disadvantages, the best option was chosen from all the options considered. The material chosen was a hard alloy VK6 based on cobalt and tungsten carbide. This material has proven itself well not only in Ukraine but also abroad.

Based on the production capacity of 450,000 pieces per year, a carbide plate production shop was designed.

In accordance with the technological process, the appropriate equipment was selected and a layout of its location in the workshop was created.

The construction section was developed, which defined the area of the production shop and created a plan with the placement of equipment.

A section on Occupational Health and Safety in Emergency Situations was developed, which includes the most important legal provisions that ensure safety at work. Based on this, measures are taken to prevent injuries and eliminate harmful factors that can affect the human body in order to create safe working conditions. Local ventilation was also calculated.

In the energy section, we calculated the energy costs for the operation of the workshop.

In the organizational and economic sections, we calculated the costs of building the workshop, purchasing the necessary equipment, and the salaries of employees working in the workshop.

We also developed a startup project for the production of BNP for processing non-ferrous metals and alloys. The cost of the product was calculated to be UAH 56.2 per kg and the payback period of the shop to be 1.4 years.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Степанчук А. Н. Технология порошковой металлургии [Текст] / А. Н. Степанчук, И. И. Билык, П. А. Бойко. – Київ : Вища школа, 1989. – 415 с.

2. Степанчук А. М. Основи отримання порошкових та композиційних матеріалів [Текст] / А. М. Степанчук, А. В. Мініцький. – Київ : НТУУ «КПІ», 2010. – 113 с.

3. Різальний інструмент [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 131 «Прикладна механіка», спеціалізації «Технологія машинобудування» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: Л. М. Данилова, С. В. Лапковський, В. П. Приходько – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – 147 с.

4. Магістерська дисертація за освітньо-професійною програмою [Електронний ресурс] : рекомендації до проєктування : навч. посіб. для студ. спеціальності 132 “Матеріалознавство” освітної 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.

5. Твердые сплавы – классификация, история, назначение, сравнение [Електронний ресурс] / Победит: инструмент : веб-сайт. – Режим доступу : https://pobedit.com.ua/standarts/articles/43-hard-alloys/201-hard-alloys-classification-history-purpose-comparison.html

6. Порошковая металлургия. Материалы, технология, свойства, области применения [Текст] / И. М. Федорченко, И. М. Францевич, И. Д. Радомысельский [и др.] ; отв. ред. И. М. Федорченко. – Киев : Наукова думка, 1985. – 624 с.

7. Кипарисов С. С. Порошковая металлургия [Текст] / С. С. Кипарисов, Г. А. Либенсон. – Москва : Металлургия, 1971. – 528 с.

8. Кипарисов С. С. [Текс] Оборудование предприятий порошковой металлургии / С. С. Кипарисов, О. В. Падалко. – Москва : Металлургия, 1988. – 448 с.

9. Кличко Л. И. Оборудование и оснастка для формирования порошковых материалов [Текс] / Л. И. Кличко А. М., Уманский, В. Н. Бобров. – Москва : Металлургия, 1986. – 336 с.

10. Поздняк Н. З. Проектирование и оборудование цехов порошковой металлургии [Текс] / Н .З. Позняк, А. Н. Крушинский. – Москва : Машиностроение, 1965. – 298 с.

11. Фиргер И. В. Термическая обработка сплавов [Текс] : справочник / И. В. Фиргер. – Ленинград : Машиностроение, 1982. – 304 с.

12. Бондаренко В. П. Проектирование пресс-форм для изделий из твердых сплавов / В. П. Бондаренко, М. Я Аронин, В. С. Мендельсон. – Киев : Наукова думка, 1983. – 184 с.

13. Панели стеновые наружные бетонные и железобетонные для жилых и общественных зданий [Електронный ресурс] : ГОСТ 11024-2012. – [Введен с 2012-07-01]. – Москва : Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 2014. – 9 с. – Режим доступу : https://meganorm.ru/Data/542/54251.pdf

14. ГОСТ 12504-2015 Панели стеновые внутренние бетонные и железобетонные для жилых и общественных зданий: изд. офиц. [Електронный ресурс] / Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации . – Електрон. дані. – Москва : Стандартинформ, 2014. − Режим доступу : https://meganorm.ru/Data/610/61056.pdf.

15. Правила охорони праці в металургійній промисловості [Електроний ресурс] : НПАОП 27.0-1.01-08. – [Чинний від 2008-01-28]. – Київ : Державний комітет України з промислової безпеки, охорони праці та гірничого нагляду, 2008. − Режим доступу : https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0087-09

16. Засоби індивідуального захисту органів дихання [Електроний ресурс] : ДСТУ EN 133:2005. - [Чинний від 2005-01-28]. –Київ : Держспоживстандарт України, 2006. − Режим доступу : http://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page?id_doc=54221.

17. Степанов А. Г. Методические указания по проектированию вентиляции в дипломных проектах [Текст] / А. Г. Степанов, З. С. Ступницкая. – Киев : КПИ, 1979. – 68 с.

18. Положення щодо розробки планів локалізації та ліквідації аварійних ситуацій і аварій, № 424/3717 від 30.06.1999 р.

19. Безпечність промислових підприємств. Загальні положення та вимоги : ДСТУ 3273-95. – [Чинний від 1996-07-01]. – Київ : Держстандарт України, 1996. – 18 с.

20. Про затвердження Правил пожежної безпеки в Україні (НАПБ А.01.001-2004) [Електронний ресурс] : наказ МНС України № 126 від 19.10.2004 р. № 126 // офіц. сайт Верховної Ради України. – Режим доступу: http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/z1410-04.НАПБ Б.03.002-2007.

21. Пожежна безпека. Загальні положення [Текст] : ДСТУ 8828:2019. – [Чинний від 2020-01-01]. – Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2020. – 87 с.

22. Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою [Текст] : ДСТУ Б В.1.1-36:2016. – [Чинний від 2017-18-01]. – Київ : Мінрегіон України, 2017. – 34 с.

23. Системи протипожежного захисту. Зі зміною № 1 [Електронний ресурс] : ДБН В.2.5-56:2014. – [Чинний від 2014-11-13]. – Режим доступу : http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=59526

24. Строительные нормы и правила. Производственные здания : СНиП 2.09.02-85. – [Введены с 1985-12-30]. – Москва : Госстрой СССР, 1991. – 14 с.

25. Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами (ВДТ) електронно-обчислювальних машин [Текст] : ДСанПіН 3.3.2.007-98. – [Чинний від 1998-12-10]. – Київ : Міністерство охорони здоров'я України, 1998. – 10 с.

26. Строительные нормы. Указания по проектированию цветовой отделки интерьеров производственных зданий промышленных предприятий : СН 181-70. – [Введены с 1970-01-21]. – Москва : Стройиздат, 1972. – 5 с.

27. Державні санітарні норми. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень [Текст] : ДСН 3.3.6.042-99. – [Чинний від 1999-12-01]. – Київ : Держстандарт України, 2000. – 16 с.

28. Державні будівельні норми. Природне і штучне освітлення [Текст] : ДБН В.2.5-28-2006. – [Чинний від 2006-05-15]. – Київ : Держстандарт України, 2006. – 76 с.

29. Державні санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку [Текст] : ДСН 3.3.6.037-99. – [Чинний від 1999-12-01]. – Київ : Держстандарт України, 1996. – 15 с.