

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»
Механіко-машинобудівний інститут
Кафедра технології машинобудування**

До захисту допущено:

В.о. завідувача кафедрою

Олександр ОХРИМЕНКО

«__»_____2022 р.

Дипломний проект

на здобуття ступеня бакалавра

**за освітньо-професійною програмою «Технології
машинобудування»**

спеціальності 131 «Прикладна механіка»

**на тему: «Конструкторсько-технологічне забезпечення
виготовлення деталі «Корпус черв'ячного редуктора»**

Виконав :

студент IV курсу, групи МТ-82

Омік Ілля Миколайович _____

(прізвище, ім'я, по батькові)

_____ (підпис)

Керівник:

Доцент кафедри, к.т.н., доцент Медведєв Вадим

Вячеславович _____

(посада, науковий ступінь, вчене звання, піб)

_____ (підпис)

Рецензент:

Доцент кафедри, к.т.н., доцент _____

_____ (посада, науковий ступінь, вчене звання, піб)

_____ (підпис)

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

Студент _____

Київ – 2022 року

ВІДОМІСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ

№ з/п	Формат	Позначення	Найменування	Кількість листів	Примітка
1	A4		Завдання на дипломний проект	2	
2	A4		Пояснювальна записка	87	
3	A1	ДПБ.ННММІ.МТ-8212.01.Д		1	
4	A1	ДПБ.ННММІ.МТ-8212.02. Т		1	
5	A1	ДПБ.ННММІ.МТ-8212.03. Т		1	
6	A1	ДПБ.ННММІ.МТ-8212.04. Т		1	
7	A1	ДПБ.ННММІ.МТ-8212.05. Т		1	
8	A1	ДПБ.ННММІ.МТ-8212.06. Т		1	
9	A1	ДПБ.ННММІ.МТ-8212.07. К		1	
10	A1	ДПБ.ННММІ.МТ-8212.08. К		1	

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені Ігоря Сікорського»
МЕХАНІКО-МАШИНОБУДІВНИЙ ІНСТИТУТ
Кафедра технології машинобудування

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Завідувач кафедрою ТМ

_____ О.А. Охріменко

(підпис)

(ініціали, прізвище)

«__» _____ 2022 р.

Завдання на дипломний проект
на здобуття ступеня бакалавра

за напрямом 131. Прикладна механіка

(код та назва напрямку підготовки або спеціальності)

Студенту групи МТ-82 Омів Ілля Миколайович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту Конструкторсько-технологічне забезпечення виготовлення деталі «Корпус черв'ячного редуктора»

Керівник проекту Медведєв Вадим Вячеславович, к.т.н., доцент _____ ,

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

затверджені наказом по університету від «__» _____ 2022 р. № _____

2. Термін подання студентом проекту « 10 » _____ 06 _____ 2022р.

3. Завдання з загальних питань машинобудування Похибки виготовлення

та швидкість обробки, які пов'язані з інтерполяцією в САМ-системах

« ____ » ____ 2022_р. _____ завідувач кафедру ТМ О.А. Охріменко

(дата)

(підпис)

4. Завдання за темою дипломного проекту Розробити технологічний процес та технологічне оснащення для виготовлення деталі «Корпус черв'ячного редуктора»

5. Перелік питань, які мають бути розроблені за завданням **п.3**

Похибки дискретності і повторюваності на верстатах з ЧПК; види інтерполяції криволінійних поверхонь в САМ-системах; швидкість обчислення геометрії сучасними стойками верстатів з ЧПК; точність інтерполяції поверхонь.

6. Перелік питань, які мають бути розроблені за завданням **п.4**

Аналіз на технологічність; вибір заготовки; план обробки поверхонь; схеми базування; вибір інструмента та верстатів; технологічний процес; режими різання; нормування; керуючі програми для ЧПК; верстатні пристосування; економічна частина.

7. Перелік графічного матеріалу загальна частина; деталь; заготовка; технологічні карти; керуючі програми ЧПК; два пристосування; економічна частина.

8. Консультанти розділів проекту

Назва розділу	Перелік питань	Термін виконання	Підпис керівник
Економічний	Розрахувати собівартість деталі	30.05.2022	
Охорона праці	Оцінити рівень шуму в цеху	30.05.2022	

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту, які мають бути розроблені відповідно до завдання	Термін виконання етапів проекту	Позначки керівника про виконання завдань
1	Технологічна частина	1 тиждень	
2	Технологічна частина	2 тиждень	
3	Конструкторська частина	3 тиждень	
4	Конструкторська частина	4 тиждень	
5	Інші частини	5 тиждень	
6	Оформлення диплома	6 тиждень	

Дата видачі завдання « 15 » 04 2022р.

Студент

(підпис)

(ініціали, прізвище)

Керівник проекту

(підпис)

(ініціали, прізвище)

Анотація

Пояснювальна записка на тему: «Корпус черв'ячного редуктора» складається з 55 сторінок формату А4;

- У якій вирішується питання інтерполяції;
- Розроблення технологічного процесу деталі типу: «Корпус черв'ячного редуктора» ;
- Розрахунок сил затиску в конструкторській частині;
- Економічні розрахунки для заданої деталі;
- Правила планування с точки зору охорони праці;

Додатки, які містять в собі:

- Технічні характеристики використаних верстатів, у даній роботі;
- Маршрутні карти;
- Операційні карти;
- Карта ескізів.

Графічна частина виконана за завданням, тому складається з 8-ми креслень:

- Креслення до загальної частини;
- Креслення деталі;
- Креслення заготовки;
- Віртуальне базування для першої операції;
- Схема технологічних переходів;
- Фрагменти G-коду;
- Координатна-вимірювальна операція;

Зміст

Вступ	9
1 ВИРІШЕННЯ ЗАГАЛЬНИХ ПИТАНЬ МАШИНОБУДУВАННЯ	10
1.1 Похибки дискретності і повторюваності на верстатах з ЧПК	10
1.1.1 Дозвіл позиціонування	10
1.1.2 Повторюваність позиціонування осі з ЧПК	10
1.1.3 Точність позиціонування осі з ЧПК	10
1.1.4 Повторюваність і точність деталей, що виготовляються	11
1.2 ВИДИ ІНТЕРПОЛЯЦІЇ ТА АПРОКСИМАЦІЇ	12
1.2.1 Методи наближення функції	12
1.2.2 Види апроксимації	12
1.3 ВИДИ ІНТРПОЛЯЦІЇ У САМ СИСТЕМАХ	17
1.3.1 Апроксимація контуру	17
1.3.2 Колова інтерполяція	17
1.3.3 Інтерполяція постійної несучої частоти	18
1.3.4 Ведуча та ведена інтерполяція	18
2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ	19
2.1 Аналіз службового призначення та умов роботи деталі в вузлі	19
2.1.1 Аналіз конструктивних особливостей деталі та її класифікація	19
2.1.2 Аналіз умов роботи деталі в складальній одиниці або вузлі	20
2.1.3 Аналіз вибору конструкційного матеріалу	21
2.2 Визначення типу виробництва та аналіз його впливу на завдання технологічного підготовки виробництва	23
2.3 Короткий аналіз технологічності конструкції деталі	26
2.4 Визначення виду та способу виготовлення заготовки	27
2.5 Обґрунтування вибору баз для технологічного процесу	30
2.5.1 Обґрунтування вибору загальних технологічних баз	30
2.6 Проектування типових послідовностей оброблення поверхонь заготовки	34
2.7 Проектування операційного технологічного процесу виготовлення деталі	36
2.9 Визначення припусків для технологічних переходів оброблення поверхонь заготовки	41
2.9.1 Визначення припусків розрахунково-аналітичним методом (для двох відмінних поверхонь)	41
2.9.2 Визначення припусків аналоговими методами	45
2.10 Визначення режимів різання	49
2.10.1 Визначення режимів різання розрахунково-аналітичним методом (для двох технологічних переходів)	49

2.10.2	Визначення режимів різання аналоговими методами	51
2.11	Нормування технологічних операцій	54
2.11.1	Розрахунок поштучного часу для операції	54
3	ПРОЕКТУВАННЯ ВЕРСТАТНИХ ПРИСТРОЇВ	56
3.1	Розроблення і розрахунок конструкцій верстатних пристроїв	56
3.1.1	Вихідні дані для розроблення конструкцій верстатних пристроїв	56
3.1.2	Послідовність розроблення конструкції пристрою	56
3.2	Теоретичні та методологічні основи проектування верстатних пристроїв	58
3.2.1	Розрахунок похибки базування	58
3.3	Розрахунок затискних систем верстатних пристроїв	59
3.3.1	Розрахунок силових механізмів пристроїв	59
3.3.2	КВМ	61
4	ЕКОНОМІЧНІ РОЗРАХУНКИ	64
4.1	Розрахунок основних техніко-економічних показників	64
4.2	Визначення необхідного технологічного устаткування	64
4.3	Визначення капітальних витрат	66
4.4	Розрахунок технологічної собівартості	68
4.5	Визначення собівартості виготовлення заготовки	71
5	ОХОРОНА ПРАЦІ	72
5.1	Забезпечення безпеки при експлуатації підйомно-транспортних машин	72
5.2	Планування обладнання для спроектованого технологічного процесу	74
	Список використаної літератури	75
	Додатки	76
	Технічні характеристики обладнання	77
	Технологічна документація	79

Вступ

Машинобудування є однією з найважливіших галузей промисловості України. Машинобудування визначає технологічний прогрес нашої країни і суттєво впливає на удосконалення її матеріально-технічної бази.

Технологія машинобудування – це наука про виготовлення технологічних одиниць необхідної якості, кількості, що встановлена виробничою програмою, в задані строки із найменшими витратами. Перед технологією машинобудування постає 2 найвагоміші проблеми:

- проблема якості виготовленої продукції;
- проблема продуктивності праці.

Кожна з них включає в себе ряд інших, більш вузько направлених проблем. Наприклад: геометрична та функціональна взаємозамінність, надійність та довго тривалість використання, технологічність, автоматизація технологічних процесів і функцій керування у всіх видах виробництва, проблему покращення ефективності нововведень науково-дослідних робіт.

Підвищення якісних результатів машинобудівного виробництва, його удосконалення та прогрес, повинен здійснюватися насамперед за допомогою покращення технологій. Слід зазначити, що проектування оптимальних та раціональних технологічних процесів під собою має на увазі розв'язання великого обсягу пов'язаних між собою задач з забезпечення формально встановлених технологічними вимогами параметрів точності та якісних показників виробів та заданого рівня економічних показників виробництва. Особливо важливим чинником розвитку виробництва в машинобудуванні є технічна модернізація та переобладнання інструментів виробництва на підґрунті застосування новітніх досягнень техніки та науки: застосування прогресивних методів обробки, використання верстатів ЧПК та промислових роботів (зі штучним інтелектом) із високою продуктивністю, новітніх високотехнологічних матеріалів, високоякісного ріжучого інструментарію, який дозволяє застосовувати енергозберігаючі та матеріалозберігаючі технології.

1 ВИРІШЕННЯ ЗАГАЛЬНИХ ПИТАНЬ МАШИНОБУДУВАННЯ

1.1 Похибки дискретності і повторюваності на верстатах з ЧПК

1.1.1 Дозвіл позиціонування

Усі відсотки для розділу 1.1, взяті із [5].

Дозвіл позиціонування (дискретність) – це величина, яка демонструє наскільки точно переміщується ваша система ЧПК, згідно з заданих параметрів.

Допускаємо на осі Y станку, встановлений кроковий двигун з кроком 1.8 градуса (200 кроків за оберт) та драйвером у якого режим ділення кроку 1/16, який поєднаний з гвинтом кулькової передачі 1605 із кроком 5 мм для оберт. CNC посилає дискретні імпульси на контролер, які у свою чергу перетворюються у кроки двигуна. Одиничний імпульс викликає переміщення двигуна, які відповідають переміщення ідеальної осі, без похибок та люфтів, на $1/(200*16)*5 = 0.0015625$ мм. Таким є доступ позиціонування осі Y – позиція до осі в керуючій програмі, буде завжди кратна цієї величині, і тому ви не зможете перемістити у точку з координатою $Y = 2.101$ – програма буде згладжувати це значення до більшого, або меншого кратного числа.

Але усе це не означає, що через один імпульс ми отримаємо переміщення у 0.0015625 мм, бо існує велика кількість факторів, які також вносять похибку.

1.1.2 Повторюваність позиціонування осі з ЧПК

Якщо відправляти ось у одну й туж точку із різних положень, то кожен раз, ми отримаємо трохи різні результати. Бо існує така річ як, механічна похибка – ось буде зупинятися на якійсь точці яка приблизно дорівнює заданій. На скільки велике не співвідношення між цими крапками, це і є повторюваність. Вона залежить від виникаючої напруги деформації та люфтів.

1.1.3 Точність позиціонування осі з ЧПК

Точність позиціонування осі – це величина, яка відображає у яких кордонах можливе місцезнаходження реальної координати осі, після закінчення позиціонування. Народний вислів «точність станка», як правило передбачає саме точність позиціонування. Точність залежить від повторюваності та від її середнього значення. Точність – це величина, яка зображує наскільки сильною може бути похибка позиціонування осі.

Точність є однією з найголовніших характеристик станка. Бо навіть маленька похибка у градусах, на велику відстань, може перетворитись у

похибку на декілька міліметрів, або в найгіршому випадку, декілька сантиметрів.

1.1.4 Повторюваність і точність деталей, що виготовляються

Де факто, у житті усі вище зазначенні параметри, роздивляються після замірів оброблених деталей, а не через заміри позиції осі. Хоч і після обробки деталі, до похибки ще додаються інші фактори, такі як: биття, перпендикулярність установки шпинделя, параметри оброблюваного матеріалу та режими різання. У середньому на станках похибка:

- 0,1 мм, є гарним показником;
- 0,05 відмінним;
- менше 0,005 – неперевершеним, хоч таку точність можна побачити лише у декількох одиниць економ класу.

1.2 ВИДИ ІНТЕРПОЛЯЦІЇ ТА АПРОКСИМАЦІЇ

1.2.1 Методи наближення функції

Існує два способи отримання аналітичних виразів, інтерполяція та апроксимація.

Інтерполяція. Це один із різновидів апроксимації, у якому відомо деякі вузлові точки, через експеримент або обчислені математичним способом. А проміжкові значення лише наближенні до істини.

Апроксимація. Функція у таких випадках задається табличним методом або аналітично. Тому як правило вони мають дуже громіздкі та складний вигляд, що заважає дослідити функцію математичним аналізом. Тому їх спрощують до незначного вигляду, але ціною цього є точність, тому функція ніде може не дорівнювати істині, але завжди буде наближеною до неї.



Малюнок 1. 1 – Класифікація чисельних методів наближення функцій.

1.2.2 Види апроксимації

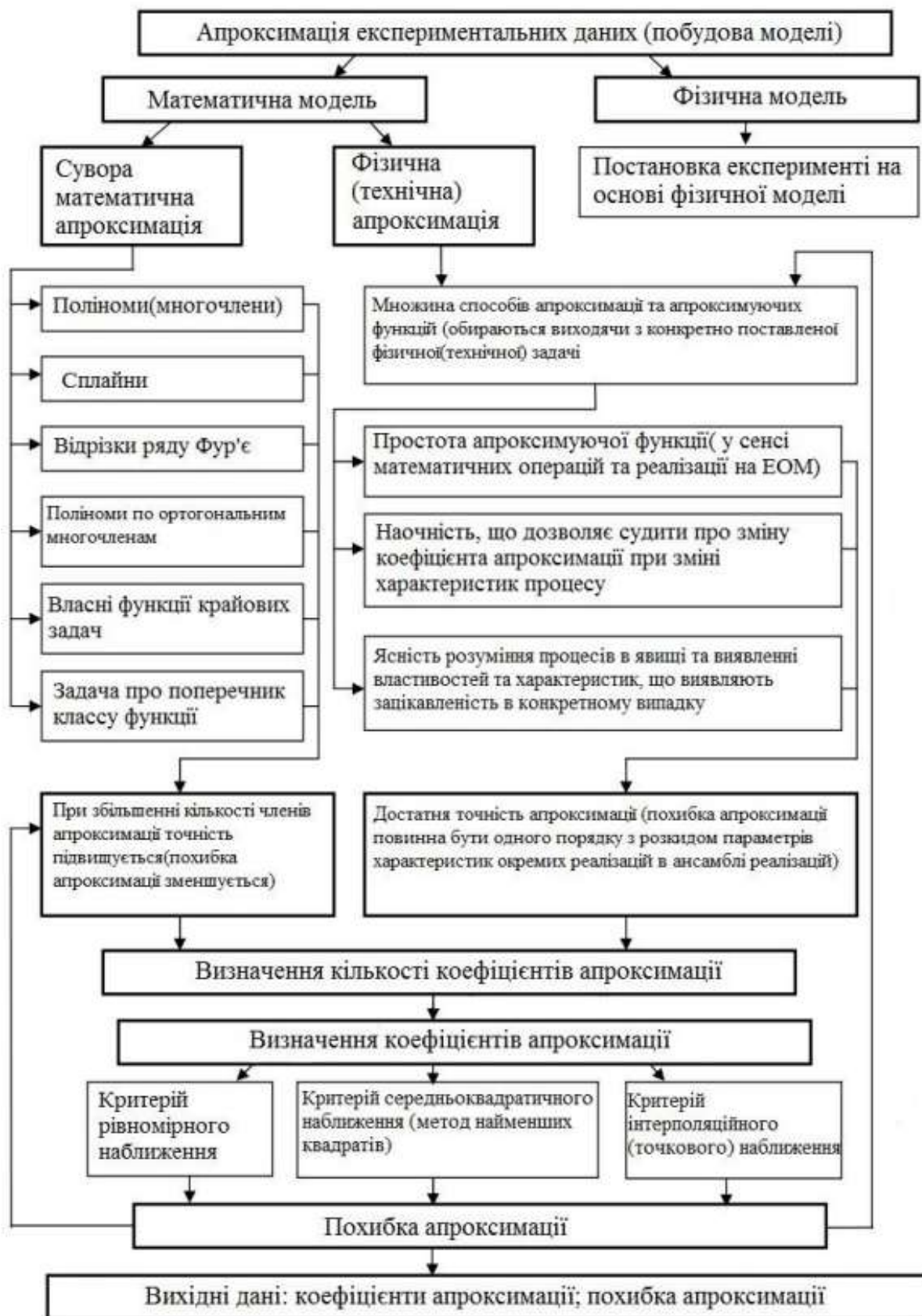
Умовно апроксимація поділяється на:

- 1) математична апроксимація;
- 2) фізична/технічна апроксимація.

Математичний метод включає в себе біля п'яти розділи:

- 1) многочленний (поліноми);
- 2) Сплайнавий розділ;
- 3) Через ряд Фур'є;
- 4) Ортогональні многочлени (ортогональні поліноми);
- 5) Власними функціями, крайових задач.

Фізична апроксимація, менш строгі методи, бо має безліч методів, з причини точно поставленої фізичної або технічної задачі.



Малюнок 1. 2 – Класифікація методів апроксимації

1.2.3 Види інтерполяції

Локальна та глобальна інтерполяція

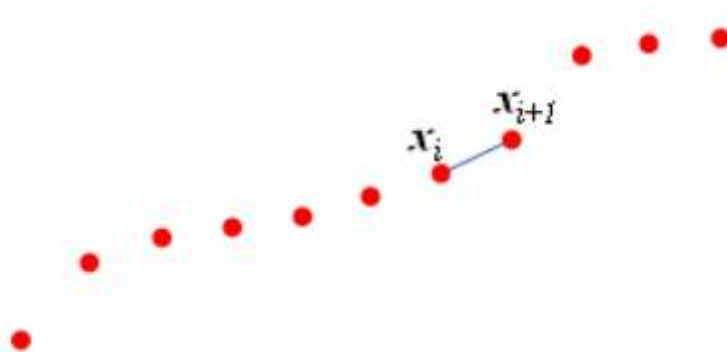
Якщо $n+1$ це вузол інтерполяції, то можливо побудувати лише один многочлен n -й степені.

Теоретично максимум точності несе за собою многочлен максимально великої степені, однак на практиці використовують многочлени низьких степенів, за для уникнення погіршень.

Якщо функцію інтерполюють на відрізку, методом одиничного многочлена, то така інтерполяція називається *глобальною*. Якщо ж ми поділимо цей відрізок ще на декілька відрізків, та інтерполюємо їх тим же методом, то це вже *локальна інтерполяція*.

Кусково-лінійна інтерполяція

Якщо об'єднати вузлові точки за допомогою прямої лінії, то ми отримаємо поліном першої степені.



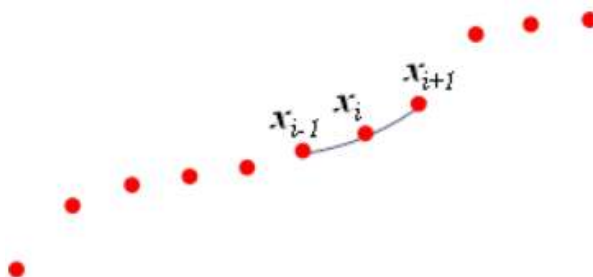
Малюнок 1.3 – Кусково–лінійна інтерполяція

Завдяки своїй простоті, цей метод є най популярнішим видом локальної інтерполяції.

Єдиним ускладненням у цього метода, є те що потрібно визначити постійний інтервал, між вузлами.

Кусково-квадратична інтерполяція

Даний вид інтерполяції схожий на кусково-лінійний метод. Відміною між ними слугує що кусково-квадратична інтерполяція складається з трьох вузлових точок, з яких будується рівняння параболи.



Малюнок 1. 4 – Кусково-квадратична інтерполяція

Многочлен Лагранжа

Метод Лагранжа, є одним із методів інтерполяції відразу на всьому відрізку. Закладається він у тому що усі $x_i = 0$, окрім тих випадків, коли $i = j$.

Похибка інтерполяції на пряму залежить від самої функції. Невелика похибка при ($n < 20$). При збільшенні n похибка також починає рости.

Саме завдяки своїй властивості міняти похибку, його використовують у випадках, коли значення функції змінне, а вузли незмінні.

Також за допомогою цієї властивості розмір записів є найменшим. Але якщо змінити кількість вузлів, то усі розрахунки потрібно буде робити заново.

Кусково-лінійна, та кускова-квадратична інтерполяція, є частими випадками інтерполяції методом Лагранжа.

Многочлен Ньютона розділеної різниці

Використовують якщо у функції задана з випадковим кроком, та точки пронумеровані у випадковому порядку.

Розділена різниця нульового порядку, співпадає із значенням у вузлах. Розділена різниця першого порядку у свою чергу дізнаються за допомогою розділеної різниці нульового порядку, таї так далі.

Розділена різниця n -ого порядку, визначається через різницю $n-1$ порядку.

За допомогою розділеної різниці, рівняння записують у спеціальному вигляді.

1.3 ВИДИ ІНТРПОЛЯЦІЇ У САМ СИСТЕМАХ

Для початку, інтерполяцію у верстатах з ЧПК, робить саме інтерполятор. І він може лише працювати з одним кадром, робочим. Інтерполяційні цикли розраховуються доволі швидко. Тому є можливість використовувати один із методів інтерполяції у верстатах з ЧПК. Якщо ділянки руху, є доволі елементарними, то використовують:

- Лінійні – переміщення інструменту по прямій, між двох заданих точок, які можуть бути знаходитись під будь яким кутом;
- Лінійно-колові – переміщення інструмента по прямій та по дузі кіл, між двох заданих точок, які можуть знаходитись під будь яким кутом;

Для колового руху повинні бути вказані координати центрів кіл. Як правило у сучасних ЧПК станках, робочі органи отримують команди дискретно, тобто у вигляді одиничних короткочасних імпульсів.

Також інтерполяція, та рух верстату може залежати від принципу видачі керуючих дискрет:

- Ведуча та ведена інтерполяція;
- Інтерполяція постійної частоти.

1.3.1 Апроксимація контуру

На станках з лінійним інтерполятором криволінійний контур, замінюють ломаними лініями. Така заміна називається «апроксимацією контуру». Апроксимація призводить до збільшення обсягу розрахунків. Так як криві на кресленнях замінюють максимально малими прямими лініями, у наслідок чого збільшується кількість обчислювальних точок.

На практиці число максимально малих ліній, вираховується максимально малої кількості. Кількість допуску прямих розраховується за формулою нижче:

$$\delta = (0.1 - 0.3) \times \Delta, \#(1.1)$$

Δ – розмір заданого контуру та креслярський допуск.

1.3.2 Колова інтерполяція

Колова інтерполяція може бути використана, лише у випадку, якщо креслення складеться з прямих ліній та дуг кола, в яких відомо радіуси. Але якщо креслення не є таким, то використовують лінійну інтерполяцію з апроксимацією. Приклад: парабола.

Криволінійна інтерполяція користується популярністю при токарних обробках, тому як контур тіл обертання, у більшості випадках окреслюються дугами окружності. А траєкторія руху відбуваються від вершини різця.

При фрезеруванні, траєкторією руху є центр фрези. З цього впливає наступне, щоб забезпечити допустиму форму поверхні, її проводять у формі еквідистантної кривої. Еквідистантною називають криву, у якій усі точки віддаленні на одну відстань, від заданого контуру. Причиною даного явища є зв'язно діаметр фрези. Розмір та форма еквідистантної кривої значимо відрізняється від контуру деталі, тому розрахунки для фрезерних станків зв'язані з різким зростом об'єму розрахунків.

1.3.3 Інтерполяція постійної несучої частоти

Для кожної координати (постійної частоти), розраховується число дискрет, які вирішують за допомогою швидкості подачі, на даній операції.

Як правило результат є дробовим, здавалось що найлегшим випадком є округлення до найближчого цілого числа, але таким методом доволі швидко накопичується похибка. Тому дробові значення округлюють до цілого числа, з накопиченням дробового залишку, які потім будуть використанні, у наступних періодах.

1.3.4 Ведуча та ведена інтерполяція

Координати по якій виконується найбільше переміщення, є ведучим, а усі інші – введеними.

Дискрети формуються так, що вони впливають лише на ведучу координату, та отримаємо рівномірний рух. Веденні у свою чергу враховуються із плином часом. Тому буде деяке відхилення від заданої прямої, але воно не буде перевищувати розмір одного дискрета.

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Аналіз службового призначення та умов роботи деталі в вузлі

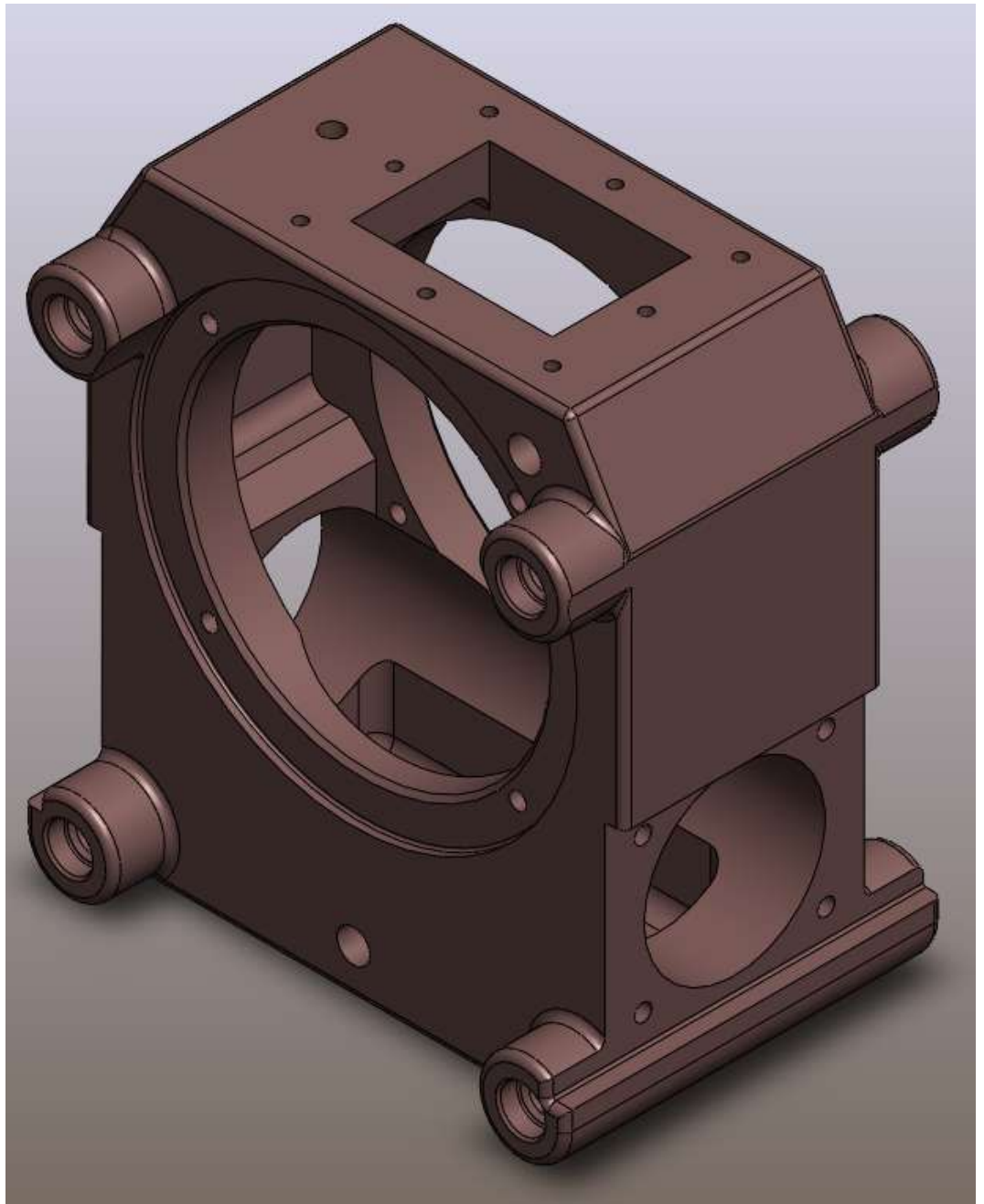
2.1.1 Аналіз конструктивних особливостей деталі та її класифікація

«Корпус черв 'ячного редуктора» відносять до класу «Корпусних деталей». Він є основною деталлю збірної одиниці «Черв'ячного редуктору». З огляду на наш випадок, деталі притаманний черв'як з нижнім розташуванням. Також, деталь має:

- 4 отвори Ø 13 мм, призначені для кріплення механізму на штифти або раму, за для функціональної роботи.
- 4 отвори М8-6Н×15-18, для кришки, обробка по сполучною деталлю.
- Центральний наскрізний отвір Ø 145 мм, для черв'ячного колеса.
- 4 отвори Ø 10.8 мм.
- На двох бокових поверхнях, розташовано по 4 кріпильних отвори М8-Н×13-16 під кришки.
- По центру від вище зазначених отворів розташований наскрізний отвір Ø 72Н7 для черв'яка.
- По центру нижньої площини деталі, знаходиться ступінчастий отвір для зливу мастила, який має такі параметри:
 - Отвір глибиною 13 мм в якому розміщена різьба М10-6Н;
 - Отвір Ø 25 мм глибиною 1 мм;
- На верхній площині розташовано отвір М10-6Н, глибиною 17 мм, за для заміни мастила.
- Прямокутний отвір 55 мм на 80 мм, для оглядового вікна.
- Навколо отвору зазначеного вище, розташовано 8 отворів М6-6Н×12-14, для закріплення кришки та корпусу між собою.

Габаритні розміри «Корпус редуктора» - 243×215×150 мм.

Матеріал деталі – СЧ 15 ГОСТ 1412-85.



Малюнок 2. 1 - 3Д модель деталі «Корпус черв'ячного редуктора»

2.1.2 Аналіз умов роботи деталі в складальній одиниці або вузлі

Корпус редуктора є однією з найголовніших деталей у збірці черв'ячного редуктора, у якій поєднуються усі інші деталі. Вона впливає на точність позиціонування в собі черв'яка та черв'ячного колеса, що в свою чергу впливає на крутний момент та кутову швидкість. Також корпус впливає на вібростійкість конструкції та якість змащення її передач. Тож назовні він знаходиться під дією агресивного середовища, але зсередини залишається в умовах малих змін навантаження.

2.1.3 Аналіз вибору конструкційного матеріалу

СЧ15 ГОСТ 1412-85 є матеріалом із сімейства сірих чавунів, які відзначаються своїми фізико-механічними властивостями за невелику ціну. Гарні ливарні властивості, добре оброблюються, мають високу циклічну в'язкість, що сприяє послабленню коливань. Присутня можливість змінювати властивості за допомогою видозміни та термообробки.

Матеріалу для корпусних деталей потрібні схожі властивості. Бо при виборі нього дивляться на умови роботи та конструктивні параметри: маса деталі, габарити, зносостійкість, міцність, вібростійкість та жорсткість конструкції. Та також дивляться на технологічні фактори, які визначають метод отримання заготовлі, оброблюваність матеріалу та грошові витрати. Найбільш популярні матеріали для корпусних деталей, сірий чавун, рідше вуглецеву сталь, ковкий чавун, леговану сталь і сплави кольорових металів.

На мій розсуд СЧ15 ГОСТ 1412-85 є більш чим гідним матеріалом за для виготовлення донної деталі. Через велику схожість між тим що потрібно, та тим що дає цей матеріал за свою ціну.

Таблиця 2.1 - Хімічний склад сірого чавуну СЧ15 ГОСТ 1412-85

Марка чавуну	Масова частка елементів, %				
	Вуглець	Кремній	Марганець	Фосфор	Сірка
				Не більше	
СЧ15	3,5-3,7	2,0-2,4	0,5-0,8	0,2	0,15

Таблиця 2.2 – Фізичні властивості чавуну з пластичним графітом

Марка чавуну	Щільність, кг/м	Лінійне усадження, %	Модуль пружності при розтягуванні, 10^{-2} МПа	Питома теплоємність при температурі від 20 до 200 °С, Дж	Коефіцієнт лінійного розширення за температур и від 20 до 200 °С	Теплопровідність при 20 °С, Вт
СЧ15	$7,0 \cdot 10^3$	1,1	"700" 1100	460	$9,0 \cdot 10^{-6}$	59

Таблиця 2.3 – Механічні властивості

Марка чавуну	Марка чавуну за СТ РЕВ 4560-84	Тимчасовий опір при розтягуванні, МПа, не менше
СЧ15	31115	150 (15)

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

У машинобудуванні існує три типи виробництва: одиничне, серійне та масове. Кожне з них пророкує кількість продукції, вироблено підприємством за одиницю часу. Які визначають розміщення технологічного обладнання та напрямок продукції при виготовленні.

Одиничне. Виробництво від двох до п'ятдесяти виробів. В залежності від розміру. Повторне виготовлення цих виробів може здійснюватися через невизначений час. Для нього характерно використання стандартних інструментів, нормалізованих та універсальних пристроїв.

Серійне. Назва характеризує що вироби виготовляються серіями. Від п'яти до трьохсот виробів, в залежності від розміру. Для даного виробництва характерні поточкові лінії, з розставленим обладнанням в порядку технологічних переходів. Використовують як універсальних так і спеціалізованих з спеціальними верстатами.

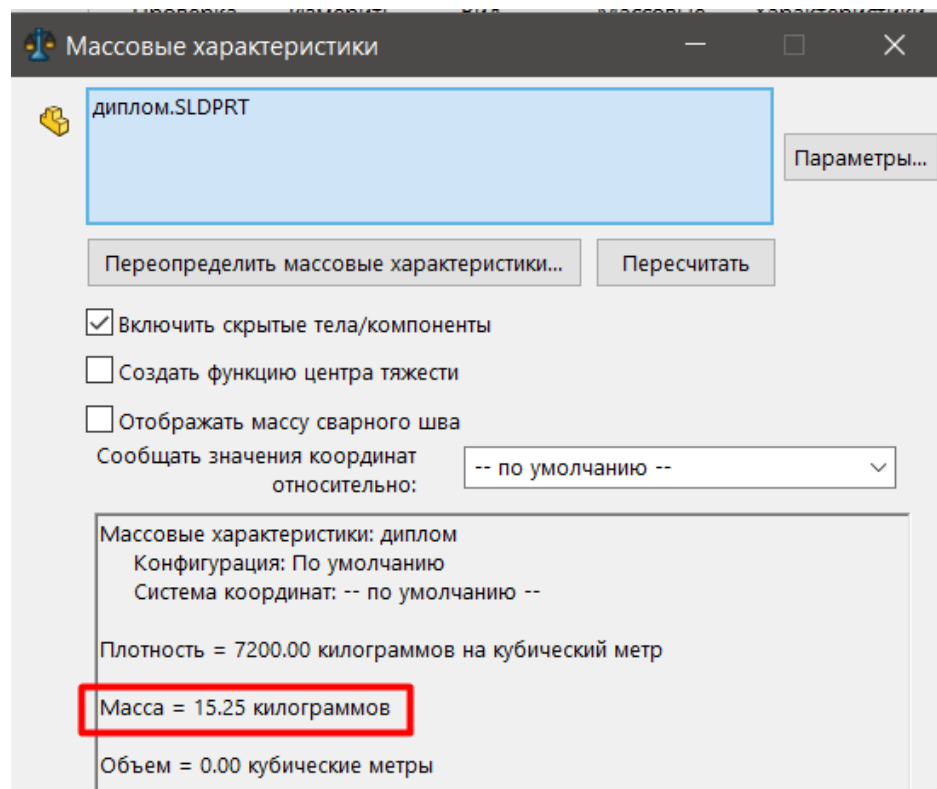
Масове. Виробництво від двадцяти п'яти і більше. Цехи компонуються у безперервно-поточковий або автоматичні лінії. Обладнання розставлено строго у порядку технологічних операцій. Використовують спеціальне обладнання, оснастку та інструмент.

Таблиця 2.4 – Орієнтовне визначення типу виробництва

Тип виробництва	Кількість виробів в серії		
	Великих	Середніх	Малих
Малосерійне	2...5	5...25	10...50
Середньо серійне	5...25	25...150	50...300
велико серійне	>25	>150	>300

Тип виробництва визначають розрахунково-аналітичним способом, з визначенням коефіцієнта закріплення операцій або коефіцієнт серійності.

По завданню нам задано середньо серійне виробництво. Та з програми Solidworks ми можемо дізнатися що маса деталі $\square$ 15 кг.



Малюнок 2. 2 - Масові характеристики деталі «Корпус редуктора»

З таблиці нижче (см. Таблиця 2 5 – Залежність типу виробництва від обсягу випуску та маси деталі) визначимо річний обсяг випуску виробів. Припустимо що за рік компанії потрібно випустити 300 деталей.

Таблиця 2 5 – Залежність типу виробництва від обсягу випуску та маси деталі

Тип виробництва	Річний обсяг випуску виробів Nr, шт.		
	Важкі М > 100 кг	Середні 10 < М < 100 кг	Легкі М < 10 кг
Одиничне	До 5	До 10	До 100
Малосерійне	5 - 100	10 – 200	100 – 500
Середньо серійне	100 - 300	200 – 500	500 - 5000
Велико серійне	300 – 1000	500 – 5000	5000 – 50000
Масове	Понад 1000	Понад 5000	Понад 50000

Розмір партії деталей n визначаємо за формулою:

$$n = \frac{N \times t}{F}, \#(2.1)$$

Де N – річна програма випуску деталей (шт.); t - кількість днів на які необхідно мати запас деталей (шт.); F - число робочих днів у році (шт.).

Підставимо у формулу $t=10$; $F=245$, отримаємо:

$$n = \frac{300 \times 10}{245} = 12,25 \text{ (дет.)}, \#(2.2)$$

Для спрощення приймаємо розмір партії $n = 12$ (дет.).

2.3 Короткий аналіз технологічності конструкції деталі

Технологічність – це задовільне співвідношення між вимогами економічної технології і її подальшим використанням.

Продуктивність робочих, скорочення часу на виготовлення та зниження витрат зі збереженням потрібного рівня якості, це все заходи для підтримки технологічного рівня конструкції та деталі.

Технологічність оцінюють двома методами:

- якісна оцінка;
- кількісна оцінка.

Якісна оцінка характеризує узагальнено на усіх етапах проектування. Та полягає у досвіді.

Кількісна оцінка більш раціональна, бо виражаються числовими показниками, у випадку впливу на технологічність виробу.

Нетехнологічними є елементи, які не можуть бути оброблені з причини відсутності обладнання або інструментів.

Деталь «Корпус редуктора» є технологічною.

2.4 Визначення виду та способу виготовлення заготовки

Одним з найважливіших етапів до розроблення технологічного процесу є етап вибору виду та способу виготовлення заготовки. Він визначає величину припуску для механічного оброблення, особливості обробки чорнового шару, величину залишкових напружень.

На сьогоднішній день у машинобудуванні існують такі технологічні види виготовлення заготовок:

- литтям;
- пластичним деформуванням;
- відділенням (відрізанням або вирізанням) від стандартного сортового прокату (листів, прутків, складних профілів, плит);
- методами порошкової металургії;
- комбінованими методами, коли окремі частини заготовки виготовляються литтям, або пластичним деформуванням, а їх з'єднання виконується зварюванням.

Але варто звернути увагу що на сьогоднішній день більшість заготовок у машинобудуванні, отримують методом лиття або пластичним деформуванням.

До цього ми обрали що матеріал деталі – сірий чавун СЧ 15. Це означає, що спосіб отримання заготовки буде – лиття.

Раніше визначена серійність, дає задуматися о виборі способу лиття. Для вирішення цього питання нам допоможе таблиця 5.6 (см. Таблиця - 2. 6 – Характеристики способів виготовлення литих заготовок з чавуну, сталі, кольорових і спеціалізованих сплавів)

У популярності користуються лиття в піщано-глиняні форми, та за моделями. Але вигідно це робити тільки при одиночному, малосерійному та середньо серійному виробництві.

Якщо порівняти ці два способи виготовлення заготовки. То ми дізнаємось що лиття за моделями дозволяє отримати високоякісні виливки, не зважаючи що виготовлення виливків з наскрізним отвором є ускладненим. У ціновій політиці лиття у разові піщані форми дешевше у 4-5 разів.

Таблиця - 2. 6 – Характеристики способів виготовлення литих заготовок з чавуну, сталі, кольорових і спеціалізованих сплавів

Спосіб виготовлення заготовки	Розміри або маса		Точність виконання розмірів заготовки класу (ГОСТ 26645-85)	Шорсткість Rz, мкм (Ra, мкм)	Тип виробництва
	найбільші	найменші			
Лиття в землю при ручному формуванні за дерев'яними моделями	не обмежені	товщина стінки 3...8 мм	8...16	320...80 (80...20)	одиничне, малосерійне
Лиття в землю при машинному формуванні за дерев'яними моделями	10...15 т		6...13	80...20 (20...5)	серійне
Лиття в землю при машинному формуванні за металевими моделями зі складанням стержнів в кондукторах	3...5 т		4...12	40...10 (10...2,5)	велико серійне, масове
Лиття в напівпостійні (цементні, графітові, азбест- і графіт алебастрові) форми	30 т		6...13	320...80 (80...20)	серійне
Лиття в оболонкові форми, алюмінієве	100 кг	товщина стінки 1...1,5 мм	4...10	40...10 (10...2,5)	серійне, масове
Лиття в оболонкові форми, сталеве		товщина стінки 3...5 мм			
Лиття сталеве за моделями, що виплавляються	50 кг	товщина стінки 0,5 мм	3...6	40...10 (10...2,5)	серійне, масове
Лиття під тиском (зі сплавів кольорових металів)	100 кг			20 (5) і менше	велико серійне, масове
Лиття в металеві форми	0,5...7 т	4...15 мм	4...12	80...10 (10...2,5)	серійне, масове
Відцентрове лиття	0,01...3 т	0,5 мм		160...40 (40...10)	

Внутрішній ступінчастий отвір, під черв'ячне колесо та отвір під черв'як, формується за допомогою стержня, які з'єднуються між собою, для утворення порожнини. Усі інші порожнини будуть сформовані за допомогою болванки.

2.5 Обґрунтування вибору баз для технологічного процесу

Один із найбільш складних і відповідальних питань, є проектування технологічних баз. Від цього залежить точність обробки та точність оброблюваних розмірів. Для цього потрібно обґрунтувати наступне:

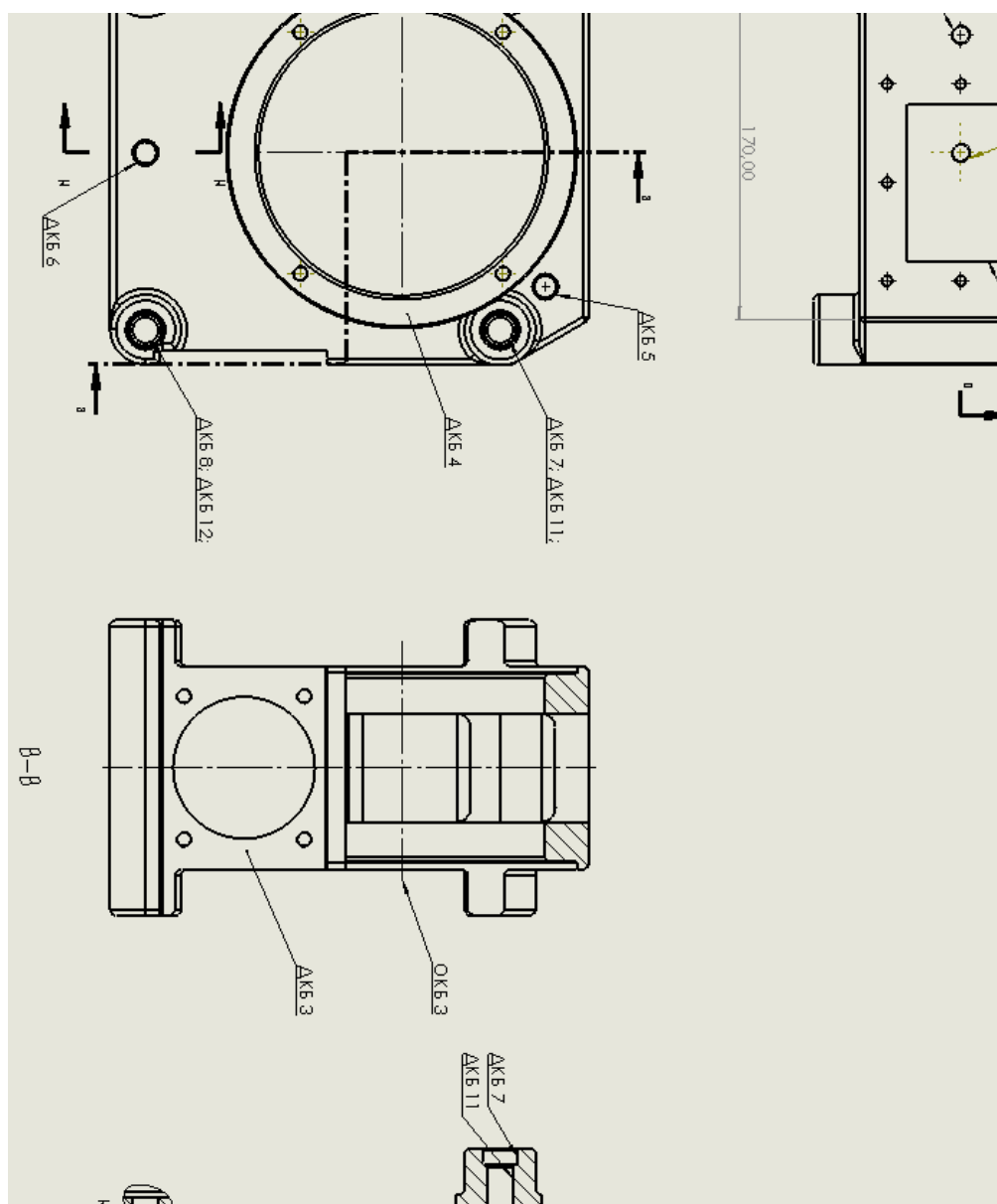
- вибір загальних технологічних баз (ЗТБ);
- вибір технологічних баз (ТБ) для першої операції технологічного процесу (ТП).

2.5.1 Обґрунтування вибору загальних технологічних баз

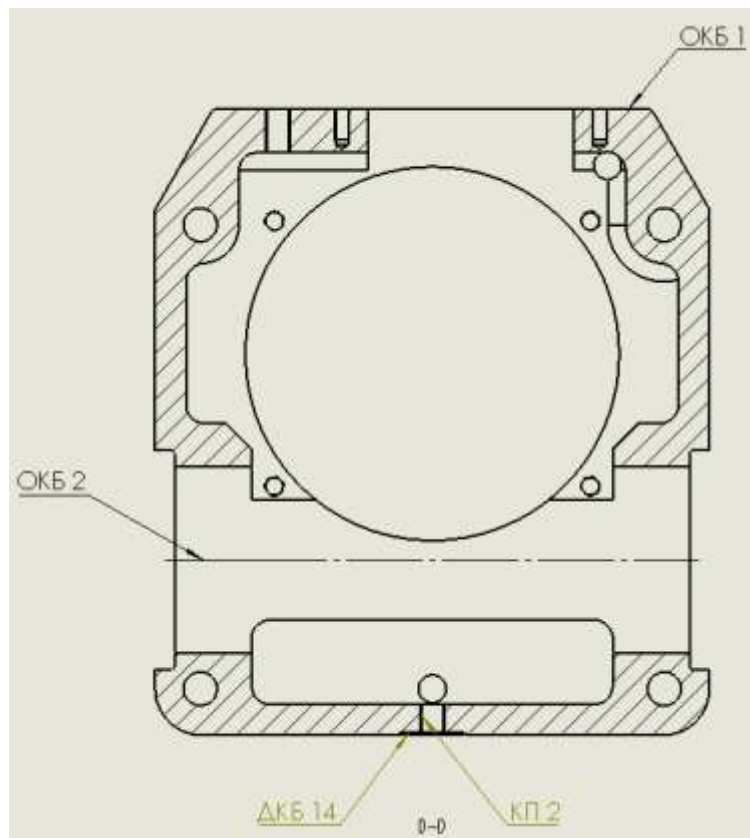
ЗТБ це незмінний комплект баз заготовки, використання якого можливість обробити більшість поверхонь деталі. Базы поділяються на чотири види:

- Основні конструкторські бази (ОКБ) - поверхні, які визначають положення деталі в складальній одиниці або вузлі;
- Допоміжні конструкторські бази (ДКБ) - поверхні, що визначають положення деталей, що приєднуються;
- Кріпильні поверхні (КП) – фіксують положення деталей, що приєднуються;
- Вільні поверхні (ВП) - об'єднують вказані поверхні в єдину деталь.

У відповідності до алгоритму визначимо бази для нашої деталі, «Корпусу редуктора» (см. Малюнок 2. 3 – Класифікація поверхонь деталі за службовим призначенням (Ч1)Малюнок 2. 4 – Класифікація поверхонь деталі за службовим призначенням (Ч2))



Малюнок 2. 3 – Класифікація поверхонь деталі за службовим призначенням (Ч1)



Малюнок 2. 4 – Класифікація поверхонь деталі за службовим призначенням (Ч2)

Не позначені поверхні є вільними, та оброблюватися не будуть.

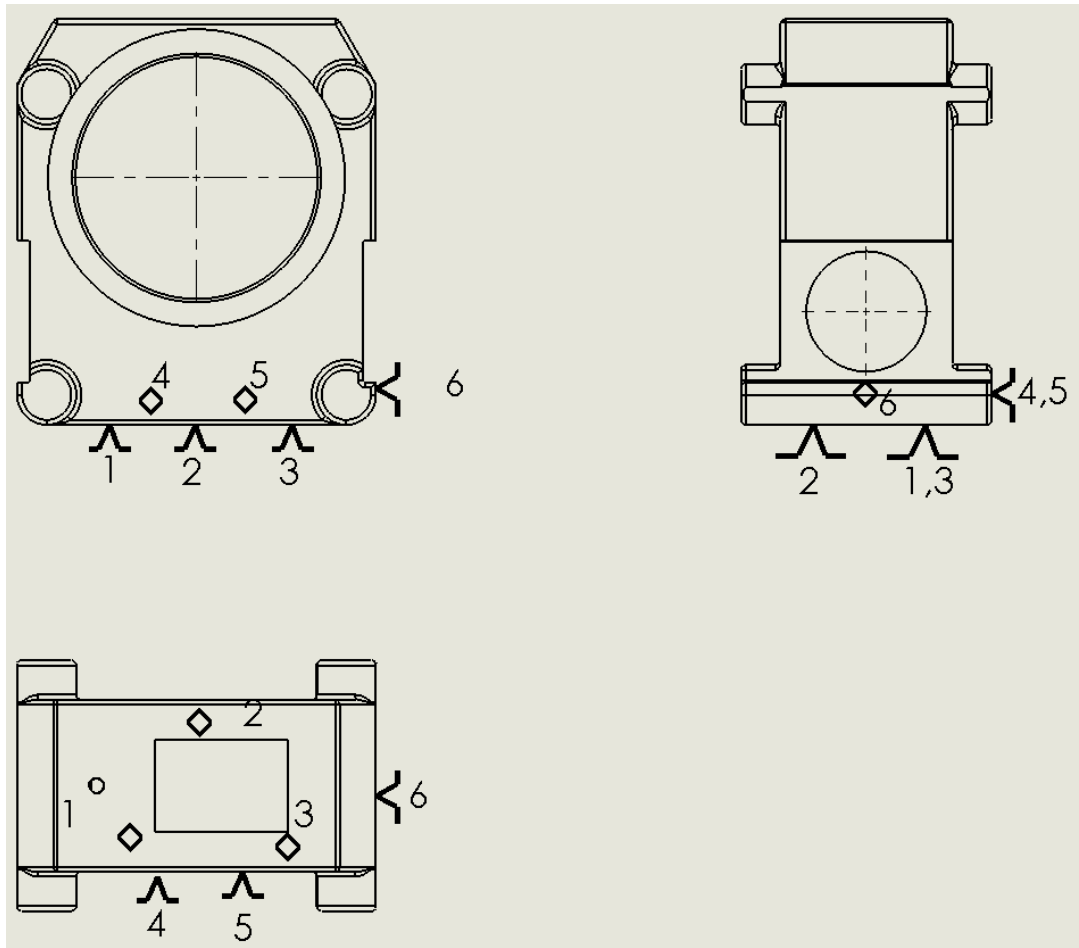
2.5.2 Обґрунтування вибору технологічних баз для перших технологічних операцій

На етапі вибору ТБ, визначають схему базування для першої технологічної операції.

За науковими дослідженнями у цій галузі, та практичного досвіду виробництва, людство вигадало алгоритм вибору технологічних баз, до перших технологічних операцій:

- Технологічною базою повинна бути необробна поверхня.
- Якщо всі поверхні обробні, то обирається поверхня з найменшим припуском.
- Якщо всі поверхні будуть оброблюватися та припуск доволі рівномірно розповсюджений, тоді обираймо поверхню на якій виникнення браку не допускається.
- Якщо існує декілька варіантів базування, то обирають варіант в якому обробна поверхня пов'язана з базовою, найкоротшим розміром ланцюга.

- У якості ТБ приймають поверхню для яких забезпечують рівномірний припуск для інших операцій механічної обробки.



Малюнок 2.5 - Теоретична схема базування для першої операції

2.6 Проектування типових послідовностей оброблення поверхонь заготовки

При написанні типових послідовностей, використовувалися рекомендації [3]

Таблица 2.7 – Типова послідовність обробки поверхонь

№	Характеристики якості поверхонь за креслеником		Технологічна послідовність оброблення	Характеристики кості поверхні після оброблення	
	Точність розмірів IT	Параметр шорсткості Ra, мкм		Точність розмірів IT	Параметр шорсткості Ra, мкм
1	2	3	4	5	6
ОКБ1	14	3.2	Черновое	14	3.2
КП1	14	6.3	Сверление и зенкерование Резьба метчиком	11	6.3
ДКБ 1 ДКБ 2	14	6.3	Черновое	14	6.3
ОКБ2	7	3.2	Двукратное расточивание и тонкое расточивание	7	1.25
ДКБ 3	14	2.5	Черновое	14	2.5
ОКБ 3	7	3.2	Двукратное расточивание и тонкое расточивание	7	1.25
ДКБ 4	14	2.5	Черновое	14	2.5
ДКБ 5-6	13	2.5	Сверление и зенкерование Резьба метчиком	11	2.5
ОКБ 4; ДКБ 7-9	8	3.2	Сверление, зенкерование и двукратное развертывание	8	1.25
ДКБ 10- 13	14	2.5	Сверление (глубокое, оружейное сверло), зенкерование	11	2.5
ДКБ 14	14	2.5	Сверление и	9	2.5

			развертывание		
КП 2	14	6.3	Сверление зенкерование Резьба метчиком	и 11	6.3

2.7 Проектування операційного технологічного процесу виготовлення деталі

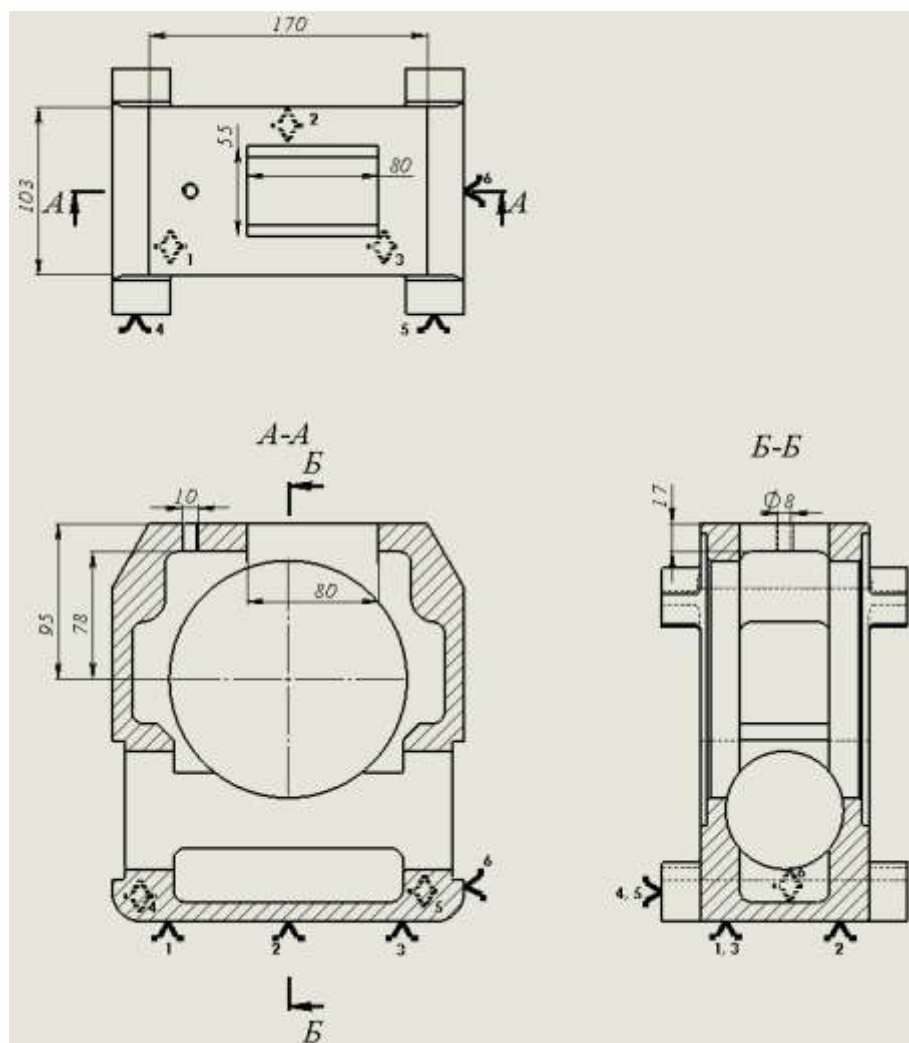
Так як деталь є корпусного класу, то технологічний процес буде складатися з певних етапів:

- Обробка площини, яка далі буде слугувати чистовою установчою базою;
- Чорнова и чистова обробка значних за розміром площин;
- Чорнове и чистове розточування;
- Зенкерування з подальшим нарізанням різьби;
- Доведення до кінцевих розмірів, основних та точних розмірів;

015 Фрезерна з ЧПК.

Б. Горизонтально-фрезерний обробляючий центр, HAAS EC-400.

А. Установити, вивірити, закріпити.



Малюнок 2. 6 – Ескіз оброблення для операції 015

015.01. Фрезерувати торцеву поверхню 103 мм на 170 мм, начорно, витримуючи розміри 95 мм.

015.02. Фрезерувати поверхню 55 мм на 17 мм, начорно, витримуючи розмір 78 мм.

015.03. Фрезерувати поверхню 80 мм на 17 мм, начорно, витримуючи розмір 78 мм.

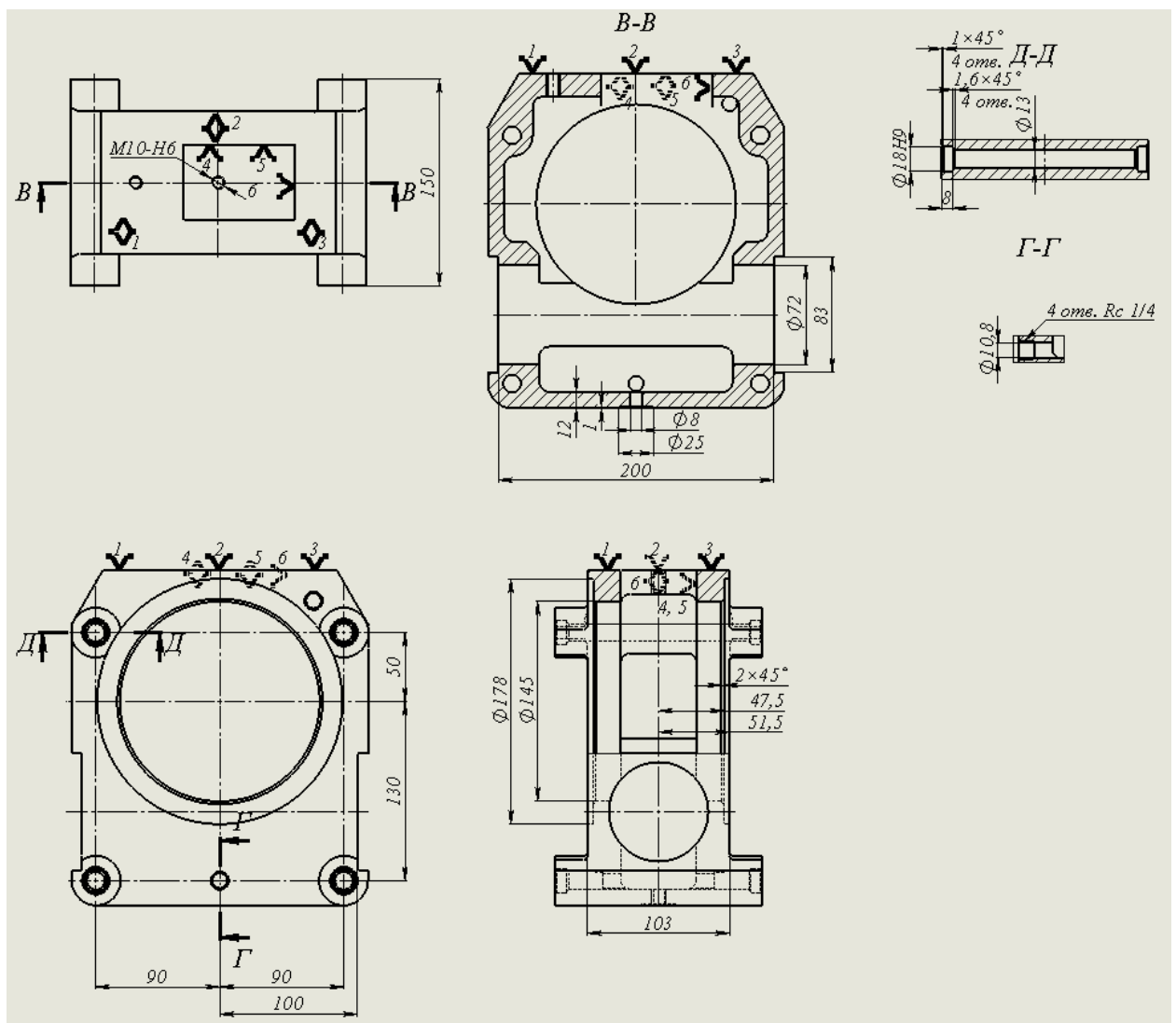
015.04. Свердлити отвір $\varnothing 8$ мм, витримуючи розмір 78 мм.

015.05. Зенкерувати отвір $\varnothing 8$ мм, витримуючи розмір 95 мм.

015.06. Нарізати різьбу M10-6H в отворі $\varnothing 10$ мм, витримуючи розмір 78 мм.

020 Багатоцільова з ЧПК.

Б. Установити, вивірити, закріпити.



Малюнок 2. 7 – Ескіз оброблення для операції 020.

- 020.01. Розточити отвір Ø72 мм, витримуючи розмір 200 мм.
- 020.02. Розточити 2 отвори Ø 145 мм, витримуючи розмір 47,5 мм.
- 020.03. Свердлити 4 отвори Ø 10,8 мм, на глибину 51,5 мм.
- 020.04. Зенкерувати 4 отвори Ø 10,8 мм.
- 020.05. Свердлити 8 отвори Ø 18H9 мм, витримуючи розміри 50 мм, 90 мм, 130 мм, та 8 мм.
- 010.06. Зенкерування 8 отворів Ø 18H9 мм, $1 \times 45^\circ$.
- 020.07. Фрезерувати торцеву поверхню 103 мм на 83 мм, начорно, витримуючи розмір 100 мм.
- 020.08. Фрезерувати поверхню Ø 178 мм, витримуючи розмір 47,5 мм.
- 020.09. Нарізати різьбу Rc 1/4, в отворі Ø 10,8 мм.
- 020.10. Дворазове розгортання 8 отворів Ø 18H9 мм.
- 020.11. Розточити 2 отвори Ø 145 мм, витримуючи розмір 47,5 мм.
- 020.12. Розточити отвір Ø72 мм, витримуючи розмір 200 мм.
- 020.13. Зенкерувати отвір Ø25, $1 \times 45^\circ$.
- 020.14. Свердлення 4 отворів Ø 13 мм, витримуючи розмір 150 мм.
- 020.15. Зенкерування 4 отворів Ø 13 мм, $1,6 \times 45^\circ$.
- 020.16. Свердлити отвір Ø 8 мм, витримуючи розмір 12 мм.
- 020.17. Зенкерувати отвір Ø 8 мм.
- 020.18. Нарізати різьбу M10-H6, витримуючи розмір 12 мм.
- 020.19. Тонке розточування 2 отворів Ø 145 мм, витримуючи розмір 47,5 мм.
- 020.20. Зенкерувати 2 отвори Ø145 мм, $2 \times 45^\circ$ витримуючи розмір 47,5 мм.
- 020.21. Тонке розточування Ø72 мм, витримуючи розмір 200мм.
- 025 Вимірювальна
- 030 Покриття-грунтовка ФЛ-03 К, коричнева (0,35 м²)
- 035 Маркувати за РД 24.854.01-89.

2.8 Короткий опис вибору верстатного обладнання

Для обробки деталі «Корпус редуктора» я обрав горизонтально-фрезерний обробляючий центр станок з ЧПК HAAS EC-400.

На донному верстаті можливо виконати чорнову та чистову обробку корпусної деталі.

Технічні характеристики горизонтально-фрезерного обробляючий центр станок з ЧПК HAAS EC-400 подано в таблиці нижче (см.)

ПЕРЕМІЩЕННЯ ПО ОСЯХ	ЗНАЧЕННЯ
ось X	559 мм
ось Y	635 мм
ось Z	559 мм
СТІЛ	ЗНАЧЕННЯ
Довжина	400 мм
Ширина	400 мм
Максимальна загрузка	400 кг
ШПИНДЕЛЬ	ЗНАЧЕННЯ
макс. класифікація	22,4 кВт
макс. швидкість	8100 об/хв
макс. пара	122,0 Нм при 2000 об/хв
Система приводу	Вбудований прямий привід
конус	СТ або ВТ 40
Змащення підшипників	Впорскування повітря/масла
Охолодження	Air Cooled
ІНТЕГРОВАНА 4-ТА ВІСЬ (ВІСЬ В)	ЗНАЧЕННЯ
Час обертання на 90° (повний 4-й)	3,0 с
Крутний момент (безперервний)	575 Нм
Люфт	30 дуг-сек
Передаточне число	106:1
Мінімальна роздільна здатність	0,001 °
Точність індексування	± 15 дуг-сек
Повторюваність	10 дуг-сек
Пороги на Б	150 °/сек
ПОДАЧИ	ЗНАЧЕННЯ
Макс Резка	21,2 м/мин
Рapidс на X	35,6 м/мин
Пороги на Y	35,6 м/мин
Пороги на Z	35,6 м/мин
ОСЕВЫЕ ДВИГАТЕЛИ	ЗНАЧЕННЯ
Макс. тяга X	15035 Н
Макс. тяга Y	12500 Н

Макс. тяга Z	15035 Н
--------------	---------

Горизонтально-фрезерний обробляючий центр станок з ЧПК HAAS EC-400 зображено на рисунку нижче (см: Малюнок 2.8 – Зовнішній вигляд Горизонтально-фрезерний обробляючий центр станок з ЧПК HAAS EC-400)



Малюнок 2.8 – Зовнішній вигляд Горизонтально-фрезерний обробляючий центр станок з ЧПК HAAS EC-400

2.9 Визначення припусків для технологічних переходів оброблення поверхонь заготовки

2.9.1 Визначення припусків розрахунково-аналітичним методом (для двох відмінних поверхонь)

Розрахунок припусків на отвір ОКБ2

У подальшій главі всі формули були взяті з книги, як і деякі табличні значення.[4]

Формула для визначення припуску на отвір:

$$2Z_{imin} = 2(Rz_{i-1} + h_{i-1} + \sqrt{\Delta_{\Sigma i-1}^2 + \varepsilon_{yi}^2}), \#(2.3)$$

Rz_{i-1} – середня висота мікронерівностей;

h_{i-1} – глибину шару яку необхідно видалити на даному переході;

ε_I – векторна сума похибок базування та закріплення;

$\Delta \Sigma-1$ – векторна сума просторових нерівностей;

Середня висота мікронерівностей та глибина шару яку необхідно видалити дорівнює у сумі дорівнює 700 мкм.

Сума значень просторових відхилень з отвором, визначається за формулою:

$$\Delta_{заг} = \sqrt{\Delta_{зигн}^2 + \Delta_{екс}^2}, \#(2.4)$$

Похибка ексцентричності литих заготовок $\Delta_{екс} = 1,8$ мм; похибка зігнутості литих заготовок $\Delta_{зигн} = 1,4$ мм

$$\Delta_{заг} = \sqrt{1,4^2 + 1,8^2} = 2,3 \text{ мм} = 2300 \text{ мкм}$$

Остаточна похибка відхилення після чорнового розточування:

$$\Delta_{чорн} = 0,18 \times \Delta_{заг} = 0,18 \times 2300 = 415 \text{ мкм.}$$

Остаточна похибка відхилення після напівчистого розточування:

$$\Delta_{напівчист} = 0,15 \times \Delta_{заг} = 0,15 \times 2300 = 345 \text{ мкм.}$$

Остаточна похибка відхилення після чистового розточування:

$$\Delta_{чист} = 0,1 \times \Delta_{заг} = 0,1 \times 2300 = 230 \text{ мкм.}$$

Векторна сума похибок базування та закріплення дорівнює нулю, так як вимірювальні бази співпадають з технологічними.

Визначимо розрахункові мінімальні припуски для кожного переходу:

$$2Z_{\text{чорн } \min} = 2 \times \left((R_z + h_{\text{заг}}) + \sqrt{\Delta_{\text{заг}}^2 + \Delta_{\text{у зенкер}}^2} \right) = 2(700 + 415) \\ = 2230 \text{ мкм}$$

$$2Z_{\text{напівчист } \min} = 2 \times \left((R_z + h_{\text{заг}}) + \sqrt{\Delta_{\text{заг}}^2 + \Delta_{\text{у зенкер}}^2} \right) = 2((30 + 30) + 345) \\ = 810 \text{ мкм}$$

$$2Z_{\text{чист } \min} = 2 \times \left((R_z + h_{\text{заг}}) + \sqrt{\Delta_{\text{заг}}^2 + \Delta_{\text{у зенкер}}^2} \right) = 2((30 + 30) + 230) \\ = 580 \text{ мкм}$$

Розрахунок припуску для кожного переходу:

$$d_{p \text{ чист}} = d_{\text{чист } \max} = 72,03 \text{ мм}$$

$$d_{p \text{ напівчист}} = d_{\text{чист}} - 2Z_{\text{чист } \min} = 72,03 - 0,58 = 71,45 \text{ мм}$$

$$d_{p \text{ чорн}} = d_{p \text{ напівчист}} - 2Z_{\text{напівчист } \min} = 71,45 - 0,81 = 70,64 \text{ мм}$$

$$d_{p \text{ заг}} = d_{p \text{ чорн}} - 2Z_{\text{чорн } \min} = 70,64 - 2,23 = 68,41 \text{ мм}$$

Визначення допуску для кожного переходу за таблицею 1, за ГОСТ 25346-89.

$$T_{\text{заг}} = 0,74 \text{ мм (IT14)}$$

$$T_{\text{чорн}} = 120 \text{ мкм (IT10)}$$

$$T_{\text{напівчист}} = 46 \text{ мкм (IT8)}$$

$$T_{\text{чист}} = 30 \text{ мкм (IT7)}$$

Порахуємо граничні розміри для переходів.

$$d_{\text{чист } \min} = d_{\text{дет } \min} = 72 \text{ мм}$$

$$d_{\text{напівчист } \min} = d_{\text{напівчист } \max} - T_{\text{напівчист}} = 71,45 - 0,046 = 71,404 \text{ мм}$$

$$d_{\text{чорн } \min} = d_{\text{чорн } \max} - T_{\text{чорн}} = 70,64 - 0,12 = 70,52 \text{ мм}$$

$$d_{\text{заг } \min} = d_{\text{заг } \max} - T_{\text{заг}} = 68,41 - 0,74 = 67,67 \text{ мм}$$

Прорахуймо граничні значення припусків для переходів.

$$2Z_{\text{чист } \min} = d_{\text{чист } \max} - d_{\text{напівчист } \max} = 72 - 71,45 = 0,55 \text{ мм}$$

$$2Z_{\text{напівчист } \min} = d_{\text{напівчист } \max} - d_{\text{чорн } \max} = 71,45 - 70,64 = 0,81 \text{ мм}$$

$$2Z_{\text{чорн } \min} = d_{\text{чорн } \max} - d_{\text{заг } \max} = 70,64 - 68,41 = 2,23 \text{ мм}$$

$$2Z_{\text{чист } \max} = d_{\text{чист } \min} - d_{\text{напівчист } \min} = 72 - 71,404 = 0,596 \text{ мм}$$

$$2Z_{\text{напівчист } \max} = d_{\text{напівчист } \min} - d_{\text{чорн } \min} = 71,404 - 70,52 = 0,884 \text{ мм}$$

$$2Z_{\text{чорн } \max} = d_{\text{чорн } \min} - d_{\text{заг } \min} = 70,52 - 67,67 = 2,85 \text{ мм}$$

Розраховані значення підводимо у таблицю (см. Таблиця 2.8 – Припуск на механічну обробку отвору $\varnothing 72\text{H7}$).

Таблиця 2.8 – Припуск на механічну обробку отвору $\varnothing 72\text{H7}$

Технологічні переходи при обробленні внутрішньої циліндричної поверхні $\varnothing 72\text{H7}$	Елементи припуску, мкм				Розрахунковий припуск $2Z_i$, мкм	Розрахунковий розмір D_p , мкм	Допуск T_i , мкм	Граничні розміри, мм		Граничні значення припусків, мм	
	R_z	h	$\Delta\Sigma$	ε_y				$D_{i \min}$	$D_{i \max}$	$2Z_{i \min}$	$2Z_{i \max}$
Заготовка (лиття)	700		2300	-	-	68,41	740	67,67	68,41	-	-
Чорнове розточування	30	30	415	0	2230	70,64	120	70,52	70,64	2,23	2,85
Напівчистове розточування	30	30	345	0	810	71,45	46	71,404	71,45	0,81	0,884
Чистове розвертання	30	30	230	0	580	72,03	30	72	72,03	0,59	0,596

Розрахунок припуску на плоску поверхню ОКБІ

Формула для визначення припуску:

$$Z_{i \min} = R_{zi-1} + h_{i-1} + \varepsilon_i + \Delta_{\Sigma-1}, \#(2.6)$$

R_{zi-1} – середня висота мікронерівностей;

h_{i-1} – глибину шару яку необхідно видалити на даному переході;

ε_i – векторна сума похибок базування та закріплення;

$\Delta \Sigma-1$ – векторна сума просторових нерівностей;

Значення для середньої висоти мікронерівностей, глибини шару та векторної суми нерівностей беруться з таблиці, векторна сума похибок визначається після розробки технологічного маршруту.

Середня висота мікронерівностей та глибина шару яку необхідно видалити дорівнює у сумі дорівнює 700 мкм.

Векторна сума похибок базування та закріплення дорівнює нулю, так як вимірювальні бази співпадають з технологічними.

Векторна сума просторових відхилень поверхні заготовки $\Delta \Sigma_0=1000$ мкм.

Мінімальний припуск на одноразове оброблення площини.

$$Z_{1\min} = 700 + 1000 = 1700 \text{ мкм}$$

Призначення припуску на чорнову обробку $Z_1 = 5$ мм.

2.9.2 Визначення припусків аналоговими методами

На цей раз, розрахунки для усіх інших методів будуть відбуватися табличним методом.

Для початку використаємо таблицю 2.9. У чисельнику вказані класи точності розмірів та мас, у знаменнику – ряди припусків. Найменші їх значення відносяться до простих виливків та умов масового автоматизованого виробництва; великі значення - до складних, дрібносерійно та індивідуально виготовлених виливків; середні значення - до виливків середньої складності та умов механізованого серійного виробництва.

Класи точності мас слід приймати відповідними класами точності виливків.

Таблиця 2.9 - Класи точності розмірів і мас і ряди припусків на механічну обробку виливків для різних способів лиття.

Лиття	Найбільшій габаритний розмір виливка, мм	Метали та сплави		
		Кольорові з температурою плавлення нижче 700 °С	Кольорові з температурою плавлення вище 700 °С, сірий чугун	Ковкий, високоміцний та легований чугун та сталь
Під тиском у металевій формі	До 100	$\frac{3т - 5}{1}$	$\frac{3 - 6}{1}$	$\frac{4 - 7т}{1}$
	Св. 100	$\frac{3 - 6}{1}$	$\frac{4 - 7т}{1}$	$\frac{5т - 7}{1}$
У керамічній формі та за виплавленням, та за випалюваними моделями	До 100	$\frac{3 - 6}{1}$	$\frac{4 - 8т}{1 - 2}$	$\frac{5т - 7}{1 - 2}$
	Св. 100	$\frac{4 - 7}{1 - 2}$	$\frac{5т - 7}{1 - 2}$	$\frac{5 - 8}{1 - 2}$
У кокіл і під низьким тиском металеві форми з піщаними стрижнями і без них, лиття в піщані форми, що затверджуються в контакт з	До 100	$\frac{4 - 9}{1 - 2}$	$\frac{5т - 10}{1 - 3}$	$\frac{5 - 11}{1 - 3}$
	Св. 100 до 630	$\frac{5т - 10}{1 - 3}$	$\frac{5 - 11т}{1 - 3}$	$\frac{6 - 11}{2 - 4}$
	Св. 630	$\frac{5 - 11т}{1 - 3}$	$\frac{6 - 11}{2 - 4}$	$\frac{7т - 12}{2 - 5}$

оснащенням				
У піщані форми, що твердіють поза контактом з оснасткою, відцентрове, у зварені та сухі піщано-глинисті форми	До 630	$\frac{6 - 11}{2 - 4}$	$\frac{7_T - 12}{2 - 4}$	$\frac{7 - 13_T}{2 - 5}$
	Св. 630 до 4000	$\frac{7 - 12}{2 - 4}$	$\frac{8 - 13_T}{3 - 5}$	$\frac{9_T - 13}{3 - 6}$
	Св. 4000	$\frac{8 - 13_T}{3 - 5}$	$\frac{9_T - 13}{3 - 6}$	$\frac{9 - 14}{4 - 6}$

Беремо більше число так як в нас складна форма в середньо серійне виробництво. Отримуємо 11 та 4.

Таблиця 2.10 - Допуск лінійних розмірів виливків (мм, не більше) за ГОСТ 26645-85

Інтервали номінальних розмірів, мм	Клас точності розмірів виливків									
	9	10	11т	11	12	13т	13	14	15	16
До 4	1,0	1,2	1,6	2,0	-	-	-	-	-	-
Св. 4 – 6	1,1	1,4	1,8	2,2	2,8	-	-	-	-	-
» 6 » 10	1,2	1,6	2,0	2,4	3,2	4,0	5,0	-	-	-
» 10 » 16	1,4	1,8	2,2	2,8	3,6	4,4	5,6	7,0	-	-
» 16 » 25	1,6	2,0	2,4	3,2	4,0	5,0	6,4	8,0	10	12
» 25 » 40	1,8	2,2	2,8	3,6	4,4	5,6	7,0	9	11	14
» 40 » 63	2,0	2,4	3,2	4,0	5,0	6,4	8,0	10	12	16
» 63 » 100	2,2	2,8	3,6	4,4	5,6	7,0	9,0	11	14	18
» 100 » 160	2,4	3,2	4,0	5,0	6,4	8,0	10,0	12	16	20
» 160 » 250	2,8	3,6	4,4	5,6	7,0	9,0	11,0	14	18	22
» 250 » 400	3,2	4,0	5,0	6,4	8,0	10,0	12,0	16	20	24
» 400 » 630	3,6	4,4	5,6	7,0	9,0	11,0	14,0	18	22	28
» 630 » 1000	4,0	5,0	6,4	8,0	10,0	12,0	16,0	20	24	32
» 1000 » 1600	4,4	5,6	7,0	9,0	11,0	14,0	18,0	22	28	36
» 1600 » 2500	5,0	6,4	8,0	10,0	12,0	16,0	20	24	32	40
» 2500 » 4000	5,6	7,0	9,0	11,0	14,0	18,0	22	28	36	44
» 4000 » 6300	6,4	8,0	10,0	12,0	16,0	20	24	32	40	50
» 6300 » 10000	8,0	10,0	12,0	16,0	20,0	24	32	40	50	64

Класи точності розмірів виливків – див. табл.2.9 (см:Таблиця 2.9 - Класи точності розмірів і мас і ряди припусків на механічну обробку виливків для різних способів лиття.).

Допуски розмірів, зазначені у табл.2.9, не враховують зміщення та короблення виливків.

Допуски кутових розмірів у перерахунку на лінійні не повинні перевищувати значень, встановлених у табл.2.9.

Допуски розмірів елементів виливки, утворених двома напівформами, перпендикулярними до площини роз'єму, слід встановлювати такими, що відповідають класу точності розмірів виливки. Допуски розмірів елементів виливка, утворених однією частиною форми або одним стрижнем, встановлюють на 1-2 класи точніше. Допуски розмірів елементів, утворених трьома частинами форми і більше, декількома стрижнями або рухомими елементами форми, а також товщини стінок, ребер і фланців встановлюють на 1-2 класи грубіше.

Допуски розмірів від попередньо обробленої поверхні, що використовується як база, до литої поверхні слід встановлювати на 2 класи точніше.

Допускається встановлювати симетричні та несиметричні граничні відхилення, при цьому переважно наступне розташування полів допусків: несиметричні односторонні «в тіло» — для розмірів елементів виливки (крім товщин стінок), розташованих в одній частині форми і не піддаються механічній обробці, при цьому для охоплюють елементів (отвір) поле допуску розташовують «в плюс», а для елементів, що охоплюються (вал) - «в мінус»; симетричні - для розмірів решти всіх виливків, як не піддаються, так і піддаються механічній обробці.

Таблиця 2.11 – Допуски аналоговим методом.

№	Допуск (мм)
ОКБ1	5
ДКБ 1	3,2
ДКБ 2	3,2
ОКБ2	4,4
ДКБ 3	5
ОКБ 3	5
ДКБ 4	3,2
ДКБ 14	2,8

2.10 Визначення режимів різання

2.10.1 Визначення режимів різання розрахунково-аналітичним методом (для двох технологічних переходів)

Розрахунок режиму різання для обробки площини ОКБ1

Вхідні дані:

- Метод отримання заготовки – литво;
- Матеріал заготовки: СЧ15;
- Верстат - Горизонтально-фрезерний обробляючий центр станок з ЧПК HAAS EC-400;
- Інструмент – A345-076R25-13H;
- Матеріал – 3220 (BK8);
- Час контакту фрези із поверхнею – 15,6;
- Подача на зуб – 0,24;
- Параметр срізаемого слоя В – 5;

Швидкість різання:

$$V = \frac{C_p D^q}{T^m t^x S_z^y B^u z^p} K_v, \#(2.7)$$

Значення показників ступеня та коефіцієнтів обираємо по табл. 39, ст. 288[4]. Період стійкості взято з сайту офіційного виробника використаної фрези на цій операції, «SANDVIK».

$$C_p = 445; q = 0.2; x = 0.15; y = 0.35; u = 0.2; p = 0; m = 0.32; T = 147;$$

$$t = 15.6;$$

Загальний коефіцієнт для швидкості різання, для врахування фактичного випадку.

$$K_v = K_{mv} K_{iv} K_{pv}, \#(2.8)$$

Де:

- $K_{mv} = 0.80$; - коефіцієнт, який враховує якість обробки матеріала; (табл. 1-4)[4]
- $K_{iv} = 0.83$; - коефіцієнт, який враховує матеріал інструмента; (табл. 6)[4]

- $K_{\Pi v} = 0.85$; - коефіцієнт, який враховує стан поверхні заготовки; (табл. 5) [4]

$$K_v = K_{mv} K_{iv} K_{lv} K_{\Pi v} = 0,56;$$

$$V = \frac{C_p D^q}{T^m t^x S_z^y B^u z^p} K_v = \frac{445 \times 50^{0,2} \times 0,56}{147^{0,32} \times 15,6^{0,15} \times 0,24^{0,35} \times 5^{0,2} \times 7^0} \\ = 242 \text{ м/хв}$$

Сила різання.

$$P_z = \frac{10 C_p t^x S_z^y B^u z^p K_{mp}}{D^q n^w} = \frac{10 \times 445 \times 1.51 \times 0.6 \times 1.37 \times 7}{2.19 \times 1500} = 11.76 \text{ Н}$$

2.10.2 Визначення режимів різання аналоговими методами

Вирішення аналоговим методом буде вирішуватися через сайт «SANDVIK», так як на мою думку онлайн калькулятор даного виробника представляє розрахунки достойної якості.

Таблиця 2.12. Параметри режимів різання на операції 015

№	Оброблення	Інструмент	V, м/хв	h, мм	S, мм/об	п, об/хв	T _о , хв
01	Фрезер. начорно	Фреза для обработки прямоугольных уступов CoroMill® 490 490-50Q22-08H	242	5	0,2400	1500	00:14
02	Фрезер. Начорно	Цельнотвердосплавная концевая фреза	102	3,2	0,0128	1800	3:48
03	Фрезер. начорно	CoroMill® Plura для тяжёлой черновой обработки 1P220-0180-XA 1630	113		0,0116		
04	Свердління	Твердосплавное сверло CoroDrill® 860 860.1-0800-025A1-GM X1BM	111	17	0.23	4420	01:54
05	Зенкерування						
06	Нарізання різьби	Метчик с прямыми стружечными канавками CoroTap™ 100 T100-KM102AA-M10 D210	56	17	1,5	1780	00:03

№	Оброблення	Інструмент	V, м/хв	h, мм	S, мм/об	n, об/хв	T _о , хв
1	Розточування	Coro BR30-79CC12F-C6	192	2,85	1,01	857	00:14
2	Розточування	Coro BR30-152CN12F-C8	140	1,48	1.08	633	00:17
3	Свердлити	Сверло CoroDrill® 870 -1050-7L16-5	130	47	0,25	3830	00:12
4	Свердлити	Сверло CoroDrill® 870 -1800-18L20-3	130	50	0,385	2300	00:24
5	Фрезерування	Фреза для обработки прямоугольных уступов CoroMill® 490 490-50Q22-08H	242	5	0,24	1540	00:16
6	Фрезерувати	Фреза для обработки прямоугольных уступов CoroMill® 490 - 040A32-08H	307	4	0,49	240	00:10
7	Нарізати різьбу	Цельные твердосплавные концевые фрезы CoroMill® 326 R08- B25050VM-TH 1025 для нарезания резьбы	410	1,5	0,127	16700	00:08
8	Розгортання	Чистовой расточный инструмент CoroBore® 825 -167TC11-C6	140	1,48	1,08	633	01:36
9	Розточування		260	0,5	0,1	571	00:42
10	Розточити		246	0,8	0,1	1060	01:53
11	Свердління	Сверло CoroDrill® 870-	117	130	0,23	2860	00:13

		1300-12L16-10 со сменной головкой					
12	Свердлити	Твердосплавное сверло CoroDrill® 860 860.1-0800- 025A1-GM X1BM	111	17	0,23	4420	01:54
13	Нарізати різьбу	Метчик с прямыми стружечными канавками CoroTap™ 100 T100- KM102AA-M10 D210	56	17	1,5	1780	00:03
14	Тонке розточування	Чистовой расточный инструмент CoroBore® 825 -87TC11-C6	246	0,6	0,1	1060	01:53
15	Тонке розточування		260	0,6	0,1	571	00:21

2.11 Нормування технологічних операцій

2.11.1 Розрахунок поштучного часу для операції

Норма часу, що приходить на операцію 015 Фрезерна з ЧПК, оброблення деталі «Корпус редуктора».

Штучна норма часу, вираховується за наступною формулою:

$$T_{шт} = T_{оп} + T_{обсл} + T_{пп}, \#(2.9)$$

- $T_{оп}$ – операційний час оброблення, хв;
- $T_{обсл}$ – час обслуговування робочого місця, хв;
- $T_{пп}$ – час планової перерви, хв;

$$T_{оп} = T_o + T_{доп}, \#(2.10)$$

- T_o – основний час оброблення, хв;
- $T_{доп}$ – допоміжний час роботи, хв;

$$T_{доп} = T_{в.з.} + T_{з.р.} + T_{уп} + T_{вим} + T_{ц}, \#(2.11)$$

- $T_{в.з.}$ – час на зняття та установку деталі;
- $T_{з.р.}$ – час на монтування та демонтування деталі;
- $T_{уп}$ – час на керуванням обладнанням, хв;
- $T_{вим}$ – час на вимірювання, хв;
- $T_{ц}$ – час на переобладнання інструменту, $T_{ц} = 0$ с;

Допоміжний час для операції:

$$T_{доп} = 19 + 25 + 13 + 23 = 80 \text{ с} = 1 \text{ хв } 20 \text{ с.}$$

Основний час для оброблення всієї деталі: $T_o = 530 \text{ с} = 8 \text{ хв } 50 \text{ с};$

Тоді, оперативний час складає:

$$T_{оп} = T_o + T_{доп} = 530 + 80 = 610 = 10 \text{ хв } 10 \text{ с};, \#(2.12)$$

Час на обслуговування робочого місця:

$$T_{обсл} = T_{тех} + T_{орг}, \#(2.13)$$

- $T_{тех}$ – технічне обслуговування робочого місця, хв;
- $T_{орг}$ – організаційний час на обслуговування робочого місця, хв;

$$T_{обсл} = 300 + 60 = 360 \text{ с} = 6 \text{ хв};$$

Час на планові перерви $T_{пп}$ в 8% від T_o , тобто отримуємо 42,4 с.

Після, підставляємо всі дані у формулу $T_{шт}$, та отримаємо:

$$T_{шт} = 610 + 360 + 42 = 1012 \text{ с} = 16 \text{ хв } 52 \text{ с};$$

Норма штучного-калькуляційного часу визначається за формулою:

$$T_{шт-к} = T_{шт} + \frac{T_{п.з.}}{n}, \#(2.14)$$

- $T_{п.з.}$ – підготовче-заключний час, хв: $T_{п.з.} = 13 \text{ хв}$;
- n – кількість деталей у партії, шт;

$$T_{шт-к} = 1012 + \frac{780}{12 * 60} = 16 \text{ хв } 53 \text{ с};$$

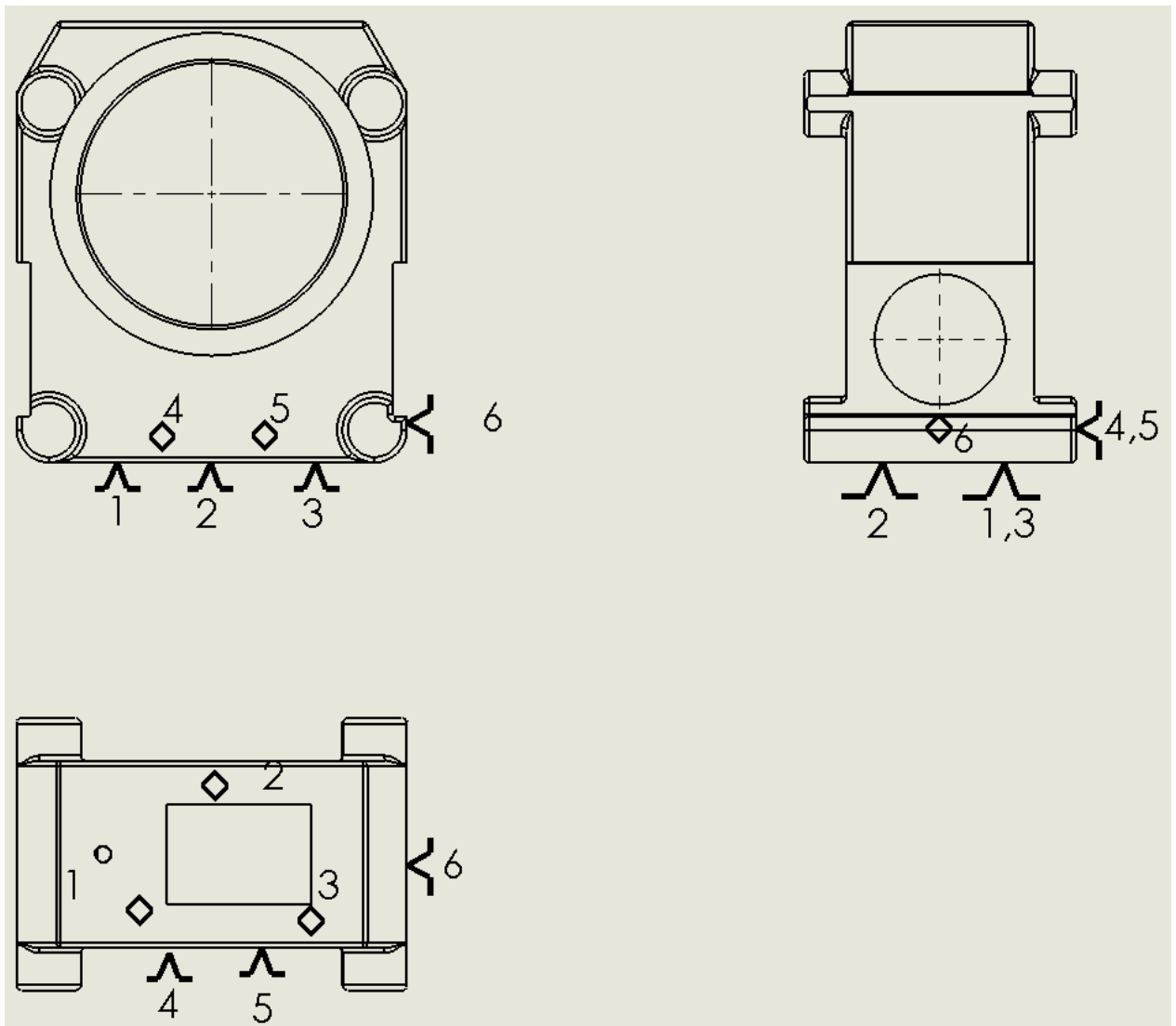
3 ПРОЕКТУВАННЯ ВЕРСТАТНИХ ПРИСТРОЇВ

3.1 Розроблення і розрахунок конструкцій верстатних пристроїв

3.1.1 Вихідні дані для розроблення конструкцій верстатних пристроїв

Для операції 015 прийнята схема базування та закріплення, передбачає базування по трьом площинам. Так ми позбавимо деталь 6 ступенів вільності.

Матеріал деталі – СЧ15.



Малюнок 3.1 – Схема базування у верстатному пристрої на операції 015.

3.1.2 Послідовність розроблення конструкції пристрою

У відповідності до алгоритму, розроблюємо конструкцію приладу:

- Розроблюємо усі можливі схеми установки заготовки на столі, та для найпростішої схеми реалізації обираємо конструкцію установчих елементів;

- Визначення схеми сил і моментів, що будуть діяти на заготовку під час оброблення;
- Визначення схеми затиску, та визначення його параметрів;
- Креслення загального виду пристрою;
- Визначення точності пристрою;

3.2 Теоретичні та методологічні основи проектування верстатних пристроїв

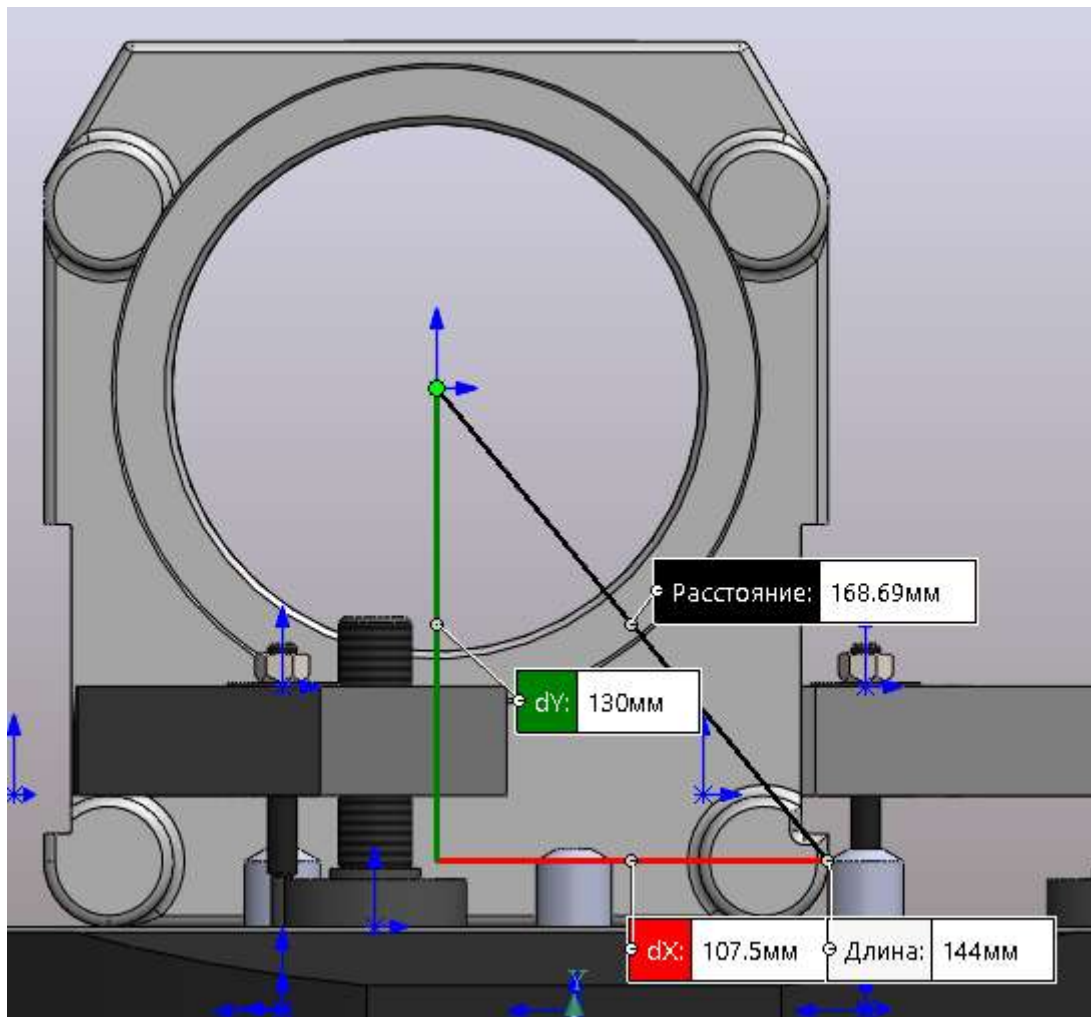
3.2.1 Розрахунок похибки базування

Деталь закріплюється на три циліндричних пальці. Пальці встановлюються із натягом. Похибка базування визначається через:

- Граничний поворот деталі;
- Граничний зсув деталі;

Базування заготовки відбувається на площині і три пальці. Похибка базування визначається як відстань між вимірювальними базами.

У нашому випадку, похибка дорівнює 168.7 мм.

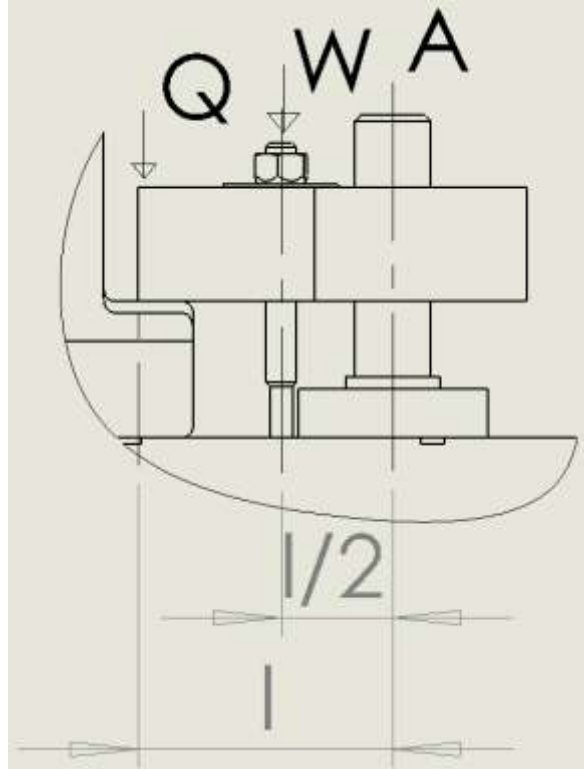


Малюнок 3.2 – Похибка базування;

3.3 Розрахунок затискних систем верстатних пристроїв

3.3.1 Розрахунок силових механізмів пристроїв

Розрахунок силових механізмів пристроїв для операцій 015



Малюнок 3.3 – Схема затиску заготовки.

Для розрахунку сили Q, потрібно урівноважити три зовнішніх рівняння сил. Тому рівняння буде мати інший вигляд:

$$Q = k \sqrt{Q_1^2 + Q_2^2 + Q_3^2}, \#(3.1)$$

Для визначення величини цієї сили нам знадобляться три рівняння, для кожної з осей:

$$\sum_{i=1}^n M_{oz} = P_z a + Q_1 b = 0, \#(3.2)$$

$$\sum_{i=1}^n M_{ox} = -P_x + 2bF_{\text{тр}1} = 0, \#(3.3)$$

$$\sum_{i=1}^n M_{oy} = P_y a - 2F_{\text{тр}} b = 0, \#(3.4)$$

У фінальному вигляді, ми побачимо наступну формулу:

$$Q = k \sqrt{\left(\frac{-P_z a}{b}\right)^2 + \left(\frac{P_x}{2f}\right)^2 + \left(\frac{a P_y}{2bf}\right)^2}, \#(3.5)$$

3.3.2 КВМ

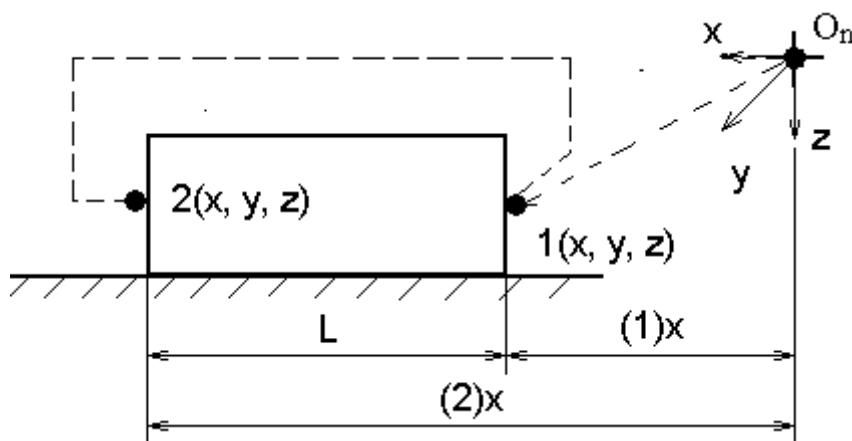
Координатно-вимірвальна машина (КВМ) розроблена для автоматичного заміру геометрії деталі.

КВМ буває мостовими, консольними та портално-мостовими.

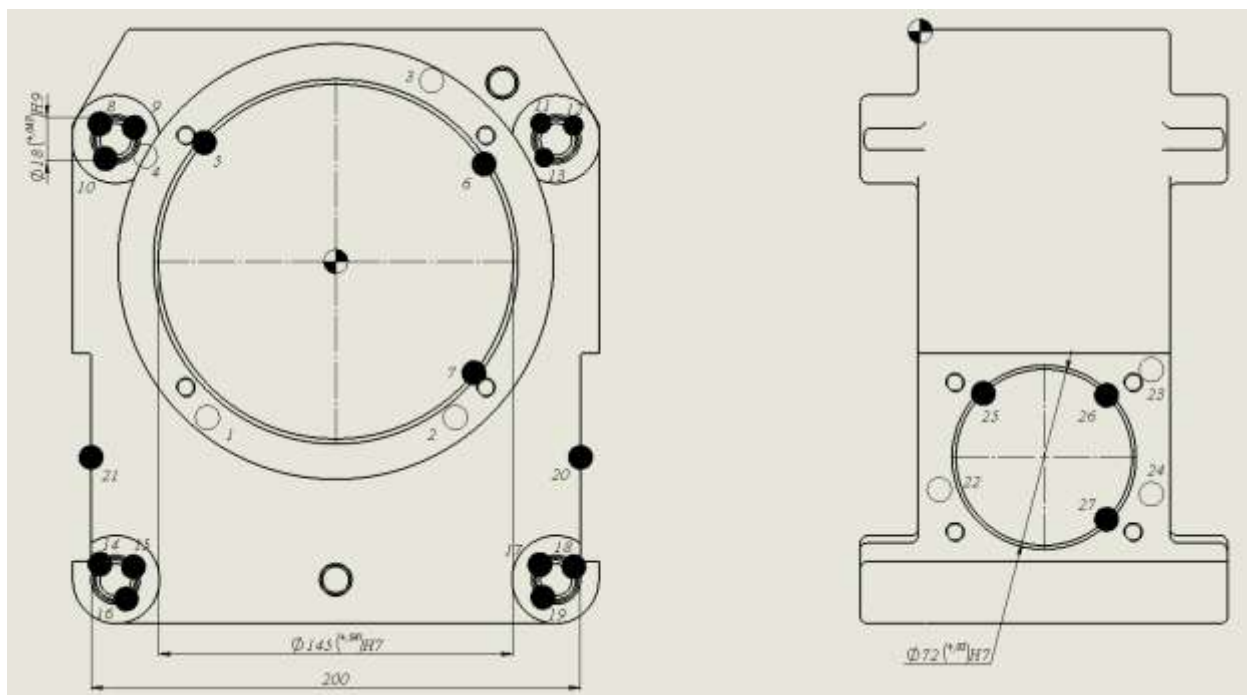
Принцип роботи КВМ пояснюється на малюнку 3.4 (см. Малюнок 3 4 – принцип заміру у КВМ). На початку роботи, замірна головка знаходиться за координатами (0;0). Після головка рухаються за заданими координатами. При дотику із деталлю, рух зупиняється, а у КВМ поступає сигнал, із донними координат, які він записує та виводить на екран. Теж саме відбувається і потім, для наступних точок.

Так як КВМ рухається доволі довго, то було прийнято рішення, перевіряти лише поверхні вище 10 класу точності. А саме поверхні: ОКБ 2; ОКБ 3; ОКБ 4; ДКБ 7; ДКБ 8; ДКБ 9;

Для більш чіткого виконання роботи, для КВМ позначають не тільки точки які використовуються для замірів на точність, а й точки які дають зрозуміти машині де саме базована деталь. На кресленнях вони розрізняються загальмованістю. Білі, по яким проходить головка спочатку, для розуміння базування. Чорні, точки по яким КВМ вже заміряє та перевіряє деталь на точність. Приклад можна побачити на малюнку 3.5 (см.Малюнок 3. 5 – Розрахунково-технологічна карта контролю).



Малюнок 3 4 – принцип заміру у КВМ



Малюнок 3. 5 – Розрахунково-технологічна карта контролю

Площина	XOY
Розмір, мм	Формула
$\phi 145$	$[(x^5 - x^7)^2 + (y^5 + y^5)^2]^{(1/2)}$
200	$x^{20} - x^{21}$
$\phi 18$	$[(x^9 - x^{10})^2 + (y^9 + y^9)^2]^{(1/2)}$
	$[(x^{12} - x^{13})^2 + (y^{12} + y^{12})^2]^{(1/2)}$
	$[(x^{14} - x^{16})^2 + (y^{14} + y^{14})^2]^{(1/2)}$
	$[(x^{18} - x^{19})^2 + (y^{18} + y^{18})^2]^{(1/2)}$
$\phi 72$	$[(x^{25} - x^{27})^2 + (y^{25} + y^{25})^2]^{(1/2)}$

Таблиця 3. 1 – Координати та розрахунки, до технологічної карти

4 ЕКОНОМІЧНІ РОЗРАХУНКИ

4.1 Розрахунок основних техніко-економічних показників

Вхідні дані:

Операція 015: Верстат - ЕС-400, Ц = 5615610,48 грн.

$N_{уст} = 22$ кВт, $S = 10$ м², $t_{шк} = 16$ хв 53с.

Операція 020: Верстат - ЕС-400, Ц = 5615610,48 грн.

$N_{уст} = 22$ кВт, $S = 10$ м², $t_{шк} = 16$ хв 53с.

4.2 Визначення необхідного технологічного устаткування

При серійному виробництві розрахункове число верстатів $n_{срі}$ по кожному виду визначається за формулою:

$$n_{срі} = \frac{A_{рік} \times t_{шт.к.і}}{60 \times F_d \times k_{вн}}, \#(4.1)$$

Де $A_{рік}$ – річна програма випуску деталей: 300 шт;

$t_{шт.к.і}$ – штучно – калькуляційний час обробки, год;

F_d – річний фонд часу роботи, ч;

$K_{вн}$ – середній коефіцієнт виконання норм. (1,0...1,2)

Річний фонд часу роботи визначається згідно формули:

$$F_d = \left(1 - \frac{\alpha}{100}\right) \times F_{реж}, \#(4.2)$$

$F_{реж}$ – режимний фонд часу роботи одиниці устаткування в рік, ч;

α – відсоток простою.

Режимний фонд $F_{реж}$

$$F_{реж} = n_{зм} \times (t_{см} \times N_{дн.р.} - t_{п} \times N_{дн.г.}), \#(4.3)$$

$n_{зм}$ – число змін;

$n_{зм} = 1$;

$t_{см}$ – кількість робочих годин;

$t_{см} = 8$ годин;

$t_{п}$ – кількості вільного часу в передсвяткові дні;

$t_{п} = 1$ година;

$N_{\text{дн.р.}}$ – робочих днів у році;

$N_{\text{дн.р}} = 254$;

$N_{\text{дн.г.}}$ – кількість днів перед святами;

$N_{\text{дн.г}} = 4$;

Тепер підставимо усе це у формулу

$$F_{\text{реж}} = 1 \times (8 \times 254 - 1 \times 4) = 2028 \text{ годин.}$$

Тепер ми із знаходженням цієї формули, ми зможемо розрахувати наступне.

Припустимо що $\alpha = 5\%$, тоді:

$$F_{\text{д}} = 2028 \times \left(1 - \frac{5}{100}\right) = 1927 \text{ годин;}$$

015 операція:

$$n_1 = \frac{300 \times 8.5}{60 \times 1927 \times 1.1} = 0,02 \text{ Приймаємо } 1.$$

020 операція:

$$n_2 = \frac{300 \times 6.16}{60 \times 1927 \times 1,1} = 0,015 \text{ Приймаємо } 1.$$

Визначення середній коефіцієнт завантаження по виготовлення деталі «Корпус черв'ячного редуктора»:

$$K_3 = \frac{\sum n_{\text{срі}}}{n_{\text{пр}}} = 0.02, \#(4.4)$$

Визначимо необхідність в допоміжному устаткуванні:

А) для ремонту верстата;

Б) для ремонту і виготовлення;

В) для заточування інструменту;

Інші витрати (транспорт, ремонт цеху), приймається у 8-10% від основної вартості.

	Модель станка	Вартість, грн	Коефіцієнт завантаження станка	Прийнята кількість	N, кВт
1	ЕС-400	5615610,48	0.02	1	22

4.3 Визначення капітальних витрат

Придбання нової техніки, вимагають додаткових капітальних витрат, на основні фонди і оборотні кошти. Такі витрати визначають по формулам:

$$D_o = K_{об} + K_{ic} + K_{пр}, \#(4.5)$$

$K_{об}$ – витрати на верстат, грн;

K_{ic} – витрати на оснащення, грн;

$K_{пр}$ – витрати на виробничі переміщення, грн;

У сфері виробництва нової техніки, капітальні витрати на станок, визначається через наступну формулу:

$$K_{об} = K_{об-т} + K_{об-пт} + K_{об-ен} + K_{об-ки}, \#(4.6)$$

$K_{об-т}$ – витрати на технологічні прилади, грн;

$K_{об-пт}$ – витрати на підйомно-транспортні переміщення, грн;

$K_{об-ен}$ – кошти на енергетичне витрати, грн;

$K_{об-ки}$ – витрати на контрольно-вимірювальні операції, грн;

$K_{об-т}$ визначається за формулою:

$$K_{об-т} = k_{тм} \times \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \Pi_{об-т i} \times N_{об-т ij} \times k_{з ij}, \#(4.7)$$

$\Pi_{об-т i}$ – вартість одиничної технологічної витрати, грн/шт.;

$N_{об-т ij}$ – кількість одиниць технологічних витрат, шт.;

$k_{з ij}$ – коефіцієнт співвідношення часу роботи до річного фонду;

$k_{тм}$ – коефіцієнт транспортно-заготовчих витрат;

n – кількість типорозмірів станка;

m – кількість операцій;

- 1) Витрати на підйомно-транспортний коефіцієнт, дорівнює 10...15% від витрат на виготовлення деталі;
- 2) Витрати на енергетичний коефіцієнт, визначається за середнім рівнем вартості 1кВт;
- 3) Витрати на контрольно-вимірювальну операцію, прирівнюють 15...20% від загальних технологічних витрат.
- 4) Витрати на оснащення вичислюють по формулі:

$$K_{ic} = \sum_{i=1}^R \sum_{j=1}^m C_{oci} \times N_{ocij} \times k_{zocij} / A_{год}, \#(4.8)$$

C_{oci} – вартість одиниці оснащення, грн/шт.;

N_{ocij} – кількість одиниць оснащення, шт.;

R – кількість типорозміру оснащення, шт.;

m – число операцій, яке потрібне для виготовлення деталі;

Витрати на оснащення визначають також у відсотках, для серійного виробництва це від 1 до 3%.

5) Витрати на виробничі площі визначаються по формулі:

$$K_{пл} = S \times n_d \times C_{пл} \times k_{zij}, \#(4.9)$$

S – сумарна площа, яка буде зайнята обладнанням.

$$S = (1.07 \dots 1.1) \times (S_{вн.прю} + S_{вн.доп.}), \#(4.10)$$

$S_{вн.пр}$ – виробнича площа, м²;

$S_{вн.доп}$ – площа допоміжних приміщень, м²;

$$S_{вн.пр} = (8 + 3,5 + 2,5) \times 3,5 = 49 \text{ м}^2$$

$$S_{вн.доп} = 26 \times 0,25 = 6,5 \text{ м}^2$$

$$S = 1.1 \times (49 + 6.5) = 61.05 \text{ м}^2$$

$C_{пл}$ – питома вартість робочої площі, 260-300 грн/м²;

n_d – коефіцієнт на врахування додаткової площі, для проходів;

$$n_d = 1,25 \dots 1,35;$$

$$K_{пл} = 61,05 \times 1,3 \times 300 \times 0,02 = 476,19 \text{ грн}$$

Таблиця 4. 1 – Статті витрат

Назви витрат	Сума витрат, грн
На технологічне виробництво	5615610,48
На підйомно-транспортні функції	561561
На енергетичні витрати	154000
Контрольно-вимірюючі операції	1123122,1
Сума витрат на виробництво	7458293,58
Витрати на базування	223628,81
Витрати на переміщення	476,19
Загальна сума витрат	7682398,58

4.4 Розрахунок технологічної собівартості

Річна технологічна собівартість визначається за формулою:

$$C_{\text{тех}} = C_z + C_a + C_{\text{се}} + C_{\text{ро}} + C_{\text{рз}} + C_{\text{пр}} + C_{\text{заг}}, \#(4.11)$$

C_z – заробітна платня;

$C_{\text{се}}$ – енергетичні витрати;

$C_{\text{ро}}$ – витрати на ремонт станків;

$C_{\text{рз}}$ – витрати на ремонт будівлі;

$C_{\text{пр}}$ – інші витрати;

Нарахування заробітної платні операторам станків, та наладчикам, визначається наступним методом:

$$C_z = (C_{\text{осн}} + C_d) \times k_n, \#(4.12)$$

$C_{\text{осн}}$ – заробітна платня;

C_d – додаткова заробітна платня;

k_n – коефіцієнт, нарахування заробітної платні;

$$k_n = k_{\text{фс}} + k_{\text{осс}} + k_{\text{фз}} + k_{\text{пф}}, \#(4.13)$$

$k_{\text{фс}}$ – коефіцієнт на відрахування у фонд нещасних випадків, (0,0255);

$k_{\text{осс}}$ – коефіцієнт, виплата органам соціального страхування (0,29);

$k_{\text{фз}}$ – коефіцієнт, виплата фонду зайнятості (0,016);

$k_{\text{пф}}$ – коефіцієнт, виплати до пенсійного фонду (0,323);

$$k_n = 0.0255 + 0.29 + 0.016 + 0.323 = 0.65$$

Основна заробітна плата визначається по формулі:

$$Z_{\text{осн}} = \sum_{i=1}^m C_{\text{ті}} \times t_{\text{шт.к.і}} \times n_{\text{п}}^{n_{\text{д.з.}}} / 60, \#(4.14)$$

$C_{\text{ті}}$ – годинна тарифна ставка, грн (3 разряд – 8.96, 4 разряд – 11.03, 5 разряд – 15.34).

$n_{\text{п}}$ – коефіцієнт професійної майстерності (1,04...1,2);

$n_{\text{д}}$ – коефіцієнт додаткової заробітної платні (1,06...1,08);

$n_{\text{з}}$ – коефіцієнт для соціальних страхувань (1,52).

$$З_{\text{осн}} = \frac{15,34 \times 16,53 \times 1,04 \times 1,08 \times 1,52}{60} = 7,22 \text{ грн.}$$

Додаткова з/п визначається за формулою:

$$C_d = 0,2 \times З_{\text{осн}} = 1,44 \text{ грн, \#(4.15)}$$

$$C_3 = (7,22 + 1,44) \times 0,65 = 5,63 \text{ грн.}$$

Амортизаційний рахунок, можливо визначити за формулою:

$$C_a = \sum_{i=1}^m \frac{Ц_0 \times t_{\text{шт.к.і}}}{60 \times T \times F_d}, \#(4.16)$$

$Ц_0$ – вартість станку, грн.

$T = 6$ – термін роботи верстату, рік;

F_d – річний фонд часу роботи верстату, ч.

$$C_a = \frac{5615610,48 \times 16,53}{60 \times 6 \times 1927} = 133,80 \text{ грн}$$

Витрати на електроенергію, розраховується за формулою:

$$C_e = \sum_{i=1}^m N_{\text{дв}} \times t_{\text{шт.к.}} \times Ц_e \times R_b \times R_m / 60, \#(4.17)$$

$Ц_e$ – середня вартість 1 кВт, 1.2 грн/(кВт*год);

R_b – коефіцієнт використання станка, на протязі дня (0,9);

R_m – коефіцієнт потужності впродовж робочого дня (0,8);

m – кількість операцій, для виготовлення деталі.

$$C_e = \frac{22 \times 16,53 \times 1,2 \times 0,8 \times 0,9}{60} = 5,24 \text{ грн}$$

Розрахунок витрат на ремонт верстату;

$$C_{TP} = \frac{\Delta_T \times [(W_O + W_{TP}) \times k_M + (W'_O - W'_{TP}) \times k_E] \times T_{\text{шт-к}}}{F_d}, \#(4.18)$$

Δ – коефіцієнт класу точності верстата;

$W_O, W_{TP}, W'_O, W'_{TP}$ – витрати на усі види ремонту верстата;

k_M, k_E – коефіцієнти ремонтної складності;

Даних в нас немає, тому приймаємо що 15% від амортизаційних витрат.

$$C_{\text{ТР}} = 0.15 \times 133.80 = 20.07 \text{ грн, \#(4.19)}$$

Амортизація приміщень.

$$C_{\text{пмщ}} = \frac{W_{\text{пл}} \times S_{\text{в}} \times k_{\text{н}} \times T_{\text{шт}}}{F}, \#(4.20)$$

$$C_{\text{плщ}} = \frac{240 \times 63 \times 0.65 \times 16.52}{3853 \times 60} = 0.7 \text{ грн}$$

Враховуючи річну програму випуску, матеріал деталі, заготівка буде зроблена валиковим методом.

4.5 Визначення собівартості виготовлення заготовки

Розрахунки зроблені за допомогою додатка [5].

Розрахунок собівартості виготовлення заготовки:

$$S_3 = \left(\frac{C}{1000} \right) \times M_3 \times K_T \times K_M \times K_C \times K_{сер} \times K_{пр} \times K_{тер} \times K_{Г} \times K_B - (M_3 - M_D) \times \frac{S_C}{1000}, \#(4.21)$$

C – вартість тони матеріалу ($C_{Ч15} = 55\,000$ грн);

M_3 – маса заготовки, $M_3 = 16,07$ кг;

K_T – коефіцієнт, доплата за точність виливка розмірів від базових, $K_T = 1,2$;

K_M – доплата за точність маси виливка, $K_M = 1,08$;

K_C – коефіцієнт, доплата за точність товщини стінок, $K_C = 1,00$;

$K_{сер}$ – доплата за серійність, $K_{сер} = 1,11$;

$K_{пр}$ – доплати за призначення виливка, $K_{пр} = 1,04$;

$K_{тер}$ – доплата за термічну обробку, $K_{тер} = 1,00$;

$K_{Г}$ – коефіцієнт, доплата за ґрунтовку, $K_{Г} = 1,04$;

K_B – доплата за спеціальні випробування, $K_B = 1,00$;

M_D – маса деталі, $M_D = 15,25$ кг;

S_C – вартість 1 тони стружки, $S_C = 7\,100$ грн.

Підставимо усі значення у формулу:

$$S_3 = \left(\frac{55000}{1000} \right) \times 16,07 \times 1,2 \times 1,08 \times 1,00 \times 1,11 \times 1,04 \times 1,00 \times 1,04 \times 1,00 - (16,07 - 15,25) \times \frac{7100}{1000} = 1369,40 \text{ грн}$$

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Забезпечення безпеки при експлуатації підйомно-транспортних машин

Норма відстані від вантажопідйомної машини до будинку, написано в таблиці нижче (см.).

На спроектованій ділянці для вантажно-розвантажувальних використовують кран, який в змозі підняти до 5 тон.

Клас навантаження крану Q4, що є коефіцієнт вантажопідйомності $K=0,5 \dots 1,0$.

Режим роботи класу 5К.

Нормована відстань	Припустимі значення, не менш ніж, мм
Від торця крана до колони або стіни будівлі	60
Від верхнього торця крана до стелі будівлі	100
Від нижнього площини крана, до верстату	400
Від полу для входу в кабінку до нижньої частини перекриття	1800
Від нижнього габарита крана до підлоги будівлі	2000
Від нижнього габарита крана, до підлоги на якому можуть бути персонал	2000

Виходячи з класу навантаження, та режимів роботи, згідно з вимогами ДНАОП0.00-1.03-02 «Правила будови та безпеки експлуатації вантажопідйомних кранів», визначимо запас міцності тросу 5. За додатком [6]

Іспити ПТМ поділяються на:

1. Неповний – 1 раз на рік. Підйом тягарю – на 25% більше за допустиме, з утриманням на протязі 10 хв, вантажу, на висоті 100мм. Потім заміряють наскільки зменшилась відстань між підлогою та тягарем. Так проходить перевірка тягаря у зоні пружної деформації і роботи гальм замкнутого типу.
2. Повний іспит – 1 раз у три роки. Динамічні та статичні навантаження.

Підйом тягаря на 10% більше за масою ніж допустимо. При виявленні на канаті обривів, він до подальшої роботи не допуститься.

3. Траверси оглядають кожні 6 місяців; кліщі з тарою кожен місяць; та стопи кожні 10 днів;

Фарбування механізму повинно відповідати вимогам ДСТ 12.2.058-81. Жовтий колір фарби означає «Увага! Можлива небезпека». Робочі органи фарбують чорно-жовтим кольором, у смужку, із кутом 45°. Кнопка вмикання та вимикання пофарбована у червоний колір. [6]

5.2 Планування обладнання для спроектованого технологічного процесу

У відповідності із нормами:

- 1) Ширина проходу повинна бути більше 1 метру;
- 2) Ширина коридору повинна бути більше 1,4 метра;
- 3) Ширина дверей повинна бути більше 0,8 метрів;

Нормальна відстань між колонами або стінками будівлі до верстату, наведенні у таблиці нижче (см.).

Відстань	Норма, мм
Між тильними сторонами верстатів	800
Між верстатами по фронту	900
Від колон або стін до:	
-тільна або бічна сторона верстата	800
-фронтів верстатів	1500
Між дорогою для проїзду, до верстатів:	
-до задньої стінки	1500
-між верстатами	2500

Потрібна площа для одного працюючого – 5 м².

Об'єм виробничої площі на одного працівника – 15 м³. Відповідно з вимогами СН 4088-86.

Висота приміщення:

- Місце для проходу персоналу – 2 м;

Правильне планування ділянки забезпечить доступ персоналу до верстатів.

Відстань від задньої сторони верстата до стіни – 900 мм.

Список використаної літератури

1. Технологія машинобудування: метод. вказівки до практичних занять та самостійної роботи для бакалаврів напряму підготовки 6.050502 "Інженерна механіка" / Уклад.: С.С.Добрянський, В.К.Фролов, Ю.М.Малафєєв - К.: НТУУ «КПІ», 2012. - 67 с. (електронне видання).
2. Нормирование станочных работ. Определение вспомогательного времени при механической обработке заготовок: учебное пособие – Гришин Р.Г., Лысенко Н.В., Носов Н.В.; Самара, 2008 год – 143с.
3. Справочник технолога-машиностроителя. В 1–х т. Т.1/ Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. М.: Машиностроения, 1986. – 659с.
4. Технологічне оснащення. Методичний посібник до виконання індивідуального конструкторського проекту при проектуванні затискних верстатних пристроїв для студентів напряму підготовки 6.050502 Інженерна механіка / Т.В. Біркіна, В.В. Зіль, В.І. Холоша. – Д.: Національний гірничий університет, 2012 – 73 с.
5. Економіка та організація виробництва: Підручник / За ред. В. Г. Герасимчука, А. Е. Розенплентера. – К.: Знання, 2007. – 678 с. – (Вища освіта ХХІ століття).
6. Безпека життєдіяльності та цивільний захист: підручник для студ. спеціальностей з природничих, соціально-гуманітарних наук та інженернокомунікаційних технологій / О.Г.Левченко, О.В.Землянська, Н.А.Праховнік, В.В.Зацарний; КПІ ім.Ігоря Сікорського. – Київ: Каравела, 2019. – 268 с.
7. СН 4088-86 "Санітарні норми проектування промислових підприємств"/

Додатки

Технічні характеристики обладнання

Горизонтально-фрезерний обробляючий центр верстат HAAS EC-400. Який застосовується для операцій 015, 020.

Для виготовлення деталі, були враховані габаритні параметри заготовки, переміщення осей, та висота інструменту, я обрав горизонтально-фрезерний обробляючий центр верстат HAAS EC-400.



Малюнок 2.9 – Зовнішній вигляд Горизонтально-фрезерний обробляючий центр станок з ЧПК HAAS EC-400

Таблиця 1. 1 – Основні технічні характеристики верстата HAAS EC-400

ПЕРЕМІЩЕННЯ ПО ОСЯХ	ЗНАЧЕННЯ
ось X	559 мм
ось Y	635 мм
ось Z	559 мм
СТІЛ	ЗНАЧЕННЯ
Довжина	400 мм
Ширина	400 мм
Максимальна загрузка	400 кг
ШПИНДЕЛЬ	ЗНАЧЕННЯ
макс. класифікація	22,4 кВт
макс. швидкість	8100 об/хв
макс. пара	122,0 Нм при 2000 об/хв
Система приводу	Вбудований прямий привід

конус	СТ або ВТ 40
Змащення підшипників	Впорскування повітря/масла
Охолодження	Air Cooled
ІНТЕГРОВАНА 4-ТА ВІСЬ (ВІСЬ В)	ЗНАЧЕННЯ
Час обертання на 90° (повний 4-й)	3,0 с
Крутний момент (безперервний)	575 Нм
Люфт	30 дуг-сек
Передаточне число	106:1
Мінімальна роздільна здатність	0,001 °
Точність індексування	± 15 дуг-сек
Повторюваність	10 дуг-сек
Пороги на Б	150 °/сек
ПОДАЧИ	ЗНАЧЕННЯ
Макс Резка	21,2 м/мин
Рapidс на Х	35,6 м/мин
Пороги на Y	35,6 м/мин
Пороги на Z	35,6 м/мин
ОСЕВЫЕ ДВИГАТЕЛИ	ЗНАЧЕННЯ
Макс. тяга Х	15035 Н
Макс. тяга Y	12500 Н
Макс. тяга Z	15035 Н

Технологічна документація

ГОСТ 3.1118 – 82										Формат						
Дубл.																
Взам.																
Подп.																
					Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		
					ДПБ.ННММІ.МТ-8212.001											
Разраб.	Омік І. М.						НТУУ «КПІ», ННММІ, МТ-82									
Пров.	Медведєв В.В.															
Утв.																
Н. контр.																
M01	Виливок СЧ 15 ГОСТ 1412-85															
M02	Код	ЕВ	МД	ЕН	Н. расх.	Ким	Код заготовки		Профиль и размеры		КД	МЗ				
	15,25		50	0,5	0,84	ДПБ.ННММІ.МТ-8209.04К		Виливок (150x243x215)		1	16,07					
A	Цех	Уч.	РМ	Код, наименование операции				Обозначение документа								
B	Код, наименование оборудования						См.	Проф.	P	УТ	КОИД	ЕН	ОП	Кшт.	Тпз.	Тшт.
A03	01	01	01	015	4262	Горизонтально-фрезерна з ЧПК										
B04	Горизонтально-фрезерний обробляючий центр верстат HAAS EC-400															
05																
A 06																
B 07	01	01	01	020	4262	Горизонтально-фрезерна з ЧПК										
08	Горизонтально-фрезерний обробляючий центр верстат HAAS EC-400															
09																
10																
11	01	01	01	045	0126	Мийна										
12																
13																
14	01	01	01	050	0200	Контрольна										
15																
16																

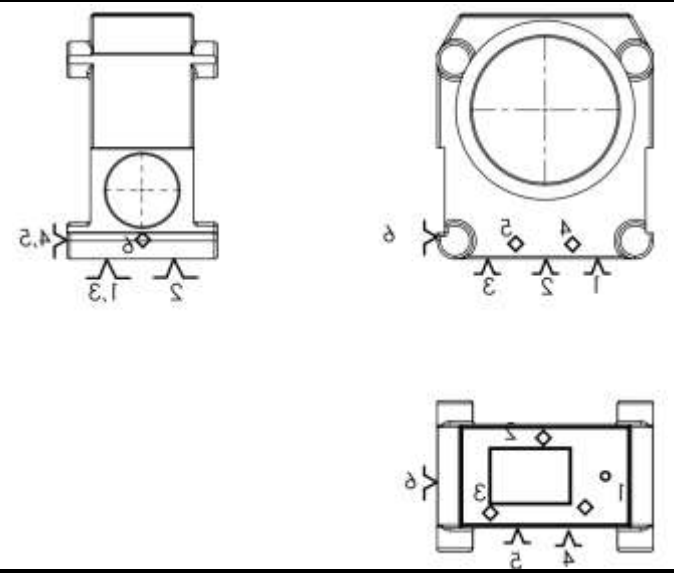
[illegible]

[illegible]

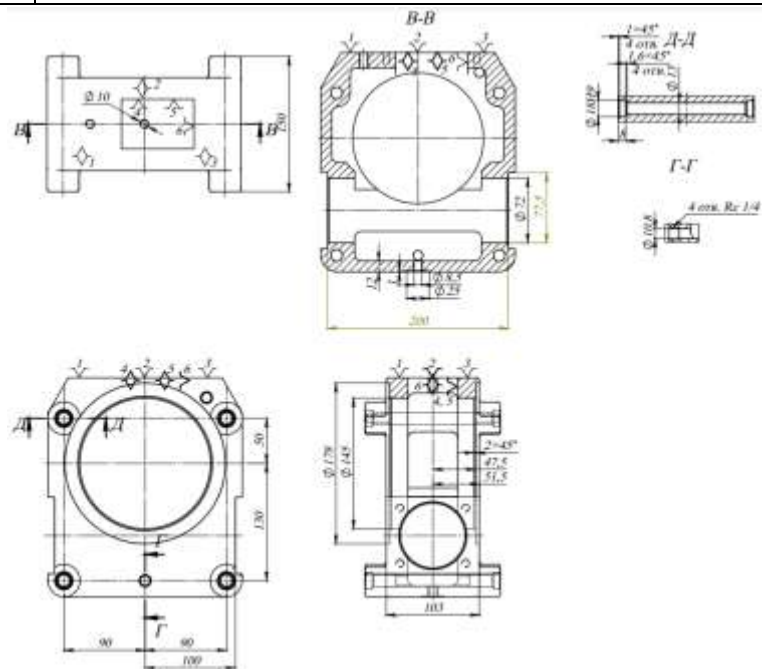
[illegible]

Дубл.																				
Взам.																				
Подп.																				
																		020		
P						ПН		t	D або B		L		i		S	n		v		
T 14	Свердлити 8 отвори Ø 18H9 мм, витримуючи розміри 50 мм, 90 мм, 130 мм, та 8 мм.																			
P 15	Сверло CoroDrill® 870 -1800-18L20-3																			
16	04					50		1					0,385		2300		130			
O 17	Фрезерувати торцеву поверхню 103 мм на 83 мм, начорно, витримуючи розмір 100 мм.																			
T 18	Фреза для обработки прямоугольных уступов CoroMill® 490 490-50Q22-08H																			
P 19	05					1,11		50		1					0,24		1540		242	
20																				
O 21	Фрезерувати поверхню Ø 178 мм, витримуючи розмір 47,5 мм.																			
T 22	Фреза для обработки прямоугольных уступов CoroMill® 490 - 040A32-08H																			
23	06					4		50		1					0,49		240		307	
24																				
O 25	Нарізати різьбу Rc 1/4, в отворі Ø 10,8 мм.																			
T 26	Цельные твердосплавные концевые фрезы CoroMill® 326 R08- B25050VM-ТН 1025 для нар																			
P 27	05					1,5		8		1					0,127		16700		410	
28																				
O 29	Дворазове розгортання 8 отворів Ø 18H9 мм.																			
T 30																				
P 31																				
OK																				

						ГОСТ 3.1406 – 86					Форма
Дубл.											
Взам.											
Подп.						Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	

ГОСТ 3.1406 – 86										Форма	
Дубл.											
Взам.											
Разраб.	Омів І. М.				НТУУ «КПІ», ННММІ, МТ-82	ДПБ.ННММІ.МТ-8212.05.К					
Проверил	Медведев В.В..										
Утв.					Корпус черв'ячного редуктора						
Н. контр.											
											
КЭ											

Подп.					Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	
Разраб.	Омік І. М.			НТУУ «КПІ», ННММІ, МТ-82	ДПБ.ННММІ.МТ-8212.06.К										
Проверил	Медведев В.В..														
Утв.				Корпус черв'ячного редуктора											020
Н. контр.															



КЭ