

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

**Механіко-машинобудівний інститут
Кафедра технології машинобудування**

До захисту допущено:

В.о. завідувача кафедрою

_____ **Юрій ПЕТРАКОВ**

«__» _____ 2020 р.

**Дипломний проект
на здобуття ступеня бакалавра
за освітньо-професійною програмою «Технології машинобудування»
спеціальності 131 «Прикладна механіка»
на тему: « Контрторсько-технологічне забезпечення виготовлення
деталі «Корпус»**

Виконав :

студент IV курсу, групи МТ-61

Кобзарьов Іван Сергійович _____
(прізвище, ім'я, по батькові)

_____ (підпис)

Керівник:

Професор кафедри, д.т.н., професор **Пуховський
Євгеній Степанович** _____

(посада, науковий ступінь, вчене звання, піб)

_____ (підпис)

Рецензент:

Старший викладач **Дубнюк Віктор Леонідович**
(посада, науковий ступінь, вчене звання, піб)

_____ (підпис)

Засвідчую, що у цьому дипломному
проекті немає запозичень з праць інших
авторів без відповідних посилань.

Студент _____
(підпис)

Київ – 2020 року

ВІДОМІСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ

№ з/п	Формат	Позначення	Найменування	Кількість листів	Примітка
1	A4		Завдання на дипломний проєкт	2	
2	A4	ДП МТ6112. 00.000 ПЗ	Пояснювальна записка	85	
3	A1	ДП МТ6112. 01.000 Д		1	
4	A1	ДП МТ6112. 02.000 Д		1	
5	A1	ДП МТ6112. 03.000 Т		1	
6	A1	ДП МТ6112. 04.000 Т		2	
7	A1	ДП МТ6112. 05.000 Т		1	
8	A1	ДП МТ6112. 06.000 Т		1	
9	A1	ДП МТ6112. 07.000 К		1	
10	A1	ДП МТ6112. 08.000 К		1	

				ДП МТ6112 00.000.00		
	ПІБ	Підп.	Дата	Відомість дипломного проєкту	Лист	Листів
Розробн.	Кобзарьов І.С.				1	1
Керівн.	Пуховський Є.С.				КПП ім. Ігоря Сікорського Каф. ТМ Гр. МТ-61	
Н/контр.						
Зав.каф.	Петраков Ю.В.					

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Механіко-машинобудівний інститут
Кафедра технології машинобудування

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність – 131 «Прикладна механіка»

Освітньо-професійна програма «Технології машинобудування»

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. завідувача кафедрою

_____ Юрій ПЕТРАКОВ

«___» _____ 2020 р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проєкт студенту

Кобзарьову Івану Сергійовичу

1. Тема проєкту «Конструкторсько-технологічне забезпечення виготовлення деталі «Корпус»»

Керівник проєкту Пуховський Євгеній Степанович, д.т.н., професор
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від «20» травня 2020 р. № 1120-с

2. Термін подання студентом проєкту «___» _____ 2020р.

3. Вихідні дані до проєкту

1. Кресленик деталі «Корпус»

2. Величина замовлення – 500 одиниць.

3. Техніко-економічні характеристики використовуваного обладнання.

4. Зміст пояснювальної записки

1. Використання ЗОР на верстатах з ЧПК.

2. Розроблення креслеників деталі та заготовки.

3. Проектування маршрутного й операційного процесу виготовлення деталі.

4. Проектування складальних креслеників двох верстатних пристроїв.
5. Техніко-економічне обґрунтування дипломного проекту, розрахунок собівартості деталі.
6. Заходи щодо забезпечення охорони праці, техніки безпеки.

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо)

1. Вирішення загальних питань машинобудування – 2 аркуші.
2. Кресленики деталі та заготовки – 1 аркуш.
3. Схеми технологічних переходів операцій – 2 аркуші.
4. Візуалізація технологічних переходів за допомогою САМ-системи – 1 аркуш.
5. Креслення пристроїв

6. Дата видачі завдання _____

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Термін виконання етапів проекту	Примітка
1	Вирішення загальних питань машинобудування	31.12.2019 р.	
2	Розроблення креслень деталі та заготовки	01.05.2020 р.	
3	Проектування маршрутного та операційного процесів виготовлення деталі	15.05.2020 р.	
4	Проектування складальних креслень двох верстатних пристроїв	01.06.2020 р.	
5	Техніко-економічне обґрунтування дипломного проекту, розрахунок собівартості деталі	05.06.2020 р.	
6	Наведення рекомендацій щодо забезпечення охорони праці, техніки безпеки	07.06.2020 р.	

Студент

Кобзарьов І.С.

Керівник

Пуховський Є.С

Анотація

Пояснювальна записка до дипломного проекту бакалавра містить в собі 85 аркушів формату А4, 36 рисунків, 20 таблиць та один додаток, в якому наведена технологічна документація. При написанні дипломного проекту було використано 14 джерел, серед яких в переважній більшості були підручники та інтернет джерела.

Даний дипломний проект містить в собі також і графічну частину, яка складається з 9 листів А1: використання змащувально – охолоджувальної рідини на верстатах з ЧПК, особливості подачі ЗОР на верстатах з ЧПК, кресленики деталі та заготовки з їх тривимірними моделями, схеми технологічних переходів для операцій 005 та 010, візуалізація переходів в САМ системі SolidCAM та складальні креслення технологічного обладнання для операцій 005 та 010.

В дипломному проекті:

- Розглянуто особливості використання ЗОР на верстатах з ЧПК.
- Особливості використання ЗОР в залежності від типу механічної обробки.
- Розроблено креслений деталі.
- Спроектовано конструкцію заготовки.
- Проаналізовано там обрано схеми базування по ЗТБ і ТБ.
- Розроблено маршрутно-операційних технологічний процес.
- Розраховано припуски.
- Режимі різання.
- Пронормовано витрати часу на виробництво.
- Спроектовано оснастку для операцій 005 та 010.
- Пораховані похибки установки в пристрої на операціях 005 та 010.
- Розраховані сили закріплення та затиску.
- Пораховано собівартість виготовлення деталі.
- Розглянуто питання впливу шуму на робітника.

Зміст

<u>Вступ</u>	8
<u>1. Вирішення загальних питань машинобудування</u>	9
<u>1.1. Вступ</u>	9
<u>1.2. Класифікація ЗОР</u>	9
<u>1.3. Використання ЗОР</u>	12
<u>1.3.1. Токарна обробка</u>	12
<u>1.3.3. Свердління</u>	19
<u>1.3.4. Різьбонарізання</u>	20
<u>2. Технологічний розділ</u>	24
<u>2.1. Аналіз службового призначення</u>	24
<u>2.1.1. Аналіз конструктивних особливостей деталі та її класифікація</u>	24
<u>2.1.2. Аналіз умов роботи деталі в складальній одиниці або вузлі</u>	25
<u>2.1.3. Аналіз вибору конструкційного матеріалу</u>	25
<u>2.2. Визначення типу виробництва та аналіз його впливу на завдання технологічного підготовки виробництва</u>	26
<u>2.3. Короткий аналіз технологічності конструкції деталі</u>	28
<u>2.4. Проектування конструкції заготовки</u>	28
<u>2.4.1. Визначення виду та способу виготовлення заготовки</u>	28
<u>2.4.2. Проектування конструкції заготовки</u>	30
<u>2.5. Обґрунтування вибору баз для технологічного процесу виготовлення деталі</u>	31
<u>2.5.1. Обґрунтування вибору загальних технологічних баз</u>	31
<u>2.5.2. Обґрунтування вибору технологічних баз для першої операції</u>	35
<u>2.6. Проектування типових послідовностей оброблення поверхонь заготовки</u>	37
<u>2.7. Проектування технологічного процесу виготовлення деталі</u>	39
<u>2.8. Короткий опис вибору верстатного обладнання</u>	43
<u>2.9. Визначення припусків для технологічних переходів оброблення поверхонь заготовки</u>	45
<u>2.9.1. Визначення припусків розрахунково-аналітичним методом</u>	45
<u>2.9.2. Визначення припусків аналоговими методами</u>	51
<u>2.10. Визначення режимів різання</u>	54
<u>2.10.1. Визначення режимів різання розрахунково-аналітичним методом</u>	54

					ДПБ.МТ6112.00. ПЗ					
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Конструкторсько-технологічне забезпечення виготовлення деталі «Корпус»	Літ.		Арк.	Аркущів	
Разраб.		Кабзарьов І.С.						6	85	
Провер.		Пуховський Е.С.				КПІ ім. Ігоря Сікорського				
Реценз										
Н. Контр.										
Утверд.		Пуховський Е.С.								

2.10.2.	<u>Розрахунок режимів різання аналоговими методами.....</u>	57
2.11.	<u>Нормування технологічних операцій.....</u>	60
2.11.1	<u>Розрахунок поштучного часу для операції.....</u>	60
2.12.	<u>Висновки.....</u>	64
3.	<u>Конструкторський розділ.....</u>	65
3.1.	<u>Розроблення і розрахунок конструкцій верстатних пристроїв.....</u>	65
3.1.1	<u>Вихідні дані для розроблення конструкцій верстатних пристроїв.....</u>	65
3.2.	<u>Теоретичні та методологічні методи проектування верстатних пристроїв.....</u>	67
3.2.1	<u>Розрахунок похибок базування.....</u>	67
3.3.	<u>Розрахунок затискних систем.....</u>	68
3.3.1.	<u>Для операції 005.....</u>	68
3.3.2.	<u>Для операції 010.....</u>	72
3.4.	<u>Висновки.....</u>	74
4.	<u>Економічний розділ.....</u>	75
4.1.	<u>Розрахунок собівартості виробу.....</u>	75
4.1.1.	<u>Сировина та матеріали.....</u>	75
4.1.2	<u>Витрати на виготовлення заготовки.....</u>	75
4.1.3	<u>Зворотні відходи.....</u>	75
4.1.4.	<u>Паливо та енергія на технологічні цілі.....</u>	75
4.1.5	<u>Основна заробітна плата.....</u>	76
4.1.6.	<u>Додаткова заробітна плата.....</u>	76
4.1.7.	<u>Нарахування на заробітну плату.....</u>	76
4.1.8.	<u>Витрати на утримання та експлуатацію устаткування.....</u>	76
4.1.9.	<u>Відшкодування зносу інструментів, витрати на верстатні пристрої.....</u>	77
4.1.10.	<u>Загальновиробничі витрати.....</u>	78
4.1.11.	<u>Загальногосподарські витрати.....</u>	78
4.1.12.	<u>Інші виробничі витрати.....</u>	78
4.1.13.	<u>Позавиробничі витрати.....</u>	78
4.2.	<u>Висновки.....</u>	79
5.2.	<u>Висновки.....</u>	83
	<u>Список використаних джерел.....</u>	84

Вступ

В умовах сучасного високотехнологічного виробництва, така галузь економіки, як машинобудування, через що виникає потреба в постійному вдосконаленні та оновленні обладнання та впровадження нових методів обробки.

Сучасне машинобудування все ширше використовує багатоцільові верстати з ЧПК замість універсальних верстатів, що дозволяє значно підвищити показники якості, точності та зменшити час, витрачений на виготовлення однієї деталі.

Тому проектування дипломного проекту передбачає вирішення загального питання машинобудування, яке полягає у використанні змащувально-охолоджувальних рідин (ЗОР) при механічній обробці на верстатах з ЧПК, як важливої частини процесу механічної обробки.

Також дипломним проектом передбачено технологічне забезпечення виготовлення корпусної деталі на верстатах з ЧПК для малосерійного виробництва.

					ДПБ.МТ6112. 00. ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. Вирішення загальних питань машинобудування

1.1. Вступ

Змащувально охолоджувальні рідини (ЗОР) – це багатокомпонентний вид рідин призначених для поліпшення процесу механічної обробки чорних або кольорових сплавів шляхом змащення та охолодження інструментів. Вони здатні зменшити тертя та захистити заготовку та інструмент від корозії, значно зменшити знос інструменту. Однією з переваг використання ЗОР є моментальний вивід стружки із зони різання.

В залежності від типу механічної обробки та оброблюваного матеріалу застосовують ЗОР з різним хімічним складом. Головними параметрами, за якими відбувається вибір ЗОР, є щільність та в'язкість. Ці параметри залежать від складу рідини та визначають її змащувальні та охолоджуючі властивості. Важливою характеристикою, яку також необхідно враховувати при виборі ЗОР є температура замерзання, що в значній мірі визначає умови, в яких можливо да доцільно використовувати змащувально охолоджуючу рідину.

1.2. Класифікація ЗОР.

На рис. 1.1. можемо встановити, що змащувально охолоджувальні рідини за складом характеризуються наступним чином:

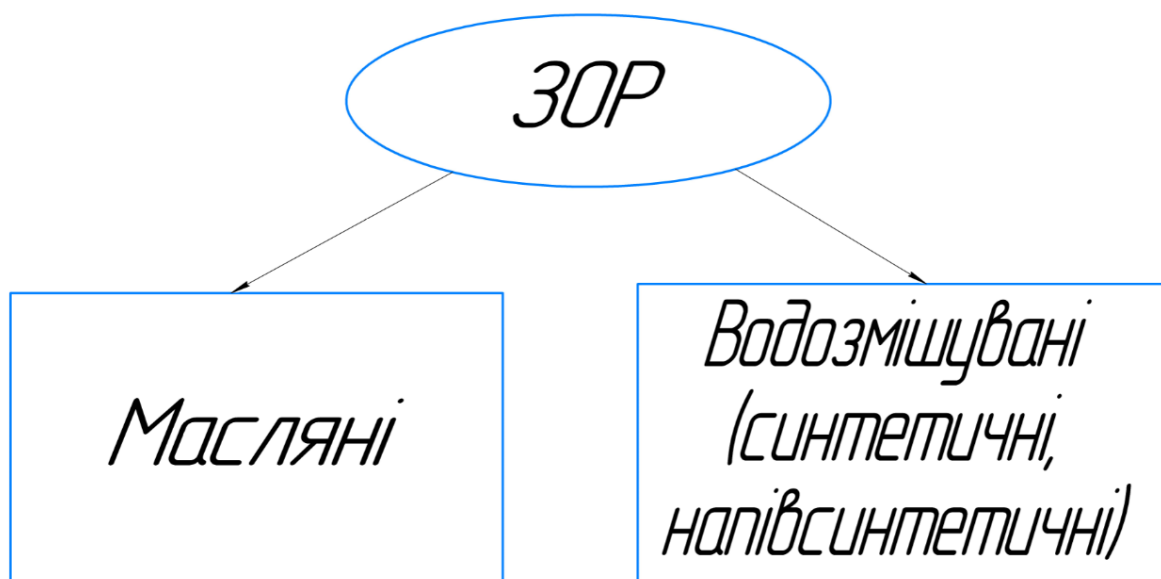


Рис.1.1. Класифікація ЗОР

Масляні змащувально охолоджувальні рідини – це чисті або з додаванням деяких функціональних присадок (антифрикційні, протитуманні, антикорозійні або протизадирні) мінеральні масла, щільність яких коливається від 2-40 мм²/с при температурі 50°C.

Масляні змащувальні охолоджувальні рідини виготовляються лише з нафтопродуктів, відповідно вони відносяться до легкозаймистих горючих рідин.

Головною перевагою даного типу змащувальної рідини є чудові змащувальні параметри, простота у використанні, тому що дана рідина не потребує спеціального приготування. Її можна використовувати одразу після придбання.

До недоліків можна віднести низьку здатність до охолодження, велику ступінь випаровуваності та легкозаймистість рідини, в зв'язку з її походженням.

Використовуються переважно при важких режимах різання: низька подача та велика глибина різання, - на універсальних верстатах та верстатах з ЧПК. Змащувальні рідини на масляній основі знайшли своє широке використання при таких видах обробки як: хонінгування, свердління, розвертання.

Чисті мінеральні змащувальні рідини на масляній основі знайшли своє широке використання при роботі з чорними металами (сталь, чавун), або при обробці таких кольорових сплавів як бронза, латунь мідь.

Також при виборі ЗОР на масляній основі потрібно звертати на наступні характеристики:

- Прозорість, для кращого огляду робочої
- Безпечні для робітника
- Не створюють масляний туман
- Не містять в собі хлор
- Високі змащувальні характеристики.

Синтетичні, напівсинтетичні ЗОР

Водозмішувані ЗОР містять в собі велику кількість органічних та неорганічних речовин, таких як: вода, спити, біоцини, емульгатори, протизадирні присадки, інгібітори корозії. Звідки можна одразу виявити переваги даного типу ЗОР: дешевизна та простота у приготуванні, високі охолоджувальні властивості, низька пожежонебезпека. До недоліків можна віднести велике пінення рідини, здатність до ураження мікроорганізмами (може швидко зіпсуватись), необхідність часто оновлювати її кількість та необхідність в приготуванні.

Водозмішувані ЗОР поставляються на підприємство у вигляді концентрату, який використовується для приготування водних емульсій шляхом додавання до нього води прямо на підприємстві. Але при цьому необхідно дотримуватися правильних пропорцій додавання води, для отримання рідини необхідної концентрації. Після додавання води, розчин необхідно ретельно розмішати.

Водозмішувані ЗОР можна умовно поділити на 3 групи (рис.1.2)

					ДПБ.МТ6112. 00. ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рис.1.2. Види водозмішуваних ЗОР

Водорозчинні ЗОР характеризуються чудовими охолоджувальними властивостями і тому підходять для високошвидкісних режимів обробки металів. Крім того, вони дають можливість робочий розчин різної концентрації, що розширює використання даного виду емульсолів в металообробці.

Як приклад, одна марка змащувально-охолоджувальної рідини може використовуватися як при чорновій обробці так і при чистовій, в залежності від концентрації. Таким чином було встановлено наступні величини концентрації емульсії для режимів оброблення: для чорнової обробки концентрація досягає 2-5%, для особливо важких режимів обробки використовують розчини з концентрацією до 8%. Для шліфувальних операцій використовують синтетичні ЗОР з невисокою концентрацію 1,5-2,5%.

Рекомендовані концентрації і призначення кожної марки ЗОР представлені в технічній документації до даної рідини у виробників. Точне дотримання концентрації гарантує стабільність готового розчину ЗОР і дозволяє досягти максимально-ефективну обробку металів.

Умовами нормального використання є постійний та аналіз характеристик ЗОР, які повинні проводитися через певну кількість часу. Контроль здійснюють періодичним моніторингом жорсткості та концентрації (рис.1.3), також іноді перевіряють рівень кислотності, концентрації грибків та бактерій, перевіряють антикорозійність суміші.

Візуально оцінюють величину осаду, колір рідини. На них встановлюють зміну запаху та ін. [1].

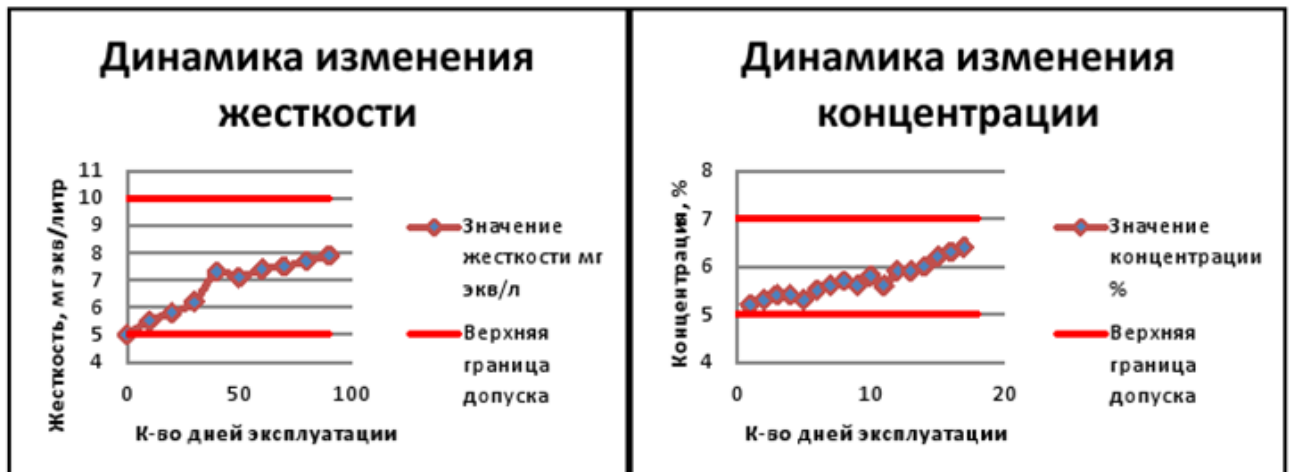


Рис.1.3 Динаміка зміни жорсткості та концентрації ЗОР

1.3. Використання ЗОР

Використання того чи іншого виду ЗОР в значній мірі залежить від операції, умов оброблення та оброблюваного матеріалу. У зв'язку з цим було проведено значну кількість дослідів, в результаті яких були встановлені рекомендації вибору змащувально-охолоджувальної рідини в залежності від матеріалу та виду механічної обробки.

1.3.1. Токарна обробка

Як було зазначено використання ЗОР зумовлено необхідністю:

- Вивід стружки з зони різання
- Охолодження поверхонь контакту
- Змащування поверхонь інструмента та заготовки

Грамотне використання ЗОР підвищує надійність обробки, збільшує стійкість інструменту. Але в деяких випадках оброблення без ЗОР може вважатися раціональним рішенням, зважаючи на такі фактори як економічність та екологічність, наприклад, при обробленні деталей з високими допусками на обробку.

Але при досягненні високої якості та точності поверхні необхідно використовувати ЗОР. Тому для коректного використання необхідно проаналізувати та раціоналізувати параметри використання ЗОР. Тому для токарної обробки доцільно виділити наступні параметри:

- Тип ЗОР
- Вид підводу ЗОР в зону різання
- Тиск подачі ЗОР

Тип ЗОР

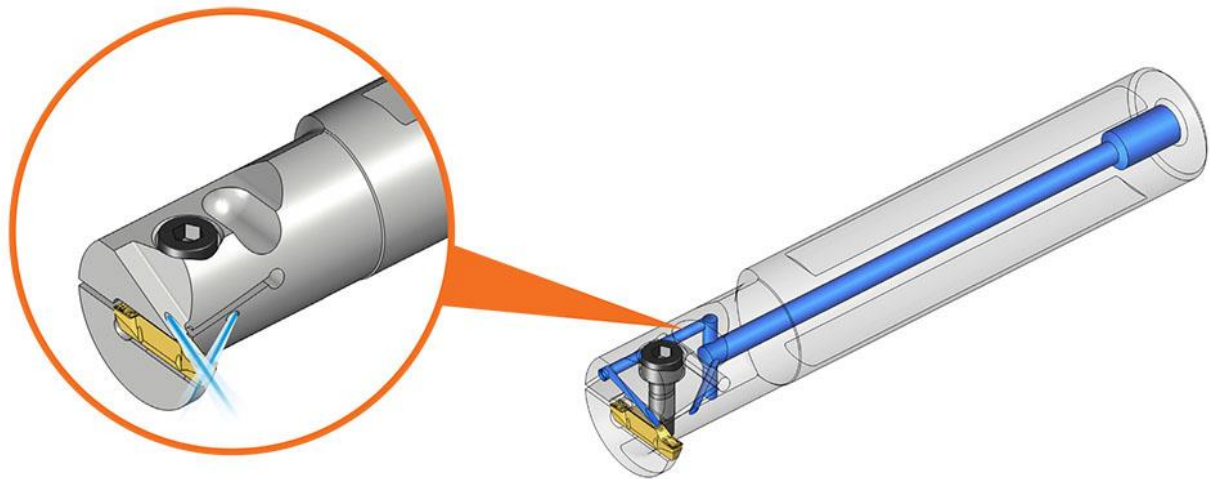
При токарній обробці використовуються різні типи ЗОР та ЗМОТС(змащувально охолоджуючі технологічні середовища):

- Емульсія (концентрації 5-10%)

- Мастило
- Стиснуте повітря
- MQL – мінімальна кількість мастила.
- Криогенне охолоджувальне середовище – зріджений газ.

Підвід змащувально охолоджувальної рідини в зону різання

Сучасні токарні інструменти в більшості випадків мають внутрішній підвід ЗОР через інструмент. Наприклад, через інструмент можна підводити емульсії, мастила або стиснуте повітря. (рис.1.4)



Верхний и нижний каналы СОЖ

Усиленный зажим

Рис.1.4 Підвід ЗОР через інструмент

Також в багатьох інструментах реалізований нижній та верхні підводи, що робить сучасні інструменти високотехнологічними, що дозволяє отримати підвищені характеристики якості поверхні. Тому подачу ЗОР можна здійснювати наступними методами:

1. Високоточний верхній підвід

Подача ЗОР відбувається через сопло прямо в зону різання зі сторони передньої поверхні різального інструменту. Більше того ЗОР подається прямо в зону між різальною кромкою та стружкою. До переваг можна віднести зниження температури, збільшення контролю над стружкодроблінням. При збільшенні тиску збільшується величина стружкодробління. Як результат ми отримуємо більшу надійність обробки. Для налаштування подачі рідини для кожного окремого переходу можна налаштовувати тиск подачі шляхом зміни діаметру сопла. Високоточний підвід зображений на рис(1.5)

					ДПБ.МТ6112. 00. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13



Рис.1.5. Високоточний підвід ЗОР

Таким чином даний спосіб доцільно використовувати як на чистових операціях так і на чорнових, змінюючи тиск подачі.

При низькоточному верхньому підводі не досягаються такі якості як при високоточному. Процес дроблення стружки не контролюється.

2. Нижній підвід ЗОР

В конструкції сучасних токарних інструментів передбачений підвід ЗОР знизу. Це дозволяє контролювати температуру зони контакту, що значно впливає на стійкість інструменту, тим більше підвищується контроль над обробленням, що робить оброблення інструментом більш прогнозованим.

Найбільше ефективність даного методу досягається вже при подачі ЗОР під низьким тиском, але при високому тиску досягається максимальна стійкість інструменту. В зв'язку із чим виникає можливість збільшення подачі та швидкості різання для зростання продуктивності обробки (рис.1.6)

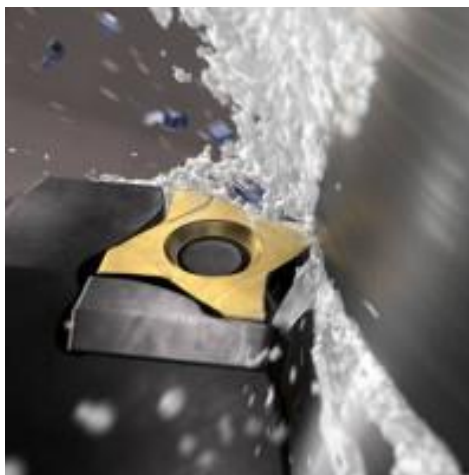


Рис.1.6. Нижній підвід ЗОР

3. Традиційний підвід ЗОР

Традиційні методи підводи ЗОР широко використовувалися на універсальних верстатах та на деяких верстатах з ЧПК. Підвід відбувається не зі сторони інструменту, як в двох попередніх випадках, а зі сторони верстата. Даний тип подачі ЗОР виключає подачу під високим тиском.

Верстат із традиційною подачею ЗОР представлений на рис.1.7.



Рис.1.7 Верстат з традиційною подачею ЗОР

Аналізуючи різні методи підводу, можна виокремити такі переваги верхнього і нижнього підводу при обробленні тих чи інших сплавів табл1.1.

Таблиця 1.1. Переваги використання верхнього та нижнього підводів ЗОР

Оброблюваний матеріал	Тип захисного покриття	Верхній підвід ЗОР	Нижній підвід ЗОР
Вуглецева сталь	CVD	Контроль над дробленням стружки	Стійкість інструменту
	PVD	Контроль над дробленням стружки/стійкість інструменту	
Нержавіюча сталь	CVD	Контроль над дробленням стружки	
	PVD	Контроль над дробленням стружки/стійкість інструменту	

Чавун	CVD	Стійкість інструменту	
	Кераміка	Стійкість інструменту	
Алюмінієві сплави	Без кокриття	Контроль над дробленням стружки/стійкість інструменту	
	PVD	Контроль над дробленням стружки/стійкість інструменту	
	PCD (алмаз)	Контроль над дробленням стружки/стійкість інструменту	
Титанові сплави	PVD	Контроль над дробленням стружки/стійкість інструменту	
	Кераміка	Контроль над дробленням стружки	

Тиск подачі ЗОР

Підвищення тиску подачі збільшує якість та ефективність обробки, але водночас і збільшує витрати на електроенергію, тому доцільно контролювати процес та підвищувати або зменшувати тиск в залежності від необхідних умов. [2]

Експериментальним шляхом були встановлені три наступні групи тиску подачі ЗОР в зону різання:

- I. 7-10 бар: Використовується для нормальних режимів обробки всіх матеріалів. При високоточному підводі можна збільшити режими обробки, без збільшеного зносу інструменту та втрати контролю над процесом оброблення.
- II. 70-90 бар: Використовується при обробленні всіх металів. Передбачає можливість застосування більш жорстких режимів різання. При даному тиску підвищується ламкість стружки, що позитивно впливає на процес різання.
- III. 150-200 бар: Використовується при обробці нержавіючих сталей та жароміцних сплавів. Використання даного тиску потребує спеціально призначених для цього оправки та твердосплавної пластини.

Для оброблення деталей з різних матеріалів точінням рекомендовані наступні види ЗОР (табл.1.2.)

Таблиця 1.2. Рекомендації щодо вибору ЗОР при токарній обробці

Матеріал	Сплави з алюмінію	Латунь, бронза	Леговані сталі	Чавун	Мідь	Вуглецева сталь
----------	-------------------	----------------	----------------	-------	------	-----------------

ЗОР	Мінеральні олії і емульсоли	Мінеральні олії+ жири, емульсоли	Сірковмісні олії	Мінеральні олії	Емульсоли	Мінеральні олії +жири,
-----	-----------------------------------	--	---------------------	--------------------	-----------	---------------------------

1.3.2. Фрезерна обробка

Фрезерування здійснюють двома методами:

1. Фрезерування без ЗОР. Підвищує стійкість різальної кромки. Фрезерування без використання ЗОР обов'язкове при виконанні чорнової обробки. Фрезерування дозволяє досягти заданих параметрів якості, через незначний нагрів поверхні контакту через те, що фрезерування відбувається декількома різальними кромками, на відміну від точіння, де обробка виконується постійно однією кромкою, не відводячи її від зони контакту.
2. Фрезерування з використання ЗОР та ЗМОТС використовують в наступних випадках:
 - Для видалення стружки із зони різання шляхом використання стиснутого повітря
 - При фрезерування тонкостінних заготовок. Це необхідно для попередження деформацій заготовок.
 - При фрезеруванні чавунів. Через крихкість чавуну виділяється пил при обробленні необхідно використовувати ЗОР щоб присадити пил, що позитивно вплине як і на здоров'я оператора так і на якість деталей.
 - При фрезеруванні жароміцних сплавів для охолодження температури та тертя в зоні контакту.
 - При чистовій обробці алюмінієвих сплавів та нержавіючої сталі для упередження виникнення наросту на передній поверхні різальної пластини.

Підвід ЗОР при фрезерних операціях:

Традиційно підвід ЗОР при фрезерних операціях здійснюються зі сторони верстата через спеціальні сопла, які можна налаштовувати вручну. Такий спосіб не дозволяє подавати ЗОР під високим тиском у зону різання. Також даний метод передбачає періодичне втручання у роботу оператора для підналаштування сопла подачі ЗОР. Схема традиційної подачі ЗОР зображена на рис.1.8.

					ДПБ.МТ6112. 00. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

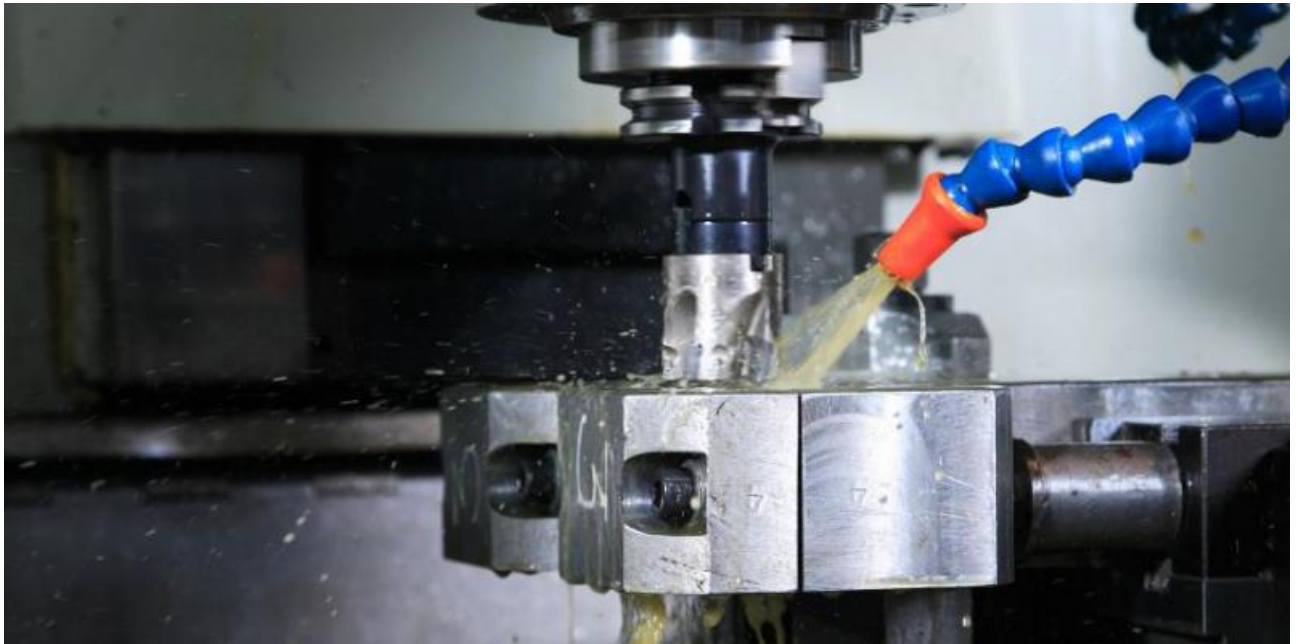


Рис.1.8. Традиційний підвід ЗОР на фрезерному верстаті з ЧПК

Також відомий спосіб підводу ЗОР через сопла, які містяться в інструменті. Перевага даного методу полягає у більш ефективному охолодженні та збільшеному дробленні стружки, через можливість точної подачі рідини в зону різання. Схема підводу ЗОР через інструмент зображена на рис.1.9.

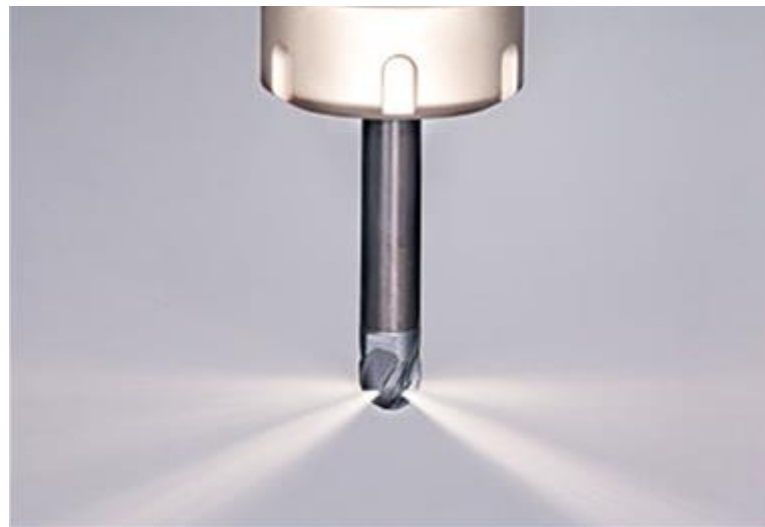


Рис. 1.9. Схема подачі ЗОР через сопла інструмента.

Ще одним варіантом охолодження є утворення масляного туману. Зі сторони шпинделя верстата встановлюють спеціальні розпилювачі, які мають сопло малого діаметру. Охолоджуюча рідина подається під високим тиском та проходить через сопла розпилювача. Таким чином утворюється масляний туман, який потім видаляється за допомогою системи вентиляції. Схема масляного туману зображена на рис.1.10.



Рис.1.10. – Схема подачі ЗОР у вигляді масляного туману.

Рекомендовані ЗОР при виконанні фрезерної обробки в залежності від оброблюваного матеріалу представлені в табл.1.3.

Таблиця 1.3. Рекомендації щодо вибору ЗОР при фрезерній обробці

Матеріал	Сплави з алюмінію	Латунь, бронза	Леговані сталі	Чавун	Мідь	Вуглецева сталь
ЗОР	Емульсоли і мінеральні олії	Емульсоли (3-4%)	Мінеральні олії + жири	Мінеральні олії	Емульсоли (3%)	Емульсоли (3%)

1.3.3. Свердління

Свердління без використання СОЖ не рекомендується і можливе лише у тому випадку свердління отворів невеликої глибини (до трьох діаметрів), та при горизонтальному розташуванні свердла. [3]

Використання ЗОР дозволяє отримати отвір порядком точнішим, ніж без, що в окремих випадках може дозволити скоротити кількість переходів. Для свердління вирізняють два типи підвода ЗОР в зону різання: внутрішній та зовнішній.

Внутрішній підвід ЗОР використовувати завжди краще, ніж зовнішній, тому що таким чином забезпечується краще видалення стружки із отвору, що перешкоджає забивання стружкою отвору. Також знижується температура в зоні контакту. Внутрішній підвід реалізується через отвори які просвердлені в свердлі. Схема підводу зображена на рис.1.11.

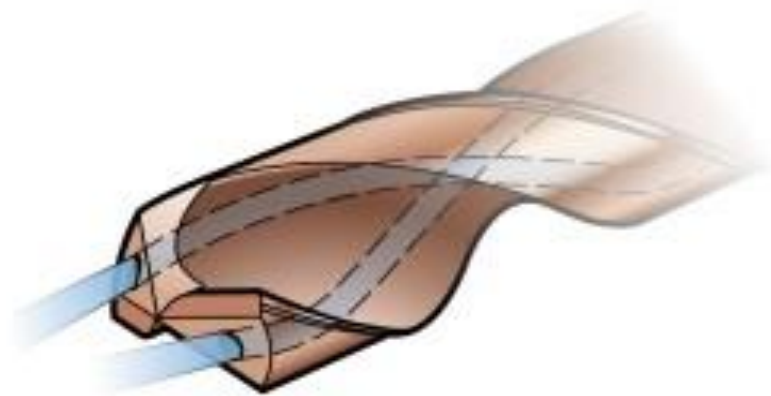


Рис.1.11. Схема підводу ЗОР через інструмент

Зовнішній підвід реалізується так само як і при зовнішньому підводі при фрезерному обробленні, як зображено на рис.1.8.

Для досягнення максимальної ефективності при свердлінні рекомендовано подавати ЗОР під тиском в 70бар. Таким чином досягається максимальна стійкість інструменту, краще видаляється стружка, досягається підвищена стабільність інструменту.

Рекомендовані ЗОР свердлінні в залежності від оброблюваного матеріалу представлені в табл.1.4.

Таблиця 1.4. Рекомендації щодо вибору ЗОР при свердлінні.

Матеріал	Сплави з алюмінію	Латунь, бронза	Леговані сталі	Чавун	Мідь	Вуглецева сталь
ЗОР	Емульсоли (10-15%)	Емульсоли (3-5%)	Емульсоли (3-5%)	Мінеральні олії	Емульсоли (3%)	Мінеральні олії

1.3.4. Різьбонарізання

Відомо декілька видів різьбонарізання таких як точіння різьби, фрезерування, нарізання мітчиком і т.д. Тому застосування ЗОР при нарізанні різьби різними методами потребує різних підходів.

При точінні різьби є правильним використання ЗОР, через можливість забезпечити стружкодробління та стружковідвід, та забезпечення покращеного охолодження різальної кромки та зони контакту.

Для точіння різьби рекомендується високоточний (рис.1.12) або внутрішній підвід ЗОР, таким чином досягається найбільша ефективність через потрапляння ЗОР прямо в зону контакту.



Рис.1.12. Схема високоточного підводу ЗОР при точінні різьби

При фрезеруванні різьби застосування ЗОР не рекомендуються, так як при застосуванні збільшуються коливання температури на виході та на вході, що може призвести до появи термічних тріщин, що вважається невірним браком. Тому доцільно використовувати лише обдування стиснутим повітрям для кращого видалення стружки.

Використання ЗОР при фрезеруванні різьби доцільно лише при чистовій обробці алюмінієвих сплавів, чавунів, жароміцних сплавів та нержавіючих сталей. Реалізація підводу ЗОР відбувається або через сопла в середині інструменту (рис.1.13) або здійснюють підвід зі сторони верстата, через окремі сопла.



Рис.1.13. Схема підводу ЗОР до інструменту

При нарізанні різьби мітчиком рекомендується внутрішній підвід ЗОР (рис.1.14), особливо при обробленні металів, які дають зливну стружку, та при обробленні глибоких отворів. При даному виді підводу ЗОР знижується знос різальної кромки завдяки покращеному охолодженню зони різання.



Рис.1.14. Схема внутрішнього підводу ЗОР мітчика

Наружний підвід ЗОР вважається найрозповсюдженішим методом подачі, та допускається до використання при задовільному стружкоутворенні. Для покращення видалення стружки рекомендується підводити максимально близько сопла ЗОР до зони різання (рис.1.15).

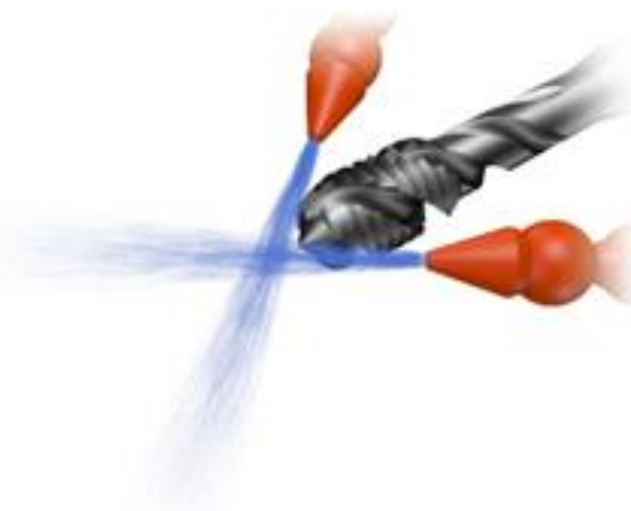


Рис.1.15. Схема зовнішнього підводу ЗОР при нарізанні різьби мітчиком

Рекомендовані ЗОР при виконанні нарізанні різьби в залежності від оброблюваного матеріалу представлені в табл.1.5.

					ДПБ.МТ6112. 00. ПЗ	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.5. Рекомендації щодо вибору ЗОР при нарізанні різьби

Матеріал	Сплави з алюмінію	Латунь, бронза	Леговані сталі	Чавун	Мідь	Вуглецева сталь
ЗОР	Сірко- і хлоровмістні емульсії	Мінеральні олії + жири	Мінеральні олії + жири	Мінеральні олії + жири	Емульсоли (3+5%)	Мінеральні олії + жири

1.4. Висновки

В даному розділі було розглянуте питання використання змащувальних охолоджувальних рідин (ЗОР) на верстатах з ЧПК. А саме були визначені різні види ЗОР (на масляній на водній основі), та розглянуті особливості їх застосування при токарній, фрезерній обробці, свердлінні та нарізанні різьб токарним різцем, фрезою, мітчиком.

2. Технологічний розділ

2.1. Аналіз службового призначення

2.1.1. Аналіз конструктивних особливостей деталі та її класифікація

При аналізі тривимірної моделі «Корпус» можемо виявити наступне: деталь представляє собою тіло, яке складається зі зрізаної піраміди та циліндру, на якому нарізана канавка. Циліндр виконаний по 8-му квалітету та має розмір $\varnothing 170H8$. Таким чином можна дійти висновку, що деталь «Корпус» встановлюється валом $\varnothing 170H8$, в отвір іншої деталі, а кріпиться болтами через 4 отвори $\varnothing 22$, а канавка слугує поверхнею для розміщення ущільнюючого кільця. Через що можна припустити, що роль даного корпусу в складальному кресленні – другорядна.

По периметру корпусу профрезеровано чотири пази шириною 48 мм. В кожному пазі утворено по кріпильному отвору: 2 отвори M12 та 2 отвори M30. Розташування отворів – діаметральне. На нижній поверхні просвердлено 4 отвори: 2 отвори $\varnothing 6$ мм та 2 отвори $\varnothing 10$ мм, розташування також діаметральне. Отвори, які виконані в пазах, перетинаються з отворами, які розташовані на нижній поверхні. Таким чином можна припустити, що до отворів M30 під'єднується штуцери, через які подається рідина чи повітря, а до отворів M12 – штуцери для відводу повітря.

В середині деталі «Корпус» виконаний ступінчатий отвір, який має наступні діаметри $\varnothing 142$, $\varnothing 75H8$ та $\varnothing 65H8$. Оскільки складальне креслення деталі у виробі відсутнє, то можемо припустити, що отвори $\varnothing 75H8$ та $\varnothing 65H8$ виконані для розміщення в них втулки. На торці, який утворений суміщенням $\varnothing 142$ та $\varnothing 75H8$, просвердлено 6 кріпильних отворів M12 для встановлення кришки.

На рис.2.1 представлений кресленик деталі, який слугує основою для написання технологічного процесу.

					ДПБ.МТ6112. 00. ПЗ	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

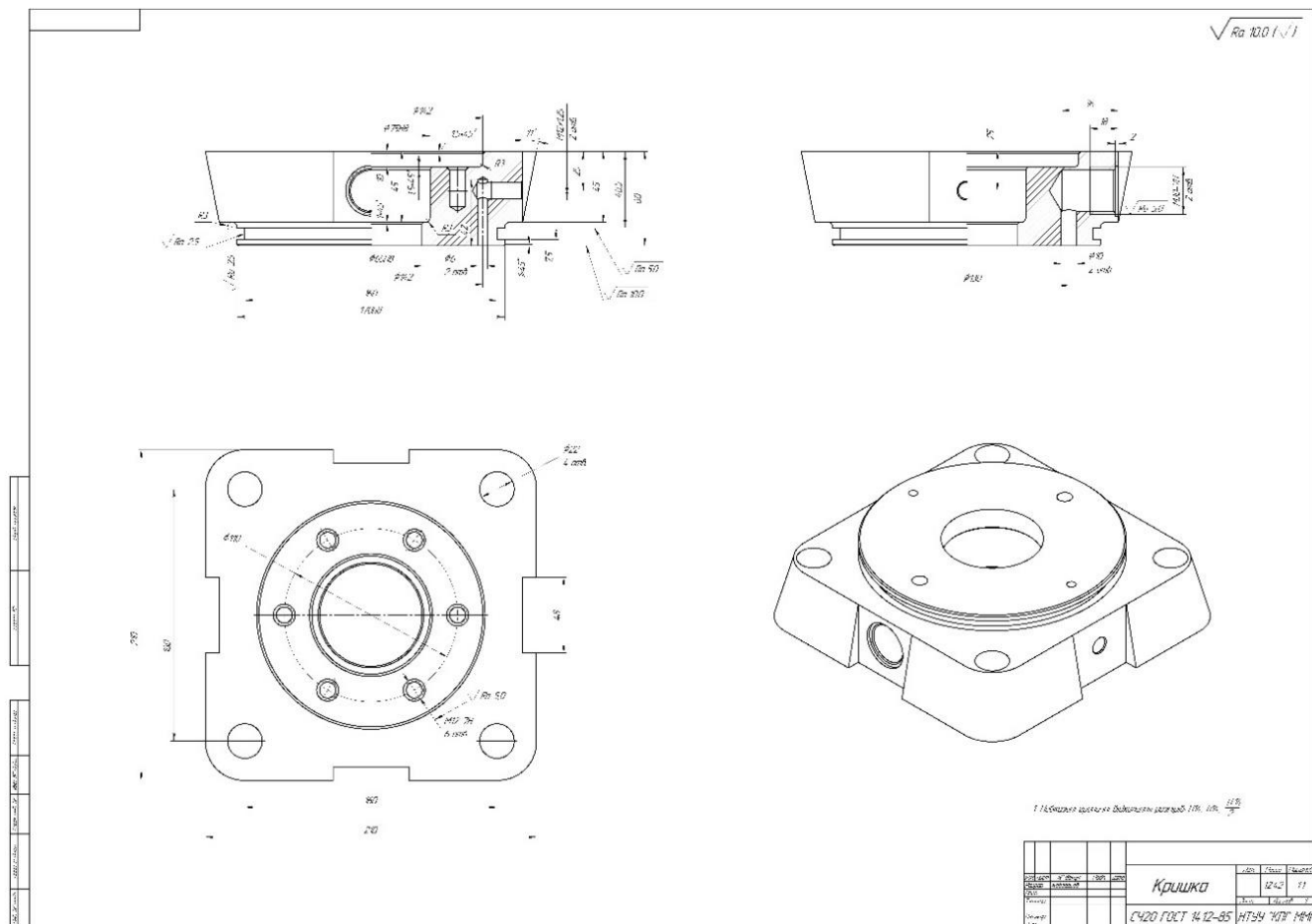


Рис.2.1 Кресленик деталі «Корпус»

2.1.2. Аналіз умов роботи деталі в складальній одиниці або вузлі

Складальне креслення вузла, в який входить "Корпус" – відсутнє як і дані про службове призначення деталі, це створює труднощі щодо точного визначення призначення деталі. В даному випадку доцільно припустити, що деталь «Корпус» не є базовою деталлю, в якій монтуються окремі складальні одиниці і деталі, що з'єднуються між собою з необхідною точністю відносного положення, але враховуючі її конструктивні особливості можна припустити, що до неї підводяться важливі системи, які забезпечують коректну роботу складальної одиниці.

2.1.3. Аналіз вибору конструкційного матеріалу

Конструкційним матеріалом для даної деталі є сірий чавун марки СЧ20 за ГОСТ 1412-85. Аналізуючи інформацію з [4], встановлюємо, що сплав СЧ20 – сірий чавун з додаванням кремнію. У випадку із маркуванням сірих чавунів цифра 20, вказує на границю міцності.

Для даної деталі використання такого матеріалу є доцільним, через його низьку вартість та ливарні можливості сплаву, які дозволяють отримати необхідну форму заготовки. Це зумовлено прийнятною величиною рідкотекучості, за яку відповідає наявність кремнію.

Оскільки в залежності від домішок сплав міняє характеристики, то є доцільним розглянути його хімічний склад. Хімічний склад наведений в таблиці 2.2.

					ДПБ.МТ6112. 00. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

Таблиця 2.1 фізико-механічні характеристики СЧ20 ГОСТ 1412-85

Марка чугуна	$\sigma_{изг}$, МПа	$\sigma_{сж}$, МПа	$\tau_{ср}$, МПа	КС, кДж/м	$E \cdot 10^{-3}$, МПа	$\sigma_{изг}^{-1}$, МПа	$K_{1с}$, МПа·м ^{1/2}
СЧ 20	420	800	200	20	85 – 110	90	15

Хімічний склад СЧ20 ГОСТ 1412-85 подано в таблиці 1.2

Таблиця 2.2

Марка чавуну	Масова доля елементів, %				
	Вуглець	Кремній	Марганець	Фосфор	Сірка
СЧ20	3,3-3,5	1,4-2,4	0,7-1,0	0,2	0,15

2.2. Визначення типу виробництва та аналіз його впливу на завдання технологічного підготовки виробництва

При розробці будь-якого технологічного процесу першим кроком є встановлення типу виробництва, що відіграє значний вплив як і на створенні технологічного процесу, так і на вибір верстатного обладнання, оснащення, інструменту тощо.

Існує всього три види виробництва: одиничне, серійне та масове.

Одиничне виробництво характеризується такими параметрами, як широка номенклатура усіх виробів, використання переважно універсальних верстатів та в обмеженій кількості верстатів з ЧПК. Інструмент в більшості випадків – універсальний. Для нормального функціонування одиничного виробництва потребуються робітники з високою кваліфікацією.

Масове виробництво характеризується тим, що випускає продукцію обмеженої номенклатури, через що виникає можливість у проектуванні спеціальних верстатів, верстатного обладнання та інструменту. Через що виробництво набуває наступних ознак: необхідна низька класифікація робітників, але необхідна висока кваліфікація операторів, які налаштовують обладнання. Зазвичай кожна операція закріплена за окремим верстатом, а верстати розташовуються послідовно у верстатному цеху.

Серійне виробництво – тип виробництва який знаходиться між одиничним та масовим. Відповідно поділяється на малосерійне (схоже з одиничним), середньосерійне та великосерійне (схоже з масовим).

Оскільки даний тип виробництва знаходиться між одиничним та масовим за кількістю випущеної продукції, то характеризується він суміщеними показниками, а саме: класифікація робітників – середня, верстати – як універсальні так і спеціальні, інструмент використовується як універсальний так і спеціальний, розташування верстатів як послідовне так і ні, верстатне оснащення – спеціальне або універсальне.

Класифікувати тип виробництва прийнято двома методами: за розрахунком коефіцієнту закріплених операцій, або класифікувати тип виробництва за допомогою таблиць.

					ДПБ.МТ6112. 00. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

Коефіцієнт закріплених операцій можна порахувати наступним чином:

$$K_{3.0.} = \frac{\sum_{i=1}^n OP_i}{\sum_{j=1}^k PM_j} \quad (2.1)$$

В даній формулі за $K_{3.0.}$ відповідає коефіцієнт закріплених операцій, який розрахований на місяць роботи; OP відповідає за загальну кількість операцій, які повинні бути виконані на ділянці протягом місяця; PM відповідає за кількість робочих місць на кожній окремій ділянці, які виокремлюються при умові різних операцій.

Оскільки ми знаходимось на перших етапах проектування технологічного процесу, то ми не маємо змоги розрахувати тип виробництва за формулою (2.1), тому що не маємо кількості операцій, так як технологічний процес виготовлення деталі ще не був написаний.

Тому для визначення типу виробництва за таблицями необхідно визначити масу деталі. Для початку моделюємо тривимірну деталь в CAD – системі SolidWorks 2018. Та встановлюємо для тривимірної моделі конструкційний матеріал. Програма рахує як об'єм деталі так і її масу. Таким чином ми можемо визначити, що маса деталі складає 12 кг (рис.2.2). За встановленим завданням річний обсяг виробництва даної деталі складає 500 штук.

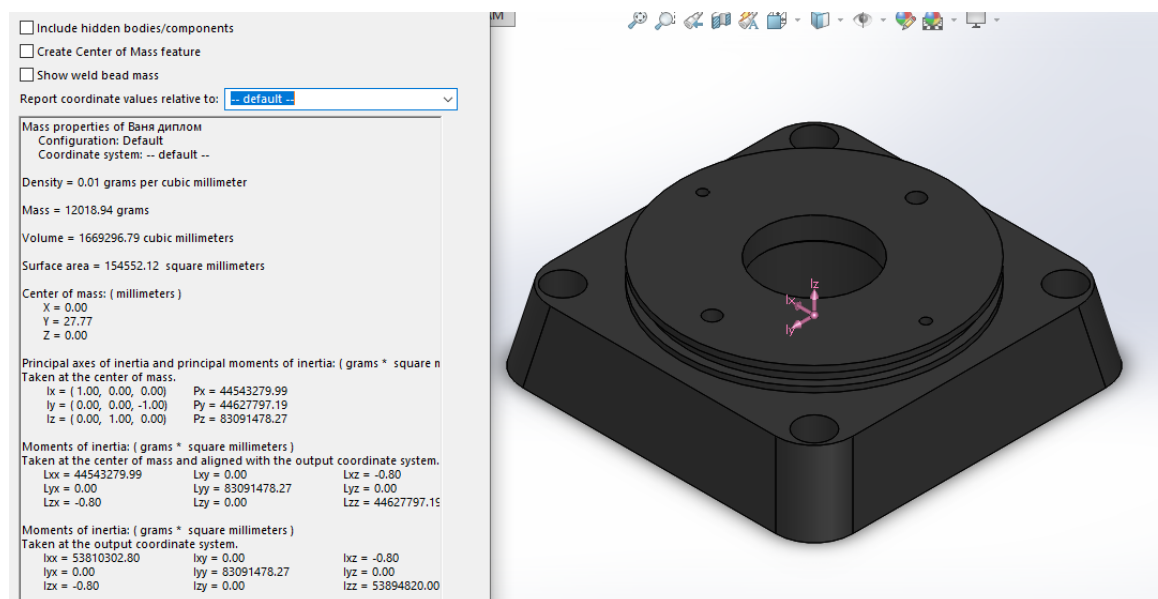


Рис 2.2 Визначення маси деталі

Тому, користуючись таблицею 2.3 Ми можемо визначити, що тип виробництва – малосерійний. Оскільки він схожий з одиничним то для нього бажано використовувати універсальний інструмент, верстатне обладнання та оснащення.

Таблиця 2.3 Визначення типу виробництва

Тип виробництва		Річний обсяг випуску деталей одного найменування, шт.		
		m < 20кг	20 < m < 30	m > 30 кг
Одиничне		до 100	до 10	1...5
Серійне	мале	101...500	11...200	6...100
	середнє	501...5000	201...1000	101...300

	велике	5001...50000	1001...5000	301...1000
Масове		більше 50000	більше 5000	більше 1000

Також для малосерійного виробництва встановлені наступні значення коефіцієнту закріплених операцій: $20 < K_{3.0} < 40$. Обираємо коефіцієнт закріплення в цих межах, який становитиме $K_{3.0} = 30$.

Висновок: Технологічне підготовлення виробництва будемо виконувати для малосерійного серійного типу виробництва з коефіцієнтом закріплення операцій $K_{3.0} = 30$.

2.3. Короткий аналіз технологічності конструкції деталі

Перед написанням технологічного процесу необхідно відпрацювати деталь на технологічність, що дозволить виявити як недоліки так і дозволить ввести покращення. Тому доцільно розглянути переваги та недоліки конструкції даного виробу, матеріалу.

Матеріал для деталі «Корпус» вибраний вдало через його низьку вартість та достатні якості міцності. Що для виконання даної деталі, яка відіграє другорядну роль, є чудовими показниками.

Як було зазначено в розділі 2.1. то дана деталь «Корпус» складається зі зрізаної піраміди та циліндру. Довжина циліндру занадто коротка, щоб закріпити його в токарному патроні. Крім того, закріпитися неможливо і за піраміду, через малу площу контакту, що в результаті може призвести до пошкодження заготовки.

Ще одним фактором, який погіршує обробку є наявність пазів на бічних поверхнях. Незручність їх розташування зумовлює виконання додаткової операції/й.

Таким чином ми виявили всі недоліки та переваги конструкції та матеріалу даної деталі. Аналіз цих даних дозволить якісно спроектувати технологічний процес та виключить можливість появи помилок на подальших етапах проектування.

2.4. Проектування конструкції заготовки

2.4.1. Визначення виду та способу виготовлення заготовки

Наступним кроком при проектуванні технологічного процесу вибір методу виготовлення заготовки та її подальший розрахунок.

В машинобудуванні відомі наступні методи утворення заготовок: литтям, нарізанням прокату, штамповкою, витяжкою, протягуванням, волочінням, ковкою та багато іншими методами, які використовуються в залежності від матеріалу та конфігурації заготовки. Нам відомо, що чавун має чудові ливарні властивості. Крім того, сірий чавун дуже погано піддається обробці тиском, через високу твердість, та наявності графіту в великій кількості. Відповідно використовувати будь-які інші методи окрім лиття – недоцільно, через використання в якості конструкційного матеріалу – сірого чавуну.

					ДПБ.МТ6112. 00. ПЗ	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Сучасне виробництво пропонує велику кількість освоєних методів лиття, серед яких лиття в піщаноглинисті форми як по дерев'яним, металевим так і по виплавляючим моделям. Окрім лиття в піщаноглинисті форми практикують лиття в металеві кокілі під високим тиском, також практикують відцентрове лиття, при якому металеву форму обертають навколо її осі.

Таким чином відомо дуже багато методів виробництва, і саме тому виникає необхідність в підборі методу литва. Литво в металеві форми використовувати в даному випадку не доцільно, тому що виробництво – малосерійне, а виготовлення металевої форми – дороге та складне у виробництві, тому необхідно звернутися до більш дешевих методів лиття.

До дешевих методів лиття відноситься лиття в піщаноглинисті форми, недоліками яких є руйнування піщаної форми після кожної деталі, але в опоках можна розташовувати по декілька деталей. Але даний метод – дешевий, використовується як в одиничному та серійному так і в масовому виробництвах

Постає питання лише в виборі матеріалу для моделей. Лиття по дерев'яним моделям дає виливки з високою шорсткістю поверхні. Лиття по виплавляючим моделям не рекомендовано використовувати при литті чавунів. Тому найоптимальнішим варіантом лиття даної деталі вважаємо лиття по металевим моделям в піщаноглинисті форми. Таким чином ми знайдемо компроміс між вартістю та точністю заготовки.

Відповідно метод лиття: лиття в піщано-глинисті форми за металевими моделям. Формування – машинне.

Даний метод дозволить отримати наступні параметри: точність розмірів ІТ (14-16); параметри шорсткості поверхонь $R_a = (20-5)$ мкм.

Далі користуючись вказівками та методикою розрахунку з ГОСТ 26645-85 визначаємо наступне:

Клас точності виливка – 8;

Ступінь короблення – 5;

Ступінь точності поверхні виливка 11;

Клас точності маси – 9;

Ряд припусків 7;

Далі користуючись методикою наведеною в ГОСТ 26645 визначаємо наступні розміри для поверхонь, які утворюються литтям. Результати розрахунків наведені в табл. 2.4.

Таблиця 2.4. - Припуски і допуски для виливка

№	Параметр	Ø 75H8; Ra10	Ø65H8 Ra10	Ø170h8 Ra2,5	60h14 Ra10,0	45h14 Ra10,0
1	Допуск на розмір виливка	1,4(±0.7)	1,4 (± 0.7)	1,8(± 0.9)	1,2(± 0.6)	1,2(±0,6)

					ДПБ.МТ6112. 00. ПЗ	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2	Вид механічної обробки необхідної для забезпечення точності розмірів деталі	чорнова, напівчистова а чистова	чорнова, напівчистова, чистова	чорнова, напівчистова а, чистова	чорнова,	чорнова
3	Вид механічної обробки необхідної для забезпечення заданої шорсткості поверхні деталі	чорнова, напівчистова а	чорнова, напівчистова	чорнова, напівчистова а	чорнова, напівчистова	чорнова, напівчистова
4	Прийнята кінцева обробка для забезпечення заданої якості деталі	чорнова, напівчистова а чистова	чорнова, напівчистова, чистова	чорнова, напівчистова а, чистова	чорнова, напівчистова	чорнова, напівчистова
5	Загальний припуск на сторону	3,0	3,0	3,4	2,5	2,5
6	Технологічний напуск на сторону в наслідок формувальних уклонів	-	-	3,4	-	-
7	Кінцевий розмір	$67,6 \pm 0,7$	$57,6 \pm 0,7$	$176,8 \pm 0,9$	$66,2 \pm 0,6$	$51,8 \pm 0,6$

2.4.2. Проектування конструкції заготовки

Визначившись з методом лиття, виникає необхідність в конструюванні форми заготовки.

Крім того необхідно спроектувати заготовку таким чином, щоб деталь у опоках розташовувалась таким чином, щоб вона спиралася на ту поверхню, яку буде встановлюватися у вузлі. Далі, користуючись наведеними в [5] рекомендаціями, проектуємо конструкцію

заготовки. Яка представлена на рис.2.3.

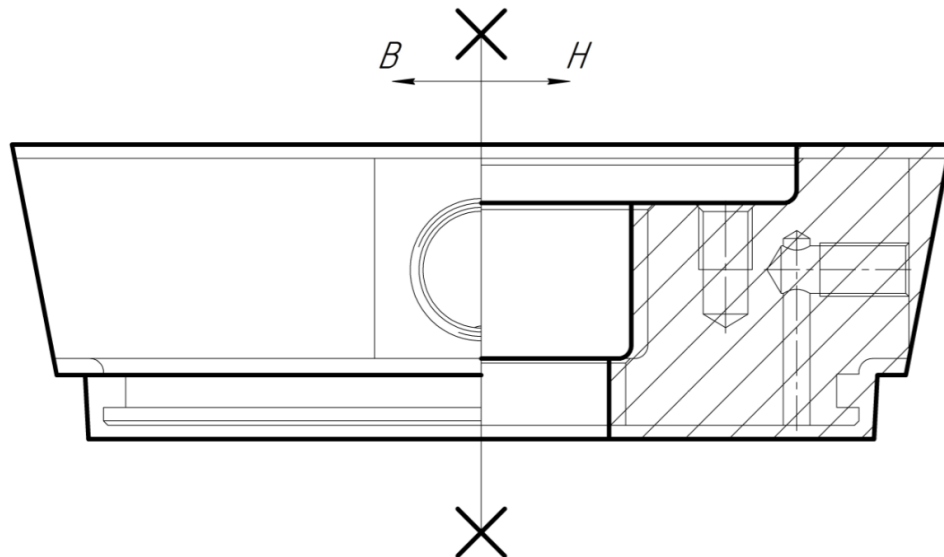


Рисунок 2.3 – Конструкція заготовки

Заготовка містить вертикальну площину рознімання, ступінчастий отвір виготовляється за допомогою стержня. Опоки обираємо за ГОСТ 2133-75 розміром 1000x1000мм. В опоках утворюємо порожнини для лиття чотирьох заготовок. Ливникову систему проектуємо за рекомендаціями [6]

2.5. Обґрунтування вибору баз для технологічного процесу виготовлення деталі

Алгоритм обґрунтування вибору технологічних баз передбачає послідовне виконання таких етапів:

- обґрунтування вибору загальних технологічних баз (ЗТБ);
- обґрунтування вибору технологічних баз (ТБ) для перших операцій технологічного процесу (ТП);

2.5.1. Обґрунтування вибору загальних технологічних баз

Базування - важливий етап розробки технологічного процесу, тому що на даному етапі можливо виключити значну кількість похибок. Тому необхідно розробити схему базування таким чином, щоби була можливість сумістити технологічну базу з вимірювальною.

Перед розробкою схем базування виникає необхідність в класифікації кожної поверхні. В зв'язку із чим прийнято поділяти усі поверхні на наступні:

ОКБ – основні конструкторські бази. Визначають положення деталі у вузлі.

ДКБ – допоміжна конструкторська база. Визначає положення інших деталей у вузлі (шійки під підшипники і т.д.)

КП – кріпильні поверхні, завдяки яким кріпиться деталь до інших.

					ДПБ.МТ6112. 00. ПЗ	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВП – поверхні, які не взаємодіють з іншими деталями, а формують загальний зовнішній вигляд деталі. Є невід’ємною частиною кожної деталі.

Тому класифікуємо поверхні. Їх представлено на рис. 2.4.

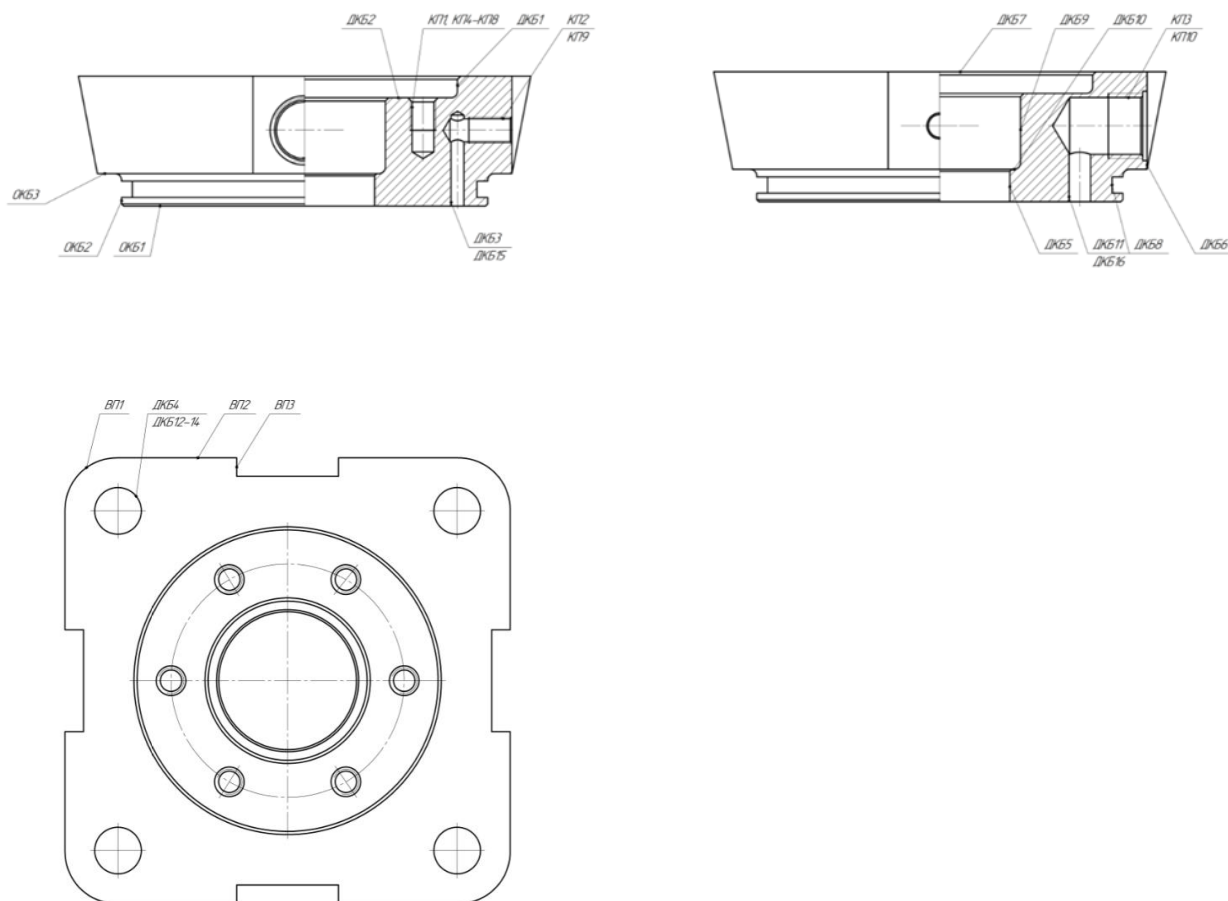


Рисунок 2.4 – Класифікування поверхонь деталі «Корпус»

Розкласифікувавши поверхні деталі в залежності від ймовірного функціонального призначення отримуємо поверхні: ОКБ 1-3, ДКБ 1-16, КП 1-10, ВП 1-3.

Наступним кроком є проектування можливих варіантів базування заготовки. Необхідно перевірити наступне:

- можливість обробити деталь з однієї установки
- можливість використання ОКБ як загально-технологічні бази

Тому приступаємо до розробки ймовірних варіантів.

Схему базування по загальним технологічним базам ЗТБ1 наведено на рис. 2.5

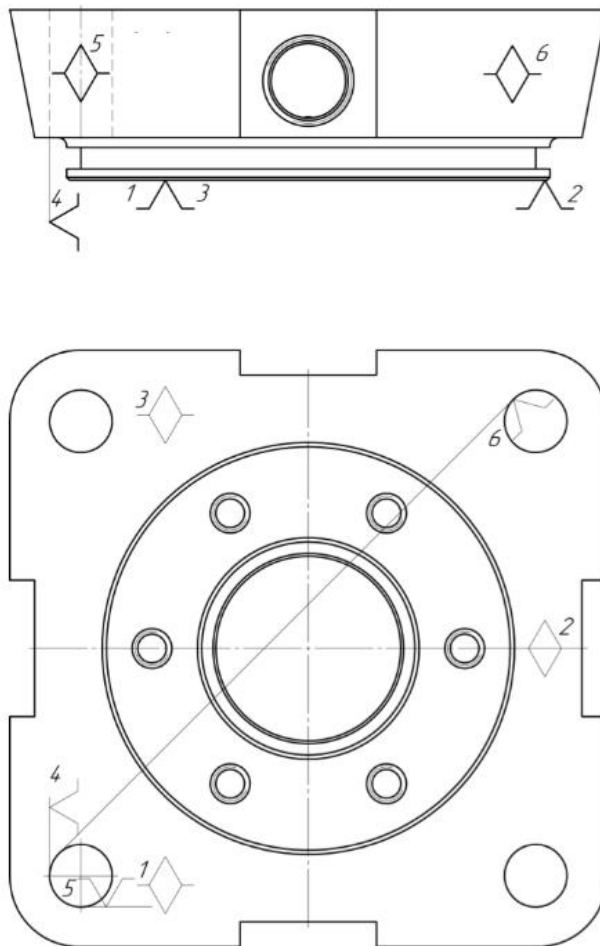


Рисунок 2.5. – Схема базування деталі «Корпус» по ЗТБ 1.

Формула, яка описує базування по загальним технологічним базам 1 (ЗТБ1) має наступний вигляд:

$$СБЗТБ \Rightarrow У(3) + ПО(2) + О(1) \quad (2.2)$$

Реалізація даної схеми базування по ЗТБ1: установча база реалізується установкою деталі на ОКБ1, подвійна опорна реалізується циліндричним пальцем, а опорна – ромбічним. Але тут виникає проблема в зв'язку із низькою точністю необхідних отворів. А для їх використання для базування необхідно придати їм точності не менше дев'ятого квалітету точності. До переваг даної схеми можна віднести можливість обробки бічних поверхонь, які знаходяться у вільному доступі. Деталь легко встановлюється, тому що посадки пальців в отвори ідуть із зазором. Перевагою є також те, що в ролі установчої бази виступає основна конструкторська база. До недоліків можна віднести необхідність придання отворам дев'ятого квалітету, що тягне за собою не лише кількість переходів, а й збільшення кількості інструменту.

Розглянемо наступну схему базування по загальним технологічним базам 2 (ЗТБ2), вона представлена на рис. 2.6.

					ДПБ.МТ6112. 00. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

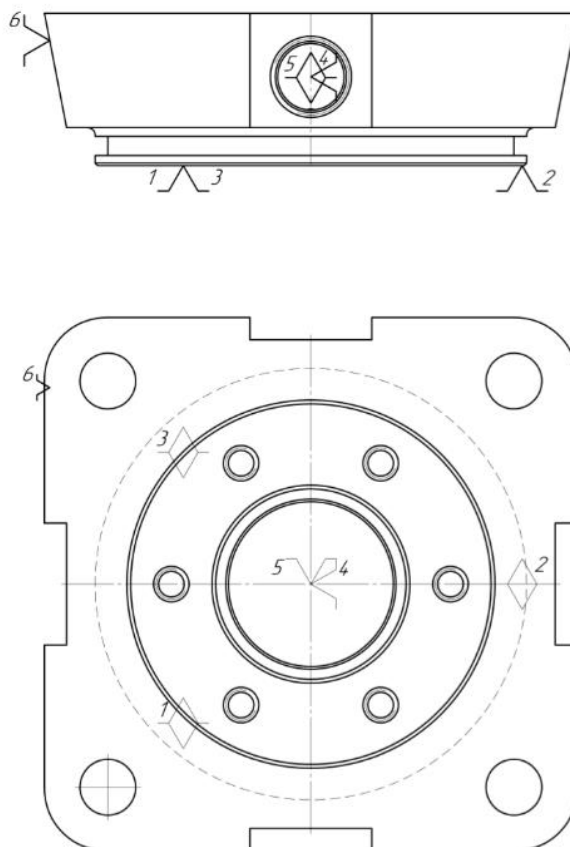


Рисунок 2.6 Схема базування деталі «Корпус» по ЗТБ 2.

Формула, яка описує базування по загальним технологічним базам 2 (ЗТБ2) має наступний вигляд:

$$СБ_{ЗТБ2} \Rightarrow У(3) + ПО(2) + О(1) \quad (2.3)$$

Реалізується вона наступним чином: установча база реалізується площиною ОКБ1, подвійна опорна – циліндричним пальцем, а опорна – звичайний упором. Перевагами такої схеми базування є простота в реалізації, установча база реалізується установкою на основну конструкторську базу. Недоліками є використання бічної поверхні як базу, відповідно обробних поверхонь заготовки, також це виникає необхідність в додаткових пристроях для забезпечення 6-ї точки.

Проаналізувавши всі схеми базування доходимо висновку, що конструкція деталі не дозволяє обробити її за одну установку. Тому виникає необхідність в розмежуванні ЗТБ та ТБ. Для базування по ЗТБ вибираємо компоновочну схему базування по ЗТБ1, тому що вона зручна у використанні, та просто в реалізації. Однак, важливо зауважити, що необхідно підвищити точність отворів для установки в них пальців з зазначеним зазором.

					ДПБ.МТ6112. 00. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

2.5.2. Обґрунтування вибору технологічних баз для першої операції

Оскільки використання одного комплекту баз для даної деталі – неможливо, то розроблюємо схеми базування по технологічним базам. В основному проектування схем базування по ТБ ставить собі оброблення поверхонь, які послугують базами для установки по ЗТБ. Розглянемо реалізацію базування по технологічним базам 1 (ТБ1) для деталі «Корпус» (рис.2.7)

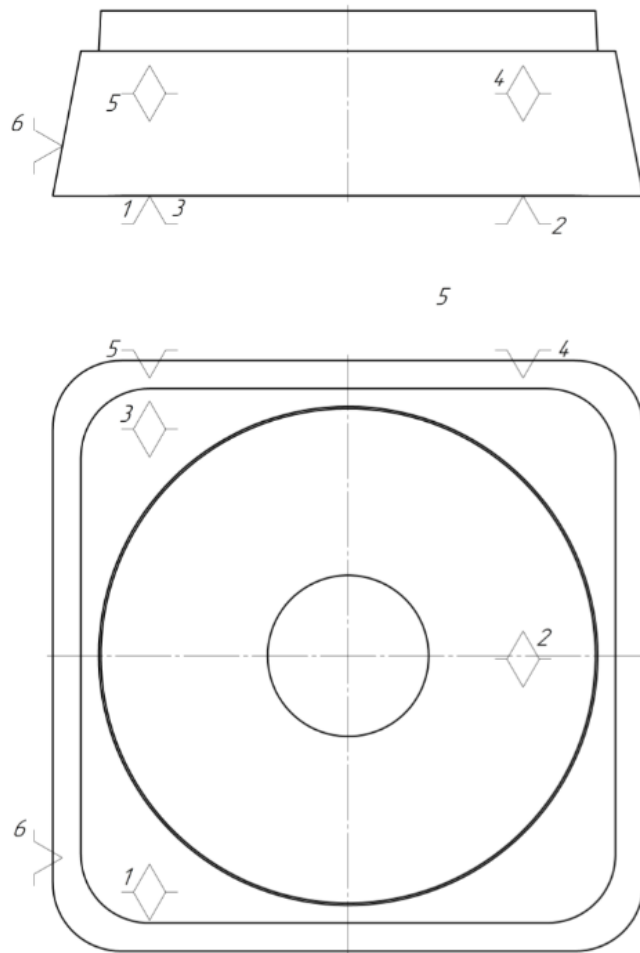


Рисунок 2.7 - Схема базування деталі «Корпус» по ТБ 1.

Структурна формула схеми базування (рис.2.7) по технологічним базам має вид:

$$СБ_{ТБ1} \Rightarrow У(3) + Н(2) + О(1) \quad (2.4)$$

Схема базування реалізується за допомогою механічних лещат. Забезпечує надійність базування, перпендикулярність оброблюваних площин. Недоліками є закритість заготовки з 3-х сторін та нерівномірність розподілу припуску площини фланцю.

Розглянемо наступну схему базування по технологічним базам 2 (ТБ2), яка представлена на рис.2.8.

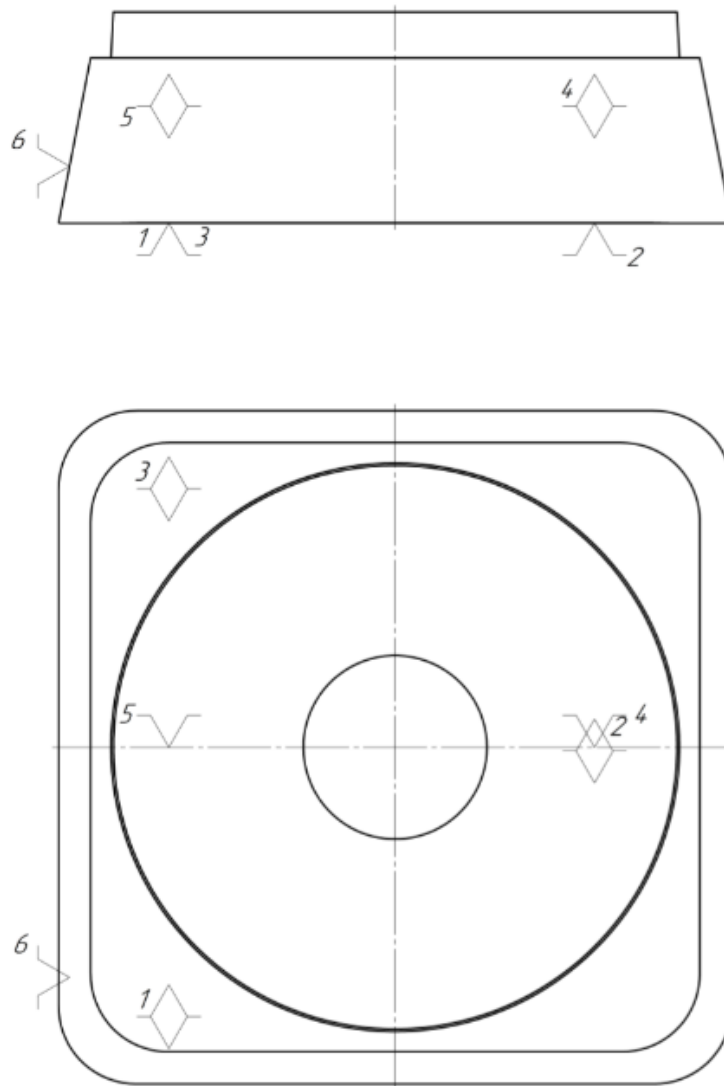


Рисунок 2.8 - Схема базування деталі «Корпус» по ТБ 2.

Структурна формула схеми базування по технологічним базам має вид:

$$СБ_{ТБ2} \Rightarrow У(3) + Н(2) + О(1) \quad (2.5)$$

Данна схема характеризується простотою реалізації, тому що установлюється на площину, а подвійну напрямну реалізуємо за допомогою використання самоцентрівних лещат, опорна реалізується – упором. Перевагами даної схеми є простота в реалізації, переміщення напрямної бази на вісь симетрії, крім того дана схема забезпечує перпендикулярність поверхонь ОКБ, але не формує нерівномірний припуск для оброблення ОКБ, закриває заготовку з 3-х сторін.

Розглянемо наступну схему базування по технологічним базам 3 (ТБ3), яка представлена на рис.2.9.

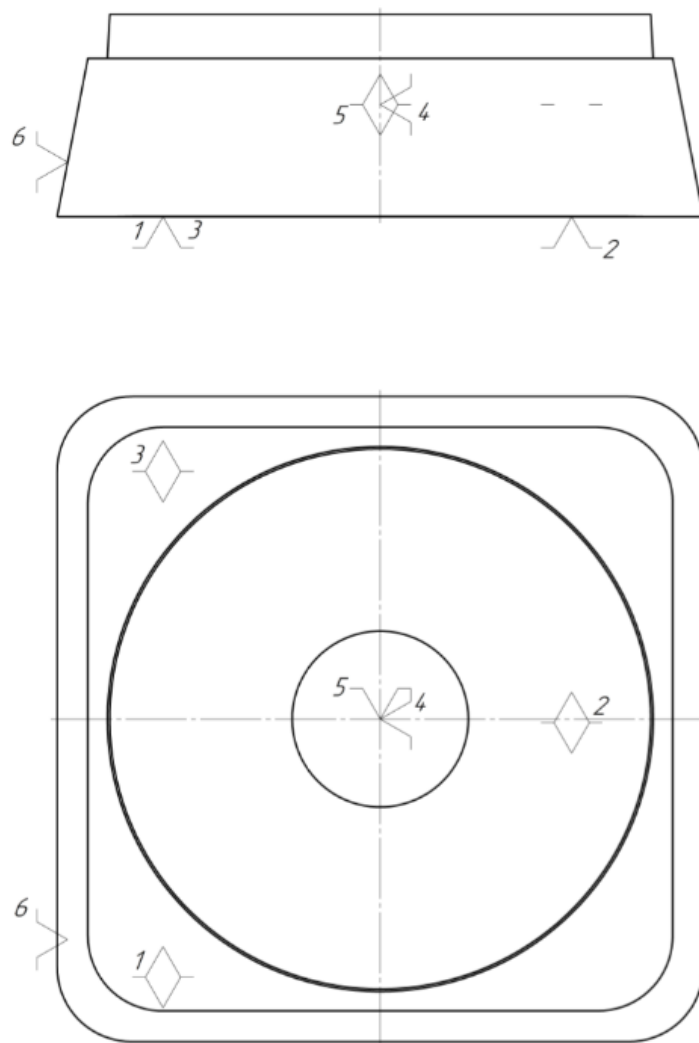


Рисунок 2.9 - Схема базування деталі «Корпус» по ТБ 2.

Структурна формула схеми базування по технологічним базам має вид:

$$СБ_{ТБЗ} \Rightarrow У(3) + ПО(2) + О(1) \quad (2.6)$$

Схема базування реалізується за допомогою установки деталі на площину, що є установчою базою, подвійна опорна – реалізується шляхом установки деталі на розтискну оправку. Опорна база реалізується упором.

Дана схема забезпечує надійність базування, перпендикулярність оброблюваних площин. Недоліками є закритість заготовки з 3-х сторін.

Для базування по технологічним базам обираємо схему базування по ТБ2, тому що вона проста в реалізації, напрямна база знаходиться на вісі симетрії, проста в установці.

2.6. Проектування типових послідовностей оброблення поверхонь заготовки

					ДПБ.МТ6112. 00. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

Наступний крок в створенні технологічного процесу є складення типових маршрутів оброблення поверхонь, та вибір з них одного. Це робиться для того щоб обрати найкращим метод обробки та спроектувати технологічний процес таким чином, щоб можна було використати мінімальну кількість обладнання, оскільки виробництво – малосерійне. Тому створимо декілька маршрутів оброблення поверхонь та обираємо з них найкращі. Результати аналізу приведені в табл. 2.5.

Табл.2.5. Типові маршрути оброблення поверхонь

№ поверхні	За кресленням		Послідовність оброблення	Після оброблення	
	IT	Ra; мкм.		IT	Ra, мкм.
ОКБ1	10	2,5	Фрезерування чорнове	12	10
			Фрезерування чистове	10	5
ОКБ3	12	5	Фрезерування чорнове	12	10
			Фрезерування чистове	10	5
ДКБ3,15	12	10	Центрувати Свердли	12	5
ДКБ11,16	12	10	Центрувати Свердли	12	5
ДКБ8	12	2,5	Обточування чорнове	12	10
			Обточування чистове	10	2,5
ОКБ2	8	2,5	Фрезерування чорнове	12	10
			Фрезерування чистове	10	2,5
			Фрезерування тонке	8	1,6
ДКБ4,12,14	8	2,5	Центрувати	-	-
			Свердли	12	10
			Зенкерувати	10	5
			Розвернути начорно	9	2,5
			Розвернути начисто	8	1,6
ДКБ5,9	8	2,5	Обточування чорнове	12	10
			Обточування чистове	10	2,5
			Обточування тонке	8	1,6

ВПЗ	12	10	Фрезерування чорнове	12	10
КПЗ,10	М30	-7Н	Центрувати	-	-
			Свердлити	12	10
			Цекувати	12	10
			Нарізати різьбу	7Н	6,3
КП2,9	М12	6Н	Центрувати	-	-
			Свердлити	12	10
			Фрезерувати різьбу	7Н	6,3

2.7. Проектування технологічного процесу виготовлення деталі

Наступний крок є проектування технологічного процесу. В сучасному машинобудуванні визначають наступні типи технологічних процесів:

- **Маршрутний.** Нормативним документом є – маршрутна карта, в якій описана кожна окрема операція та можуть бути прописані режими різання для кожного переходу, кожної операції.
- **Операційний.** Нормативний документ – операційна карта, в якій описується лише одна операція, вказується обладнання, оснащення, інструмент та режими різання.
- **Комбінований:** маршрутний + операційний. Нормативний документ поєднує маршрутну карту та операційні. В маршрутну карту записуються лише назви операцій, верстатне обладнання до них, та штучний час. В операційні карти записуються верстатне обладнання, оснащення, інструмент, режими різання для кожного конкретного переходу.

При виборі технологічного процесу необхідно враховувати тип виробництва. Оскільки виробництво – малосерійне, то рекомендований тип написання технологічного процесу – комбінований.

005. Вертикально-фрезерна з ЧПК. Обладнання – вертикально-фрезерний обробляючий центр з ЧПК моделі HAAS VF-2.

А. Установити, закріпити, зняти.

005.01. Фрезерувати поверхню ОКБ1 начорно, витримуючи розмір 1’.

005.02 Фрезерувати поверхню ОКБ1 начисто, витримуючи розмір 1.

005.03 Фрезерувати поверхню ОКБ3 начорно, витримуючи розміри 2’, 10’.

005.04 Фрезерувати поверхню ОКБ3 начисто, витримуючи розміри 2, 10’.

					ДПБ.МТ6112. 00. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

- 005.05 Центрувати положення осей отворів ДКБ3, ДКБ11, ДКБ15, ДКБ16.
- 005.06 Свердлити отвори ДКБ3, ДКБ15 послідовно, витримуючи розміри 3,4,11.
- 005.07 Свердлити отвори ДКБ11, ДКБ16 послідовно, витримуючи розміри 5,6,12.
- 005.08. Розточити поверхню ДКБ8 начорно, витримуючи розміри 7', 8,9.
- 005.09. Розточити поверхню ДКБ8 начисто, витримуючи розміри 7, 8,9.
- 005.10. Фрезерувати поверхню ОКБ8 начорно, витримуючи розміри 1, 10''.
- 005.11. Фрезерувати поверхню ОКБ8 начисто, витримуючи розміри 1, 10'.
- 005.12. Фрезерувати поверхню ОКБ8 тонко, витримуючи розміри 1, 10.
- 005.13 Центрувати положення осей отворів ДКБ4, ДКБ12-14.
- 005.14 Свердлити отвори ДКБ4, ДКБ12-14 послідовно, витримуючи розміри 12,13,15,16,17'''.
- 005.15 Зенкерувати отвори ДКБ4, ДКБ12-14 послідовно, витримуючи розміри 12,13,15,16,17'''.
- 005.16 Розвернути отвори ДКБ4, ДКБ12-14 начорно, витримуючи розміри 12,13,15,16,17'.
- 005.17 Розвернути отвори ДКБ4, ДКБ12-14 начисто, витримуючи розміри 12,13,15,16,17.

					ДПБ.МТ6112. 00. ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

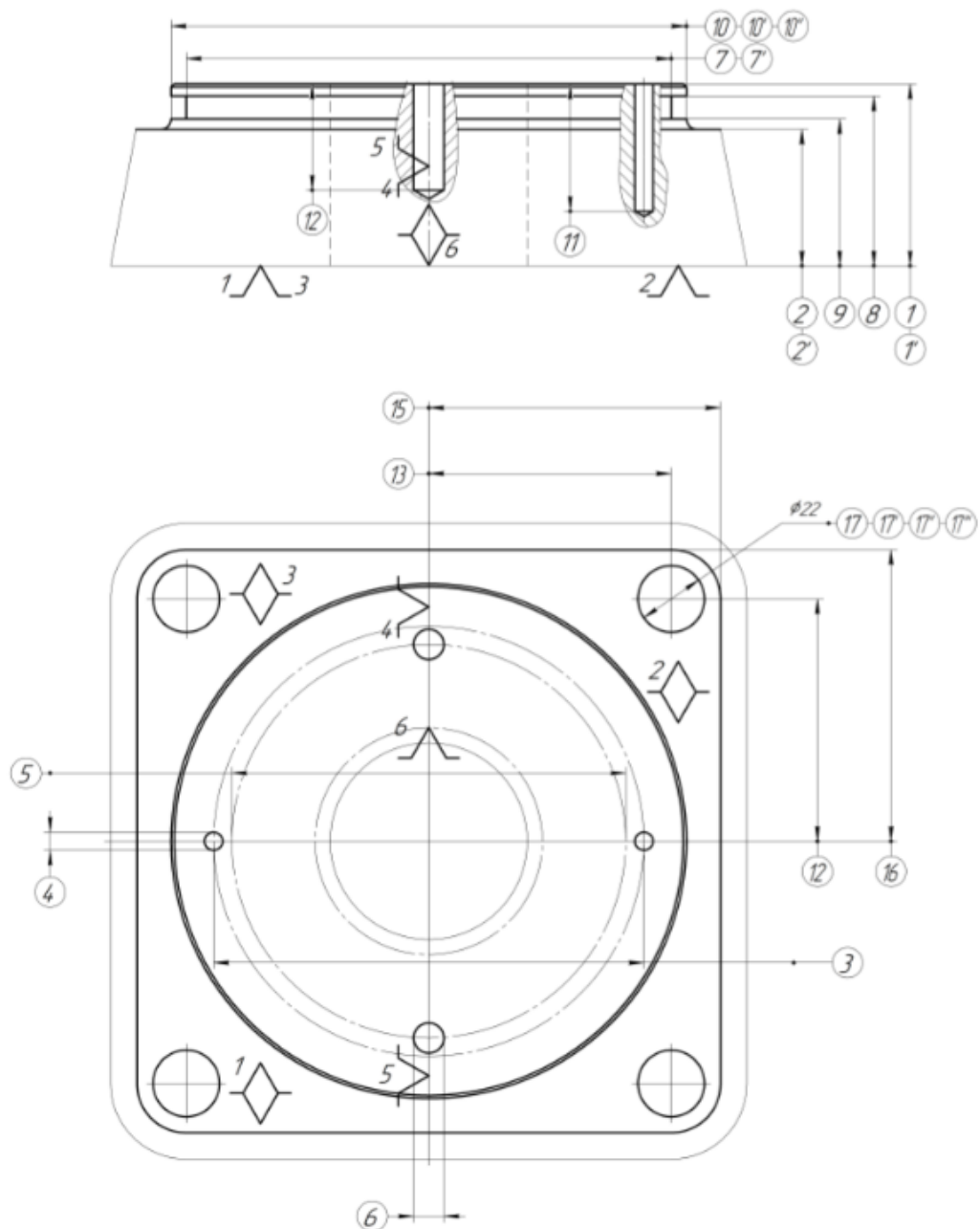


Рисунок 2.10 – Операція 005. Вертикально-фрезерна з ЧПК

010.Вертикально-фрезерна з ЧПК. Обладнання – вертикально-фрезерний обробляючий центр з ЧПК моделі HAAS VF-2.

Установити, закріпити, зняти.

010.01 Фрезерувати поверхню ДКБ7 витримуючи розмір 1

010.02 Розточити начорно поверхню ДКБ9, витримуючи розмір 2'',4,5.

010.03 Розточити начисто поверхню ДКБ9, витримуючи розмір 2',4,5.

010.04 Розточити тонко поверхню ДКБ9, витримуючи розмір 2,4,5.

010.05 Розточити начорно поверхню ДКБ5, витримуючи розмір 2'',4,5.

					ДПБ.МТ6112. 00. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

- 010.06 Розточити начисто поверхню ДКБ5, витримуючи розмір 2',4,5.
 010.07 Розточити тонко поверхню ДКБ5, витримуючи розмір 2,4,5.
 010.08 Центрувати отвори КП1, КП4-8.
 010.09 Свердлити отвори КП1, КП4-8 послідовно витримуючи розміри 6,7,8.
 010.10 Нарізати нарізь на КП1, КП4-8 послідовно витримуючи розміри 7,8,9

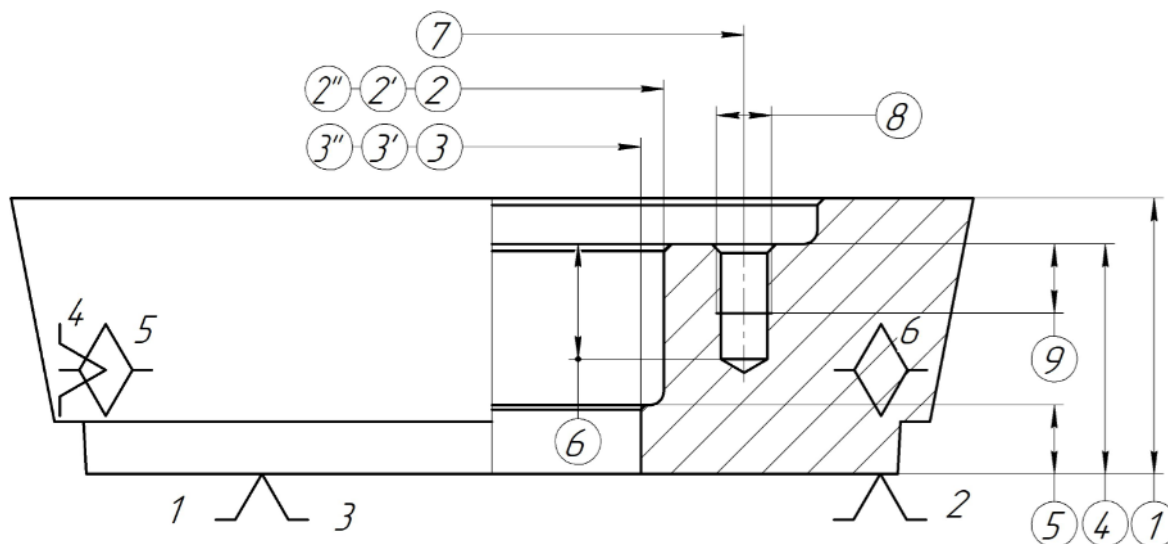


Рисунок 2.11 – Операція 010. Багатоцільова з ЧПК

015. Вертикально-фрезерна з ЧПК. Обладнання – вертикально-фрезерний обробляючий центр з ЧПК моделі HAAS VF-2. Вертикальний поворотний стіл

А. Установити, закріпити, зняти.

- 015.01 Фрезерувати поверхню ДКБ6 витримуючи розмір 1.
 015.02 Центрувати положення осей отворів КП2
 015.03 Свердлити отвори КП2 послідовно, витримуючи розміри 1,2,5,6.
 015.04 Нарізати різьби отворів КП2 послідовно, витримуючи розміри 1,2,3,4.
 015.05 Повернути стіл на 180°
 015.06 Фрезерувати поверхню ДКБ6 витримуючи розмір 1.
 015.07. Центрувати положення осей отворів КП9
 015.08. Свердлити отвори КП9 послідовно, витримуючи розміри 1,2,5,6.
 015.09. Нарізати різьби отворів КП9 послідовно, витримуючи розміри 1,2,3,4.
 015.10. Повернути стіл на 90°
 015.11 Фрезерувати поверхню ДКБ6 витримуючи розмір 7.
 015.12. Центрувати положення осей отворів КП3
 015.13. Свердлити отвори КП3 послідовно, витримуючи розміри 7,8,12.
 015.14. Цекувати КП3 послідовно, витримуючи розміри 7,8,14
 015.15. Нарізати різьби отворів КП3 послідовно, витримуючи розміри 8,9,13.

					ДПБ.МТ6112. 00. ПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

015.16. Повернути стіл на 90°

015.17 Фрезерувати поверхню ДКБ6 витримуючи розмір 7.

015.18. Центрувати положення осей отворів КП10

015.19. Свердлити отвори КП10 послідовно, витримуючи розміри 7,8,12.

015.20. Цекувати КП10 послідовно, витримуючи розміри 7,8,14

015.21. Нарізати різьби отворів КП10 послідовно, витримуючи розміри 8,9,13.

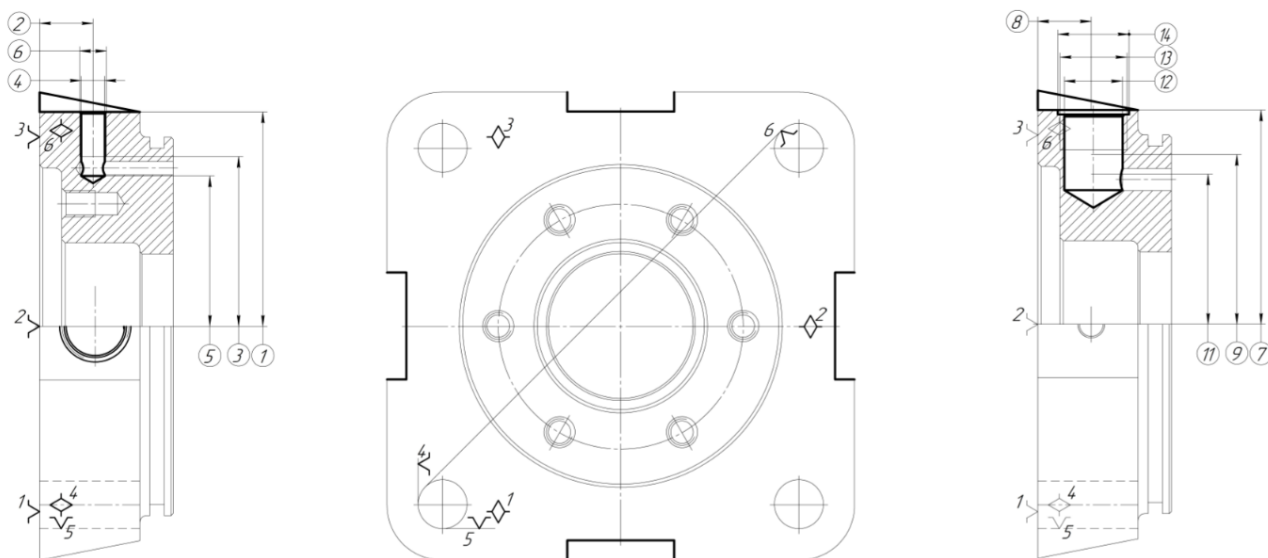


Рисунок 2.12 – Операція 015. Вертикально-фрезерна з ЧПК

020. Мийочна

025. Контрольна

2.8 Короткий опис вибору верстатного обладнання

Враховуючи особливості технологічного процесу, то можна зауважити, що всі переходи можна виконати на вертикально-фрезерному верстаті з ЧПК. Для реалізації використовуємо верстат компанії HAAS модель VF-2. Фото верстата представлено на рис.2.13.

					ДПБ.МТ6112. 00. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43



Рис. 2.13 – Вертикально фрезерний оброблюючий центр Haas VF-2

Вертикально-фрезерний верстат з ЧПК має наступні характеристики, які наведені в таблиці 2.6.

Таблиця 2.6. – Характеристики верстата Haas VF-2

Переміщення по осях:	
Переміщення по вісі X, мм	762
Переміщення по вісі Y, мм	406
Переміщення по вісі Z, мм	508
Розміри столу	
Довжина, мм	914
Ширина, мм	356
Максимальна вантажопідйомність столу, кг	1361
Параметри шпинделя	
Максимальна потужність, кВт	22.4
Максимальна швидкість обертання, об/хв	8100
Ємність магазину інструментів, шт.	30

Для зменшення кількості операцій прийнято рішення використати для операції 015 вертикальний поворотний стіл HAAS HRT 310 (рис.2.14), який дозволить встановити деталь та обертати її для фрезерування пазів та утворенні в них кріпильних отворів.



2.9. Визначення припусків для технологічних переходів оброблення поверхонь заготовки

2.9.1. Визначення припусків розрахунково-аналітичним методом

Аналітичний метод визначення припусків базується на аналізі похибок, що виникає при конкретних умовах обробки заготовки. Сумарне відхилення розташування поверхні у заготовки, одержуваних литтям в піщано-глинисті форми з машинним формуванням за металевими моделями, точність і якість поверхонь.

Розрахунок припуску для отримання отвору $\varnothing 75H8 (0 \dots -0,046 \text{ мм})$ ($Ra 2,5$)

Технологічний процес містить в собі 3 переходи:

Розточування чорнове $H12$, $Ra = 10 \text{ мкм}$,

Розточування чистове $H10$ $Ra = 5 \text{ мкм}$,

Розточування тонке $H8$, $Ra = 2,5 \text{ мкм}$.

Поля допусків:

- заготовка $T_{d0} = 0,74 \text{ мм}$;
- Розточування чорнове $T_{d1} = 0,3 \text{ мм}$;
- Розточування чистове $T_{d2} = 0,12 \text{ мм}$;
- Розточування тонке $T_{d3} = 0,046 \text{ мм}$;

					ДПБ.МТ6112. 00. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

Сумарне відхилення розташування поверхні у заготовки, одержуваних литтям в піщано-глинисті форми з машинним формуванням за металевими моделями, точність і якість поверхонь:

- для заготовки

$$R_{z_0} = 0.1\text{мм}, T = 0.1\text{мм},$$

Якість поверхонь після механічної обробки:

- для чорнового розточування $R_{z_1} = 0.05\text{мм}, T_1 = 0.05\text{ мм};$

- для чистового розточування $R_{z_2} = 0.04\text{мм}, T_2 = 0.04\text{мм};$

- для тонкого розточування $R_{z_3} = 0.01\text{мм}, T_3 = 0.015\text{ мм};$

Для визначення припусків будемо використовувати формулу:

$$2Z_{\text{imin}} = 2 \left(R_{zi-1} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_i^2 + \varepsilon_i^2} \right) \quad (2.7)$$

Де: R_{zi-1} – висота нерівностей профілю на попередньому переході;

T_{i-1} - глибина дефектного поверхневого шару на попередньому переході;

ρ_i - сумарні відхилення розташування поверхні;

ε_i - похибка установки заготовки на виконуваному переході.

Сумарні просторові відхилення:

$$\rho_z = \sqrt{\rho_{\text{кор}}^2 + \rho_{\text{см}}^2} \quad (2.8)$$

$$\rho_{\text{кор}} = \sqrt{(\Delta_k d)^2 + (\Delta_k l)^2} = \sqrt{(0,7 * 75)^2 + (0,7 * 35)^2} = 0,0579\text{ мм}; \quad (2.9)$$

Де:

$\Delta_k = 0,7\text{ мкм/мм}$ - величина питомого жолоблення табл. 32 [5]

d, l – діаметр та довжина оброблюваного отвору

$$\rho_{\text{см}} - \rho_{\text{П}} \cdot D = 0,001 * 75 = 0,075\text{ мм}; \quad (2.10)$$

$\rho_{\text{П}} = 0,001\text{ мкм/мм}$ - питома перекіс осі, т. 4, 7, 4, 8 с 66. . . 71 [3];

Просторове відхилення для заготовки:

$$\rho_z = \sqrt{\rho_{\text{кор}}^2 + \rho_{\text{см}}^2} = \sqrt{0,0579^2 + 0,075^2} = 0,095\text{ мм}. \quad (2.11)$$

Сумарні і просторові відхилення після обробки визначаємо за формулою:

$$\rho_i = K_y * \rho_0 \quad (2.12)$$

Де: K_y - коефіцієнт уточнення;

Просторові відхилення при чорновому розточуванні:

$$\rho_1 = K_y * \rho_0 = 0,06 * 0,095 = 0,0057\text{ мм}; \quad (2.13)$$

					ДПБ.МТ6112. 00. ПЗ	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

K_y - коефіцієнт уточнення для чорнової обробки = 0,06 мкм;

Просторові відхилення після чистового розточування:

$$\rho_2 = K_y * \rho_1 = 0,04 * 0,095 = 0,0038 \text{ мм}; \quad (2.14)$$

$K_y = 0,04$;

Просторові відхилення після тонкого розточування:

$$\rho_2 = K_y * \rho_1 = 0,02 * 0,095 = 0,0019 \text{ мм}; \quad (2.15)$$

$K_y = 0,02$.

Визначаємо похибку установки:

$$\varepsilon_i = \sqrt{\varepsilon_\delta^2 + \varepsilon_3^2} \quad (2.16)$$

Де

$\varepsilon_\delta = 0$ - похибка базування;

$\varepsilon_3 = 0,02$ мм - похибка закріплення зажим в установі;

$$\varepsilon_i = \sqrt{\varepsilon_\delta^2 + \varepsilon_3^2} = \sqrt{0 + 0,02^2} = 0,02 \text{ мм}. \quad (2.18)$$

Розрахуємо мінімальні припуски на обробку:

$$Z_{1\min} = \left(R_{z0} + T_0 + \sqrt{\rho_0^2 + \varepsilon_0^2} \right) = \left(0,1 + 0,1 + \sqrt{0,095^2 + 0,02^2} \right) = 0,297 \text{ мм}; \quad (2.18)$$

$$2 \cdot z_{1\min} = 0,594 \text{ мм}. \quad (2.19)$$

$$Z_{2\min} = \left(R_{z1} + T_1 + \sqrt{\rho_1^2 + \varepsilon_1^2} \right) = \left(0,05 + 0,05 + \sqrt{0,0038^2 + 0,02^2} \right) = 0,12 \text{ мм}; \quad (2.20)$$

$$2 \cdot z_{1\min} = 0,24 \text{ мм}. \quad (2.21)$$

$$Z_{3\min} = \left(R_{z2} + T_2 + \sqrt{\rho_2^2 + \varepsilon_2^2} \right) = \left(0,04 + 0,04 + \sqrt{0,0019^2 + 0,02^2} \right) = 0,1 \text{ мм}; \quad (2.22)$$

$$2 \cdot z_{1\min} = 0,2 \text{ мм}. \quad (2.23)$$

Розрахуємо максимальні припуски на обробку:

$$z_{1\max} = z_{1\min} + \frac{Td_0 - Td_1}{2} = 0,297 + \frac{0,740 - 0,300}{2} = 0,517 \text{ мм}. \quad (2.24)$$

$$2 \cdot z_{1\max} = 1,034 \text{ мм}. \quad (2.25)$$

$$z_{2\max} = z_{2\min} + \frac{Td_1 - Td_2}{2} = 0,12 + \frac{0,300 - 0,120}{2} = 0,210 \text{ мм}. \quad (2.26)$$

$$2 \cdot z_{2\max} = 0,420 \text{ мм}. \quad (2.27)$$

$$z_{3\max} = z_{3\min} + \frac{Td_2 - Td_3}{2} = 0,1 + \frac{0,120 - 0,046}{2} = 0,137 \text{ мм}. \quad (2.28)$$

$$2 \cdot z_{3\max} = 0,274 \text{ мм}. \quad (2.29)$$

Розрахунковий максимальний розмір:

					ДПБ.МТ6112. 00. ПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$d_{3max} = D + Td_3 \rightarrow 75 + 0.046 = 75.046 \text{ мм.} \quad (2.30)$$

$$d_{2max} = d_{3max} - 2 \cdot z_{3max} \rightarrow 75.046 - 0.274 = 74,772 \text{ мм;} \quad (2.31)$$

$$d_{1max} = d_{2max} - 2 \cdot z_{2max} \rightarrow 74,772 - 0.420 = 74,352 \text{ мм} \quad (2.32)$$

$$d_{0max} = d_{1max} - 2 \cdot z_{1max} \rightarrow 74,352 - 1.02 = 73,332 \text{ мм.} \quad (2.33)$$

Таблиця 2.7 Таблиця припусків на механічну обробку розміру Ø75H8

Маршрут обробки поверхні	Елементи припуску				Розрахунковий припуск 2Z _{min} , мм	Допуск Т, мм	Між операційні розміри, мм		Межові значення припусків, мм	
	R _z , мм	T, мм	ρ, мм	ε _y , мм			d _{min}	d _{max}	2Z _{min}	2Z _{max}
Заготовка (лиття)	0,1	0,1	0,095	-	-	0,74	73,28 6	73,33 2	-	-
Зенкування чорнове	0,0 5	0,05	0,005 7	0,0 2	0,597	0,3	74,30 6	74,35 2	0,597	1,034
Розточування чорнове	0,0 4	0,04	0,003 8	0,0 2	0,24	0,12	74,72 6	74,77 2	0,24	0,42
Розточування чистове	0,0 1	0,01 5	0,001 9	0,0 2	0,2	0,046	75	75,04 6	0,2	0,274

Загальні припуски:

$$z_{0max} = z_{1max} + z_{2max} + z_{3max} \rightarrow 0.517 + 0.210 + 0.137 = 0.864 \text{ мм.} \quad (2.34)$$

$$2 \cdot z_{0max} = 1,728 \text{ мм.} \quad (2.35)$$

$$z_{0min} = z_{1min} + z_{2min} + z_{3min} \rightarrow 0.1 + 0.12 + 0.29 = 0,517 \text{ мм.} \quad (2.36)$$

$$2 \cdot z_{0min} = 1,034 \text{ мм.} \quad (2.37)$$

Перевірка правильності розрахунків:

$$Td_0 - Td_3 = 2 \cdot z_{0max} - 2 \cdot z_{0min} \quad (2.38)$$

$$Td_0 - Td_3 \rightarrow 0.740 - 0.046 = 0.694 \text{ мм.} \quad (2.39)$$

$$2 \cdot z_{0max} - 2 \cdot z_{0min} \rightarrow 2 \cdot 0.864 - 2 \cdot 0.517 = 0,694 \text{ мм.} \quad (2.40)$$

Умова виконується, тому остаточно приймаємо припуск на обробку отвору рівним $2 \cdot z_0 = 1.8 \text{ мм.}$

Розрахунок припуску для отримання площини 60h10 (0...-0,3 мм) (Ra 2,5)

Технологічний процес містить в собі 2 переходи:

					ДПБ.МТ6112. 00. ПЗ	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Фрезерування чорнове $h_{12} Ra = 5 \text{ мкм}$;

Фрезерування чистове $h_{10}, Ra = 2,5 \text{ мкм}$;

Поля допусків:

- заготовка $T_{a0} = 0,74 \text{ мм}$;

- Фрезерування чорнове $T_{a1} = 0.3 \text{ мм}$;

- Фрезерування чистове $T_{a2} = 0.12 \text{ мм}$;

Сумарне відхилення розташування поверхні у заготовки, одержуваних литтям в піщано-глинисті форми з машинним формуванням за металевими моделями, точність і якість поверхонь:

- для заготовки

$$R_{z0} = 0,1 \text{ мм}, T = 0,1 \text{ мм};$$

Якість поверхонь після механічної обробки:

- для чорнового фрезерування $R_{z1} = 0.05 \text{ мм}, T_1 = 0.05 \text{ мм}$;

- для чистового фрезерування $R_{z2} = 0.025 \text{ мм}, T_2 = 0.025 \text{ мм}$;

Для визначення припусків будемо використовувати формулу:

$$Z_{imin} = R_{zi-1} + T_{i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i \quad (2.41)$$

Де: R_{zi-1} – висота нерівностей профілю на попередньому переході;

T_{i-1} – глибина дефектного поверхневого шару на попередньому переході;

ρ_i – сумарні відхилення розташування поверхні;

ε_i – похибка установки заготовки на виконуваному переході.

Сумарні просторові відхилення:

$$\rho_z = \rho_{кор} \quad (2.42)$$

$$\rho_{кор} = (\Delta_k l) = (0,7 * 170) = 0,119 \text{ мм} \quad (2.43)$$

Де: $\Delta_k = 0,7 \text{ мкм/мм}$ – величина питомого жолоблення

l – довжина оброблюваної площини

Просторове відхилення для заготовки:

$$\rho_z = 0,119 \text{ мм} \quad (2.44)$$

Сумарні і просторові відхилення після обробки визначаємо за формулою:

$$\rho_i = K_y * \rho_0 ; \quad (2.45)$$

Де: K_y – коефіцієнт уточнення;

Просторові відхилення при чорновому фрезеруванні:

$$\rho_1 = K_y * \rho_0 = 0,06 * 0,119 = 0,00714 \text{ мм}; \quad (2.46)$$

					ДПБ.МТ6112. 00. ПЗ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

K_y - коефіцієнт уточнення для чорнової обробки = 0,06 мкм;

Просторові відхилення після чистового фрезерування:

$$\rho_2 = K_y * \rho_1 = 0,04 * 0,119 = 0,00476 \text{ мм}; \quad (2.47)$$

$K_y = 0,04$;

Визначаємо похибку установки:

$$\varepsilon_i = \sqrt{\varepsilon_\delta^2 + \varepsilon_3^2} \quad (2.48)$$

Де

$\varepsilon_\delta = 0$ - похибка базування;

$\varepsilon_3 = 0,02$ мм - похибка закріплення зажим в установі;

$$\varepsilon_i = \sqrt{\varepsilon_\delta^2 + \varepsilon_3^2} = \sqrt{0 + 0,02^2} = 0,02 \text{ мм}. \quad (2.49)$$

Розрахуємо мінімальні припуски на обробку:

$$Z_{1\min} = (R_{z0} + T_0 + \rho_0 + \varepsilon_0) = (0,1 + 0,1 + 0,119 + 0,02) = 0,438 \text{ мм} \quad (2.50)$$

$$Z_{2\min} = (R_{z1} + T_1 + \rho_1 + \varepsilon_1) = (0,05 + 0,05 + 0,00714 + 0,02) = 0,127 \text{ мм}; \quad (2.51)$$

Розрахуємо максимальні припуски на обробку:

$$z_{1\max} = z_{1\min} + Ta_0 - Ta_1 = 0,438 + 0,74 - 0,3 = 0,878 \text{ мм}; \quad (2.52)$$

$$z_{2\max} = z_{2\min} + Ta_1 - Ta_2 = 0,127 + 0,3 - 0,12 = 0,307 \text{ мм}. \quad (2.53)$$

Розрахунковий максимальний та мінімальний розмір:

$$a_{0\min} = a_{1\min} + z_{\min 1} = 60,007 + 0,438 = 60,445 \text{ мм}; \quad (2.54)$$

$$a_{1\min} = a_{2\min} + z_{\min 2} = 59,88 + 0,127 = 60,007 \text{ мм}; \quad (2.55)$$

$$a_{0\max} = a_{\min 0} + T_0 = 60,445 + 0,74 = 61,185 \text{ мм} \quad (2.56)$$

$$a_{1\max} = a_{\min 1} + T_1 = 60,007 + 0,3 = 60,307 \text{ мм}; \quad (2.57)$$

$$a_{2\max} = a_{\min 2} + T_2 = 59,88 + 0,12 = 60 \text{ мм}. \quad (2.58)$$

Таблиця 2.8 Таблиця припусків на механічну обробку розміру $\varnothing 75H7$

Маршрут обробки поверхні	Елементи припуску				Розрахунковий припуск $Z_{\min}$, мм	Допуск T , мм	Між операційні розміри, мм		Межові значення припусків, мм	
	R_z , мм	T , мм	ρ , мм	ε_y , мм			$a_{\min}$	$a_{\max}$	$Z_{\min}$	$Z_{\max}$
Заготовка	0,1	0,1	0,119	-	-	0,74	60,445	61,185	-	-

Фрезерування чорнове	0,05	0,05	0,00714	0,2	0,353	0,3	60,007	60,307	0,353	0,878
Фрезерування чистове	0,025	0,025	0,00476	0,2	0,127	0,12	59,88	60	0,128	0,307

Загальні припуски:

$$z_{0max} = z_{1max} + z_{2max} = 0,878 + 0,307 = 1,185 \text{ мм.} \quad (2.59)$$

$$z_{0min} = z_{1min} + z_{2min} = 0,481 \text{ мм} \quad (2.60)$$

Перевірка правильності розрахунків:

$$Ta_0 - Ta_2 = z_{0max} - z_{0min}; \quad (2.61)$$

$$Ta_0 - Ta_3 = 0,74 - 0,12 = 0,62 \text{ мм;} \quad (2.62)$$

$$z_{0max} - z_{0min} = 0,704 \text{ мм.} \quad (2.63)$$

Умова виконується, тому остаточно приймаємо припуск на обробку площини рівним

$$z_0 = 1,5 \text{ мм.}$$

2.9.2.

Визн

ачення припусків аналоговими методами

Розрахунок припусків аналоговим методом частіше використовується на виробництві, тому що носить більш практичний характер та він швидший у визначенні. Тому користуючись вказівками з [14] встановлюємо величину припусків. Результати зводимо до таблиці 2.9.

Табл.2.9. Результати розрахунку припусків аналоговим методом.

					ДПБ.МТ6112. 00. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

Назва поверхні	Номер переходу	Назва операції	h, мм
Операція 005 Вертикально-фрезерна			
ОКБ1	01	Фрезерувати начорно	1,5
	02	Фрезерувати начисто	0,5
ОКБ3	03	Фрезерувати начорно	1,5
	04	Фрезерувати начисто	0,5
ДКБ3, ДКБ11, ДКБ15, ДКБ16	05	Центрувати	-
ДКБ3, ДКБ15	06	Свердлити	-
ДКБ11, ДКБ16	07	Свердлити	-
ДКБ8	08	Обточити начорно	4
	09	Обточити начисто	1
ОКБ8	10	Фрезерувати начорно	1
	11	Фрезерувати начисто	0,75
	12	Фрезерувати тонко	0,25
	13	Центрувати	-
	14	Свердлити	-

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДПБ.МТ6112. 00. ПЗ

Арк.

52

ДКБ4, ДКБ12 -14	15	Зенкерувати	0,9
	16	Розвертати попередньо	0,05
	17	Розвертати начисто	0,05
ДКБ7	01	Фрезувати начорно	2
ДКБ9	02	Розточити начорно	1
	03	Розточити начисто	0,75
	04	Розточити тонко	0,25
ДКБ5	05	Розточити начорно	1
	06	Розточити начисто	0,75
	07	Розточити тонко	0,25
КП1, КП4-8	08	Центрувати	-
	09	Свердлити	-
	10	Фрезерувати різьбу	1
ДКБ6	01	Фрезерувати начорно	9
КП2	02	Центрувати	-
	03	Свердлити	-
	04	Фрезерувати різьбу	1
	05		
ДКБ6	06	Фрезерувати начорно	9
КП9	07	Центрувати	-

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДПБ.МТ6112. 00. ПЗ

Арк.

53

	08	Свердлити	-
	09	Фрезерувати різьбу	1
	10		
ДКБ6	11	Фрезерувати начорно	9
КПЗ	12	Центрувати	1
	13	Свердлити	-
	14	Цекувати	2,5
	15	Нарізати різьбу	1,75
-	16	-	
ДКБ6	17	Фрезерувати начорно	
КП10	18	Центрувати	1
	19	Свердлити	-
	20	Цекувати	2,5
	21	Нарізати різьбу	1,75

2.10. Визначення режимів різання

2.10.1.

В

изначення режимів різання розрахунково-аналітичним методом

005 Перехід 017 чистове розвертання. D = 22;

Горизонтально-фрезерний верстат з ЧПК,

Пристосування – спеціальне;

Інструмент – Зенкер ВК8 Ø22мм;

Глибина різання t= 0,1 мм;

Подача S= 0,5 мм/об

Швидкість різання:

$$V = \frac{C_{VD}^q}{T^{m_{sytx}}} K_v \quad (2.64)$$

					ДПБ.МТ6112. 00. ПЗ	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Значення коефіцієнта C_V та показників ступеня обираємо по табл. 29 с.279 [7], а період стійкості T по табл. 30 с.279 [7];

$$C_V = 105; q = 0.4; x = 0.15; y = 0.45; m = 0.4; T = 100 \text{ хв};$$

Загальний поправочний коефіцієнт на швидкість різання, що враховує фактичні умови різання:

$$K_v = K_{mv} K_{iv} K_{lv} K_{pv} \quad (2.65)$$

Де:

$K_{mv} = 0.84$; –коефіцієнт на оброблюваний матеріал (табл. 1-4 [7]);

$K_{iv} = 0.83$; –коефіцієнт на інструментальний матеріал (табл. 6 [7]);

$K_{lv} = 1$; –коефіцієнт, що враховує глибину різання (табл. 31 [7]);

$K_{pv} = 0.8$; – додатковий поправочний коефіцієнт (табл. 5 [7]);

$$K_v = K_{mv} K_{iv} K_{lv} K_{pv} = 0.84 * 0.83 * 1 * 0.8 = 0.56;$$

$$V = \frac{C_V D^q}{T^m S^y t^x} K_v = \frac{105 * 22^{0.4}}{100^{0.4} * 0.5^{0.45} * 0.1^{0.15}} 0.56 = 61,91 \frac{\text{м}}{\text{хв}}. \quad (2.66)$$

Крутний момент, Н*м та осьову силу, Н, розраховуємо за формулою:

$$M_{кр} = 10 C_M D^q S^y t^x K_p \quad (2.67)$$

$$P_O = 10 C_p t^x S^y K_p \quad (2.68)$$

Значення коефіцієнтів C_M та C_p та показників степені наведені в табл. 32 с.281[7];

$$C_M = 0.196; q = 0.85; x = 0.8; y = 0.7;$$

$$C_p = 46; x = 1; y = 0.4;$$

Коефіцієнт, що враховує фактичні вимоги оброблення в даному випадку залежить тільки від матеріалу оброблюваної деталі та визначається за формулою:

$$K_p = K_{mp};$$

Значення K_{mp} наведені для чавуну в табл. 9 [7];

$$K_p = K_{mp} = 1.08;$$

$$M_{кр} = 10 C_M D^q S^y t^x K_p = 10 * 0.196 * 22^{0.85} * 0.5^{0.7} * 0.1^1 * 0.834^{0.8} * 1.08 = 0,1 \text{ Н} * \text{м}; \quad (2.69)$$

$$P_O = 10 C_p t^x S^y K_p = 460 * 0.834^1 * 0.1^1 0.5^{0.4} * 1.08 = 35 \text{ Н} \quad (2.70)$$

Потужність різання, кВт, визначається за формулою:

$$N_e = \frac{M_{кр} n}{9750} \quad (2.71)$$

Де частота обертів інструмента чи заготовки, об/хв,

					ДПБ.МТ6112. 00. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

$$n = \frac{1000v}{\pi D} = \frac{1000 * 61,9}{3.14 * 22} = 897 \quad (2.72)$$

Приймаємо $n=897$ об/хв;

Потужність різання:

$$N_e = \frac{M_{кр}n}{9750} = \frac{5 * 897}{9750} = 1,38 \text{ кВт} \quad (2.74)$$

005. Перехід 02 чистове фрезерування

Вертикально фрезерний верстат з ЧПК,

Пристосування – спеціальне;

Інструмент – Фреза кінцева ВК8 Ø80 мм;

Глибина фрезерування $t = 0,5$ мм;

Ширина фрезерування $B = 63$ мм;

Подача:

$$S_M = S_n = S_z z n \quad (2.74)$$

Де n – частота обертів фрези, об/хв;

Z – к-сть зуб'їв фрези;

S_z – подача на один зуб;

$S_z = 0,25$ мм/об табл. 33 с.283 [7];

Швидкість різання:

$$V = \frac{C_v D^q}{T^m t^x S_z^y B^u z^p} K_v \quad (2.75)$$

Значення коефіцієнта C_v та показників степені наведені в табл. 39 [7], а період стійкості T в табл. 40 [7].

$C_v = 234; q = 0.44; x = 0.24; y = 0.26; u = 0.1; p = 0.13; m = 0.37; T = 80;$

Загальний поправочний коефіцієнт на швидкість різання, що враховує фактичні вимоги до різання,

$$K_v = K_{mv} K_{pv} K_{iv} \quad (2.76)$$

Де:

$K_{mv} = 0.84$; коефіцієнт, що враховує якість оброблюваного матеріалу(табл. 1-4 [7]);

$K_{pv} = 0,8$; коефіцієнт, що враховує стан поверхні заготовки (табл. 5 [7]);

$K_{iv} = 1,15$; коефіцієнт, що враховує матеріал інструменту (табл. 6 [7]);

$$K_v = K_{mv} K_{pv} K_{iv} = 0,84 * 0,8 * 1,15 = 0,77 \quad (2.77)$$

					ДПБ.МТ6112. 00. ПЗ	Арк.
						56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$V = \frac{C_V D^q}{T^m t^x S_z^y B^u z^p} K_v = \frac{234 * 80^{0.44}}{80^{0.37} * 0,5^{0.24} * 0,25^{0.26} * 63^{0.1} * 80^{0.13}} 0,77 = 204,95 \frac{\text{м}}{\text{хв}}; \quad (2.78)$$

Сила різання:

$$P_z = \frac{10 C_p t^x B^1 S_z^y z}{D^q n^w} K_{\text{мр}}; \quad (2.79)$$

Де z – число зубів фрези;

n – частота обертів фрези об/хв;

Значення коефіцієнта C_p та показників степені наведені в табл. 41[7], поправочний коефіцієнт на якість оброблюваного матеріалу для чавуну – табл. 9 [7]. Величина інших сил різання (P_h, P_u, P_y, P_x) встановлюють по табл. 42 [7].

$$C_p = 30; x = 0.83; y = 0.65; u = 1; q = 0.83; w = 0; K_{\text{мр}} = 1,05; \quad (2.80)$$

$$n = \frac{1000v}{\pi D} = \frac{1000 * 204,95}{3.14 * 80} = 815 \frac{\text{об}}{\text{хв}}; \quad (2.81)$$

Приймаємо $n = 850 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$;

$$P_z = \frac{10 C_p t^x B^1 S_z^y z}{D^q n^w} K_{\text{мр}} = \frac{10 * 30 * 0,5^{0.83} * 80^1 * 0,25^{0.65} * 8}{80^{0.83} 800^0} 1,05 = 1212 \text{ Н}; \quad (2.82)$$

Крутний момент:

$$M_{\text{кр}} = \frac{P_z D}{2 * 100} = \frac{1212 * 80}{2 * 100} = 484,8 \text{ Н * м}; \quad (2.83)$$

Потужність різання:

$$N_e = \frac{P_z V}{1020 * 60} = \frac{1212 * 204,5}{1020 * 60} = 4,05 \text{ кВт}. \quad (2.84)$$

005 Перехід 17 чистове розвертання $D = 22$.

t , мм	S_0 , мм/об	V , м/хв	n , об/хв
0,1	0,05	61,9	897

005 Перехід 02 чистове фрезерування $D=80$.

t , мм	S_0 , мм/об	V , м/хв	n , об/хв
0,5	2	204,5	850

2.10.2. Розрахунок режимів різання аналоговими методами.

На практиці прийнято використовувати розрахунок аналоговим методом, який полягає у використанні справочної літератури для визначення швидкості різання, та подачі. Таким чином проводимо розрахунки для кожного переходу. Результати заносимо до табл. 2.10.

Назва поверхні	Номер переходу	Назва операції	T _о , с	h, мм	S, мм/об	V, м/хв	п, мм/об
ОКБ1	01	Фрезерувати начорно	6,1	1,5	4,8	205	816
	02	Фрезерувати начисто	4,6	0,5	6,4	205	816
ОКБ3	03/1200	Фрезерувати начорно	47	1,5	0,52	165	2730
	04/1200	Фрезерувати начисто	29	0,5	0,6	168	3080
ДКБ3, ДКБ11, ДКБ15, ДКБ16	05/5	Центрувати	4	1	0,37	20	3200
ДКБ3, ДКБ15	06/42+3,5	Свердлити	5	3	0,2	111	6000
ДКБ11, ДКБ16	07/38+5,5	Свердлити	4	5	0,33	109	3500
ДКБ8	08	Обточити начорно	2	4	0,16	160	320
	09	Обточити начисто	2	1	0,16	160	320
ОКБ8	10	Фрезерувати начорно	4	1	0,5	280	500
	11	Фрезерувати начисто	4	0,75	0,45	290	550
	12	Фрезерувати тонко	6	0,25	0,25	350	650
ДКБ4, ДКБ12-14	13	Центрувати	4	1	0,37	20	3200
	14	Свердлити	16	10	0,39	130	800
	15	Зенкерувати	40	0,9	0,08	250	3700
	16	Розвертати попередньо	4	0,05	1,8	150	2400
	17	Розвертати начисто	4	0,05	1,8	150	2400
Операція 010. Вертикально-фрезерна							

ДКБ7	01	Фрезувати начорно	28	2	3,6	250	950
ДКБ9	02	Розточити начорно	5	1	0,45	220	950
	03	Розточити начисто	19	0,75	0,1	260	1100
	04	Розточити тонко	20	0,25	0,1	260	1100
ДКБ5	05	Розточити начорно	2	1	0,45	220	1100
	06	Розточити начисто	7	0,75	0,1	260	1250
	07	Розточити тонко	7	0,25	0,1	260	1300
КП1, КП4-8	08	Центрувати	6	1	0,08	20	3200
	09	Свердлити	20	5	0,35	110	4500
	10	Фрезерувати різьбу	36	1	1	280	4600
Операція 015							
ДКБ6	01	Фрезерувати начорно	5	9	0,36	272	4600
КП2	02	Центрувати	1	1	0,37	20	3200
	03	Свердлити	4	5	0,35	110	4500
	04	Фрезерувати різьбу	6	1	1	280	4600
	05	-					
ДКБ6	06	Фрезерувати начорно	5	9	0,36	272	4600
КП9	07	Центрувати	1	1	0,37	20	3200
	08	Свердлити	4	5	0,35	110	4500
	09	Фрезерувати різьбу	6	1	1	280	4600

	10	-					
ДКБ6	11	Фрезерувати начорно	5	9	0,36	272	4600
КПЗ	12	Центрувати	1	1	0,37	20	3200
	13	Свердлити	2	13,25	0,45	130	1600
	14	Цекувати	1	2,5	0,5	220	1950
	15	Нарізати різьбу	6	1,75	3,5	14	150
-	16	-					
ДКБ6	17	Фрезерувати начорно	5	9	0,36	272	4600
КП10	18	Центрувати	1	1	0,37	20	3200
	19	Свердлити	2	13,25	0,45	130	1600
	20	Цекувати	1	2,5	0,5	220	1950
	21	Нарізати різьбу	6	1,75	3,5	14	150

2.11. Нормування технологічних операцій

2.11.1 Розрахунок поштучного часу для операції

Розрахунок часу на виробництво однієї деталі – важливий показник, який вказує на всю ефективність організації виробництва. Таким чином можна встановити як ефективно написаний технологічний процес.

Крім того, він дозволить виправити недоліки в організації виробництва, що може з економити значну кількість часу та грошей.

Для розрахунку часу скористаємось методикою, яка наведена в [8].

$$T_{шт} = T_o + T_{обсл} + T_d + T_{отд} \quad (2.85)$$

Визначенням штучного часу можна було б обмежитись, якщо б ми проектували технологічний процес для масового виробництва. Але оскільки в нас малосерійне-виробництво, то доцільно ввести ще одну величину, як штучно-калькуляційний час, яка дасть змогу більш точно та якісно оцінити витрати часу на виготовлення однієї заготовки. Розрахунок штучно-калькуляційного часу визначається за формулою:

$$T_{шк} = T_{шт} + \frac{T_{п.з}}{n} \quad (2.86)$$

Наведена формула (2.85) складається із суми операційного часу (T_0), часу на обслуговування ($T_{\text{обсл}}$), допоміжного (T_d) часу та часу на відпочинок. А формула (2.86) містить в собі величини штучного часу ($T_{\text{шт}}$), підготовчо-заключного часу ($T_{\text{п.з.}}$) та кількість деталей в партії (n).

Розрахунок операційного часу ведеться для кожної операції окремо. Для знаходження необхідно дізнатися довжину, яку проходить інструмент. Також необхідно врахувати і частоту обертання шпинделя (n об/хв), (S мм/об) та довжину, яку проходить інструмент. Для розрахунку часу для кожного переходу користуємось даними наведеними в розділі (2.10.2). Розрахунок довжини та операційного часу наведений в табл.2.11. Операційний час рахуємо за наступною формулою:

$$T_0 = \frac{l + l_1}{nS}, \text{с} \quad (2.87)$$

Таблиця 2.11. Розрахунок довжини та операційного часу для кожного переходу операцій 005, 010, 015.

Назва поверхні	Номер переходу	Назва операції	Інструмент	Довжина обробки	Величина перебігу	Загальна довжина обробки	T_0 , с
ОКБ1	01	Фрезерувати начорно	Фреза торцева $\varnothing 80$	730	80	810	6,1
	02	Фрезерувати начисто	Фреза торцева $\varnothing 80$	730	80	810	4,6
ОКБ3	03/1200	Фрезерувати начорно	Фреза кінцева $\varnothing 20$	1200	20	1220	47
	04/1200	Фрезерувати начисто	Фреза кінцева $\varnothing 20$	1200	20	1220	29
ДКБ3, ДКБ11, ДКБ15, ДКБ16	05/5	Центрувати	Центрувальне свердло $\varnothing 4$	4	4	8	4
ДКБ3, ДКБ15	06/42+3,5	Свердлити	Свердло $\varnothing 6$	42	1,7	43,7	5
ДКБ11, ДКБ16	07/38+2,8	Свердлити	Свердло $\varnothing 10$	38	2,8	41,8	4
ДКБ8	08	Обточити начорно	Різець	527	3	530	2
	09	Обточити начисто	Різець	527	3	530	2
ОКБ8	10	Фрезерувати начорно	Фреза кінцева $\varnothing 20$	533	2	535	4

	11	Фрезерувати начисто	Фреза кінцева ø20	533	2	535	4
	12	Фрезерувати тонко	Фреза кінцева ø20	533	2	535	6
ДКБ4, ДКБ12- 14	13	Центрувати	Центрувальне свердло	4	4	8	4
	14	Свердлити	Свердло ø20	45	12	57	16
	15	Зенкерувати	Зенкер ø21,8	45	2	47	40
	16	Розвертати попередньо	Розвертка ø21,9	45	1	46	4
	17	Розвертати начисто	Розвертка ø22	45	1	46	4
Операція 010. Вертикально -фрезерна							
ДКБ7	01	Фрезувати начорно	Фреза Торцева ø80	770	80	850	28
ДКБ9	02	Розточити начорно	Розточний інструмент ø70-80	35	0	35	5
	03	Розточити начисто	Розточний інструмент ø70-80	35	0	35	19
	04	Розточити тонко	Розточний інструмент ø70-80	35	0	35	20
ДКБ5	05	Розточити начорно	Розточний інструмент ø60-70	15	0	15	2
	06	Розточити начисто	Розточний інструмент ø60-70	15	0	15	7
	07	Розточити тонко	Розточний інструмент ø60-70	15	0	15	7
КП1, КП4-8	08	Центрувати	Центрувальне свердло ø4	4	4	8	6
	09	Свердлити	Свердло ø10,11	25	2,8	27,8	20
	10	Фрезерувати різьбу	Фреза різьбова	15	0	15	36
015 Операція							
ДКБ6	01	Фрезерувати начорно	Фреза кінцева ø20	9	0	9	5
КП2	02	Центрувати	Центрувальне свердло ø4	4	4	8	1
	03	Свердлити	Свердло ø10,11	36	2,8	38,8	4
	04	Фрезерувати різьбу	Різьбова фреза	15	0	15	6
	05						

ДКБ6	06	Фрезерувати начорно	Фреза кінцева ø20	9	0	9	5
КП9	07	Центрувати	Центрувальне свердло ø4	4	4	8	1
	08	Свердлити	Свердло ø10,11	36	5,6	41,6	4
	09	Фрезерувати різьбу	Фреза різбова	15	0	15	6
	10						
ДКБ6	11	Фрезерувати начорно	Фреза кінцева ø20	9	0	9	5
КП3	12	Центрувати	Центрувальне свердло ø4	4	4	8	1
	13	Свердлити	Свердло ø26.5	36	20	46	2
	14	Цекувати	Розточний інструмент ø30-40	2	0	2	1
	15	Нарізати різьбу	Мітчик М30-7Н	16	0	16	6
-	16	-					
ДКБ6	17	Фрезерувати начорно	Фреза кінцева ø20	9	0	9	5
КП10	18	Центрувати	Центрувальне свердло ø4	4	4	8	1
	19	Свердлити	Свердло ø26.5	36	20	56	2
	20	Цекувати	Розточний інструмент ø30-40	2	0	2	1
	21	Нарізати різьбу	Мітчик М30-7Н	16	0	16	6

Наступним кроком є розрахунок всіх інших норм часу. За даною методикою він розраховується табличним методом. Тому допоміжний час (T_d) визначаємо з карти 9 та 18 з [9], час на відпочинок ($T_{в\text{ідп}}$) обираємо з карти 46, час на обслуговування верстата ($T_{обсл}$) обираємо з карти 45. Дані заносимо до таблиці 2.12.

Для розрахунку штучно-калькуляційного часу необхідно дізнатися величину підготовчо-заключного часу ($T_{п.з.}$), оскільки всі операції виконується на одному обладнанні, то дані обираємо з карти 54. Розмір партії встановлюємо в розмірі $n = 12$. Дані заносимо до табл.2.12., результати розрахунків штучного ($T_{шт}$) та штучно-калькуляційного ($T_{шк}$) часу також заносимо до табл.2.12.

Табл.2.12. Розрахунок часу на виготовлення деталі.

Операція	T_o , хв	T_d , хв	$T_{в\text{ідп}}$, хв	$T_{обсл}$, хв	$T_{шт}$, хв	n шт/парт	$T_{п.з.}$	$T_{ш.к.}$, хв	Σ , хв
----------	------------	------------	------------------------	-----------------	---------------	----------------	------------	-----------------	---------------

005	3,1	4	0,12	0,19	7,41	12	10	8,24	18,76
010	2,5	3	0,1	0,15	5,75		10	6,58	
015	1	2	0,04	0,06	3,1		10	3,94	

Отже загальний час на обробку однієї деталі складає 18,76хв. Штучно-калькуляційний час для операцій 005, 010 та 015 становить 8,24; 6,58; 3,94 хв відповідно.

2.12. Висновки

В даному розділі мною було спроектовано тривимірну модель заготовки, визначено її призначення у складальному вузлі, визначений тип виробництва, спроектовано конструкцію заготовки, та способи її отримання, був написаний технологічний процес, вибране верстатне обладнання, розраховані припуски та режими різання як розрахунковими так і аналоговими методами. Також був порахований час на виготовлення однієї деталі, який складає 18,76хв.

					ДПБ.МТ6112. 00. ПЗ	Арк.
						64
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3. Конструкторський розділ

3.1. Розроблення і розрахунок конструкцій верстатних пристроїв

3.1.1 Вихідні дані для розроблення конструкцій верстатних пристроїв

При розрахунку верстатних пристроїв вихідними даними слугують габарити заготовки, розміри столу верстата, положення шпинделя верстата, програма випуску, тип виробництва, наявний інструмент та наявне обладнання. Також необхідно перевірити чи можна деталь оброблювати в одному пристрої. Враховуючи всі ці фактори, а також завдання які висуваються до дипломного проекту встановлюємо, що доцільно розробити два різні верстатні пристрої, які б дали змогу реалізувати схему базування по ТБ та ЗТБ.

Для деталі «Корпус» на операцію 005 (вертикально-фрезерна) ми будемо використовувати самоцентрівні лещата, в які встановлюватимемо деталь. Але установка на поверхню лещат не дасть просвердлити отвори ДКБ4, ДКБ12-14. Тому використаємо опорну плиту. Також нам необхідно забезпечити шосту точку. Оскільки вона реалізується ромбічним пальцем, а стандартних пальців таких розмірів не існує, то використаємо замість одного ромбічного пальця два циліндричних, таким чином, щоб вони дотикалися до отвору, забезпечували зазор. Використання такого рішення – виправдане, тому що нема необхідності в спеціальній оправці.

У відповідності до цього проектуємо верстатний пристрій, спрощена схема якого зображена на (рис.3.1.).

					ДПБ.МТ6112. 00. ПЗ	Арк.
						65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

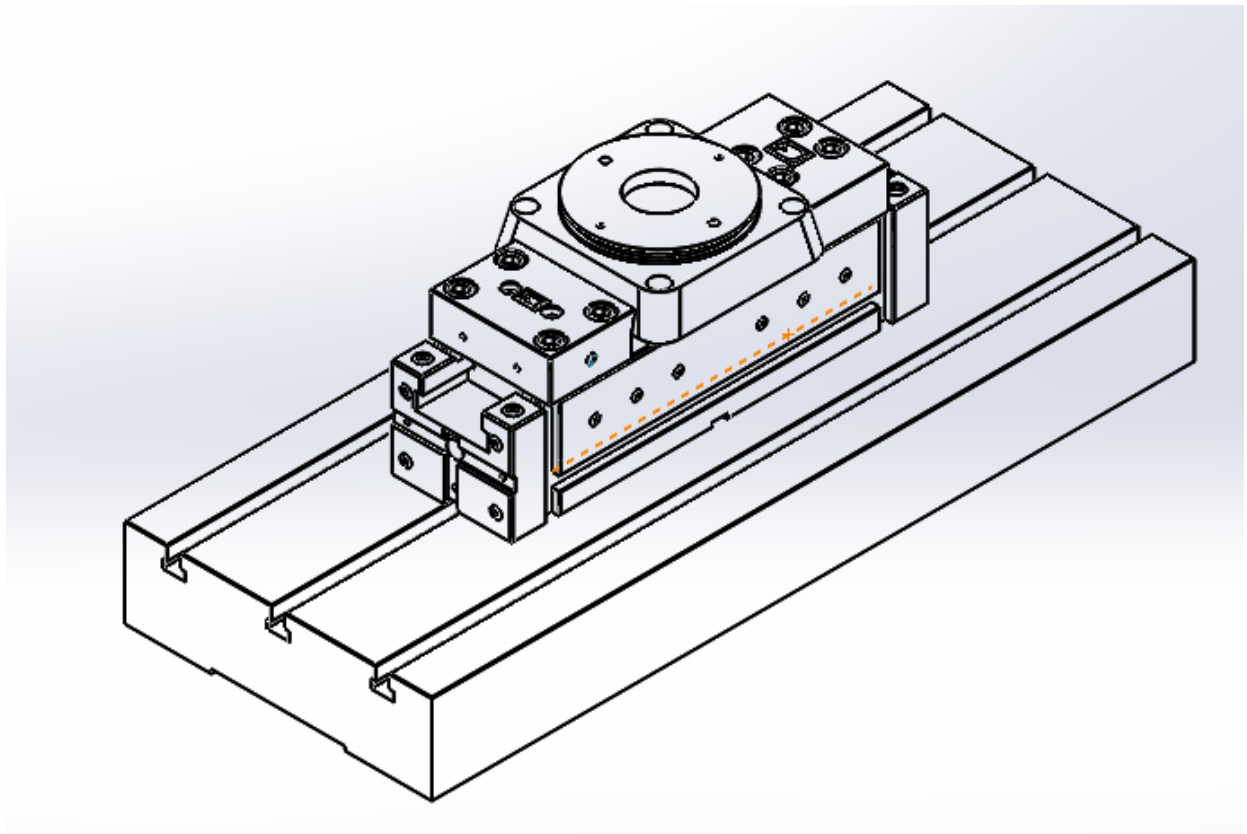


Рис.3.1. Спрощена схема верстатного пристрою для оброблення деталі на операції 005
(вертикально-фрезерна)

Технічне завдання дипломного проекту передбачає проектування оснастки лише для двох операцій. Тому наступною операцією обираємо операцію 010 (вертикально-фрезерна). Схемою базування по ЗТБ передбачено використовувати пристрій, який забезпечить базування по площині і двом пальцям. Оскільки в даному положенні деталь спиратиметься а основну площину циліндру, то доступ до отворів, в якій повинні вставлятися пальці є закритим. Тому необхідно використати плиту, яка б мала карман для циліндру, а отвори для пальців розпочиналися вище. Деталь закріплюємо двома прихватами, які спираються на опору. Таким чином ми чітко розуміємо завдання та можемо спроектувати технологічну оснастку для операції 010, спрощена схема якої представлена на рис 3.2.

					ДПБ.МТ6112. 00. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

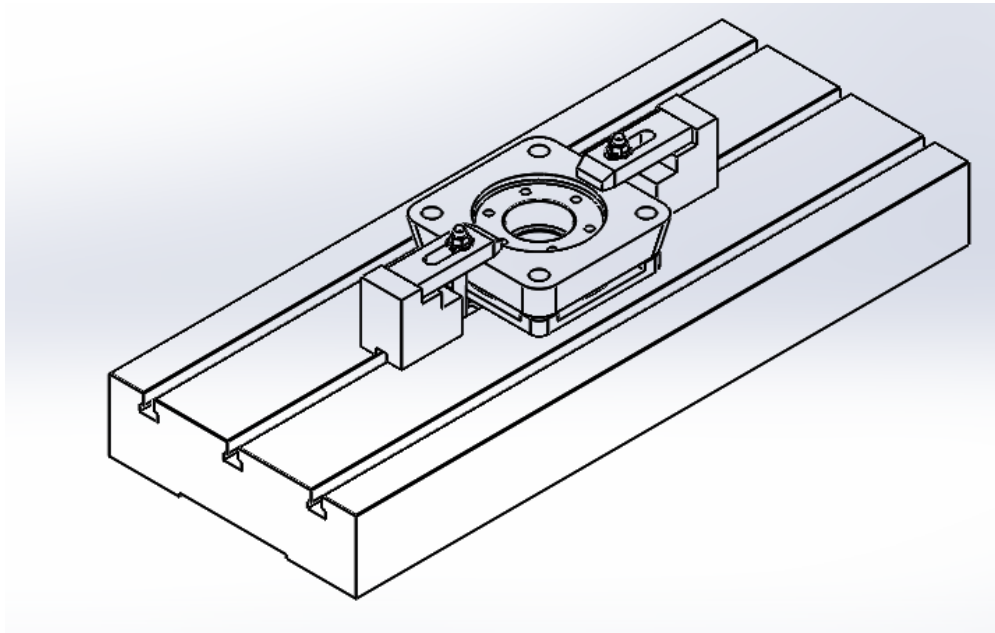


Рис.3.2. Спрощена схема верстатного пристрою для оброблення деталі на операції 005
(вертикально-фрезерна)

3.1.2 Послідовність розроблення конструкції пристрою

Нормами до верстатних пристроїв встановлені наступні вимоги для проектування:

- Визначити умови роботи, розміри столу, шпинделя верстата і т.д. Тобто всі необхідні дані щоб мати змогу чітко визначити габарити верстатного пристрою.
- Визначити схему базування, та її реалізувати у верстатному пристрої.
- Врахувати особливості конструкцій деталей, які мають оброблюватися.
- Розрахувати сили, які діють на заготовку, крім того необхідно визначити напрям дії сили, які прагнуть розкріпити заготовку та змістити її.
- Визначити кількість та просторове розташування деталей в пристрої, крім того при даному розрахунку необхідно врахувати напрямки дії сил закріплення.
- Вибрати тип затискного пристрою
- Спроекувати допоміжні пристрої.
- Створити специфікацію

3.2. Теоретичні та методологічні методи проектування верстатних пристроїв

3.2.1 Розрахунок похибок базування

На операції 005 деталь встановлюються в лещата. Похибка закріплення при установці в лещата: $\varepsilon_3 = 0,005$ мм, а похибка базування $\varepsilon_6 = 0$ мм, бо вимірвальна співпадає з

					ДПБ.МТ6112. 00. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		67

технологічною. Похибка пристрою $\varepsilon_{\text{пр}} = 0$ мм, оскільки ми використовуємо один верстатний пристрій протягом усієї операції. Тому знаходимо похибку установки:

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{\text{пр}}^2} = 0,005 \text{ мм} \quad (3.1)$$

При обробленні чотирьох отворів похибка складатиме:

$$\varepsilon_y = \varepsilon_6 + \varepsilon_3 = 0,005 \text{ мм}$$

На операції 010 деталь установлюється на два пальці, тому рахуємо похибку базування за формулою:

$$\varepsilon_6 = S_{\text{max}} \cdot \cos \alpha \quad (3.2)$$

де:

S_{max} – величина зазору максимальна $S_{\text{max}} = T_D + T_d = 25 + 12 = 37 \text{ мкм}$

$$\alpha = 45^\circ$$

$$\varepsilon_6 = 0,026 \text{ [мм]}$$

Похибку заготовки в пристрої ми визначаємо з таблиці П21 [10], звідки

$$\varepsilon_3 = 0,175 \text{ [мм]}$$

Похибку пристрою визначаємо з таблиці П24 [10], яка складає

$$\varepsilon_{\text{п.р.}} = 0,02 \text{ [мм]}$$

Рахуємо похибку установки:

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{\text{пр}}^2} = 0,153 \text{ мм} \quad (3.3)$$

3.3. Розрахунок затискних систем

3.3.1. Для операції 005

При обробленні деталі на операції 005 небезпеку представляє зміщення деталі при першому переході, що призведе до зрізу пальців, що недопустимо. Тому ведемо розрахунок у відповідності до цих даних. Схема обробки зображена на рис.3.3

					ДПБ.МТ6112. 00. ПЗ	Арк.
						68
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

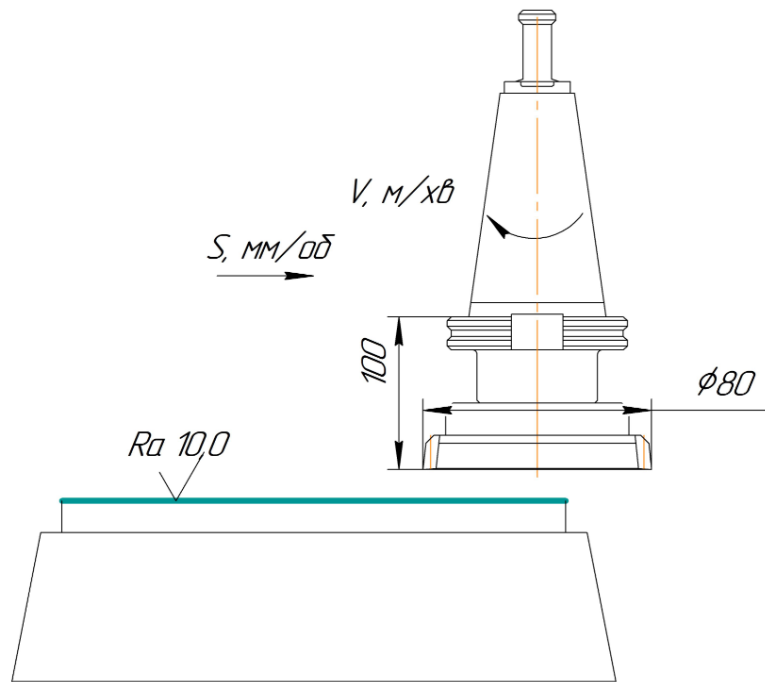


Рис.3.3. Схема обробки на переході 01 операції 005.

При обробленні заготовки на її діють сили різання P_x , P_y та P_z , а їм протидіє сила тертя та сила закріплення. Розташування сил зображено на рис.

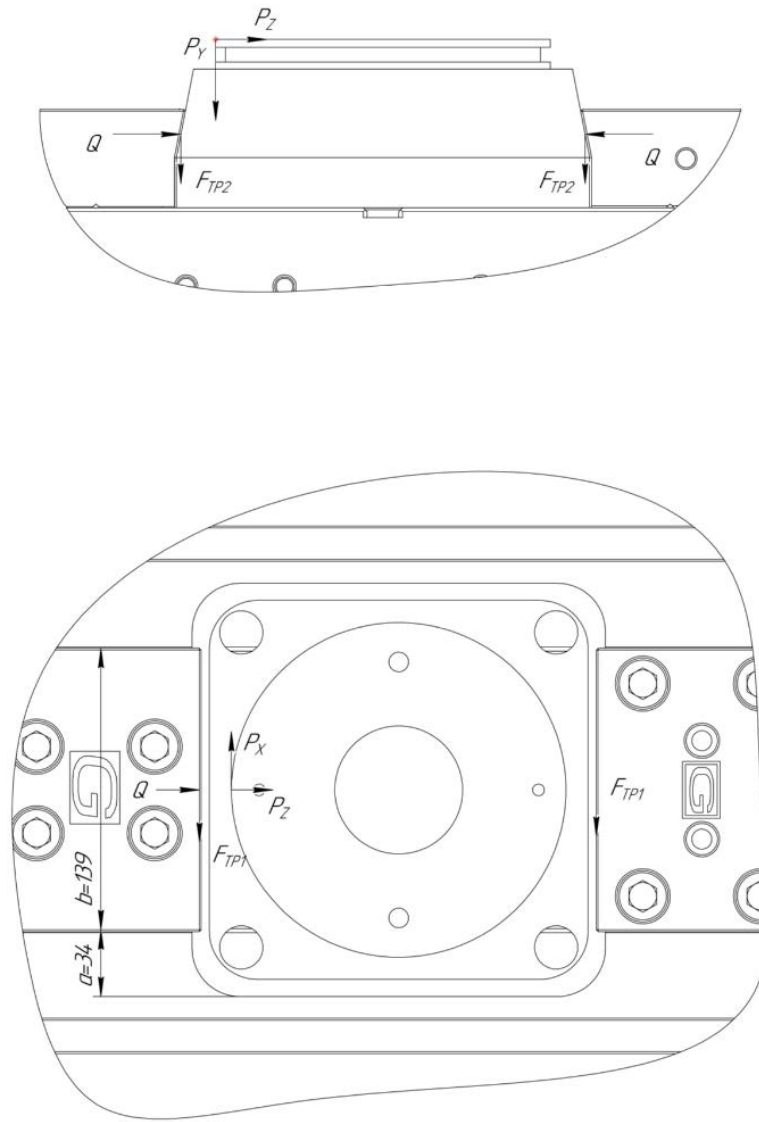


Рис.3.4. Сили, які діють на заготовку при 01 переході для операції 005

Розрахунок сили закріплення ведеться за наступною формулою, тому що ми користуємось самоцентрівними лещатами [11]:

$$Q = k \cdot \sqrt{Q_1 + Q_2 + Q_3}, \quad (3.4)$$

де k – коефіцієнт гарантованого запасу, Q_1, Q_2, Q_3 – сили які протидіють розкріпленню
Для розрахунку сили затиску ми повинні скласти рівняння рівноваги:

$$\sum_{i=1}^n M_{OZ} = a \cdot P_z - b \cdot Q_1 = 0 \quad (3.5)$$

$$\sum_{i=1}^n P_{OX} = -a \cdot P_x + 2 \cdot F_{TP1} = 0 \quad (3.6)$$

$$\sum_{i=1}^n M_{OY} = a \cdot P_y - 2b \cdot F_{TP2} = 0 \quad (3.7)$$

Де a – величина розташування заготовки поза межами губок лещат, b – довжина затискних лещат. $F_{\text{тр}1}, F_{\text{тр}2}$ – сили тертя. Силу тертя розраховуємо за:

$$F_{\text{тр}1} = f \cdot Q_2 \quad (3.8)$$

$$F_{\text{тр}2} = f \cdot Q_3 \quad (3.9)$$

Необхідно підставити (3.8-3.9) в (3.5-3.7), отримуємо:

$$\sum_{i=1}^n M_{OZ} = P_Z \cdot a - Q_1 \cdot b = 0;$$

$$\sum_{i=1}^n P_{OX} = -P_X \cdot a + 2 \cdot f \cdot Q_2 = 0;$$

$$\sum_{i=1}^n M_{OY} = P_Y \cdot a - 2 \cdot f \cdot Q_3 \cdot b = 0;$$

Розв'язавши систему рівнянь Q_1, Q_2, Q_3 виглядають наступним чином:

$$Q_1 = \frac{P_Z \cdot a}{b}; \quad Q_2 = \frac{P_X}{2 \cdot f}; \quad Q_3 = \frac{P_Y \cdot a}{2 \cdot b \cdot f}; \quad (3.10)$$

Підставляємо в

$$Q = k \cdot \sqrt{\left(\frac{P_Z \cdot a}{b}\right)^2 + \left(\frac{P_X}{2 \cdot f}\right)^2 + \left(\frac{P_Y \cdot a}{2 \cdot b \cdot f}\right)^2}$$

Сила різання P_Z була дорівнює $P_Z = 1212 \text{ Н}$. З [11] $P_X = 0,3P_Z, P_Y = 0,4P_Z$. Коефіцієнт тертя $f=0.25$. Коефіцієнт запасу k розраховуємо за формулою:

$$k = k_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6, \quad (3.11)$$

де k_0 - величина коефіцієнту гарантованого запасу $k_0 = 1,5$.

k_1 - величина коефіцієнту, яка компенсує нерівномірну силу різання, яка може виникнути через нерівномірний припуск на оброблювану поверхню $k_1 = 1,5$.

k_2 - величина коефіцієнту, яка враховує нерівномірне збільшення сили різання, при настанні затуплення інструменту $k_2 = 1,6$.

k_3 - величина коефіцієнту, яка враховує переривчасте різання $k_3 = 1,2$.

k_4 - величина коефіцієнту, яка враховує тип приводу механізму для затиску $k_4 = 1,3$.

k_5 - величина коефіцієнту, який враховує зручність користування рукоятками $k_5 = 1$.

k_6 - коефіцієнт, який враховує можливість виникнення сили, яка прагне повернути заготовку в пристрої $k_6 = 1,0$.

Розраховуємо все необхідне в Microsoft Excel. Результати зображені на рис.3.3.3

Оскільки ми встановлюємо заготовку в самоцентрівних лещатах, то щоб затиснути заготовку нам необхідно прикласти силу Q помноженим на додатковий коефіцієнт, який враховує використання самоцентрівних лещат.

					ДПБ.МТ6112. 00. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		71

5	a	34	K0	1,5	Q1	296,46
6	b	139	K1	1,5	Q2	726
7	f	0,25	K2	1,6	Q3	236,777
8	Px	363	K3	1,2	Fтр1	181,5
9	Py	484	K4	1,3	Fтр2	59,1942
10	Pz	1212	K5	1		
11	K	5,616	K6	1		
12	Q	4600,42				

Рис.3.5. Результати розрахунків в Microsoft Excel

Звідки сила затиску $Q = 4600,42H$, звідки

$$W = 2 * Q = 4600 * 2 = 9200 H, \quad (3.12)$$

3.3.2. Для операції 010

При обробленні деталі при операції 010 виникає така сама небезпека, але в даному випадку затиск деталі відбувається по іншому. Схема технологічного переходу представлена на рис.3.6

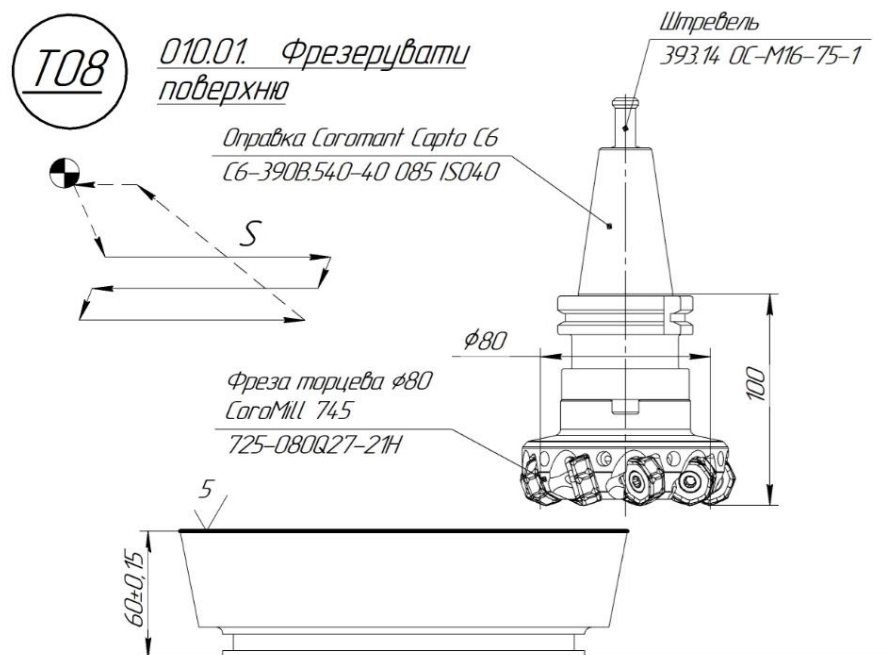


Рис.3.6. Схема технологічного переходу 01 для операції 010.

При обробленні заготовки на її діють сили різання P_x , P_y та P_z , а їм протидіє сила тертя та сила закріплення. Розташування сил зображено на рис.3.7. В даному випадку силу закріплення рахуємо за наступною формулою:

Сила закріплення Q заготовки:

$$Q = k \cdot Q_1, \quad (3.13)$$

де k – коефіцієнт запасу, Q_1 – протидія збуджуючим силам.

Силу закріплення ми знаходимо з рівняння рівноваги:

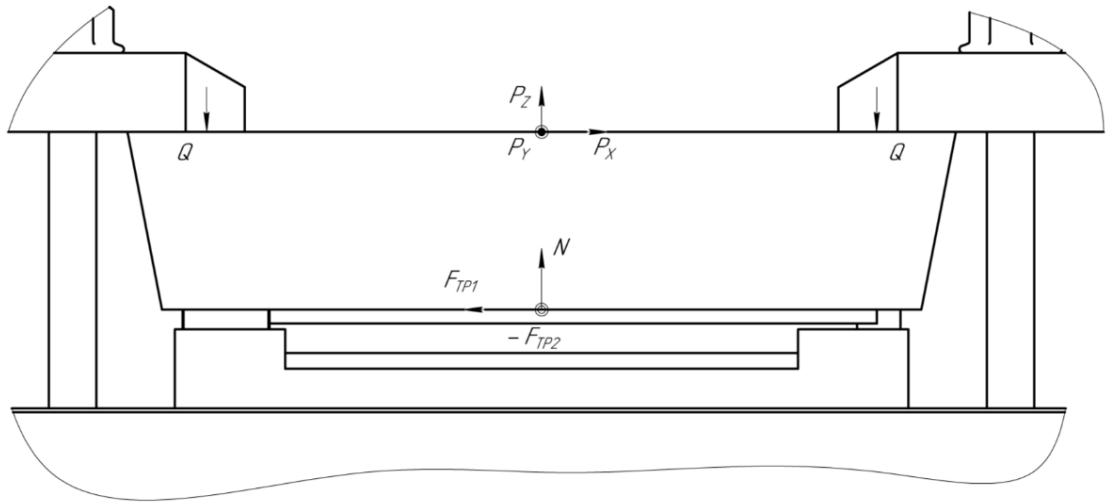


Рис.3.7 Сили, які діють на заготовку на операції 010 при торцевому фрезеруванні

$$\sum F_x = 0 = F_{тр1} - P_x \quad (3.14)$$

$$\sum F_y = 0 = -2 \cdot Q + P_y + N \quad (3.15)$$

$$\sum F_z = 0 = P_z - F_{тр2} \quad (3.16)$$

$$\sqrt{F_{тр1}^2 + F_{тр2}^2} = f \cdot N \quad (3.17)$$

Де $F_{тр1}, F_{тр2}$ – сили тертя. N – реакція опори. f – коефіцієнт тертя, в даному випадку

$$f=0.25.$$

Складова сили різання $P_z = 700$ Н. З [11] встановлюємо інші складові сили різання P_x, P_y як:

$P_x = 0,3P_z, P_y = 0,4P_z$ Коефіцієнт запасу k розраховуємо за формулою:

$$k = k_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6, \quad (3.18)$$

де k_0 - величина коефіцієнту гарантованого запасу $k_0 = 1,5$.

k_1 - величина коефіцієнту, яка компенсує нерівномірну силу різання, яка може виникнути через нерівномірний припуск на оброблювану поверхню $k_1 = 1$.

k_2 - величина коефіцієнту, яка враховує нерівномірне збільшення сили різання, при настанні затуплення інструменту $k_2 = 1,2$.

k_3 - величина коефіцієнту, яка враховує переривчасте різання $k_3 = 1,2$.

k_4 - величина коефіцієнту, яка враховує тип приводу механізму для затиску $k_4 = 1,3$.

k_5 - величина коефіцієнту, який враховує зручність користування рукоятками $k_5 = 1$.

k_6 - коефіцієнт, який враховує можливість виникнення сили, яка прагне повернути заготовку в пристрої $k_6 = 1,0$.

Щоб закріпити деталь необхідно прикласти силу W , яка розподіляється між двома прихватами складатиме:

$$W = \frac{1}{i} Q \quad (3.19)$$

					ДПБ.МТ6112. 00. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		73

Розраховуємо все необхідне в Microsoft Excel. Результати зображені на рис.3.8

Px	210	Fтр1	210
Py	280	Fтр2	700
Pz	700	f	0,25
N	2923,29	K0	1,5
Q1	1601,64	K1	1
K	2,808	K2	1,2
Q	4497,41	K3	1,2
i	0,45	K4	1,3
W	9994,25	K5	1
		K6	1

Рис.3.8. Результати розрахунків в Microsoft Excel

Звідки необхідна сила затиску $Q = 4497H$. А для закріплення необхідно прикласти $W = 9995H$.

У повинен прикласти робітник до ключа, щоб закріпити деталь, оскільки затиск у нас механічний. Сила, яку необхідно прикласти робітнику ми рахуємо за формулою:

$$P_{\text{роб}} = \frac{d_c \cdot \tan(\zeta + \varphi) \cdot W + M_{\text{тр}}}{l \cdot 2} \quad (3.20)$$

Де $W = 9995 H$; $d_{\text{ср}}$ – середній діаметр різьби шпильки, $d_{\text{ср}} = 10.188 \text{ мм}$; l – довжина гаєчного ключа робітника, $l = 200\text{мм}$; ζ – кут підйому різьби (3°); φ – кут тертя різьбового профілю, в даному випадку $\varphi = 20^\circ$; $M_{\text{тр}}$ – момент тертя. $M_{\text{тер}} = 215$.

$$P_{\text{роб}} = \frac{W \cdot d_{\text{ср}} \cdot \tan(\psi + \varphi) + M_{\text{тер}}}{2l} = \frac{10.188 \cdot \tan(3 + 20) \cdot 9995 + 215}{2 \cdot 200} = 107,85H$$

Щоб затиснути деталь робітник має прикласти силу в розмірі $108H$, що є в межах норми, і дозволить йому працювати без перенавантажень весь день.

$$P_{\text{роб}} = 108H$$

3.4. Висновки

В даному розділі було спроектовано верстатний пристрій та розраховані всі необхідні значення, які дають змогу ним користуватися та доводять правильність обраної конструкції.

4. Економічний розділ

4.1. Розрахунок собівартості виробу.

Вартість виробу – показник ефективності написаного технологічного процесу та організації праці. Тому необхідно його попередньо розрахувати перед запуском виробництва.

4.1.1. Сировина та матеріали

Витрати на матеріал для заготовки обчислюється за нормами наступним чином [12]:

$$C_M = k_{т.з.} \cdot q_M \cdot C_M = 1,08 \cdot 15 \cdot 9,68 = 156,82 \text{ грн/шт.}$$

де q_M – норма витрат матеріалу для виготовлення одиниці продукції. Приймаємо $q_M = 15$ кг/шт.;

C_M – ціна 1 кг матеріалу. Для чавуну $C_M = 9,68$ грн/кг;

$k_{т.з.}$ – коефіцієнт, який враховує витрати на транспорт та заготівлю матеріалу.

Приймаємо $k_{т.з.} = 1,08$.

Результати розрахунків відображаємо в таблицю 4.1.

Таблиця 4.1. Витрати на матеріали

Матеріал	Стандарт	Одиниця виміру	Норма витрат на виріб	Ціна одиниці, грн	Сума, грн/шт
СЧ25	ГОСТ 1412-85	кг/шт.	15	9,68	156,81
Транспортно-заготівельні витрати	-	-	-	-	10,5
Всього:					167,32

4.1.2. Витрати на виготовлення заготовки

Для того щоб виготовити заготовку необхідно використати опоки, ливникову систему, формувальну суміш, моделі та стержні. Відповідно їх вартість необхідно врахувати. На одиницю товару приходить:

$$C_{заг} = 150000/500 = 300 \text{ грн/шт}$$

4.1.3. Зворотні відходи

Після обробки лишається залишки матеріалу, який ми віднімаємо від загальної суми матеріальних витрат [12]:

$$C_B = q_B \cdot C_B = 5 \cdot 2 = 10 \text{ грн/шт.}$$

де q_B – кількість залишків на одиницю продукції, кількість залишку від однієї заготовки $q_B = 5$ кг/шт.;

C_B – ціна одиниці зворотних відходів, $C_B = 2$ грн/кг.

4.1.4. Паливо та енергія на технологічні цілі

На виробництво деталі витрачається певна кількість електроенергії. Тому необхідно порахувати, яка величина приходить на одну заготовку.

Витрати на електроенергію та на технологічні цілі $C_{ен}$ на рік розраховуються за наступною формулою:

$$C_{ен} = \Pi_{ен} \cdot n_o \cdot N_b \cdot T_p \cdot k_{еч} \cdot k_{еп} = 1,65 \cdot 1 \cdot 22,4 \cdot 2002 \cdot 0,85 \cdot 0,8 = 50315,87 \text{ грн}$$

де $\Pi_{ен}$ – вартість кВт·год електроенергії, $\Pi_{ен} = 1,65$ грн;

n_o – кількість встановленого обладнання, де електроенергія використовується як технологічна, $n_o = 1$;

N_b – встановлена потужність обладнання, $N_b = 22,4$ кВт;

T_p – фонд часу роботи обладнання протягом 1-го року, $T_p = 2002$ годин;

$k_{еч}$ – коефіцієнт використання електрообладнання за часом, $k_{еч} = 0,85$;

$k_{еп}$ – коефіцієнт використання електрообладнання за потужністю, $k_{еп} = 0,8$.

Розподіл цих витрат на одиницю продукції $C_{ен1} = C_{ен}/Q = 50315,865/500 = 100,63$ грн/шт.

4.1.5 Основна заробітна плата

Витрати за цим пунктом розраховуються за кожним видом робіт (операцій) залежно від норми часу та погодинної тарифної ставки робітників [12]:

$$C_{зо} = \sum_{i=1}^n C_{Ti} \cdot t_{ши} = 80 \cdot \left(\frac{115 + 9,68 + 62}{500} \right) = 29,8 \text{ грн/шт,}$$

де C_{Ti} – погодинна ставка для i -го виду робіт (операцій), грн; $t_{ши}$ – норма часу для i -го виду робіт (операцій), Приймається $C_T = 80$ грн для оператора верстатів з ЧПК, який обслуговує вертикально-фрезерний обробляючий центр.

4.1.6. Додаткова заробітна плата

Витрати на додаткову заробітну плату визначаються у відсотках до основної заробітної плати. За нормативом на додаткову заробітну плату, вона визначається у розмірі 20% від основної.

$$C_{зд} = C_{зо} \cdot 0,2 = 5,97 \text{ грн/шт.}$$

4.1.7. Нарахування на заробітну плату

Відповідно до Закону України «Про збір та облік єдиного внеску на загальнообов'язкове державне соціальне страхування» підприємства, установи та організації є платниками єдиного внеску. Єдиний внесок нараховується на суму нарахованої заробітної плати за видами виплат, які включають основну та додаткову заробітну плату, інші заохочувальні та компенсаційні виплати, у тому числі в натуральній формі, що визначаються відповідно до Закону України «Про оплату праці» та суму винагороди фізичним особам за виконання робіт (надання послуг) за цивільно-правовими договорами [12].

Норматив єдиного внеску на загальнообов'язкове державне соціальне страхування складає 38,11% (для 45 класу професійного ризику виробництва):

$$C_{стр} = (C_{зо} + C_{зд}) \cdot 0,3811 = (29,8 + 5,97) \cdot 0,3811 = 13,63 \text{ грн/шт.}$$

4.1.8. Витрати на утримання та експлуатацію устаткування

Вартість верстатного обладнання – вертикально-фрезерного обробляючого центра – у з ЧПК HAAS VF2 – на період 31.05.2020 р. становить 1773595,01 грн.

					ДПБ.МТ6112. 00. ПЗ	Арк.
						76
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Протягом використання обладнання виникає поступовий знос. Тому виникає необхідність в розрахунку зносу на кожну деталь. За [12] запропоновано рахувати величину зносу шляхом амортизаційних відрахувань. Таким чином ми розіб'ємо вартість верстата на кожну окрему деталь.

Амортизація полягає у щорічному списанні від початкової вартості обладнання певної суми, яка відповідає за знос верстата. Так як в сучасних верстатах виробники вказують термін нормальної роботи без ремонту близько 10-15 років, то оберемо середнє значення, і розрахуємо, що верстат працюватиме 12 років, а коли його вартість досягне 300000 грн, його спишуть, як не придатний до забезпечення відповідних вимог по точності обробки.

Амортизація розраховується зарізними методами. В даному випадку доцільно використовувати прямий метод амортизації, через простоту розрахунків. Відповідно для розрахунків покладемо: початкову вартість в 1773595,01 грн, ліквідаційну - 300 000грн, термін використання в 12 років. Результати розрахунків занесемо до таблиці 4.2.

Таблиця 4.2. Розрахунок амортизаційних відрахувань прямим методом

Рік	Амортизаційні відрахування, грн	Нараховані амортизаційні відрахування, грн	Залишкова вартість, грн
-	-	-	1 773 595
1	122799	122 799	1 650 795
2	122799	245 958	1 527 995
3	122799	368 397	1 405 196
4	122799	491 196	1 282 396
5	122799	613 995	1 115 597
6	122799	736 764	1 036 797
7	122799	859 593	913 997
8	122799	982 392	791 198
9	122799	1 105 191	668 398
10	122799	1 227 990	545 599
11	122799	1 350 789	422 799
12	122799	1 473 588	300 000

Отже, у кожен рік сума амортизаційних відрахувань становитиме 122799 грн.

Враховуючи що на даному верстаті протягом року виготовлятимуть не лише деталь «Корпус», то амортизаційні відрахування, які переносяться на собівартість виготовлення деталі «Деталі», приймаються рівними 10% від амортизаційних відрахувань на рік. Таким чином сума амортизаційних відрахувань, яка переноситься на вартість «Корпус», становить 12279,9 грн.

Витрати на одиницю продукції:

$$C_y = 12\,279,9 / 500 = 24,56 \text{ грн/шт.}$$

4.1.9. Відшкодування зносу інструментів, витрати на верстатні пристрої

					ДПБ.МТ6112. 00. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		77

$$C_{\text{ін}} = \left(\sum_{i=1}^n 3_{\text{ін}} \right) / Q = 600000 / 500 = 1200 \text{ (грн/шт)}$$

де $3_{\text{ін}}$ – вартість всіх інструментів, пристроїв, і-го виду, грн.

4.1.10. Загальновиробничі витрати

Загальновиробничі витрати розраховуються наступним чином [12]:

$$C_{\text{зв}} = k_{\text{зв}} (C_{\text{зо}} + C_{\text{у}}) = 0,3 \cdot (29,8 + 24,56) = 16,31 \text{ грн/шт.}$$

де $k_{\text{зв}}$ – коефіцієнт загальновиробничих витрат, $k_{\text{зв}} = 0,3$.

4.1.11. Загальногосподарські витрати

Загальногосподарські витрати розраховуються наступним чином [12]:

$$C_{\text{зг}} = k_{\text{зг}} (C_{\text{зо}} + C_{\text{у}}) = 0,8 \cdot (29,8 + 24,56) = 43,5 \text{ грн/шт.}$$

де $k_{\text{зг}}$ – норматив загальногосподарських витрат, $k_{\text{зг}} = 0,8$.

4.1.12. Інші виробничі витрати

Інші виробничі витрати приймаються в розмірі 0,5% від загальних виробничих витрат:

$$C_{\text{ін}} = 0,005 \cdot 16,31 = 0,082 \text{ грн/шт.}$$

4.1.13. Позавиробничі витрати

Норматив комерційних витрат прийнято рівним 5% від загальних виробничих витрат:

$$C_{\text{поз.вит.}} = 0,05 \cdot 16,31 = 0,82 \text{ грн/шт.}$$

Результати розрахунків собівартості одиниці продукції зводяться до таблиці 4.5.

Таблиця 4.3. Калькуляція собівартості продукції

№	Найменування статей калькуляції	Всього	Питома вага
1	Сировина та матеріали	156,82	8,332084743
2	Витрати на виготовлення заготовки	300	15,93945557
3	Зворотні відходи	-10	-0,531315186
4	Паливо та енергія на технологічні цілі	100,63	5,346624714
5	Основна заробітна плата	29,8	1,583319253
6	Додаткова заробітна плата	5,97	0,317195166
7	Відрахування на соціальне страхування	13,63	0,724182598
8	Витрати на утримання та експлуатацію устаткування	24,56	1,304910096
9	Відшкодування зносу інструментів та верстатних пристроїв	1200	63,75782229
10	Загальновиробничі витрати	16,31	0,866575068
	Виробнича собівартість	1837,72	97,64
11	Загальногосподарські витрати	43,5	2,311221
12	Інші виробничі витрати	0,082	0,004357
13	Позавиробничі витрати	0,82	0,043568
	Повна собівартість	1882,122	100

Отже, повна собівартість виготовлення деталі «Корпус» становить 1882,122грн.

4.2. Висновки

В економічному розділі мною було розглянуто питання економічної ефективності при виробництві деталі «Корпус», повна вартість якої становить 1882грн.

					ДПБ.МТ6112. 00. ПЗ	Арк.
						79
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5. Розділ охорони праці

5.1. Джерела, оцінка та методи захисту від шуму

На виробництві чітко регламентується рівень шуму, через його негативний вплив на здоров'я людини, якщо він перевищує вказані межі. Шум – це хаотичне сполучення звуків різної частоти та інтенсивності, які за частотним діапазоном знаходяться в межах чутливості органів слуху людини. Ультра- та інфразвук теж вважаються звуковими коливаннями, але, на відміну від шуму, за своїм частотним діапазоном виходять за межі чутливості органів слуху людини.[13]

Якщо розглядати шум як фізичне явище, то ми можемо його описати як хвильові коливання пружного середовища, які поширюються у просторі з визначеною швидкістю, в рідкій, твердій, або газоподібній фазі. Звук виникає при порушенні рівноваги стаціонарного стану середовища, яке виникає в наслідок дії на нього сили збудження, і при поширенні у просторі викликає звукове поле. Джерелами шуму можуть виступати механічні коливання частин конструкцій, або ж нестационарні явища в рідинних та газових середовищах.

Шум оцінюється в діапазоні від 45 до 11000 Гц.

Коливання характеризуються амплітудою звукового тиску (р, Па) та частотою коливань (f, Гц).

Звуковий тиск – це різниця між значеннями повного тиску середовища при наявності звуку та середнім тиском в даному середовищі без звуку. Інтенсивність звуку J (Вт/м²) визначає величину переносу енергії, яка виникає при поширенні звуку.

Формула, яка зв'язує в звуковому полі інтенсивність та тиск:

$$J = p \cdot V = \frac{p^2}{\rho \cdot C}; \quad (5.1)$$

де J – інтенсивність звуку, Вт/м²; p – тиск звуку, Па; V – коливальна швидкість, м/с (швидкість коливання часток середовища рідини, газу чи твердої речовини відносно свого положення рівноваги. Швидкість коливання можна знайти із співвідношення $V = p / (\rho \cdot C)$); де ρ – густина середовища, кг/м³, а C – швидкість звукової хвилі в даному середовищі, м/с. [13].

Звукові частоти розділені на три діапазони:

- Інфразвук (частота менше 20 Гц)
- Звукові (20 Гц – 20кГц)
- Ультразвукові (20 кГц)

					ДПБ.МТ6112. 00. ПЗ	Арк.
						80
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Швидкість поширення звукової хвилі C (м/с) залежить від властивостей середовища і насамперед від його густини. Так, в повітрі при нормальних атмосферних умовах $C \approx 344$ м/с; швидкість звукової хвилі у воді ≈ 1500 м/с, в металах $\approx 3000 \dots 6000$ м/с.

Властивості середовища, а саме густина, впливають на швидкість поширення звуку C (м/с). Наслідком слугує різні значення швидкості поширення C в залежності від середовища:

- Повітря (при нормальному тиску) – 344м/с.
- Вода – 1500м/с
- Метал – 3000...6000 м/с (залежить від густини металу).

Людина має слухові органи, які здатні вловлювати звукові хвилі в широкому діапазоні звукового тиску та звукової інтенсивності, крім того звуки різних частот можуть сприйматися неоднаково. Найкраще людина чує звуки в діапазоні частот від 800 до 4000Гц. Гірше всього - 20-100Гц.

Динамічний діапазон звукового тиску, в якому людина відчуває звук без шкоди своєму здоров'ю, може сягати 107 (це відношення звукового тиску верхнього больового порогу до звукового тиску нижнього порогу чутності на частоті 1000 Гц), при цьому еквівалентний йому динамічний діапазон інтенсивності дорівнює 1014.

Людина відчуває звук без шкоди органам в межах діапазону звукового тиску, який може сягати 107 (відношення звукового тиску верхнього больового порогу до нижнього при частоті в 1000Гц)

Логарифм кількості звукової енергії пропорційний слуховому сприйняттю людини. Тому щоб охарактеризувати звук використовують логарифмічні значення рівня звукової інтенсивності (L_i) та рівня звукового тиску (L_p), виражені в децибелах (дБ), абсолютні значення яких рівні один одному ($L_i = L_p$). Таким чином, ми можемо визначити рівень інтенсивності й рівень тиску звуку використовуючи наступні формули:

$$L_i = 10 \lg J / J_0, \text{дБ} \quad (5.2)$$

$$L_p = 20 \lg p / p_0, \text{дБ} \quad (5.3)$$

де значення інтенсивності звуку на нижньому порозі його чутності людиною на частоті 1000 Гц, $J_0 = 10^{-12}$ Вт/м²; p_0 - значення звукового тиску на нижньому порозі його чутності людиною на частоті 1000 Гц, $p_0 = 2 \cdot 10^{-5}$ Па.

При досяганні верхнього больового порогу при частоті 1000Гц інтенсивність дорівнює дорівнює $J_p = 102$ Вт/м².

					ДПБ.МТ6112. 00. ПЗ	Арк.
						81
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

За характером спектра розрізняють такі види шумів: широкосмугові – з безперервним спектром шуму шириною більше октави; дискретні (тональні) – коли в спектрі шуму є яскраво вираженні дискретні тони.

Шуми поділяють за спектром на:

- Широкосмугові (спектр шуму біле октави)
- Дискретні або тональні (в спектрі шуму яскраво виокремлюються дискретні тони)

За часовими характеристиками шуми поділяють на постійні та непостійні.

В залежності від протяжності в часу шуми розрізняють на:

- Постійні (протягом дня рівень звуку не змінюється більше, ніж на величину 5Дба)
- Непостійні (протягом дня рівень звуку змінюється більше, ніж на величину 5Дба)

Непостійні шуми, в свою чергу, поділяються на шуми з коливаннями у часі, переривчасті та імпульсні. Шуми з коливаннями у часі – це шуми, рівень звуку яких безперервно змінюється у часі. При переривчастому шумі рівень звуку може різко змінюватися (на 5 дБА та більше), а довжина інтервалів, коли рівень залишається постійним досягає 1 с та більше. До імпульсних відносять шуми, які представляють собою один або кілька звукових сигналів тривалістю менше 1 с кожний.

Непостійні шуми можна розділити на шуми з коливанням у часі (рівень звуку постійно змінюється у часі), імпульсні (звукові шуми у вигляді звукових сигналів, які тривають не більше 1с) та переривчасті (рівень шуму може постійно змінюватися, а інтервали між звуками – постійні).

Джерело шуму характеризують звуковою потужністю W (Вт) - кількість енергії у вигляді звуку, яка випромінюється цим джерелом за одиницю часу.

Рівень звукової потужності (дБ) джерела можна визначити за формулою

$$L_w = 10 \lg W / W_0 \quad (5.4)$$

де W_0 – початкове значення звукової потужності, яке постійно дорівнює 10^{-12} Вт.

Шумові характеристики машин та механізмів обов'язково вказані в паспортах. Значення не повинні перевищувати значення допустимого рівня шуму на робочому місці, або в будівлях, житлових будинках тощо.

					ДПБ.МТ6112. 00. ПЗ	Арк.
						82
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Важливо зауважити, що будь-який шум на виробництві негативно впливає на стан здоров'я людей, знижує їх роботоздатність, а іноді шум може слугувати причиною травм, оскільки впливає на самопочуття робітника.

Шкідливий шум впливає на організм людини досить різноманітно. На те, як людина реагує і сприймає шум впливають такі фактори: інтенсивність, частота (спектрального складу), тривалість дії, часові параметри звукових сигналів.

Але головний шкідливий вплив шуму на людину – це вплив на психічний стан, тому що роздратування шумом передається крізь волокна слухових нервів роздратування в центральну та вегетативну нервові системи. Далі нервова та вегетативна система впливає і на внутрішні органи, що призводить в більшості випадків до значних змін стану всього організму.

Шум впливає на нервову систему навіть при невеликому коливанні звуку (30...70 дБА), а тривалий у часі вплив на людину інтенсивного шуму (вище 80 дБА) може призвести до часткової або навіть повної втрати слуху. Також під впливом тривалого шуму може погіршуватися пам'ять, знижуватися працездатність, траплятися запаморочення, збільшуватись дратівливість тощо.

5.2. Висновки

В даному розділі я дослідив питання шуму в процесі роботи на підприємстві.

					ДПБ.МТ6112. 00. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		83

Список використаних джерел

1. Інтернет джерело - Мониторинг и методы измерения характеристик эмульсии
<https://divinolrus.ru/blog/monitoring-i-metody-izmereniya-harakteristik-emulsii/>
2. Інтернет джерело - Применение СОЖ при точении
<https://www.sandvik.coromant.com/ru-ru/knowledge/general-turning/pages/how-to-apply-coolant-and-cutting-fluid-in-turning.aspx>
3. Інтернет джерело - Применение СОЖ при сверлении
<https://www.sandvik.coromant.com/ru-ru/knowledge/drilling/pages/drilling-tips.aspx>
4. Лахтин В., Леонтьева И. Материаловедение – Москва 1985
5. Добрянський С. С., Малафеев Ю. М., Методичні вказівки до виконання розрахунково-графічної роботи з дисципліни «Проектування та виробництво заготовок» для студентів спеціальності 131. «Прикладна механіка». Проектування та виробництво литих заготовок. – 2017 рік, Київ
6. Добрянський С. С., Малафеев Ю. М., Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Проектування та виробництво заготовок» для студентів спеціальності 131. «Прикладна механіка». Проектування та виробництво литих заготовок. – 2017 рік, Київ
7. А.Г. Косиловой, Р.К. Мещеряковой Справочник для технолога машиностроителя Т.1,2 – Москва «Машиностроение» 1986, 656стр.
8. Горбачев А.Ф. «Курсовое проектирование с технологий машиностроения» - ивидавництво «Вища школа» Мінськ 1975р. 288с. з мал.
9. Загальні-машинобудівні норми часу - Науково-дослідний інститут праці державного комітету СРСР з праці та соціальних питань 1984р. 472с. з мал.
10. Немиткін С.А, Дмитрієв С.А. «Розрахунок пристроїв на міцність» - Самара, самарський університет 2009.
11. В.В. Медведєв В.В. Конспект лекцій з дисципліни «Технологічна Оснастка - 1».
12. Економіка і організація виробництва: Навчальний посібник / За ред. В. Г. Герасимчука, А. Е. Розенплентера. – К.: Знання, 2007. – 678 с.
13. Охорона праці та цивільний захист: конспект лекцій [Електронний ресурс] : навч. посіб. для здобувачів ступеня бакалавра за спеціальностями 131. О. І. Полукаров. – Електронні текстові данні.– Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського.

					ДПБ.МТ6112. 00. ПЗ	Арк.
						84
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

14. Ф. Н. Абрамов, В. В. Коваленко, В. Е. Любимов и др. Справочник по обработке металлов резанием – Київ «Техніка» 1983 237 стр.

					<i>ДПБ.МТ6112. 00. ПЗ</i>	Арк.
						85
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		