

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Машинобудівний факультет
(повне найменування інституту, факультету)

Кафедра «Технологія машинобудування»
(повне найменування кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проекту (роботи)

перий (бакалаврський)
(ступінь вищої освіти)

на тему «Вдосконалення технологічного процесу виготовлення корпусу
мастильного апарату двигуна Д-36»

Виконав: студент(ка) IV курсу, групи М-110сп

Спеціальності 131 «Прикладна механіка»
(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)

«Технології машинобудування»

Кушнір Є.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник Гончар Н.В.

(прізвище та ініціали)

Рецензент Фролов М.В.

(прізвище та ініціали)

2023

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»
(повне найменування закладу вищої освіти)

Інститут, факультет Машинобудівний
Кафедра Технологія машинобудування
Ступінь вищої освіти перший (бакалаврський)
Спеціальність 131 «Прикладна механіка»
(код і найменування)
Освітня програма (спеціалізація) «Технології машинобудування»
(назва освітньої програми (спеціалізації))

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри С.І. Дядя
« » 20 року

З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТА(КИ)

Кушніра Євгенія Віталійовича
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Вдосконалення технологічного процесу виготовлення корпусу мастильного апарату двигуна Д-36.

керівник проекту (роботи) Гончар Н.В., канд. техн. наук, доцент,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від 03.04.2023 року №83

2. Строк подання студентом проекту (роботи) 04.06.2023 р.

3. Вихідні дані до проекту (роботи) робоче креслення деталі;
річна програма випуску N=1000 дет.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1 Технологічна частина; 2 Конструкторська частина; 3 Розробка планування дільниці; 4 Оцінка очікуваної економічної ефективності заходів; 5 Охорона праці

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) Креслення деталі, заготовки; графічне зображення 3D-моделей деталі та заготовок; маршрут виготовлення деталі; графічне зображення етапів підготовки УП для верстатів з ЧПК; креслення робочого пристосування; графічне зображення результатів розрахунку деталі на міцність

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконане завдання
1-3,5	Гончар Н.В.		
4	Пухальська Г.В.		
Нормоконтроль	Дядя С.І.		

7. Дата видачі завдання « 01 » 03 2023 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Технологічна частина	24.02.2023	
2	Конструкторська частина	27.03.2023	
3	Розробка планування ділянки	20.04.2023	
4	Оцінка очікуваної економічної ефективності заходів	28.04.2023	
5	Охорона праці	16.05.2023	
6	Оформлення пояснювальної записки	26.05.2023	
7	Нормоконтроль і рецензія	02.06.2023	
8	Захист курсового проекту	08.06.2023	

Студент(ка) _____ Кушнір Є.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи) _____ Гончар Н.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

ПЗ: 134 с., 29 рисунків, 27 таблиць, 3 додатка, 17 посилань.

КОРПУС, ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС, СПЛАВ, ЗАГОТОВКА, ТОЧНІСТЬ, МОДЕЛЬ, ШОРСТКІСТЬ, ДЕТАЛЬ, МАТЕРІАЛ, БАЗА, ПРИСТОСУВАННЯ, НОРМУВАННЯ, РОЗМІР, ПРИПУСК, ТРАЄКТОРІЯ, ДОПУСК, ТЕРМООБРОБКА, ЕСКІЗ, МОДЕЛЮВАННЯ, ДІЛЬНИЦЯ, ВЕРСТАТ, ПРОГРАММУВАННЯ, РЕЖИМИ РІЗАННЯ.

Об'єкт дослідження – корпус мастильного апарату двигуна Д-36.

Мета роботи – вдосконалення технологічного процесу виготовлення корпусу мастильного апарату двигуна Д-36.

Метод дослідження – табличний розрахунок та моделювання експлуатаційного навантаження на деталь, комп'ютерна візуалізація для керування технологічною операцією обробки деталі на верстаті з ЧПК.

В дипломному проекті, що розглядається, на основі сучасних методів виробництва вдосконалено технологічний процес виготовлення деталі– корпусу мастильного апарату авіаційного двигуна Д-36. вдосконалено вибір отримання заготовки, розраховані режими різання, виконано нормування, застосовано метод концентрації технологічних операцій – об'єднання всіх операцій в одну; спроектовано робоче та контрольне пристосування, досліджено міцність деталі за допомогою спеціальної комп'ютерної програми, розрахована економічна ефективність заходів, розглянуті вимоги безпеки охорони праці.

ЗМІСТ

Скорочення та умовні позначки.....	7
Вступ.....	8
1 Технологічна частина.....	9
1.1 Опис конструкції і службового призначення деталі та виробу ...	9
1.2 Вибір типу виробництва і форми організації робіт.....	12
1.3 Вибір виду і способу отримання заготовки з економічним обґрунтуванням.....	14
1.4 Проектування технологічного маршруту виготовлення деталі...	19
1.4.1 Вибір технологічних баз.....	19
1.4.2 Проектування маршруту обробки поверхонь.....	20
1.4.3 Маршрут виготовлення деталі.....	24
1.5 Розрахунок припусків і технологічних розмірів.....	29
1.6 Розрахунок режимів різання.....	40
1.7 Технічне нормування операцій.....	79
1.8 Розробка керуючої програми переходів операції 015.....	82
2 Конструкторська частина.....	88
2.1 Проектування робочого пристосування.....	88
2.1.1 Конструкція і принцип робочого пристосування.....	88
2.1.2 Визначення похибки базування та закріплення. Розрахунок пристосування на точність.....	88
2.1.3 Визначення необхідної сили затиску. Вибір приводу.....	90
2.2 Визначення контрольного пристосування.....	92
2.2.1 Конструкція і принципи роботи контрольного пристосування.....	92
2.3 Розробка на міцність деталі.....	94
3 Розробка планування ділянки.....	98
4 Оцінка очікуваної економічної ефективності заходів.....	100

5 Охорона праці.....	113
Висновки.....	115
Перелік джерел посилання.....	117
Додаток А. Специфікація робочого пристосування.....	120
Додаток Б. Технологічні карти.....	122
Додаток В. Характеристика верстата з ЧПК моделі INTEGREX i- 200ST(1500U).....	134

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ

ГКМ – Горизонтально-кувальна машина

ЗОТС – Змащуючо-охолоджувальне технологічне середовище

КГШП – Кривошипний гарячештампувальний прес

МВД – Маршрут виготовлення деталі

МОП — Маршрут обробки поверхонь

САПР – Система автоматизованого проектування і розрахунку

ТП – Технологічний процес

ЧПК – Числове програмне керування

ВСТУП

Двигуни внутрішнього згоряння відіграють важливу роль у сучасній технології, забезпечуючи енергію для різноманітних механізмів та пристроїв. Один із ключових елементів таких двигунів - мастильний апарат, який забезпечує ефективне змащення рухомих частин та подовжує термін служби двигуна.

Цей дипломний проект присвячений вдосконаленню технологічного процесу виготовлення корпусу мастильного апарату двигуна Д-36. Метою проекту є вдосконалення технологічного процесу виготовлення корпусу мастильного апарату двигуна Д-36.

Для досягнення поставлених цілей використовуватимуться сучасні інженерні методи, такі як моделювання на основі комп'ютерних програм, аналітичні розрахунки, експериментальні дослідження та аналіз результатів.

Очікується, що результати дипломного проекту сприятимуть поліпшенню технологічного процесу виготовлення корпусу мастильного апарату двигуна Д-36, забезпечивши підвищену якість та ефективність виробництва. Вони також можуть бути використані як основа для подальших досліджень та розробок у сфері машинобудування.

1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

1.1 Опис конструкції і службового призначення деталі та виробу

Деталь «Корпус» (рис. 1.4) використовується у двигуні Д-36 та служить для розподілу та подачі мастила по каналам.

Технологічні вимоги до деталі вказані у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Зміст технологічних вимог

Зміст технологічних вимог	Коли, яким методом та засобом можливо виконати цю вимогу	Як, та яким засобом можна перевірити виконання вимог
Биття 0,05 відносно бази Г.	Точіння	На контрольній плиті, за допомогою індикатору годинникового типу
Биття 0,08 відносно бази Д.	Точіння	На контрольній плиті, за допомогою індикатору годинникового типу
Биття 0,05 відносно бази Е.	Точіння	На контрольній плиті, за допомогою індикатору годинникового типу

Двигун Д-36 є одним з найпопулярніших турбовальних двигунів, використовуваних у важких літаках та гелікоптерах. Завдяки своїй потужності, надійності та ефективності, Д-36 знайшов широке застосування в різних галузях авіації.

Д-36 є двигуном, розробленим для використання в авіації. Він виробляється українським підприємством "Мотор Січ".

Паливна система – це система, яка забезпечує доставку палива до двигуна транспортного засобу. Вона необхідна для керування подачею палива від паливного бака до двигуна та забезпечення оптимального співвідношення палива і повітря для ефективного згоряння.

Паливна система грає важливу роль у забезпеченні ефективності та надійності роботи двигуна. Вона контролює подачу палива відповідно до потреб двигуна і умов експлуатації.

Деталь «Корпус» є тонкостінною, складнопрофільною, має чотири радіальних отвору для перепуску мастила, виготовлена з алюмінієвого сплаву АМгб, основні властивості якого включають:

а) міцність: алюмінієвого сплаву АМгб має високу міцність, що забезпечує її використання в конструкціях, які піддаються великим навантаженням;

б) твердість: алюмінієвого сплаву АМгб має високу твердість, що забезпечує її стійкість до зносу та пошкоджень;

в) стійкість до корозії: алюмінієвого сплаву АМгб має високу стійкість до корозії та окислення;

г) добра зварюваність: алюмінієвий сплав має добру зварюваність, що дозволяє виготовляти з неї складні конструкції;

д) термічна стійкість: алюмінієвий сплав АМгб здатний витримувати високу температуру, що дозволяє використовувати її в умовах підвищених температур;

е) висока оброблюваність: алюмінієвий сплав АМгб має добру оброблюваність, що дозволяє виготовляти з неї складні деталі та конструкції;

є) висока пластичність, що дозволяє легко обробляти та формувати деталі з цього матеріалу.

Хімічний склад сталі АМгб наведений у таблиці 1.2.

Механічні властивості матеріалу АМг6 наведений у таблиці 1.3.

Таблиця 1.2 – Хімічний склад АМг6 [1]

Fe	Si	Mn	Ti	Al	Cu	Be	Mg	Zn
до 0,4	до 0,4	0,5-0,8	0,02-0,1	91,1-93,7	до 0,1	0,0002- 0,005	5,8- 6,8	до 0,2

Таблиця 1.3 – Механічні властивості матеріалу АМг6 [1]

$G_{0,2}$, МПа	G_B , МПа	δ_5 , %	Ψ , %	KCU, кДж/м ²
120-155	285-315	15	-	-

Термічна обробка є процесом, під час якого матеріали піддаються впливу певних температурних режимів з метою зміни їхньої структури та властивостей. Цей процес має велике значення у різних виробничих галузях, таких як металургія, машинобудування, автомобілебудування, аерокосмічна промисловість та інші.

Головна мета термічної обробки полягає у поліпшенні характеристик матеріалів, які використовуються для різних цілей. Цей процес може впливати на твердість, міцність, корозійну стійкість, еластичність та інші властивості матеріалів. За допомогою термічної обробки можна досягти різних ефектів, таких як загартування, відпуск, нормалізація, рекристалізація, закріплення та інші.

Основна суть термічної обробки полягає в контрольованому процесі нагрівання і охолодження матеріалу з метою зміни його мікроструктури. Під час нагрівання матеріал стає пластичним, що дозволяє змінити його кристалічну решітку та розташування дефектів. Після цього матеріал охолоджується з контрольованою швидкістю, що закріплює нову структуру.

Термічна обробка може призводити до різноманітних змін, таких як релаксація напружень, зміна розміру зерен, зміна фазового складу, формування нових фаз, зміна властивостей поверхні та інші.

Відпуск – це етап термічної обробки металів, який відбувається після загартування. Під час загартування матеріал швидко охолоджується, що змінює його структуру та надає високу твердість, але може привести до надмірної крихкості.

Відпуск – це контрольоване нагрівання загартованого матеріалу до температури, яка зазвичай менша за температуру загартування. Цей процес здійснюється з метою зняття внутрішніх напружень та поліпшення деяких властивостей матеріалу, включаючи міцність та тріщиностійкість.

В процесі відпуску відбуваються наступні зміни в структурі матеріалу: часткове відновлення пластичності, вирівнювання напружень, зменшення твердості тощо.

Температура і тривалість відпуску залежать від типу матеріалу, його складу та бажаних властивостей. Важливо враховувати, що оптимальні параметри відпуску мають бути підібраними з огляду на конкретне застосування виробу та вимоги до його механічних властивостей.

Властивості алюмінієвого сплаву АМг6.

Термічна обробка: відпуск 310-335 °С.

Твердість матеріалу: $HV\ 10^{-1} = 65\ \text{МПа}$. Зварність матеріалу: обмежена.

Схильність до відпускнуї крихкості: схильна.

1.2 Вибір типу виробництва і форми організації робіт

Тип виробництва впливає на організацію виробничих процесів і вибір методів підготовки, планування та контролю.

Тип виробництва визначається як комплексна характеристика, що включає технічні, організаційні та економічні особливості промислового виробництва. Ця характеристика залежить від спеціалізації, обсягу та повторюваності випуску продукції або виробів.

Організація виробництва включає три основних типи: одиничне, серійне і масове виробництво. У серійному виробництві можна виділити крупносерійне, середньосерійне і дрібносерійне виробництво.

Так як корпус має масу 0,072 кг, а річна програма випуску дорівнює 1000 деталей на рік, то вибираємо середньо-серійний тип виробництва [2, т.1.1, с.15].

Розраховуємо об'єм партії, шт [17, с.6]:

$$n = \frac{a \cdot N}{A},$$

Де a – періодичність запуску деталей у виробництво, днів [17, с.7];;

N – річна програма випуску, шт.;

A – кількість робочих днів у році.

$$n = \frac{10 \cdot 1000}{257} = 40 \text{ шт}$$

Серійне виробництво характеризується обмеженою номенклатурою виробів, які виготовляються періодично у повторюваних партіях і мають значний обсяг випуску.

На виробництві буде використовуватися непотокова форма.

У формі непотокового, зокрема вибрано його різновид – змінно-потокове виробництво, – устаткування розташовується відповідно до виконання роботи або процесу, воно може бути універсальним, а для складних деталей використовується спеціальне устаткування. Проміжні склади та місця контролю розташовуються між технологічним устаткуванням. Деталі переносяться з операції на операцію партіями по маршруту технологічного процесу обробки.

1.3 Вибір виду і способу отримання заготовки з економічним обґрунтуванням

Матеріал деталі алюмінієвий сплав АМгб є деформуємим. При виборі методу штампування (наприклад, на молоті, гідравлічному пресі, КГШП, ГKM, калібруванням, витисненням та іншими) враховуються конструктивні розміри, конфігурація та особливості готової деталі, технічні вимоги до її виготовлення, тип виробництва і інші фактори. Кожен спосіб виробництва заготовки має свої характеристики, такі як розміри та форма поковки, особливості деформації матеріалу під час формування, характер потоку металу в процесі штампування тощо. Також важливо враховувати можливі зміни структури матеріалу заготовки, що виникають під час деформації, для отримання оптимальних експлуатаційних властивостей деталі.

При розгляді варіантів штампувального обладнання для виготовлення поковки, доцільно збалансувати складність та вартість обладнання з типом виробництва, для якого призначена поковка. Необхідно проаналізувати різні методи виготовлення поковки та врахувати вимоги до проекрованої заготовки, щоб обґрунтувати вибір оптимального способу штампування.

За конфігурацією своєї деталі, а також обсягом партії в нашому випадку виробництво середньосерійне – обираємо два методи горизонтально-кувальні машини (ГKM) та кривошипний гарячештампувальний прес (КГШП).

Проведемо аналіз класифікації поковки, яку будемо проектувати.

Обираємо клас точності Т3 [3, т.2.2, с.30], за хімічним складом сталі – групу сталі М3 [3, с.30]. Ступінь складності поковки С2 [3, с.32].

Річна програма: $N = 1000$ шт.

Економічно обґрунтовуємо доцільність використання одного з двох способів отримання заготовок:

- ГKM (горизонтально-кувальна машина) – вдосконалення ТП;
- КГШП (кривошипний гарячештампувальний прес) – базова ТП.
- Розраховуємо вартість однієї заготовки, грн [4 с.5]

$$B = \frac{B_B}{1000} \cdot Q_{\text{заг}} \cdot K_T K_M K_B K_C K_{\Pi} - (Q - q) \cdot \left(\frac{B_{\text{від}}}{1000} \right), \quad (1.1)$$

де B_B – базова вартість виготовлення 1т. заготовок, грн. [4, т.1.4, с.13];

$Q_{\text{заг}}$ та q – відповідно вага заготовки і готової деталі, кг (рисунок 1.1, 1.2, 1.3);

$B_{\text{від}}$ – вартість 1т. стружки [4, т.1.5, с.13];

K_T – коефіцієнт, клас точності заготовки [4, т.1.24, с.17];

K_M – коефіцієнт, матеріалу заготовки, [4, т.1,25, с.18];

K_B – коефіцієнт, ваги заготовки, [4, т.1,27, с.18];

K_C – коефіцієнт, групи складності [4, т.1.26, с.18];

K_{Π} – коефіцієнт, програми випуску [4, т.1.28, с.18].

Розраховуємо B_1 для вдосконаленого варіанту (ГKM) за формулою (1.1):

$$\begin{aligned} B_1 &= \frac{3150}{1000} \cdot 0,169 \cdot 0,9 \cdot 1,22 \cdot 1,29 \cdot 0,87 \cdot 1 - (0,169 - 0,072) \cdot \frac{1770}{1000} = \\ &= 0,48 \text{ грн} \end{aligned}$$

Розраховуємо B_2 для базового варіанту (КГШП) за формулою (1.1):

$$\begin{aligned} B_2 &= \frac{3500}{1000} \cdot 0,156 \cdot 0,9 \cdot 1,22 \cdot 1,29 \cdot 0,87 \cdot 1 - (0,156 - 0,072) \cdot \frac{1770}{1000} = \\ &= 0,53 \text{ грн} \end{aligned}$$

Коефіцієнт використання заготовки [4, с.6]:

$$\eta_1 = \frac{q}{Q_{\text{заг}}}, \quad (1.2)$$

Розраховуємо η_1 для вдосконаленого варіанту (ГКМ) за формулою (1.2):

$$\eta_1 = \frac{0,072}{0,169} = 0,43$$

Розраховуємо η_2 для базового варіанту (КГШП) за формулою (1.2):

$$\eta_2 = \frac{0,072}{0,156} = 0,46$$

Маса заготовок для КГШП та ГКМ була визначена за допомогою САПР програми, показана на рисунку 1.2 та 1.3.

Маса деталі була перевірена за допомогою розрахунку масово-центрових характеристик, показана на рисунку 1.1.

Результати розрахунків показують, що вартість вдосконаленої заготовки є кращою в ГКМ $B_1 = 0,48$ грн, але її коефіцієнт використання матеріалу є меншим $\eta_1 = 0,43$. Тому треба поррахувати додаткові витрати.

Додаткові витрати за вартістю виготовлення заготовок (по базовому варіанту), грн [4, с.6]:

$$E_B = (B_2 - B_1) \cdot N,$$

де N – річна програма.

$$E_{B2} = (0,53 - 0,48) \cdot 1000 = 50 \text{ грн}$$

Додаткові витрати на матеріал (по вдосконаленому варіанту), кг [4, с.6]:

$$M_1 = \frac{q(\eta_2 - \eta_1)}{\eta_2 \cdot \eta_1} \cdot N,$$

$$M_1 = \frac{0,072(0,46 - 0,43)}{0,46 \cdot 0,43} \cdot 1000 = 10,92 \text{ кг}$$

Додаткові витрати загалом (по вдосконаленому варіанту), грн [4, с.6]:

$$З_{М2} = \frac{B_{Б1}}{1000} \cdot M_1 \cdot K_T K_M K_B K_C K_P,$$

$$З_{М2} = \frac{3150}{1000} \cdot 10,92 \cdot 0,9 \cdot 1,22 \cdot 1,29 \cdot 0,87 \cdot 1 = 42,4 \text{ грн}$$

В результаті додаткові витрати практично однакові, тому можемо обрати будь-який з цих способів. Їх вартість практично однакові, КВЗ практично однаковий, різниця 7,6 грн на рік, тому вибираємо ГKM, як менш завантажено у обладнанні нашого заготівельного цеху.

Занесемо порівняльні та розрахункові показники за варіантами в таблицю 1.4.

Таблиця 1.4 – Порівняльні показники за варіантами.

Показники	Позначення	Вимір	Варіант	
			1-ГKM	2-КГШП
Припуск на сторону	Z	мм	2,9	2,6
Вага заготовки	Q	кг	0,169	0,156
Базова вартість 1т заготовки	B_B	грн	3150	3500
Коефіцієнт	K_T	-	0,9	0,9
	K_M	-	1,22	1,22
	K_B	-	1,29	1,29
	K_C	-	0,87	0,87
	K_P	-	1	1
Вартість 1т стружки	$B_{ОТХ}$	грн	1770	1770
Вартість однієї заготовки	B	грн	0,48	0,52
Коефіцієнт використання заготовок	η	-	0,43	0,46

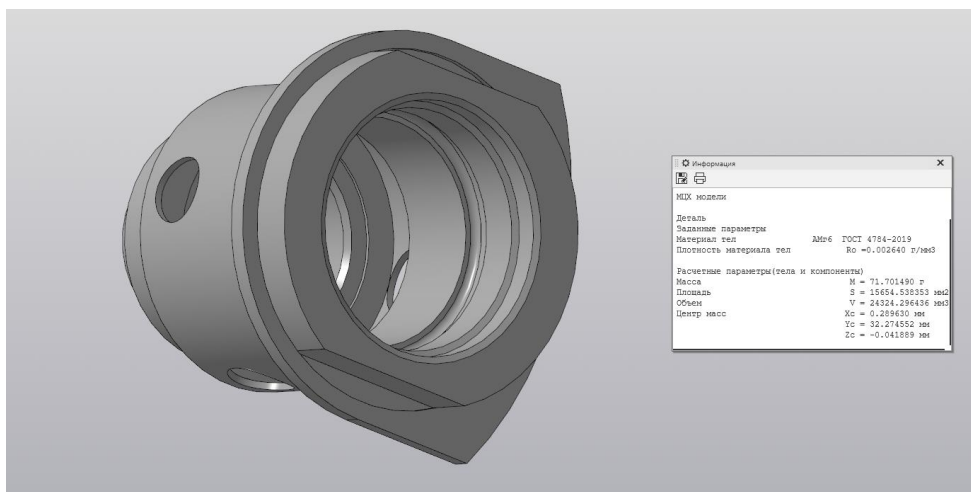


Рисунок 1.1 – 3D-модель деталі "Корпус"

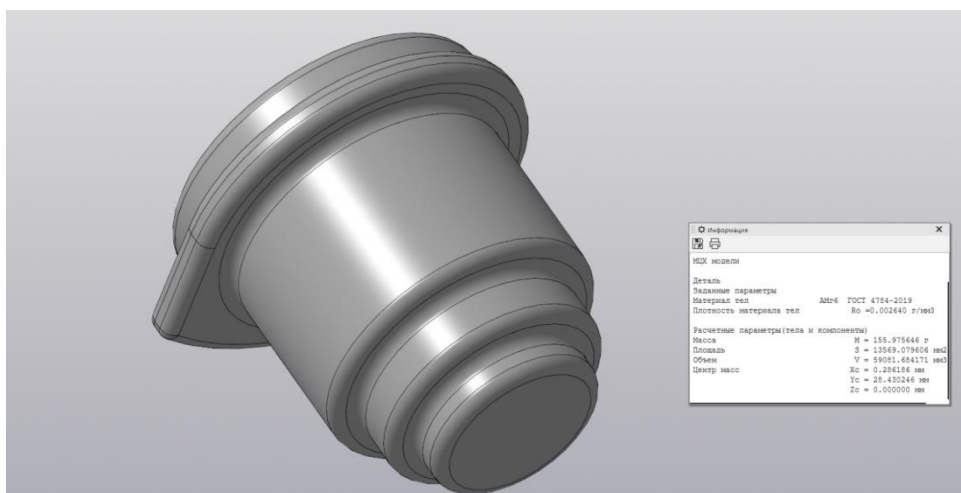


Рисунок 1.2 – 3D-модель штамповки на КГШП

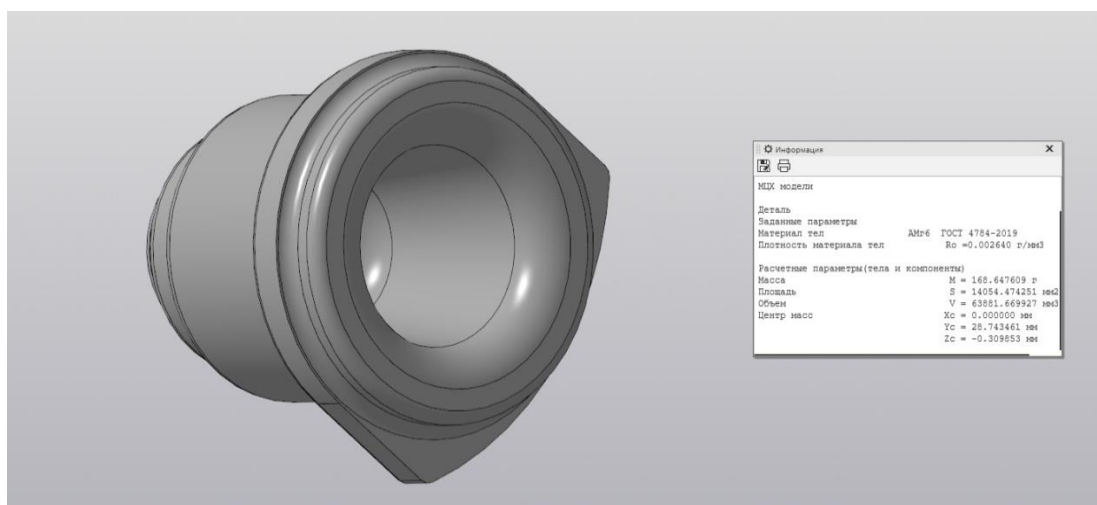


Рисунок 1.3 – 3D-модель штамповки на ГKM

1.4 Проектування технологічного маршруту виготовлення деталі

1.4.1 Вибір технологічних баз

Вибір технологічних баз є одним з найважливіших і складних аспектів проектування процесу механічної обробки. Коректність вибору технологічних баз має суттєвий вплив на результати виробничого процесу, і від нього залежить:

- а) фактична точність виконання лінійних розмірів, які задані конструктором;
- б) правильність взаємного розташування оброблюваних поверхонь;
- в) точність обробки, що повинний витримати верстатник при виконанні технологічної операції;
- г) ступінь складності конструкції необхідних пристосувань, ріжучих та вимірювальних інструментів;
- д) загальна продуктивність обробки.

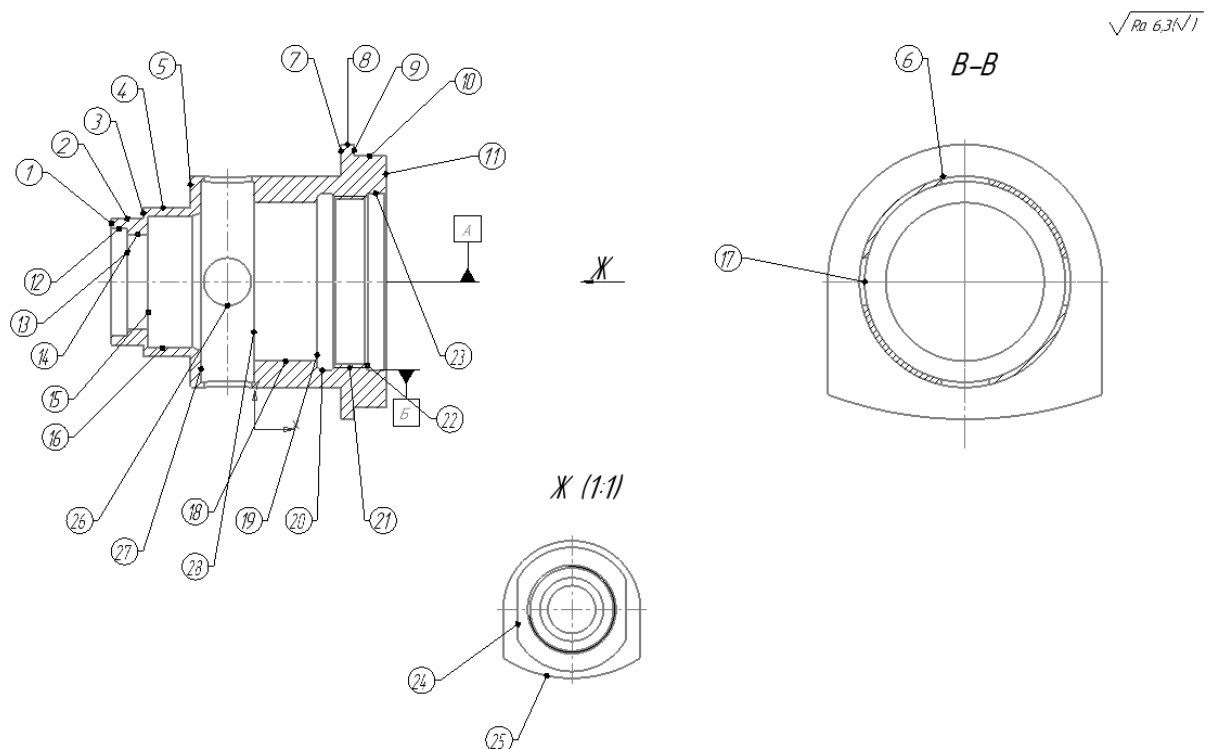


Рисунок 1.4 – Деталь «корпус» з технологічної розміткою поверхонь

Технологічні бази вирізняються на чорнові і чистові. Чорнові бази мають меншу точність та вищу шорсткість, оскільки це поверхні заготовки, тому вони використовуються лише на першій операції механічної обробки. Всі наступні операції вимагають використання оброблених (чистових) базових поверхонь.

Чорнову базу використовуємо один раз на першому переході на токарній обробці, це поверхня 10 для затиску та 11 для упору, технологічна розмітка поверхонь показана на рисунку 1.4.

На другому та інших переходах базовими поверхнями є 4 та 1.

1.4.2 Проектування маршруту обробки поверхонь

План обробки поверхні включає інформацію про кількість технологічних переходів, їх послідовність і методи обробки поверхонь.

На зміст плану виявляє вплив ряд чинників [5, с.126].

а) Вимоги до точності розмірів, та до точності взаємного розташування вісей та поверхонь.

Чим вищі ці вимоги, тим більше треба переходів. Досить часто розміри, що зв'язують поверхні або вісі, мають широкі допуски, і їх можна забезпечити за один прохід.

б) Вимоги до якості поверхні.

Якщо засіб остаточної обробки забезпечує необхідну точність розміру, але не забезпечує якість поверхні, то в план обробки додатково вводять 1-2 переходи, такі як: тонке шліфування, притирку, суперфініш, полірування, зміцнювальні методи обробки тощо.

в) Наявність і характер термічної обробки.

Відомо, що цементация, азотування, гартування, відпуск та інші методи призводять до втрати вже досягнутих показників точності. Для відтворення втраченої точності необхідно додатково ввести 1-2 переходи.

г) Вимоги до точності установочних технологічних баз.

Якщо поверхня виконує у технологічному процесі роль установчої бази, то кількість переходів її обробки збільшується. Звичайно додаткові переходи вводяться після чорної обробки.

д) Вимоги до показників якості вихідної заготовки.

Чим вищі вимоги до точності розмірів, форми, взаємного розташування поверхонь заготовок, тим менш треба переходів для досягнення відповідних показників якості деталі.

Визначимось з планом обробки внутрішньої циліндричної поверхні $\varnothing 25^{+0,052}$, $R_a = 1,6$ мкм.

По робочому кресленню з'ясували технічні вимоги на дану поверхню. До них відносяться допуски та шорсткість поверхні: $T_{д3} = 52$ мкм, $R_{ад} = 1,6$ мкм (орієнтовно Н9 квалітет).

Встановлюємо допуски $T_{д3}$ та $R_{аз}$ для поверхні вихідної заготовки:

$es_{д3} = +0,7$; $ei_{д3} = -0,3$ [6, с.16]; (орієнтовно ІТ15 квалітет), $T_{д3} = 1000$ мкм; $R_{аз} = 50$ мкм [4, т.2,5 с.32].

Розраховуємо загальні уточнення:

$$\varepsilon_{oi} = \frac{T_{si}}{T_{di}}, \quad (1.3)$$

де T_{si} – допуски на і-й параметр вихідної заготовки;

T_{di} – допуск за кресленням для того ж і-го параметру готової деталі.

$$\varepsilon_{od} = \frac{1000}{52} = 19,23 \text{ мкм} \quad \varepsilon_{oRa} = \frac{50}{1,6} = 31,25 \text{ мкм}$$

За найбільшим значенням $\varepsilon_o = 31,25$ (для визначення потрібної якості) розрахуємо приблизну кількість переходів механічної обробки k за лімітованим параметром.

$$k_i = 2lg\varepsilon_{0j},$$

де ε_{0j} – максимальне значення уточнення по контролюємим параметрам.

$$k_i = 2lg31,25 = 2 \cdot 1,49 = 2,98$$

Обираємо $k=3$.

Прискорено визначаємо ступені показників точності та якості, які будуть забезпечуватись на кожному технологічному переході, орієнтуючись на визначену кількість k усіх переходів [4]:

$$\Delta=15 - 9 = 6 \rightarrow 3 + 2 + 1$$

$$IT15 \rightarrow H12 \rightarrow H10 \rightarrow H9$$

Для інших показників якості обробки (шорсткості та взаєморозташування) розрахунки виконуємо аналогічно [4].

$$Ra50 \rightarrow Ra\ 6,3 \rightarrow Ra\ 3,2 \rightarrow Ra\ 1,6\ \mu\text{м}$$

Призначаємо технологічні переходи для обробки поверхні.

Перший перехід – обточка чорнова, $T_{d1}=210\ \mu\text{м}$ [6 с.13], та $R_{a1}=6,3\ \mu\text{м}$, розраховуємо за формулою (1.3):

$$\varepsilon_{d1} = \frac{1000}{210} = 4,76\ \mu\text{м} \quad ; \quad \varepsilon_{Ra1} = \frac{50}{6,3} = 7,94\ \mu\text{м}$$

Другий перехід – обточування напівчистове $T_{d2}=84\ \mu\text{м}$ [6 с.13], $R_{a2}=3,2\ \mu\text{м}$, розраховуємо також за формулою (1.3):

$$\varepsilon_{d2} = \frac{210}{84} = 2,5\ \mu\text{м} \quad ; \quad \varepsilon_{Ra2} = \frac{6,3}{3,2} = 1,97\ \mu\text{м}$$

Третій перехід – тонке точіння, розраховуємо за формулою (1.3):

$$T_{d3}=52 \text{ мкм}, R_{a3}=1,6 \text{ мкм}$$

$$\varepsilon_{d3} = \frac{84}{52} = 1,62 \text{ мкм} \quad ; \quad \varepsilon_{Ra3} = \frac{3,2}{1,6} = 2 \text{ мкм}$$

Необхідно перевірити умову виконання, мкм:

$$\prod_{j=1}^k \varepsilon_{dj} > \varepsilon_{Ra},$$

$$\prod_{j=1}^3 \varepsilon_{dj} = 4,76 \cdot 2,5 \cdot 1,62 = 19,27 \text{ мкм} > \varepsilon_{od} = 19,23 \text{ мкм} ;$$

$$\prod_{j=1}^3 \varepsilon_{Ra} = 7,94 \cdot 1,96 \cdot 2 = 31,28 \text{ мкм} > \varepsilon_{oRa} = 31,25 \text{ мкм}$$

Таким чином, після проведення трьох переходів точність розміру $\varnothing 25^{+0,052}$ забезпечується, оскільки сумарне уточнення дорівнює необхідному, яке ми розраховали за кількістю переходів k . Розрахункові дані вказані у таблиці 1.5.

Отже, за умови виконання встановлених показників точності та якості, визначена кількість переходів механічної обробки буде достатньою для отримання поверхні деталі необхідної якості. Щодо інших поверхонь, буде застосовано прискорений процес механічної обробки. Розрахункові дані прискореного МОП вказані у таблиці 1.6.

1.4.3 Маршрут виготовлення деталі

Маршрут виготовлення деталі – це послідовність операцій, які потрібно виконати для створення деталі з заданими характеристиками. Цей маршрут включає в себе всі етапи обробки, включаючи різні процеси і технології, які застосовуються для виготовлення фінальної деталі. На кожному етапі маршруту виконуються певні операції, такі як обробка поверхні, свердління отворів, фрезерування та інші, з метою досягнення необхідних характеристик деталі. В графічній частині дипломної роботи наведений докладний опис маршруту виготовлення деталі, що вказує на послідовність проведення кожної операції та використовувані технології. Для підвищення продуктивності технологічного процесу запропоновано об'єднати всі механічні операції в одну та використати один більш сучасний верстат.

Таблиця 1.5 – План обробки

Показник точності і якості поверхні	Показник	Уточнення	Кількість переходів k		Різниця показників і ППТК	МОП		Допуск		Уточнення	
			Розраховане	Прийняте		і	Метод обробки	Допуск Td	Шорсткість	ε _і по Td	ε _і по Ra
	J	ε ₀									
Внутрішня циліндрична, оброблювана поверхня діаметром Ø25 ^{+0,052}	Td	19,23	2,98	3	Δ=15 – 9 = 6 → 3 + 2 + +1 IT15 → H12 → H10 → H9 Ra50 → Ra6,3 → Ra3,2 → Ra1,6	1	Заготовка, IT15	1000	50	-	-
	Ra	31,25				2	Точіння чорнове, H12	210	6,3	4,76	7,94
						3	Точіння напівчистове, H10	84	3.2	2,5	1,96
						4	Тонке точіння, H9	52	1.6	1,62	2
						Загальне уточнення				19,27	31,28

Таблиця 1.6 – Зведена таблиця МОП

Поверхня 1 52 _{-0,74} , h14, Ra 1,6		
1. Заготовка	IT 16	Ra 50
2. Підрізання чорнове	h 14	Ra 6,3
3. Полірування	h14	Ra 1,6
Поверхня 2 Ø24 _{-0,33} , h13, Ra 6,3		
1. Заготовка	IT 16	Ra 50
2. Точіння чорнове	h 13	Ra 6,3
Поверхня 3 46 _{-0,62} , h 14, Ra 6,3		
1. Заготовка	IT 15	Ra 50
2. Підрізання чорнове	h 14	Ra 6,3
Поверхня 4 Ø28 _{-0,33} , h 13, Ra 6,3		
1. Заготовка	IT 16	Ra 50
2. Точіння чорнове	h 13	Ra 6,3
Поверхня 5 37 _{-0,62} , h 14, Ra 6,3		
1. Заготовка	IT 15	Ra 50
2. Підрізання чорнове	h 14	Ra 6,3
Поверхня 6 Ø40 _{-0,39} , h 13, Ra 6,3		
1. Заготовка	IT 15	Ra 50
2. Точіння чорнове	h 13	Ra 6,3
Поверхня 7 2,5 _{-0,25} , h 14, Ra 6,3		
1. Заготовка	IT 17	Ra 50
2. Підрізання чорнове	h 14	Ra 6,3
Поверхня 8 Ø52 _{-0,46} , h 13, Ra 6,3		
1. Заготовка	IT 15	Ra 50
2. Фрезерування	h 13	Ra 6,3

Продовження таблиці 1.6

Поверхня 9 $6 \pm 0,075$, IT 12, Ra 6,3		
1. Заготовка	IT 16	Ra 50
2. Підрізання чорнове	IT 12	Ra 6,3
Поверхня 10 $\varnothing 47_{-0,39}$, h 13, Ra 6,3		
1. Заготовка	IT 15	Ra 50
2. Точіння чорнове	h 13	Ra 6,3
Поверхня 11 $52_{-0,74}$, h 14, Ra 1,6		
1. Заготовка	IT 15	Ra 50
2. Підрізання чорнове	h14	Ra 6,3
3. Полірування	h14	Ra 1,6
Поверхня 12 $\varnothing 20,2^{+0,39}$, H 14, Ra 6,3		
1. Заготовка	—	—
2. Розточування чорнове	H 14	Ra 6,3
Поверхня 13 $3 \pm 0,09$, IT 12, Ra 6,3		
1. Заготовка	—	—
2. Підрізання чорнове	IT 12	Ra 6,3
Поверхня 14 $\varnothing 18^{+0,43}$, H 14, Ra 6,3		
1. Заготовка	—	—
2. Свердління	H 14	Ra 6,3
Поверхня 15 $44_{-0,25}$, h 12, Ra 6,3		
1. Заготовка	—	—
2. Підрізання чорнове	h 12	Ra 6,3

Продовження таблиці 1.6

Поверхня 16 $\varnothing 25^{+0,052}$, Н9, Ra 1,6		
1. Заготовка	—	—
2. Розточування чорнове	H12	Ra 6,3
3. Розточування чистове	H10	Ra 3,2
4. Тонке розточування	H9	Ra 1,6
Поверхня 17 $\varnothing 38^{+0,39}$, Н 13, Ra 6,3		
1. Заготовка	—	—
2. Розточування чорнове	H 13	Ra 6,3
Поверхня 18 $\varnothing 30^{+0,39}$, Н 13, Ra 6,3		
1. Заготовка	—	—
2. Розточування чорнове	H 13	Ra 6,3
Поверхня 19 13 _{-0,43} , h 14, Ra 6,3		
1. Заготовка	—	—
2. Підрізання чорнове	h 14	Ra 6,3
Поверхня 20 $\varnothing 33,3^{+0,39}$, Н 13, Ra 6,3		
1. Заготовка	—	—
2. Фасування чорнове	H 13	Ra 6,3
Поверхня 21 M33x1,5, 5H6H, Ra 1,6		
1. Заготовка	—	—
2. Розточування чорнове	H 10	Ra 6,3
3. Розточування точіння	H 8	Ra 3,2
4. Різьбонарізання	5H6H	Ra 1,6
Поверхня 22 4 _{-0,4} , h 15, Ra 6,3		
1. Заготовка	—	—
2. Підрізання чорнове	h 15	Ra 6,3

Продовження таблиці 1.6

Поверхня 23 $\varnothing 33,3^{+0,16}$, H 12, Ra 6,3		
1. Заготовка	IT 16	Ra 50
2. Розточування чорнове	H 12	Ra 6,3
Поверхня 24 $41_{-0,62}$, h 14, Ra 6,3		
1. Заготовка	IT 15	Ra 50
2. Фрезерування	h 14	Ra 6,3
Поверхня 25 $\varnothing 96_{-0,87}$, h 14, Ra 6,3		
1. Заготовка	IT 15	Ra 50
2. Фрезерування	H 14	Ra 6,3
Поверхня 26 $\varnothing 9 \pm 0,18$, IT 14, Ra 6,3		
1. Заготовка	—	—
2. Свердління	IT 14	Ra 6,3
Поверхня 27 $35_{-0,62}$, h 14, Ra 6,3		
1. Заготовка	—	—
2. Підрізання чорнове	h 14	Ra 6,3
Поверхня 28 $25_{-0,52}$, h 14, Ra 6,3		
1. Заготовка	—	—
2. Підрізання чорнове	h 14	Ra 6,3

*Полірувати фаски до Ra 1,6 та радіуси скруглення R0,3 та R1.

1.5 Розрахунок припусків і технологічних розмірів

Вибираємо допуски згідно призначених квалітетів точності обробки за призначеним у п. 1.4.2 маршрутом обробки поверхонь:

$$Td_{13ar} = {}^{+0,7}_{-0,3} \text{ мм}$$

$$Td_2 = 0,210 \text{ мм}$$

$$Td_3 = 0,084 \text{ мм}$$

$$Td_5 = 0,052 \text{ мм}$$

Підготуємо каркас схеми з вихідними даними, вказуємо допуски.

Призначаємо припуски табличним методом [6, т.4.11, с.47]:

– розточування чорнове: $2Z_2^{min} = 1,6 \text{ мм}$;

– розточування чистове: $2Z_3^{min} = 1,1 \text{ мм}$;

– тонке розточування: $2Z_5^{min} = 0,1 \text{ мм}$.

Розрахунки технологічних розмірів виконуємо за методом розмірних ланцюгів [4]. Розрахункові номінальні припуски, мм [4]:

$$2Z_2^H = 2Z_{min}^H + es,$$

де $2Z_{min}^H$ – призначений припуск табличним методом, мм:

ei – нижнє відхилення.

$$2Z_2^H = 2Z_{2min}^H + es = 1,6 + 0,7 = 2,3 \text{ мм}$$

$$2Z_3^H = 2Z_{3min}^H + es = 1,1 + 0,21 = 1,31 \text{ мм}$$

$$2Z_5^H = 2Z_{5min}^H + es = 0,1 + 0,084 = 0,184 \text{ мм}$$

Для цієї поверхні спочатку розраховуємо номінальні розміри, мм [4]:

$$d_i^H = d_{i+1}^H - 2Z_i^H,$$

де d_{i+1}^H – номінальний розмір, мм.

$$d_5^H = 25 \text{ мм}$$

$$d_3^H = d_5^H - 2Z_5^H = 25 - 0,184 = 24,816 \text{ мм}$$

$$d_2^H = d_3^H - 2Z_3^H = 24,816 - 1,31 = 23,506 \text{ мм}$$

$$d_1^H = d_2^H - 2Z_2^H = 23,506 - 2,3 = 21,206 \text{ мм}$$

Визначаємо максимальні значення операційних припусків для переходів механічної обробки, мм [4]:

$$2Z_{imax} = Td_i + Td_i + 2Z_i^{min}$$

де Td_i – допуск, мм.

– розточування чорнове: $2Z_{2max} = Td_1 + Td_2 + 2Z_2^{min} = 1 + 0,21 + 1,6 = 2,81$ мм

– розточування чистове: $2Z_{3max} = Td_2 + Td_3 + 2Z_3^{min} = 0,21 + 0,084 + 1,1 = 1,394$ мм

– тонке розточування: $2Z_{5max} = Td_3 + Td_5 + 2Z_5^{min} = 0,084 + 0,052 + 0,1 = 0,236$ мм

Загальний номінальний припуск, мм [4]:

$$2Z_0 = 2Z_{2max} + 2Z_{3max} + 2Z_{5max} = 2,3 + 1,31 + 0,184 = 3,794 \text{ мм}$$

Робимо перевірку розрахунків за контрольним правилом, мм [4]:

$$TZ_i = 2Z_{imax} - 2Z_{imin} = Td_i + Td_{i-1},$$

$$TZ_2 = 2,81 - 1,6 = 1 + 0,21 = 1,21 \text{ мм};$$

$$TZ_3 = 1,394 - 1,1 = 0,21 + 0,084 = 0,294 \text{ мм};$$

$$TZ_5 = 0,236 - 0,1 = 0,084 + 0,052 = 0,136 \text{ мм};$$

Робимо загальну перевірку розрахунків, мм [4]:

$$TZ_0 = 2Z_{0max} - 2Z_{0min} = Td_{заг} + Td_{дет},$$

$$2Z_{0max} = d_{дет max} - d_{заг min} = 25,052 - 20,906 = 4,146 \text{ мм};$$

$$2Z_{0min} = d_{дет min} - d_{заг max} = 25 - 21,906 = 3,094 \text{ мм};$$

$$TZ_0 = 4,146 - 3,094 = 1 + 0,052 = 1,052 \text{ мм};$$

Перевірка стверджує, що виконані розрахунки вірні.

Визначаємо технологічні виконавчі розміри та заносимо у таблиці 1,7, номінали скорочуємо за правилом: кількість знаків після коми номіналу має дорівнювати або бути менше, ніж кількість знаків після коми в допуску.

Розмір на останньому переході співпадає з розміром на кресленні деталі.

Отже, технологічні виконавчі розміри за переходами, мм:

- заготовка: $d_{\text{заг вик}} = \varnothing 21,2 \begin{smallmatrix} +0,7 \\ -0,3 \end{smallmatrix}$ мм;
- розточування чорнове: $d_2 = \varnothing 23,5^{+0,21}$ мм;
- розточування чистове: $d_3 = \varnothing 24,81^{+0,084}$ мм;
- тонке розточування: $d_5 = \varnothing 25^{+0,052}$ мм;

Так як у заготовці цього отвору немає ($\varnothing 21,2 \begin{smallmatrix} +0,7 \\ -0,3 \end{smallmatrix}$), першим переходом в розрахунку застосовуємо свердління. На інші припуски робимо розрахунки та заносимо у зведену таблицю 1.8.

На рисунку 1.5 зображена розрахункова схема припусків.

Таблиця 1.7 – Розрахунок припусків на обробку та технологічні операційні розміри по технологічним переходам

i	Найменування технологічних переходів	Границі поля допуску		Допуск Td. мм	Номінальний припуск, мм	Номінальні розміри, мм	Граничні значення припусків, мкм		Виконавчий технологічний розмір d, мм
		es	ei		$2Z^H$		$2Z_{\max}$	$2Z_{\min}$	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Внутрішня циліндрична поверхня $\varnothing 25^{+0,052}$								
1	Заготовка	+0,7	-0,3	1	-	$\varnothing 21,206$			$\varnothing 21,2^{+0,7}_{-0,3}$
2	Розточування чорнове	+0,21		0,21	2,3	$\varnothing 23,506$	2,81	1,6	$\varnothing 23,5^{+0,21}$
3	Розточування чистове	+0,084		0,084	1,31	$\varnothing 24,816$	1,394	1,1	$\varnothing 24,81^{+0,084}$
4	Тонке розточування	+0,052		0,052	0,184	$\varnothing 25$	0,236	0,1	$\varnothing 25^{+0,052}$

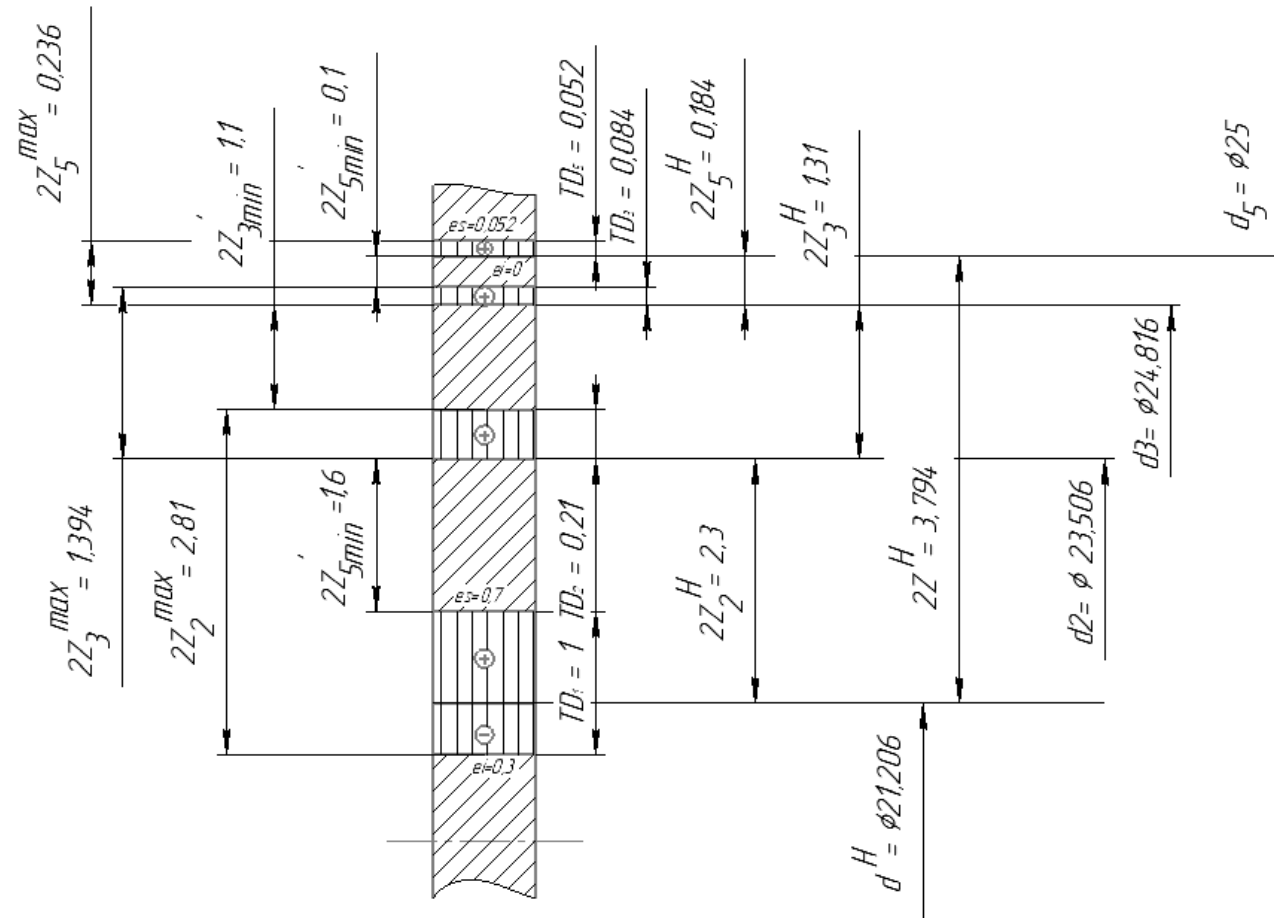


Рисунок 1.5 – Розрахункова схема припусків для внутрішньої циліндричної поверхні $\phi 25^{+0,052}$

Таблиця 1.8 – Зведена таблиця розрахунків припусків на обробку та технологічні операційні розміри по технологічним переходам

і	Найменування технологічних переходів	Границі поля допуску		Допуск Td. мм	Номінальний припуск, мм	Номінальні розміри, мм	Граничні значення припусків, мкм		Виконавчий технологічний розмір d, мм
		es	ei		$2Z^H$	D^H	$2Z_{\max}$	$2Z_{\min}$	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 24_{-0,33}$								
1	Заготовка	+0,7	-0,3	1		$\varnothing 25,9$			$\varnothing 25,9 \begin{smallmatrix} +0,7 \\ -0,3 \end{smallmatrix}$
2	Точіння чорнове		-0,33	0,33	1,9	$\varnothing 24$	2,93	1,6	$\varnothing 24_{-0,33}$
	Зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 28_{-0,33}$								
1	Заготовка	+0,7	-0,3	1		$\varnothing 29,9$			$\varnothing 29,9 \begin{smallmatrix} +0,7 \\ -0,3 \end{smallmatrix}$
2	Точіння чорнове		-0,33	0,33	1,9	$\varnothing 28$	2,93	1,6	$\varnothing 28_{-0,33}$

Продовження таблиці 1.8

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Зовнішня цилінд- рична поверхня $\emptyset 40_{-0,39}$								
1	Заготовка	+0,7	-0,3	1		$\emptyset 41,9$			$\emptyset 41,9 \begin{smallmatrix} +0,7 \\ -0,3 \end{smallmatrix}$
2	Точіння чорнове		-0,39	0,39	1,9	$\emptyset 40$	2,99	1,6	$\emptyset 40_{-0,39}$
	Зовнішня цилінд- рична поверхня $\emptyset 52_{-0,46}$								
1	Заготовка	+0,7	-0,4	1		$\emptyset 54,8$			$\emptyset 54,8 \begin{smallmatrix} +0,7 \\ -0,4 \end{smallmatrix}$
2	Фрезерування		-0,46	0,46	2,8	$\emptyset 52$	3	2,5	$\emptyset 52_{-0,46}$
	Зовнішня цилінд- рична поверхня $\emptyset 47_{-0,39}$								
1	Заготовка	+0,7	-0,3	1		$\emptyset 48,9$			$\emptyset 48,9 \begin{smallmatrix} +0,7 \\ -0,3 \end{smallmatrix}$
2	Точіння чорнове		-0,39	0,39	1,9	$\emptyset 47$	2,99	1,6	$\emptyset 47_{-0,39}$

Продовження таблиці 1.8

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 96_{-0,87}$								
1	Заготовка	+0,7	-0,4	1		$\varnothing 98,9$			$\varnothing 98,9^{+0,7}_{-0,4}$
2	Фрезерування		-0,87	0,87	2,9	$\varnothing 96$	3,2	2,6	$\varnothing 96_{-0,87}$
	Внутрішня циліндрична поверхня $\varnothing 20,2^{+0,39}$								
1	Заготовка	—	—	—		—	—	—	—
2	Розточування чорнове	+0,39		0,39	2,3	$\varnothing 20,2$	2,99	1,6	$\varnothing 20,2^{+0,39}$
	Внутрішня циліндрична поверхня $\varnothing 18^{+0,43}$								
1	Заготовка	—	—	—	—	—	—	—	—
2	Свердління	+0,43		0,43	2,3	$\varnothing 18$	2,975	1,6	$\varnothing 18^{+0,43}$

Продовження таблиці 1.8

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Внутрішня циліндрична поверхня $\emptyset 30^{+0,39}$								
1	Заготовка	—	—	—	—	—	—	—	—
2	Розточування чорнове	+0,39		0,39	2,3	$\emptyset 30$	2,99	1,6	$\emptyset 30^{+0,39}$
	Внутрішня циліндрична поверхня $\emptyset 33,3^{+0,39}$								
1	Заготовка	—	—	—	—	—	—	—	—
2	Розточування чорнове	+0,39		0,39	2,3	$\emptyset 33,3$	2,99	1,6	$\emptyset 33,3^{+0,39}$
	Внутрішня циліндрична поверхня $\emptyset 33 \times 1,5$ 5Н6Н								
1	Заготовка	—	—	—	—	—	—	—	—
2	Розточування чорнове	+0,1		0,1	2,3	$\emptyset 28,79$	2,7	1,6	$\emptyset 28,79^{+0,1}$
3	Розточування чистове	+0,039		0,039	1,21	$\emptyset 31,5$	1,239	1,1	$\emptyset 31,5^{+0,039}$
4	Різьблення	+0,011		0,011	3	$\emptyset 33$	-	-	$\emptyset 33 \times 1,5$

Продовження таблиці 1.8

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Внутрішня циліндрична поверхня $\emptyset 33,3^{+0,16}$								
1	Заготовка	+0,7	-0,3	1		$\emptyset 31$			$\emptyset 31^{+0,7}_{-0,3}$
2	Розточування чорнове	+0,16		0,16	2,3	$\emptyset 33,3$	2,76	1,6	$\emptyset 33,3^{+0,16}$
	Внутрішня циліндрична поверхня $\emptyset 38^{+0,39}$								
1	Заготовка	—	—	—	—	—	—	—	—
2	Розточування чорнове	+0,39		0,39	2,3	$\emptyset 38$	2,99	1,6	$\emptyset 38^{+0,39}$
	Внутрішня циліндрична поверхня $\emptyset 9 \pm 0,18$								
1	Заготовка	—	—	—	—	—	—	—	—
2	Свердління	+0,18	-0,18	0,295	2,3	$\emptyset 9$	2,895	1,6	$\emptyset 9 \pm 0,18$

1.6 Розрахунок режимів різання

Процес різання є одним з ключових технологічних процесів, використовуваних при виготовленні деталей для машин і механізмів. У порівнянні з іншими процесами, такими як ливарний, кувальний чи штампувальний, процес різання зазвичай вимагає більшої трудомісткості в більшості галузей машинобудування.

Процес різання відрізняється високою продуктивністю, точністю, універсальністю та гнучкістю, що надає йому переваги перед іншими методами формоутворення.

Розрахунок режимів різання та вибір оптимальних параметрів є важливим етапом у розробці технологічних процесів для формування заданих конфігурацій деталей. Цей етап значно впливає на якість і функціональні характеристики виробу, а також на трудові та фінансові витрати, пов'язані з його виготовленням. При розрахунку режимів різання необхідно враховувати багато факторів, таких як мікро- та макроструктура матеріалу заготовки, його фізико-механічні властивості, стан оброблюваної поверхні, матеріал і геометрія різального інструменту, а також механічні характеристики устаткування.

Виконаємо послідовно розрахунок режимів різання та визначення основного часу на операцію 015 – комплексна з ЧПК.

Верстат з ЧПК моделі INTEGREX i-200ST(1500U) [10].

Перехід 1 (рис. 1.6), точити по програмі, витримуючи розміри 2,3.

Вибір різального інструменту:

Токарно–прохідний упорний вигнутий, матеріал ріжучої частини – ВК 8, номер інструменту 2103-0072, ГОСТ 18879-73.

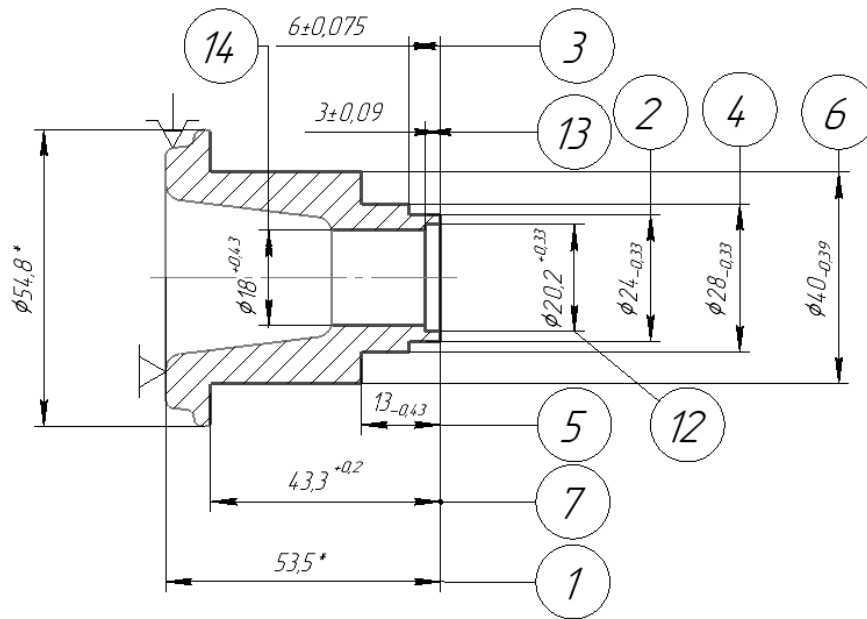


Рисунок 1.6 – Операційні розміри (перехід 1-6)

Визначаємо глибину різання t , мм [8, с.265]:

$$t = \frac{D_{\max} - D_{\min}}{2}, \quad (1.4)$$

де $D_{\max}$ – максимальний розмір заготовки, мм;

$D_{\min}$ – мінімальний розмір заготовки, мм.

$$t = \frac{29,9 - 24}{2} = 2,95 \text{ мм}$$

Визначаємо подачу S_t мм/об [9, т.26 с.237]: $S_t = 0,32$ мм/об.

Визначаємо розрахункову подачу S_o мм/об [9, с.240]:

$$S_o = S_t \cdot K_{so}, \quad (1.5)$$

$$K_{so} = K_{sp} \cdot K_{si} \cdot K_{sf} \cdot K_{sz} \cdot K_{sj} \cdot K_{sm}, \quad (1.6)$$

де K_{sp} – коефіцієнт, що враховує стан поверхні, що обробляється [9, с.239];

K_{si} – коефіцієнт, що враховує матеріал інструменту [9, с.239];

K_{sf} коефіцієнт, що враховує форму оброблюваної поверхні [9, с.239];

K_{sz} – коефіцієнт, що враховує вплив гартування [9, с.239];

$K_{сж}$ – коефіцієнт, що враховує жорсткість технологічної системи [9, с.239];

$K_{см}$ – коефіцієнт, що враховує матеріал оброблюваної деталі [9, с.239];

S_o – табличне значення подачі.

$$S_o = 0,32 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 0,62 \cdot 1,25 = 0,2 \text{ мм/об}$$

Так як в мене станок з безступеневим плавним регулюванням подачі, тоді розрахункова дорівнює дійсній.

Визначаємо швидкість різання, м/хв [9, с.240]:

$$V_{розр} = V_t \cdot K_V, \quad (1.7)$$

$$K_V = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{\varphi v} \cdot K_{mv} \cdot K_{жv} \cdot K_{п\varphi} \cdot K_{ov},$$

де V_t – табличне значення швидкості різання, м/хв. [9, т.32 с. 241];

K_{mv} – коефіцієнт оброблюваності матеріалу [9, т.35 с. 242];

K_{nv} – коефіцієнт, що враховує властивості матеріалу інструменту [9, т.35 с. 242];

$K_{\varphi v}$ – коефіцієнт, що враховує вплив кута у плані [9, т.35 с. 242];

K_{mv} – коефіцієнт, що враховує вид обробки [9, т.35 с. 242];

$K_{жv}$ – коефіцієнт, що враховує жорсткість технологічної системи [9, т.35 с. 242];

$K_{п\varphi}$ – коефіцієнт, що враховує стан оброблюваної поверхні [9, т.35 с. 243];

K_{ov} – коефіцієнт, що враховує вплив СОЖ [9, т.35 с. 243].

$$V_{розр} = V_t \cdot K_V = 290 \cdot 1 \cdot 0,81 \cdot 0,6 \cdot 1,2 = 169,12 \text{ м/хв}$$

Визначаємо частоту обертання шпинделя, об/хв. [8, с.280]:

$$n = \frac{1000 \cdot V_{розр}}{\pi \cdot D}, \quad (1.8)$$

де $V_{розр}$ – швидкість різання, м/хв;

D – максимальний оброблюваний діаметральний розмір, мм.

$$n = \frac{1000 \cdot 169,12}{3,14 \cdot 29,9} = 1801 \text{ об/хв}$$

Так як в мене станок з безступеневим плавним регулюванням швидкості шпинделя, тоді розрахункова дорівнює дійсній.

Визначаємо дійсну швидкість різання, м/хв:

$$V_{\text{дійс}} = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000}, \quad (1.9)$$

де n – частота обертання шпинделя, об/хв;

D – максимальний оброблюваний діаметральний розмір, мм.

$$V_{\text{дійс}} = \frac{3,14 \cdot 29,9 \cdot 1801}{1000} = 169,08 \text{ м/хв}$$

Визначення сили різання, Н [8, с.271]:

$$P_Z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_{Mp} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{rp}, \quad (1.10)$$

де C_p, n, x, y – показники ступеня в визначення сили різання при точінні [8, т.22 с.273]:

K_{Mp} – коефіцієнт, що враховує вплив якості оброблюваного матеріалу на силові залежності [8, т.10 с.265]

$K_{\gamma p}$ – поправочний коефіцієнт, переднього кута [8, т.23 с.275];

$K_{\lambda p}$ – поправочний коефіцієнт, куту нахилу головного леза [8, т.23 с.275];

$K_{\varphi p}$ – поправочний коефіцієнт, головного кута в плані [8, т.23 с.275];

K_{rp} – поправочний коефіцієнт, радіуса при вершині, мм [8, т.23 с.275].

$$P_Z = 10 \cdot 40 \cdot 2,95^1 \cdot 0,2^{0,75} \cdot 169,08^0 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,89 \cdot 1 = 314,08 \text{ Н}$$

Визначення потужності, кВт [8, с.271]:

$$N_{\text{різ}} = \frac{P_Z \cdot V_{\text{дійс}}}{1020 \cdot 60}, \quad (1.11)$$

$$N_{\text{різ}} = \frac{314,08 \cdot 169,08}{1020 \cdot 60} = 0,86 \text{ кВт}$$

Перевіряємо достатність потужності приводу верстату, кВт [8, с.271]:

$$N_{\text{дв}} = 22 \cdot 0,8 = 17,6 \text{ кВт},$$

$$N < N_{\text{дв}} = 0,86 < 17,6 - \text{умова виконана.}$$

де N – потужності приводу верстату, кВт [10].

Визначення основного (машинного) часу, хв:

$$t_0 = \frac{l+l_1+l_2}{n \cdot S_0} \cdot i, \quad (1.12)$$

де l – довжина оброблюваної поверхні, мм;

l_1 – величина врізання різального інструменту, мм;

l_2 – величина перебігу різального інструменту 1..3, мм;

l_2 – величина врізання різального інструменту для свердління $0,3 \cdot D_{\text{св}}$, мм;

i – кількість проходів.

$$t_0 = \frac{9+0+2}{1801 \cdot 0,2} \cdot 1 = 0,031 \text{ хв}$$

Перехід 2 (рисунок 1.6), точити по програмі, витримуючи розміри 4,5.

Вибір різального інструменту:

Токарно–прохідний упорний вигнутий, матеріал ріжучої частини – ВК 8, номер інструменту 2103-0072, ГОСТ 18879-73.

Визначаємо глибину різання t , мм за формулою (1.4) [8, с.265]:

$$t = \frac{41,9-28}{2} = 6,95 \text{ мм}$$

Визначаємо подачу S_t мм/об [9, т.26 с.237]: $S_t = 0,26 \text{ мм/об}$.

Визначаємо розрахункову подачу S_o мм/об, за формулою (1.5) [9, с.240]:

$$S_o = 0,26 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 0,62 \cdot 1,25 = 0,16 \text{ мм/об}$$

Так як в мене станок з безступеневим плавним регулюванням подачі, тоді розрахункова дорівнює дійсній.

Визначаємо швидкість різання, м/хв, за формулою (1.7) [9, с.240]:

$$V_{\text{розр}} = V_t \cdot K_V = 276 \cdot 1 \cdot 0,81 \cdot 0,6 \cdot 1,2 = 160,96 \text{ м/хв}$$

Визначаємо частоту обертання шпинделя, об/хв, за формулою (1.8) [8, с.280]:

$$n = \frac{1000 \cdot 160,96}{3,14 \cdot 41,9} = 1223 \text{ об/хв}$$

Так як в мене станок з безступеневим плавним регулюванням шпинделя, тоді розрахункова дорівнює дійсній.

Визначаємо дійсну швидкість різання, м/хв., за формулою (1.9):

$$V_{\text{дійс}} = \frac{3,14 \cdot 41,9 \cdot 1223}{1000} = 160,9 \text{ м/хв}$$

Визначення сили різання, Н, за формулою (1.10) [8, с.271]:

$$P_Z = 10 \cdot 40 \cdot 6,95^1 \cdot 0,16^{0,75} \cdot 160,9^0 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,89 \cdot 1 = 625,93 \text{ Н}$$

Визначення потужності, кВт, за формулою (1.11) [8, с.271]:

$$N_{\text{різ}} = \frac{625,93 \cdot 160,9}{1020 \cdot 60} = 1,64 \text{ кВт}$$

Перевіряємо достатність потужності приводу верстату, кВт [8, с.271]:

$$N_{\text{дв}} = 22 \cdot 0,8 = 17,6 \text{ кВт},$$

$$N < N_{\text{дв}} = 1,64 < 17,6 - \text{умова виконана.}$$

де N – потужності приводу верстату, кВт [10].

Визначення основного (машинного) часу, хв, за формулою (1.12):

$$t_0 = \frac{12,5 + 0 + 2}{1223 \cdot 0,16} \cdot 2 = 0,15 \text{ хв}$$

Вибір різального інструменту:

Токарно–прохідний упорний вигнутий, матеріал ріжучої частини – ВК 8, номер інструменту 2103-0072, ГОСТ 18879-73.

Перехід 3 (рисунок 1.6), точити по програмі, витримуючи розміри 6,7.

Визначаємо глибину різання t , мм, за формулою (1.4) [8, с.265]:

$$t = \frac{54,8 - 40}{2} = 7,4 \text{ мм}$$

Визначаємо подачу S_t мм/об [9, т.26 с.237]: $S_t = 0,32 \text{ мм/об}$.

Визначаємо розрахункову подачу S_o мм/об, за формулою (1.5) [9, с.240]:

$$S_o = 0,32 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 0,62 \cdot 1,25 = 0,26 \text{ мм/об}$$

Так як в мене станок з безступеневим плавним регулюванням подачі, тоді розрахункова дорівнює дійсній.

Визначаємо швидкість різання, м/хв, за формулою (1.7) [9, с.240]:

$$V_{\text{розр}} = V_t \cdot K_V = 228 \cdot 1 \cdot 0,81 \cdot 0,6 \cdot 1,2 = 132,96 \text{ м/хв}$$

Визначаємо частоту обертання шпинделя, об/хв, за формулою (1.8) [8, с.280]:

$$n = \frac{1000 \cdot 132,96}{3,14 \cdot 54,8} = 772 \text{ об/хв}$$

Так як в мене станок з безступеневим плавним регулюванням шпинделя, тоді розрахункова дорівнює дійсній.

Визначаємо дійсну швидкість різання, м/хв., за формулою (1.9):

$$V_{\text{дійс}} = \frac{3,14 \cdot 54,8 \cdot 772}{1000} = 132,84 \text{ м/хв}$$

Визначення сили різання, Н, за формулою (1.10) [8, с.271]:

$$P_Z = 10 \cdot 40 \cdot 7,4^1 \cdot 0,26^{0,75} \cdot 132,84^0 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,89 \cdot 1 = 666,45 \text{ Н}$$

Визначення потужності, кВт, за формулою (1.11) [8, с.271]:

$$N_{\text{різ}} = \frac{666,45 \cdot 132,84}{1020 \cdot 60} = 1,44 \text{ кВт}$$

Перевіряємо достатність потужності приводу верстату, кВт [8, с.271]:

$$N_{\text{дв}} = 22 \cdot 0,8 = 17,6 \text{ кВт},$$

$$N < N_{\text{дв}} = 1,44 < 17,6 - \text{умова виконана.}$$

де N – потужності приводу верстату, кВт [10].

Визначення основного (машинного) часу, хв., за формулою (1.12):

$$t_0 = \frac{28,5 + 0 + 2}{772 \cdot 0,26} \cdot 2 = 0,3 \text{ хв}$$

Вибір різального інструменту:

Свердло з циліндричним хвостовиком, матеріал ріжучої частини – Р6М5, номер інструменту 2300-0708, ГОСТ 4010 – 77.

Перехід 4 (рисунок 1.6), свердлити по програмі, витримуючи розміри 14.

Визначаємо глибину різання t , мм, за формулою (1.4) [8, с.276]:

$$t = \frac{18}{2} = 9 \text{ мм}$$

Визначаємо подачу S_t мм/об [9, т.64 с.267]: $S_t = 0,4$ мм/об.

Визначаємо розрахункову подачу S_o мм/об, за формулою (1.5) [9, с.266]:

$$S_o = 0,4 \cdot 1 \cdot 0,75 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,36 = 0,41 \text{ мм/об},$$

$$K_{so} = K_{st} \cdot K_{сж} \cdot K_{си} \cdot K_{sd} \cdot K_{см},$$

де $K_{сп}$ – коефіцієнт, що враховує стан поверхні, що обробляється [9, т.65 с.267];

K_{ti} – коефіцієнт, що враховує глибину свердління [9, т.65 с.267];

$K_{сж}$ – коефіцієнт, що враховує жорсткість технологічної системи [9, т.65 с.267];

$K_{си}$ – коефіцієнт, що враховує матеріал інструменту [9, т.65 с.267];

K_{sd} – коефіцієнт, що враховує тип оброблюємого отвору [9, т.65 с.267];

$K_{см}$ – коефіцієнт, що враховує матеріал оброблюваної деталі [9, т.65 с.267].

Так як в мене станок з безступеневим плавним регулюванням подачі, тоді розрахункова дорівнює дійсній.

Визначаємо швидкість різання, м/хв, за формулою (1.7) [9, с.268]:

$$V_{\text{розр}} = V_t \cdot K_V = 56 \cdot 0,91 \cdot 0,9 \cdot 1,2 \cdot 1 = 61,15 \text{ м/хв}$$

$$K_V = K_{mv} \cdot K_{iv} \cdot K_{dv} \cdot K_{ov} \cdot K_{Tv} \cdot K_{jv},$$

де K_{mv} – коефіцієнт, що враховує марку матеріалу [9, т.67 с. 270];

K_{iv} – коефіцієнт, що враховує матеріалу інструменту [9, т.67 с. 270];

K_{dv} – коефіцієнт, що враховує тип отвору [9, т.67 с. 270];

K_{ov} – коефіцієнт, що враховує умови обробки [9, т.67 с. 270];

K_{Tv} – коефіцієнт, що враховує стійкість інструменту [9, т.67 с. 270];

K_{jv} – коефіцієнт, що враховує довжину свердлення [9, т.67 с. 270].

Визначаємо частоту обертання шпинделя, об/хв, за формулою (1.8) [8, с.280]:

$$n = \frac{1000 \cdot 61,15}{3,14 \cdot 18} = 1082 \text{ об/хв}$$

Так як в мене станок з безступеневим плавним регулюванням швидкості шпинделя, тоді розрахункова дорівнює дійсній.

Визначаємо дійсну швидкість різання, м/хв., за формулою (1.9):

$$V_{\text{дійс}} = \frac{3,14 \cdot 18 \cdot 1082}{1000} = 61,15 \text{ м/хв}$$

Визначення сили різання, Н та крутячий момент Н · м [8, с.277]:

$$P_0 = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p, \quad (1.13)$$

$$M_{\text{кр}} = 10 \cdot C_m \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p, \quad (1.14)$$

де C_p , C_m , q , y – показники ступеня в визначення сили різання та крутячого моменту при свердлінні [8, т.32 с.281]:

K_{Mp} – коефіцієнт, що враховує вплив якості оброблюваного матеріалу на силові залежності [8, т.10 с.265].

$$P_0 = 10 \cdot 9,8 \cdot 18^1 \cdot 0,41^{0,7} \cdot 1 = 945,03 \text{ Н}$$

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,005 \cdot 18^2 \cdot 0,41^{0,8} \cdot 1 = 7,94 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Визначення потужності, кВт [8, с.280]:

$$N_{різ} = \frac{M_{кр} \cdot n}{9750} \quad (1.15)$$

$$N_{різ} = \frac{7,94 \cdot 1082}{9750} = 0,88 \text{ кВт}$$

Перевіряємо достатність потужності приводу верстату, кВт [8, с.271]:

$$N_{дв} = 22 \cdot 0,8 = 17,6 \text{ кВт},$$

$$N < N_{дв} = 0,88 < 17,6 - \text{умова виконана.}$$

де N – потужності приводу верстату, кВт [10].

Визначення основного (машинного) часу, хв., за формулою (1.12):

$$t_0 = \frac{2,35 + 5,4 + 2}{1082 \cdot 0,41} \cdot 1 = 0,065 \text{ хв}$$

Розточний різець, матеріал ріжучої частини – ВК 8, номер інструменту 2141-0005, ГОСТ 18883-73.

Перехід 5 (рисунок 1.6), розточити по програмі, витримуючи розміри 12,13.

Визначаємо глибину різання t, мм [8, с.265], за формулою (1.4):

$$t = \frac{20,2 - 17,9}{2} = 1,15 \text{ мм}$$

Визначаємо подачу S_t мм/об [9, т.27 с.237]: $S_t = 0,25 \text{ мм/об}$.

Визначаємо розрахункову подачу S_o мм/об [9, с.240], за формулою (1.5):

$$S_o = 0,25 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,45 \cdot 1,25 = 0,14 \text{ мм/об}$$

Так як в мене станок з безступеневим плавним регулюванням подачі, тоді розрахункова дорівнює дійсній.

Визначаємо швидкість різання, м/хв [9, с.240], за формулою (1.7):

$$V_{\text{розр}} = V_t \cdot K_V = 435 \cdot 1 \cdot 0,81 \cdot 0,6 \cdot 1 \cdot 1,2 = 253,69 \text{ м/хв}$$

Визначаємо частоту обертання шпинделя, об/хв. [8, с.280], за формулою (1.8):

$$n = \frac{1000 \cdot 253,69}{3,14 \cdot 20,2} = 3998 \text{ об/хв}$$

Так як в мене станок з безступеневим плавним регулюванням шпинделя, тоді розрахункова дорівнює дійсній.

Визначаємо дійсну швидкість різання, м/хв., за формулою (1.9):

$$V_{\text{дійс}} = \frac{3,14 \cdot 20,2 \cdot 3998}{1000} = 253,6 \text{ м/хв}$$

Визначення сили різання, Н [8, с.271], за формулою (1.10):

$$P_Z = 10 \cdot 40 \cdot 1,15^1 \cdot 0,14^{0,75} \cdot 253,6^0 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,89 \cdot 1 = 93,65 \text{ Н}$$

Визначення потужності, кВт [8, с.271], за формулою (1.11):

$$N_{\text{різ}} = \frac{93,65 \cdot 253,6}{1020 \cdot 60} = 0,39 \text{ кВт}$$

Перевіряємо достатність потужності приводу верстату, кВт [8, с.271]:

$$N_{\text{дв}} = 22 \cdot 0,8 = 17,6 \text{ кВт},$$

$$N < N_{\text{дв}} = 0,39 < 17,6 - \text{умова виконана.}$$

де N – потужності приводу верстату [10].

Визначення основного (машинного) часу, хв., за формулою (1.12):

$$t_0 = \frac{4,5 + 0 + 2}{3998 \cdot 0,14} \cdot 1 = 0,012 \text{ хв}$$

Різець токарно-підрізний відігнутий, матеріал ріжучої частини – ВК 8, номер інструменту 2112-0058, ГОСТ 18880-73.

Перехід 6 (рисунок 1.6), підрізати по програмі, витримуючи розміри 1.

Визначаємо глибину різання t , мм [8, с.265], за формулою (1.4):

$$t = \frac{24-20,2}{2} = 1,9 \text{ мм}$$

Визначаємо подачу S_t мм/об [9, т.26 с.237]: $S_t = 0,38 \text{ мм/об}$.

Визначаємо розрахункову подачу S_o мм/об [9, с.240], за формулою (1.5):

$$S_o = 0,38 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,62 \cdot 1,25 = 0,29 \text{ мм/об}$$

Так як в мене станок з безступеневим плавним регулюванням подачі, тоді розрахункова дорівнює дійсній.

Визначаємо швидкість різання, м/хв [9, с.240], за формулою (1.7):

$$V_{\text{розр}} = V_t \cdot K_V = 264 \cdot 1 \cdot 0,81 \cdot 0,6 \cdot 1 \cdot 1,2 = 256,9 \text{ м/хв}$$

Визначаємо частоту обертання шпинделя, об/хв. [8, с.280], за формулою (1.8):

$$n = \frac{1000 \cdot 256,9}{3,14 \cdot 24} = 3405 \text{ об/хв}$$

Так як в мене станок з безступеневим плавним регулюванням швидкості шпинделя, тоді розрахункова дорівнює дійсній.

Визначаємо дійсну швидкість різання, м/хв., за формулою (1.9):

$$V_{\text{дійс}} = \frac{3,14 \cdot 24 \cdot 3405}{1000} = 256,6 \text{ м/хв}$$

Визначення сили різання, Н [8, с.271], за формулою (1.10):

$$P_z = 10 \cdot 40 \cdot 1,9^1 \cdot 0,29^{0,75} \cdot 256,6^0 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,89 \cdot 1 = 267,3 \text{ Н}$$

Визначення потужності, кВт [8, с.271], за формулою (1.11):

$$N_{\text{різ}} = \frac{267,3 \cdot 253,6}{1020 \cdot 60} = 1,1 \text{ кВт}$$

Перевіряємо достатність потужності приводу верстату, кВт [8, с.271]:

$$N_{\text{дв}} = 22 \cdot 0,8 = 17,6 \text{ кВт},$$

$$N < N_{\text{дв}} = 1,1 < 17,6 - \text{умова виконана.}$$

де N – потужності приводу верстату, кВт [10].

Визначення основного (машинного) часу, хв., за формулою (1.12):

$$t_0 = \frac{1,5 + 0 + 2}{3405 \cdot 0,29} \cdot 1 = 0,004 \text{ хв}$$

Розточний різець, матеріал ріжучої частини – ВК 8, номер інструменту 2141-0008, ГОСТ 18883-73.

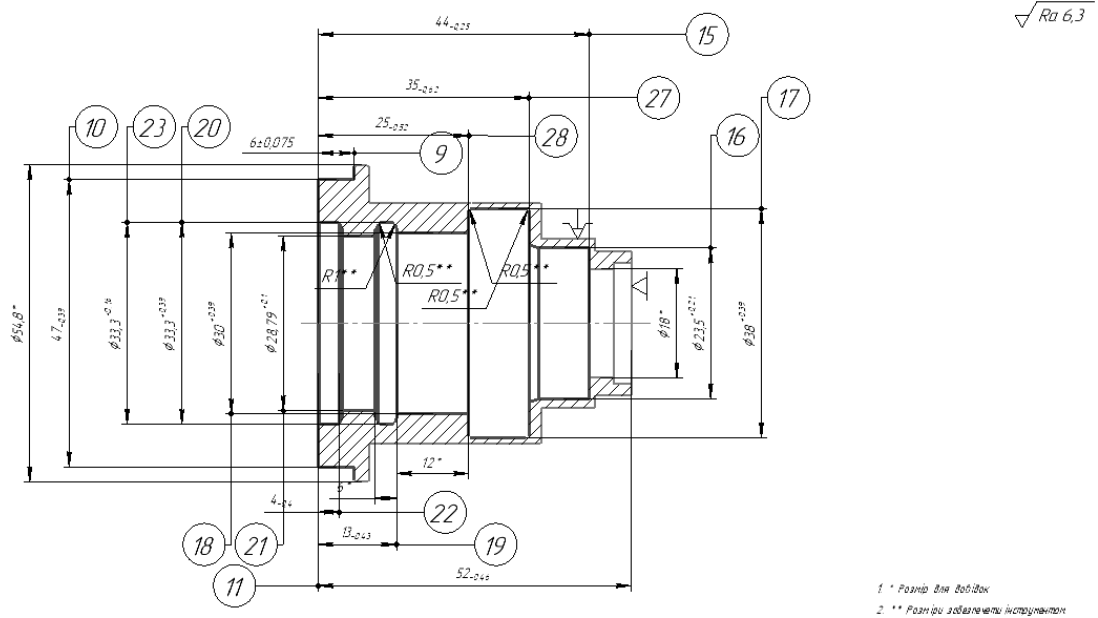


Рисунок 1.7 – Операційні розміри (перехід 7-14)

Перехід 7 (рис. 1.7), розточити по програмі, витримуючи розміри 22,23. Визначаємо глибину різання t , мм [8, с.265], за формулою (1.4):

$$t = \frac{33,3-31}{2} = 1,15 \text{ мм}$$

Визначаємо подачу S_t мм/об [9, т.27 с.237]: $S_t = 0,25$ мм/об.

Визначаємо розрахункову подачу S_o мм/об [9, с.240], за формулою (1.5):

$$S_o = 0,25 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 0,62 \cdot 1,25 = 0,15 \text{ мм/об}$$

Так як в мене станок з безступеневим плавним регулюванням подачі, тоді розрахункова дорівнює дійсній.

Визначаємо швидкість різання, м/хв [9, с.240], за формулою (1.7):

$$V_{\text{розр}} = V_t \cdot K_V = 366 \cdot 1 \cdot 0,81 \cdot 0,6 \cdot 0,6 \cdot 1,2 = 128,07 \text{ м/хв}$$

Визначаємо частоту обертання шпинделя, об/хв. [8, с.280], за формулою (1.8):

$$n = \frac{1000 \cdot 128,07}{3,14 \cdot 33} = 1225 \text{ об/хв}$$

Так як в мене станок з безступеневим плавним регулюванням швидкості шпинделя, тоді розрахункова дорівнює дійсній.

Визначаємо дійсну швидкість різання, м/хв., за формулою (1.9):

$$V_{\text{дійс}} = \frac{3,14 \cdot 33 \cdot 1225}{1000} = 128,1 \text{ м/хв}$$

Визначення сили різання, Н [8, с.271], за формулою (1.10):

$$P_Z = 10 \cdot 40 \cdot 1,15^1 \cdot 0,15^{0,75} \cdot 128,1^0 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,89 \cdot 1 = 98,67 \text{ Н}$$

Визначення потужності, кВт [8, с.271], за формулою (1.11):

$$N_{\text{різ}} = \frac{98,67 \cdot 128,1}{1020 \cdot 60} = 0,2 \text{ кВт}$$

Перевіряємо достатність потужності приводу верстату, кВт [8, с.271]:

$$N_{\text{дв}} = 22 \cdot 0,8 = 17,6 \text{ кВт},$$

$$N < N_{\text{дв}} = 0,2 < 17,6 - \text{умова виконана.}$$

де N – потужності приводу верстату, кВт [10].

Визначення основного (машинного) часу, хв., за формулою (1.12):

$$t_0 = \frac{5,5 + 0 + 2}{1225 \cdot 0,15} \cdot 1 = 0,035 \text{ хв}$$

Розточний різець, матеріал ріжучої частини – ВК 8, номер інструменту 2141-0008, ГОСТ 18883-73.

Перехід 8, розточити по програмі, витримуючи розміри 21.

Визначаємо глибину різання t , мм [8, с.265], за формулою (1.4):

$$t = \frac{28,79 - 26,49}{2} = 1,15 \text{ мм}$$

Визначаємо подачу S_t мм/об [9, т.27 с.237]: $S_t = 0,25$ мм/об.

Визначаємо розрахункову подачу S_o мм/об [9, с.240], за формулою (1.5):

$$S_o = 0,25 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 0,62 \cdot 1,25 = 0,15 \text{ мм/об}$$

Так як в мене станок з безступеневим плавним регулюванням подачі, тоді розрахункова дорівнює дійсній.

Визначаємо швидкість різання, м/хв [9, с.240], за формулою (1.7):

$$V_{\text{розр}} = V_t \cdot K_V = 435 \cdot 1 \cdot 0,81 \cdot 0,6 \cdot 0,6 \cdot 1,2 = 152,21 \text{ м/хв}$$

Визначаємо частоту обертання шпинделя, об/хв. [8, с.280], за формулою (1.8):

$$n = \frac{1000 \cdot 152,21}{3,14 \cdot 28,79} = 1525 \text{ об/хв}$$

Так як в мене станок з безступеневим плавним регулюванням швидкості шпинделя, тоді розрахункова дорівнює дійсній.

Визначаємо дійсну швидкість різання, м/хв., за формулою (1.9):

$$V_{\text{дійс}} = \frac{3,14 \cdot 28,79 \cdot 1525}{1000} = 152,22 \text{ м/хв}$$

Визначення сили різання, Н [8, с.271], за формулою (1.10):

$$P_z = 10 \cdot 40 \cdot 1,15^1 \cdot 0,15^{0,75} \cdot 152,22^0 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,89 \cdot 1 = 98,67 \text{ Н}$$

Визначення потужності, кВт [8, с.271], за формулою (1.11):

$$N_{\text{різ}} = \frac{98,67 \cdot 152,22}{1020 \cdot 60} = 0,24 \text{ кВт}$$

Перевіряємо достатність потужності приводу верстату, кВт [8, с.271]:

$$N_{\text{дв}} = 22 \cdot 0,8 = 17,6 \text{ кВт},$$

$$N < N_{\text{дв}} = 0,24 < 17,6 - \text{умова виконана.}$$

де N – потужності приводу верстату, кВт [10].

Визначення основного (машинного) часу, хв., за формулою (1.12):

$$t_0 = \frac{6,5 + 0 + 2}{1525 \cdot 0,15} \cdot 1 = 0,037 \text{ хв}$$

Розточний різець канавочний спеціальний, матеріал ріжучої частини – ВК 8, В = 3.

Перехід 9 (рисунок 1.7), розточити по програмі, витримуючи розміри 20,19.

Визначаємо глибину різання t, мм [8, с.265], за формулою (1.4):

$$t = \frac{33,3-31}{2} = 1,15 \text{ мм}$$

Визначаємо подачу S_t мм/об [9, т.27 с.237]: $S_t = 0,25$ мм/об.

Визначаємо розрахункову подачу S_o мм/об [9, с.240], за формулою (1.5):

$$S_o = 0,25 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 0,7 \cdot 0,62 \cdot 1,25 = 0,11 \text{ мм/об}$$

Так як в мене станок з безступеневим плавним регулюванням подачі, тоді розрахункова дорівнює дійсній.

Визначаємо швидкість різання, м/хв [9, с.240], за формулою (1.7):

$$V_{\text{розр}} = V_t \cdot K_V = 435 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,6 \cdot 0,6 \cdot 0,6 \cdot 1,2 = 112,75 \text{ м/хв}$$

Визначаємо частоту обертання шпинделя, об/хв. [8, с.280], за формулою (1.8):

$$n = \frac{1000 \cdot 112,75}{3,14 \cdot 33} = 1088 \text{ об/хв}$$

Так як в мене станок з безступеневим плавним регулюванням шпинделя, тоді розрахункова дорівнює дійсній.

Визначаємо дійсну швидкість різання, м/хв., за формулою (1.9):

$$V_{\text{дійс}} = \frac{3,14 \cdot 33 \cdot 1088}{1000} = 122,7 \text{ м/хв}$$

Визначення сили різання, Н [8, с.271], за формулою (1.10):

$$P_Z = 10 \cdot 40 \cdot 1,15^1 \cdot 0,11^{0,75} \cdot 122,7^0 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,89 \cdot 1 = 78,19 \text{ Н}$$

Визначення потужності, кВт [8, с.271], за формулою (1.11):

$$N_{\text{різ}} = \frac{78,19 \cdot 122,7}{1020 \cdot 60} = 0,15 \text{ кВт}$$

Перевіряємо достатність потужності приводу верстату, кВт [8, с.271]:

$$N_{\text{дв}} = 22 \cdot 0,8 = 17,6 \text{ кВт},$$

$$N < N_{\text{дв}} = 0,15 < 17,6 - \text{умова виконана.}$$

де N – потужності приводу верстату, кВт [10].

Визначення основного (машинного) часу, хв., за формулою (1.12):

$$t_0 = \frac{2,5 + 0 + 2}{1088 \cdot 0,11} \cdot 1 = 0,037 \text{ хв}$$

Розточний різець, матеріал ріжучої частини – ВК 8, номер інструменту 2141-0008, ГОСТ 18883-73.

Перехід 10 (рисунок 1.7), розточити по програмі, витримуючи розміри 18,28.

Визначаємо глибину різання t , мм [8, с.265], за формулою (1.4):

$$t = \frac{30-27,7}{2} = 1,15 \text{ мм}$$

Визначаємо подачу S_t мм/об [9, т.27 с.237]: $S_t = 0,25$ мм/об.

Визначаємо розрахункову подачу S_o мм/об [9, с.240], за формулою (1.5):

$$S_o = 0,25 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 0,62 \cdot 1,25 = 0,15 \text{ мм/об}$$

Так як в мене станок з безступеневим плавним регулюванням подачі, тоді розрахункова дорівнює дійсній.

Визначаємо швидкість різання, м/хв [9, с.240], за формулою (1.7):

$$V_{\text{розр}} = V_t \cdot K_V = 435 \cdot 1 \cdot 0,81 \cdot 0,6 \cdot 0,6 \cdot 1,2 = 152,21 \text{ м/хв}$$

Визначаємо частоту обертання шпинделя, об/хв. [8, с.280], за формулою (1.8):

$$n = \frac{1000 \cdot 152,21}{3,14 \cdot 30} = 1616 \text{ об/хв}$$

Так як в мене станок з безступеневим плавним регулюванням шпинделя, тоді розрахункова дорівнює дійсній.

Визначаємо дійсну швидкість різання, м/хв., за формулою (1.9):

$$V_{\text{дійс}} = \frac{3,14 \cdot 30 \cdot 1626}{1000} = 153,16 \text{ м/хв}$$

Визначення сили різання, Н [8, с.271], за формулою (1.10):

$$P_Z = 10 \cdot 40 \cdot 1,15^1 \cdot 0,15^{0,75} \cdot 153,16^0 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,89 \cdot 1 = 98,67 \text{ Н}$$

Визначення потужності, кВт [8, с.271], за формулою (1.11):

$$N_{\text{різ}} = \frac{98,67 \cdot 153,16}{1020 \cdot 60} = 0,25 \text{ кВт}$$

Перевіряємо достатність потужності приводу верстату, кВт [8, с.271]:

$$N_{\text{дв}} = 22 \cdot 0,8 = 17,6 \text{ кВт},$$

$$N < N_{\text{дв}} = 0,25 < 17,6 - \text{умова виконана.}$$

де N – потужності приводу верстату, кВт [10].

Визначення основного (машинного) часу, хв., за формулою (1.12):

$$t_0 = \frac{12 + 0 + 2}{1616 \cdot 0,15} \cdot 1 = 0,057 \text{ хв}$$

Розточний різець спеціальний канавочний, матеріал ріжучої частини – ВК 8, $B = 10$.

Перехід 11 (рисунок 1.7), розточити по програмі, витримуючи розміри 17,27.

Визначаємо глибину різання t , мм [8, с.265], за формулою (1.4):

$$t = \frac{38-18}{2} = 10 \text{ мм}$$

Визначаємо подачу S_t мм/об [9, т.27 с.237]: $S_t = 0,26 \text{ мм/об}$.

Визначаємо розрахункову подачу S_o мм/об [9, с.240], за формулою (1.5):

$$S_o = 0,26 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 0,7 \cdot 0,6 \cdot 1,25 = 0,11 \text{ мм/об}$$

Так як в мене станок з безступеневим плавним регулюванням подачі, тоді розрахункова дорівнює дійсній.

Визначаємо швидкість різання, м/хв [9, с.240], за формулою (1.7):

$$V_{\text{розр}} = V_t \cdot K_V = 590 \cdot 1 \cdot 0,81 \cdot 0,6 \cdot 0,6 \cdot 1,2 = 206,45 \text{ м/хв}$$

Визначаємо частоту обертання шпинделя, об/хв. [8, с.280], за формулою (1.8):

$$n = \frac{1000 \cdot 206,45}{3,14 \cdot 38} = 1730 \text{ об/хв}$$

Так як в мене станок з безступеневим плавним регулюванням швидкості шпинделя, тоді розрахункова дорівнює дійсній.

Визначаємо дійсну швидкість різання, м/хв., за формулою (1.9):

$$V_{\text{дійс}} = \frac{3,14 \cdot 38 \cdot 1730}{1000} = 206,4 \text{ м/хв}$$

Визначення сили різання, Н [8, с.271], за формулою (1.10):

$$P_Z = 10 \cdot 40 \cdot 10^1 \cdot 0,11^{0,75} \cdot 206,4^0 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,89 \cdot 1 = 679,97 \text{ Н}$$

Визначення потужності, кВт [8, с.271], за формулою (1.11):

$$N_{\text{різ}} = \frac{679,97 \cdot 206,4}{1020 \cdot 60} = 2,29 \text{ кВт}$$

Перевіряємо достатність потужності приводу верстату, кВт [8, с.271]:

$$N_{\text{дв}} = 22 \cdot 0,8 = 17,6 \text{ кВт},$$

$$N < N_{\text{дв}} = 2,29 < 17,6 - \text{умова виконана.}$$

де N – потужності приводу верстату, кВт [10].

Визначення основного (машинного) часу, хв., за формулою (1.12):

$$t_0 = \frac{10 + 0 + 2}{1730 \cdot 0,11} \cdot 2 = 0,13 \text{ хв}$$

Розточний різець, матеріал ріжучої частини – ВК 8, номер інструменту 2141-0005, ГОСТ 18883-73.

Перехід 12 (рисунок 1.7), розточити по програмі, витримуючи розміри 16, 15.

Визначаємо глибину різання t , мм [8, с.265], за формулою (1.4):

$$t = \frac{23,5-18}{2} = 2,75 \text{ мм}$$

Визначаємо подачу S_t мм/об [9, т.27 с.237]: $S_t = 0,19$ мм/об.

Визначаємо розрахункову подачу S_o мм/об [9, с.240], за формулою (1.5):

$$S_o = 0,19 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,6 \cdot 1,25 = 0,14 \text{ мм/об}$$

Так як в мене станок з безступеневим плавним регулюванням подачі, тоді розрахункова дорівнює дійсній.

Визначаємо швидкість різання, м/хв [9, с.240], за формулою (1.7):

$$V_{\text{розр}} = V_t \cdot K_V = 366 \cdot 1 \cdot 0,81 \cdot 0,6 \cdot 1 \cdot 1,2 = 213,45 \text{ м/хв}$$

Визначаємо частоту обертання шпинделя, об/хв. [8, с.280], за формулою (1.8):

$$n = \frac{1000 \cdot 213,45}{3,14 \cdot 23,506} = 2892 \text{ об/хв}$$

Так як в мене станок з безступеневим плавним регулюванням швидкості шпинделя, тоді розрахункова дорівнює дійсній.

Визначаємо дійсну швидкість різання, м/хв., за формулою (1.9):

$$V_{\text{дійс}} = \frac{3,14 \cdot 23,506 \cdot 2892}{1000} = 213,45 \text{ м/хв}$$

Визначення сили різання, Н [8, с.271], за формулою (1.10):

$$P_z = 10 \cdot 40 \cdot 2,75^1 \cdot 0,14^{0,75} \cdot 213,45^0 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,89 \cdot 1 = 224,31 \text{ Н}$$

Визначення потужності, кВт [8, с.271], за формулою (1.11):

$$N_{\text{різ}} = \frac{224,31 \cdot 213,45}{1020 \cdot 60} = 0,78 \text{ кВт}$$

Перевіряємо достатність потужності приводу верстату, кВт [8, с.271]:

$$N_{\text{дв}} = 22 \cdot 0,8 = 17,6 \text{ кВт},$$

$$N < N_{\text{дв}} = 0,78 < 17,6 - \text{умова виконана.}$$

де N – потужності приводу верстату, кВт [10].

Визначення основного (машинного) часу, хв., за формулою (1.12):

$$t_0 = \frac{9 + 0 + 2}{2892 \cdot 0,14} \cdot 1 = 0,027 \text{ хв}$$

Токарно–прохідний упорний вигнутий, матеріал ріжучої частини – ВК 8, номер інструменту 2103-0071, ГОСТ 18879-73.

Перехід 13 (рисунок 1.7), точити по програмі, витримуючи розміри 9, 10.

Визначаємо глибину різання t, мм [8, с.265], за формулою (1.4):

$$t = \frac{54,8-47}{2} = 3,9 \text{ мм}$$

Визначаємо подачу S_t мм/об [9, т.26 с.237]: $S_t = 0,37$ мм/об.

Визначаємо розрахункову подачу S_o мм/об [9, с.240], за формулою (1.5):

$$S_o = 0,37 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 0,83 \cdot 1,25 = 0,31 \text{ мм/об}$$

Так як в мене станок з безступеневим плавним регулюванням подачі, тоді розрахункова дорівнює дійсній.

Визначаємо швидкість різання, м/хв [9, с.240], за формулою (1.7):

$$V_{\text{розр}} = V_t \cdot K_V = 198 \cdot 1 \cdot 0,81 \cdot 0,6 \cdot 1,2 = 115,47 \text{ м/хв}$$

Визначаємо частоту обертання шпинделя, об/хв. [8, с.280], за формулою (1.8):

$$n = \frac{1000 \cdot 115,47}{3,14 \cdot 54,8} = 671 \text{ об/хв}$$

Так як в мене станок з безступеневим плавним регулюванням шпинделя, тоді розрахункова дорівнює дійсній.

Визначаємо дійсну швидкість різання, м/хв., за формулою (1.9):

$$V_{\text{дійс}} = \frac{3,14 \cdot 54,8 \cdot 671}{1000} = 115,46 \text{ м/хв}$$

Визначення сили різання, Н [8, с.271], за формулою (1.10):

$$P_Z = 10 \cdot 40 \cdot 3,9^1 \cdot 0,31^{0,75} \cdot 115,46^0 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,89 \cdot 1 = 576,81 \text{ Н}$$

Визначення потужності, кВт [8, с.271], за формулою (1.11):

$$N_{\text{різ}} = \frac{576,81 \cdot 115,46}{1020 \cdot 60} = 1,08 \text{ кВт}$$

Перевіряємо достатність потужності приводу верстату, кВт [8, с.271]:

$$N_{\text{дв}} = 22 \cdot 0,8 = 17,6 \text{ кВт},$$

$$N < N_{\text{дв}} = 1,08 < 17,6 - \text{умова виконана.}$$

де N – потужності приводу верстату, кВт [10].

Визначення основного (машинного) часу, хв., за формулою (1.12):

$$t_0 = \frac{7,5 + 0 + 2}{671 \cdot 0,31} \cdot 1 = 0,045 \text{ хв}$$

Різець токарно-підрізний відігнутий, матеріал ріжучої частини – ВК 8, номер інструменту 2112-0058, ГОСТ 18880-73.

Перехід 14 (рисунок 1.7), підрізати по програмі, витримуючи розміри 11.

Визначаємо глибину різання t , мм [8, с.265], за формулою (1.4):

$$t = \frac{47-33,3}{2} = 6,85 \text{ мм}$$

Визначаємо подачу S_t мм/об [9, т.26 с.237]: $S_t = 0,26 \text{ мм/об}$.

Визначаємо розрахункову подачу S_o мм/об [9, с.240], за формулою (1.5):

$$S_o = 0,26 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 0,62 \cdot 1,25 = 0,16 \text{ мм/об}$$

Так як в мене станок з безступеневим плавним регулюванням подачі, тоді розрахункова дорівнює дійсній.

Визначаємо швидкість різання, м/хв [9, с.240], за формулою (1.7):

$$V_{\text{розр}} = V_t \cdot K_V = 346 \cdot 1 \cdot 0,81 \cdot 1,5 \cdot 0,6 \cdot 1,2 = 211,87 \text{ м/хв}$$

Визначаємо частоту обертання шпинделя, об/хв. [8, с.280], за формулою (1.8):

$$n = \frac{1000 \cdot 211,87}{3,14 \cdot 47} = 1435 \text{ об/хв}$$

Так як в мене станок з безступеневим плавним регулюванням шпинделя, тоді розрахункова дорівнює дійсній.

Визначаємо дійсну швидкість різання, м/хв., за формулою (1.9):

$$V_{\text{дійс}} = \frac{3,14 \cdot 47 \cdot 1435}{1000} = 211,77 \text{ м/хв}$$

Визначення сили різання, Н [8, с.271], за формулою (1.10):

$$P_Z = 10 \cdot 40 \cdot 6,85^1 \cdot 0,16^{0,75} \cdot 211,77^0 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,89 \cdot 1 = 616,92$$

Визначення потужності, кВт [8, с.271], за формулою (1.11):

$$N_{\text{різ}} = \frac{616,92 \cdot 211,77}{1020 \cdot 60} = 2,13 \text{ кВт}$$

Перевіряємо достатність потужності приводу верстату, кВт [8, с.271]:

$$N_{\text{дв}} = 22 \cdot 0,8 = 17,6 \text{ кВт},$$

$$N < N_{\text{дв}} = 2,13 < 17,6 - \text{умова виконана.}$$

де N – потужності приводу верстату, кВт [10].

Визначення основного (машинного) часу, хв., за формулою (1.12):

$$t_0 = \frac{1,5 + 0 + 2}{1435 \cdot 0,16} \cdot 2 = 0,03 \text{ хв}$$

Свердло з циліндричним хвостовиком, матеріал ріжучої частини – Р6М5, номер інструменту 2300-3152, ГОСТ 4010 – 77.

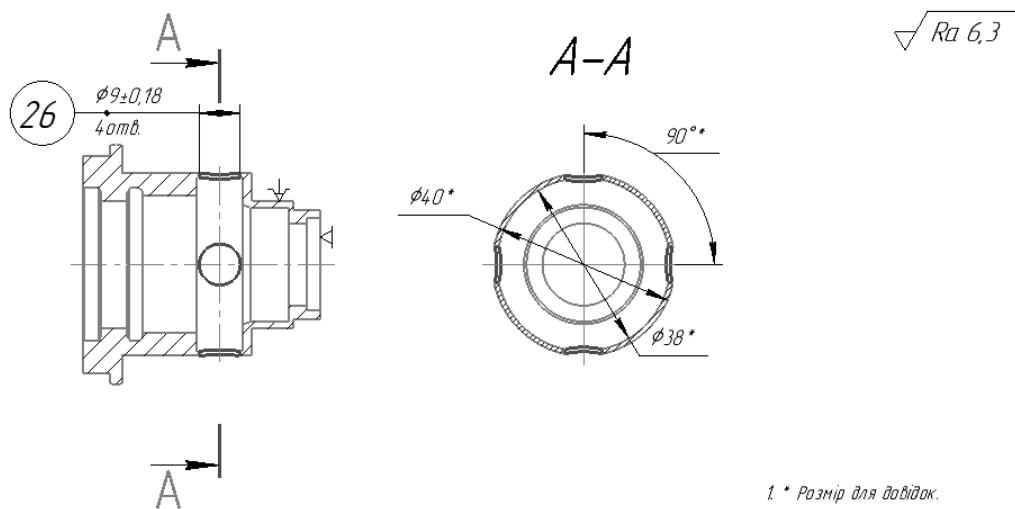


Рисунок 1.8 – Операційний розмір (перехід 15)

Перехід 15 (рис. 1.8), свердлити по програмі, витримуючи розмір 26.

Визначаємо глибину різання t , мм [8, с.276], за формулою (1.4):

$$t = \frac{9}{2} = 4,5 \text{ мм}$$

Визначаємо подачу S_t мм/об [9, т.64 с.267]: $S_t = 0,25$ мм/об.

Визначаємо розрахункову подачу S_o мм/об [9, с.306]:

$$S_o = 0,25 \cdot 1 \cdot 0,75 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,36 = 0,26 \text{ мм/об}$$

Так як в мене станок з безступеневим плавним регулюванням подачі, тоді розрахункова дорівнює дійсній.

Визначаємо швидкість різання, м/хв [9, с.268], за формулою (1.7):

$$V_{\text{розр}} = V_t \cdot K_V = 49 \cdot 0,91 \cdot 0,9 \cdot 1,2 \cdot 1 = 48,15 \text{ м/хв}$$

Визначаємо частоту обертання шпинделя, об/хв. [8, с.280], за формулою (1.8):

$$n = \frac{1000 \cdot 48,15}{3,14 \cdot 9} = 1704 \text{ об/хв}$$

Так як в мене станок з безступеневим плавним регулюванням шпинделя, тоді розрахункова дорівнює дійсній.

Визначаємо дійсну швидкість різання, м/хв., за формулою (1.9):

$$V_{\text{дійс}} = \frac{3,14 \cdot 9 \cdot 1704}{1000} = 48,15 \text{ м/хв}$$

Визначення сили різання, Н та крутячий момент Н · м [8, с.277], за формулою (1.13) та (1.14):

$$P_o = 10 \cdot 9,8 \cdot 9^1 \cdot 0,26^{0,7} \cdot 1 = 343,5 \text{ Н}$$

$$M_{\text{кр}} = 10 \cdot 0,005 \cdot 9^2 \cdot 0,26^{0,8} \cdot 1 = 1,38 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Визначення потужності, кВт [8, с.280], за формулою (1.15):

$$N_{\text{різ}} = \frac{1,38 \cdot 1704}{9750} = 0,24 \text{ кВт}$$

Перевіряємо достатність потужності приводу верстату, кВт [8, с.271]:

$$N_{\text{дв}} = 22 \cdot 0,8 = 17,6 \text{ кВт},$$

$$N < N_{\text{дв}} = 0,24 < 17,6 - \text{умова виконана.}$$

де N – потужності приводу верстату, кВт [10].

Визначення основного (машинного) часу, хв., за формулою (1.12):

$$t_0 = \frac{2 + 2,7 + 2}{1704 \cdot 0,26} \cdot 4 = 0,24 \text{ хв}$$

Кінцева фреза з циліндричним хвостовиком, матеріал ріжучої частини – Р6М5, номер інструменту 2220-0048, ГОСТ 17025-71 .

Перехід 16 (рис. 1.9), фрезерувати по програмі, витримуючи розмір 24.

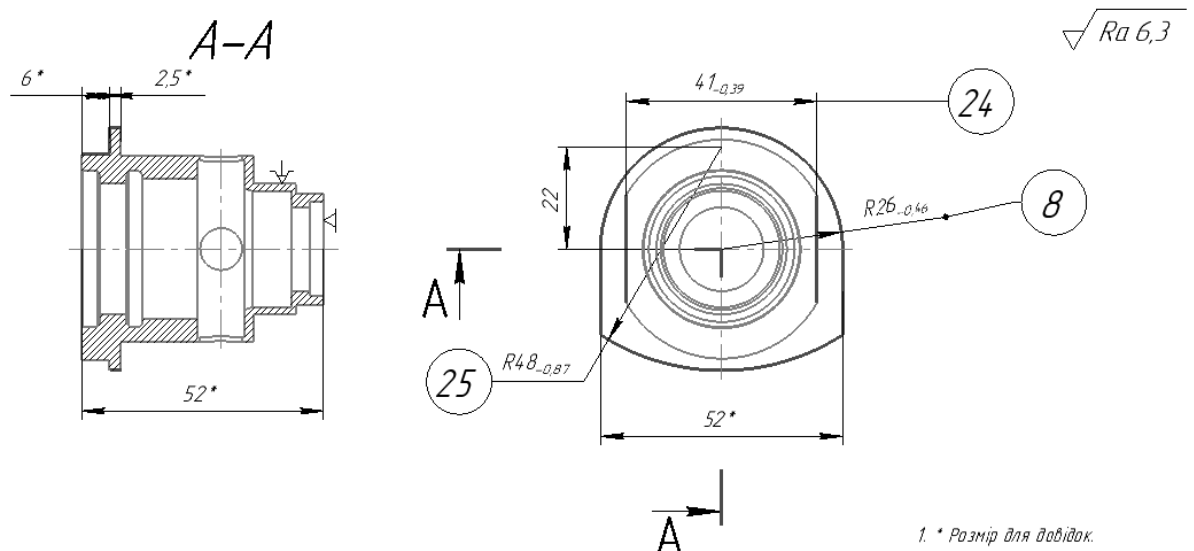


Рисунок 1.9 – Операційні розміри (перехід 16-18)

Визначаємо глибину різання t , мм [8, с.282]:

$$t = D_{\max} - D_{\min} \quad (1.16)$$

де $D_{\max}$ – максимальний розмір заготовки, мм;

$D_{\min}$ – мінімальний розмір заготовки, мм.

$$t = 47 - 41 = 6 \text{ мм}$$

Визначаємо подачу S_t мм/зуб [9, т.111 с.303]: $S_t = 0,08$ мм/зуб.

Визначаємо розрахункову подачу S_z мм/зуб [9, с.306]:

$$S_{tz} = S_t \cdot K_{sz}, \quad (1.17)$$

$$K_{sz} = K_{zi} \cdot K_{zr} \cdot K_{z\phi}, \quad (1.18)$$

де K_{zi} – коефіцієнт, що враховує матеріал інструменту [9, с.239];

$K_{z\phi}$ – коефіцієнт, що враховує форму оброблюваної поверхні [9, с.239];

K_{zr} – коефіцієнт, що враховує шорсткість оброблюваної поверхні [9, с.239];

S_{tz} – табличне значення подачі.

$$S_z = 0,08 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,5 = 0,04 \text{ мм/зуб}$$

Так як в мене станок з безступеневим плавним регулюванням подачі, тоді розрахункова дорівнює дійсній.

Визначаємо швидкість різання, м/хв [9, с.306]:

$$V_{\text{розр}} = V_t \cdot K_V, \quad (1.19)$$

$$K_V = K_{iv} \cdot K_{nv} \cdot K_{\phi v} \cdot K_{ov} \cdot K_{Bv}, \quad (1.20)$$

де V_t – табличне значення швидкості різання, м/хв. [9, т.125 с. 315];

K_{iv} – коефіцієнт, що враховує властивості матеріалу інструменту [9, т.129 с. 317];

K_{nv} – коефіцієнт, що враховує стан оброблюваної поверхні [9, т.129 с. 317];

$K_{\varphi v}$ – коефіцієнт, що враховує головний кут в плані [9, т.129 с. 317];

K_{ov} – коефіцієнт, що враховує вимоги обробки [9, т.129 с. 318];

K_{Bv} – коефіцієнт, що враховує відношення фактичної ширини фрезерування по нормативною [9, т.129 с. 318].

$$V_{розр} = V_t \cdot K_V = 130 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1,12 = 174,72 \text{ м/хв}$$

Визначаємо частоту обертання шпинделя, об/хв. [8, с.280]:

$$n = \frac{1000 \cdot V_{розр}}{\pi \cdot D}, \quad (1.21)$$

де $V_{розр}$ – швидкість різання, м/хв;

D – діаметр фрези, мм.

$$n = \frac{1000 \cdot 174,72}{3,14 \cdot 16} = 3709 \text{ об/хв}$$

Так як в мене станок з безступеневим плавним регулюванням шпинделя, тоді розрахункова дорівнює дійсній.

Визначаємо дійсну швидкість різання, м/хв:

$$V_{дійс} = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000}, \quad (1.22)$$

де n – частота обертання шпинделя, об/хв;

D – діаметр фрези, мм.

$$V_{дійс} = \frac{3,14 \cdot 16 \cdot 3709}{1000} = 174,69 \text{ м/хв}$$

Визначення сили різання, Н та крутячий момент Н·м [8, с.282]:

$$P_Z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^{n_z}}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{Mp}, \quad (1.23)$$

$$M_{кр} = \frac{P_Z \cdot D}{2 \cdot 100} \quad (1.24)$$

де C_p, n, x, y, q, w – показники ступеня в визначення сили різання при точінні [8, т.41 с.291]:

K_{mp} – коефіцієнт, що враховує вплив якості оброблююмого матеріалу на силові залежності [8, т.10 с.265]

D – діаметр фрези, мм;

z – число зуб'їв фрези;

n – частота обертання шпинделя, об/хв.;

B – довжина оброблюваної поверхні.

$$P_Z = \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 6^{0,86} \cdot 0,04^{0,72} \cdot 6^{1,5}}{16^{0,86} \cdot 3709^0} \cdot 1 \cdot 0,25 = 183,31 \text{ Н}$$

$$M_{кр} = \frac{183,31 \cdot 16}{2 \cdot 100} = 13,74 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Визначення потужності, кВт [8, с.290] за формулою (1.11):

$$N_{різ} = \frac{183,31 \cdot 174,69}{1020 \cdot 60} = 0,52 \text{ кВт}$$

Перевіряємо достатність потужності приводу верстату, кВт [8, с.271]:

$$N_{дв} = 22 \cdot 0,8 = 17,6 \text{ кВт},$$

$$N < N_{дв} = 0,52 < 17,6 - \text{умова виконана.}$$

де N – потужності приводу верстату, кВт [10].

Визначення основного (машинного) часу, хв.. за формулою (1.12):

$$t_0 = \frac{23 + 0 + 2}{3709 \cdot 0,04} \cdot 1 = 0,168 \text{ хв}$$

Кінцева фреза з циліндричним хвостовиком, матеріал ріжучої частини – Р6М5, номер інструменту 2220-0048, ГОСТ 17025-71 .

Перехід 17 (рисунок 1.9), фрезерувати по програмі, витримуючи розмір 8.

Визначаємо глибину різання t , мм [8, с.282] за формулою (1.16):

$$t = 54,8 - 52 = 2,8 \text{ мм}$$

Визначаємо подачу St_z мм/зуб [9, т.111 с.303]: $St_z = 0,12$ мм/зуб.

Визначаємо розрахункову подачу S_z мм/зуб [9, с.306] за формулою (1.17):

$$S_z = 0,12 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,5 = 0,06 \text{ мм/зуб}$$

Так як в мене станок з безступеневим плавним регулюванням подачі, тоді розрахункова дорівнює дійсній.

Визначаємо швидкість різання, м/хв [9, с.306] за формулою (1.19):

$$V_{\text{розр}} = V_t \cdot K_V = 97 \cdot 1 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 0,8 = 74,49 \text{ м/хв}$$

Визначаємо частоту обертання шпинделя, об/хв. [8, с.280] за формулою (1.21):

$$n = \frac{1000 \cdot 74,49}{3,14 \cdot 16} = 1581 \text{ об/хв}$$

Так як в мене станок з безступеневим плавним регулюванням швидкості шпинделя, тоді розрахункова дорівнює дійсній.

Визначаємо дійсну швидкість різання, м/хв., за формулою (1.22):

$$V_{\text{дійс}} = \frac{3,14 \cdot 16 \cdot 1581}{1000} = 74,46 \text{ м/хв}$$

Визначення сили різання, Н та крутячий момент Н·м [8, с.282] за формулами (1.23) та (1.24):

$$P_z = \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 2,8^{0,86} \cdot 0,06^{0,72} \cdot 118^{1,5}}{16^{0,86} \cdot 1581^0} \cdot 1 \cdot 0,25 = 2671,32 \text{ Н}$$

$$M_{\text{кр}} = \frac{2671,32 \cdot 16}{2 \cdot 1000} = 20,035 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Визначення потужності, кВт [8, с.290] за формулою (1.11):

$$N_{\text{різ}} = \frac{2671,32 \cdot 74,46}{1020 \cdot 60} = 3,25 \text{ кВт}$$

Перевіряємо достатність потужності приводу верстату, кВт [8, с.271]:

$$N_{\text{дв}} = 22 \cdot 0,8 = 17,6 \text{ кВт},$$

$$N < N_{\text{дв}} = 3,25 < 17,6 - \text{умова виконана.}$$

де N – потужності приводу верстату, кВт [10].

Визначення основного (машинного) часу, хв.. за формулою (1.12):

$$t_0 = \frac{118 + 0 + 2}{1581 \cdot 0,06} \cdot 1 = 0,126 \text{ хв}$$

Кінцева фреза з циліндричним хвостовиком, матеріал ріжучої частини – Р6М5, номер інструменту 2220-0048, ГОСТ 17025-71.

Перехід 18 (рисунок 1.9), фрезерувати по програмі, витримуючи розмір 25.

Визначаємо глибину різання t , мм [8, с.282] за формулою (1.16):

$$t = 98,9 - 96 = 2,9 \text{ мм}$$

Визначаємо подачу St_z мм/зуб [9, т.111 с.303]: $St_z = 0,1$ мм/зуб.

Визначаємо розрахункову подачу S_z мм/зуб [9, с.306] за формулою (1.17):

$$S_z = 0,1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,5 = 0,05 \text{ мм/зуб}$$

Так як в мене станок з безступеневим плавним регулюванням подачі, тоді розрахункова дорівнює дійсній.

Визначаємо швидкість різання, м/хв [9, с.306] за формулою (1.19):

$$V_{\text{розр}} = V_t \cdot K_V = 76 \cdot 1 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 0,8 = 58,36 \text{ м/хв}$$

Визначаємо частоту обертання шпинделя, об/хв. [8, с.280] за формулою (1.21):

$$n = \frac{1000 \cdot 58,36}{3,14 \cdot 16} = 1239 \text{ об/хв}$$

Так як в мене станок з безступеневим плавним регулюванням шпинделя, тоді розрахункова дорівнює дійсній.

Визначаємо дійсну швидкість різання, м/хв., за формулою (1.22):

$$V_{\text{дійс}} = \frac{3,14 \cdot 16 \cdot 1239}{1000} = 58,35 \text{ м/хв}$$

Визначення сили різання, Н та крутячий момент Н·м [8, с.282] за формулою (1.23) та (1.24):

$$P_Z = \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 2,9^{0,86} \cdot 0,05^{0,72} \cdot 55^{1,5}}{16^{0,86} \cdot 1239^0} \cdot 1 \cdot 0,25 = 1154,25 \text{ Н}$$

$$M_{\text{кр}} = \frac{1154,25 \cdot 16}{2 \cdot 1000} = 8,657 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Визначення потужності, кВт [8, с.290] за формулою (1.11):

$$N_{\text{різ}} = \frac{1154,25 \cdot 58,35}{1020 \cdot 60} = 1,1 \text{ кВт}$$

Перевіряємо достатність потужності приводу верстату, кВт [8, с.271]:

$$N_{\text{дв}} = 22 \cdot 0,8 = 17,6 \text{ кВт},$$

$$N < N_{\text{дв}} = 1,1 < 17,6 - \text{умова виконана.}$$

де N – потужності приводу верстату, кВт [10].

Визначення основного (машинного) часу, хв., за формулою (1.12):

$$t_0 = \frac{55 + 0 + 2}{1239 \cdot 0,05} \cdot 1 = 0,92 \text{ хв}$$

Отримані та інші дані зведені до таблиці 1.9.

№ оп	Найме- нування пере- ходу	Зміст переходів	Обладнання	t, мм	Режими різання			T _о , хв
					S мм/хв	n _{вт} , хв ⁻¹	V _д , м/хв	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
015	Токар- ний з ЧПК	Точити 1,2	Токарний з ЧПК INTE- GREX i200ST (1500U)	2,95	0,2	1801	169,08	0,031
		Точити 4,5		6,95	0,16	1233	160,9	0,15
		Точити 6,7		7,4	0,26	772	132,84	0,3
		Свердлити 14		9	0,41	1082	61,15	0,065
		Розточити12, 13		1,15	0,14	3998	253,6	0,012
		Підрізати 1		1,9	0,29	3405	256,6	0,004
	Токар- ний з ЧПК	Розточити 22,23		1,115	0,15	1225	128,1	0,035
		Розточити 21		1,15	0,15	1525	152,22	0,037
		Розточити 20,19		1,15	0,11	1088	122,7	0,037
		Розточити 18,28		1,15	0,15	1616	153,16	0,057
		Розточити 17,27		10	0,11	1730	206,4	0,13
		Розточити 16,15		2,75	0,14	2892	213,45	0,027
		Точити 9,10		3,9	0,31	671	115,46	0,045
	Сверд- ильний з ЧПК	Підрізати 11		6,85	0,16	1435	211,77	0,03
		Свердлити 26		4,5	0,26	1704	48,15	0,24
	Фрезер- ний з ЧПК	Фрезерувати24 Фрезерувати8 Фрезерувати25		6	0,08	3709	174,69	0,168
				2,8	0,06	1581	74,46	0,126
				2,9	0,05	1239	58,35	0,92
Токар- ний з ЧПК	Розточити 21 Розточити 16	0,605	0,29	1778	184,23	0,012		
		1,35	0,29	2370	184,28	0,016		
Токар- ний з ЧПК	Різьблення 21 Розточити 16	1,5 0,092	0,038 0,29	315 2704	32,2 212,26	0,71 0,014		
T _о 3,1655								

1.7 Технічне нормування операцій

Нормування операції 015 (комплексна).

Структура штучного часу, хв [17, с.50]:

$$t_{\text{шт}} = t_o + t_{\text{доп}} + t_{\text{дод}},$$

де t_o – сумарний машинний час, хв;

$t_{\text{доп}}$ – допоміжний час, хв;

$t_{\text{дод}}$ – додатковий час, хв..

$$t_{\text{шт}} = 3,17 + 3,77 + 0,49 = 7,43 \text{ хв}$$

Структура допоміжного часу, хв [17, с.50]:

$$t_d = t_{\text{доп}} = t_y + t_{\text{зн}} + t_{\text{кер}} + t_{\text{Б.П.}} + t_{\text{Б.О.}} + t_{\text{зм}}\{t_{\text{пов}}; t_{\text{коп}}\} + t_{\text{контр}},$$

де $t_y, t_{\text{зн}}$ – час на установку, контроль закріплення, розкріплення та зняття деталі, хв [12, к.51, с.138] (якщо значення брати з [11, т.5.1, с.197], то його необхідно помножити на коефіцієнт серійності, який дорівнює 1,85);

$t_{\text{кер}}$ – час, необхідний оператору для керування верстатом [11, т. 5.8, с. 138];

$t_{\text{Б.П.}}, t_{\text{Б.О.}}$ – час прискореного швидкого підводу ріжучого інструмента з вихідного положення («0» інструмента) в положення врізання та його швидке відведення, хв;

$t_{\text{зм}}$ – час, необхідний для зміни інструмента, повороту револьверної головки, зміна позицій шпинделя (на агрегатному верстаті – позицій шпинделя), зміна копирів у разі декількох копирів, хв;

$t_{\text{контр}}$ – час, необхідний для вимірювань та контролю основних параметрів деталі (оброблених поверхонь), хв – залежить від процентної частки контролю.

$$t_y = t_y + t_{\text{зн}} = 0,1 \text{ хв},$$

$$t_{кер} = t_{вкл} \cdot i + t_{перкл.подач} \cdot j + t_{перкл.частот} \cdot k + t_{огр.стр.} \cdot m,$$

де $t_{вкл}$ – вмикання/вимикання станка кнопкою, хв [11, т. 5.8, с. 202];

$t_{перкл.подач}$ – час на перемикання передач, хв [12, к.61, с. 156];

$t_{перкл.частот}$ – час на перемикання частот, хв [12, к.61, с. 156];

$t_{огр.стр.}$ – час на закриття вікна для безпеки від стужки, хв [12, к.61, с. 156];

i, j, k, m – кількість дій.

$$t_{кер} = 0,019 \cdot 2 + 0,03 \cdot 20 + 0,03 \cdot 22 + 0,05 \cdot 2 = 1,398 \text{ хв}$$

$$t_{уск.движ.} = t_{Б.П.} \cdot i + t_{Б.О.} \cdot i,$$

де $t_{Б.П.}$ – час на швидке підведення інструмента, хв [11, т. 5.8, с. 203];

$t_{Б.О.}$ – час на швидке відведення інструмента, хв [11, т. 5.8, с. 203];

i – кількість дій.

$$t_{уск.движ.} = ((0,025 \cdot 1,85) \cdot 11 + (0,01 \cdot 1,85) \cdot 2 + (0,04 \cdot 1,85) \cdot 1) \cdot 2 =$$

$$= 1,242 \text{ хв}$$

$$t_{зм} = 0,04 \cdot 1,85 \cdot 14 = 1,036 \text{ хв}$$

$$t_{контр} = k \cdot t_{к.п.} \cdot i,$$

де $k = 0,5$ – коефіцієнт періодичності (якщо вимірюють 50% деталей);

$t_{к.п.} = t_{к.п.1} + t_{к.п.2}$ – час контролю параметрів.

Так як контроль в мене перекриваєм, $t_{контр} = 0$ хв.

$$t_{д} = t_{доп} = 0,1 + 1,398 + 1,242 + 1,036 = 3,776 \approx 3,77 \text{ хв}$$

Норма додаткового часу, хв [17, с.50]:

$$t_{дод} = t_{орг} + t_{тех} + t_{відп},$$

де $t_{орг}$ – час, необхідний для організації робочого місця перед початком виконання операції, хв.

$$\alpha_{орг} = \alpha_1 \text{ у відсотках від } t_{он},$$

де $t_{оп} = t_{о} + t_{дод}$;

$t_{тех}$ – час на технічне обслуговування (заміна мастила, охолодження

тощо).

$$\alpha_{\text{мех}} = \alpha_2 \text{ у відсотках від } t_{\text{оп}};$$

$t_{\text{відп}}$ – час на відпочинок та особисті потреби;

$$\alpha_{\text{відп}} = \alpha_3 \text{ у відсотках від } t_{\text{оп}};$$

$$t_{\text{дод}} = \alpha_{\Sigma} \cdot t_{\text{оп}} = (\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3)(t_0 + t_{\text{доп}});$$

$$t_{\text{дод}} = 0,07 \cdot 6,94 = 0,4858 \approx 0,49 \text{ хв}$$

Штучно-калькуляційний час для серійного виробництва, хв [17, с.51]:

$$t_{\text{шт-к}} = t_{\text{шт}} + \frac{t_{n-3}}{n} = t_{\text{оп}}(1 + \alpha_{\Sigma}) + \frac{t_{n-3}}{n} = 7,43 + \frac{17}{40} = 7,855 \text{ хв}$$

де $n = 40$ шт.

Норма підготовчо-завершального часу, хв [17, с.50]:

$$t_{n-3} = t_{n-31} + t_{n-32} + t_{n-33},$$

де t_{n-31} – норматив часу на налагодження станка, інструмента та пристосування, хв [11, т. 6.3, с. 216];

t_{n-31} – час на установку трьох копіїв в блок, хв [11, т. 6.3, с. 216];

t_{n-31} – час на отримання інструментів та їх повернення, хв [11, т. 6.3, с. 216].

$$t_{n-3} = 9 + 0 + 8 = 17 \text{ хв}$$

Отримані дані зведені до таблиці 1.10.

Таблиця 1.10 – Норма часу по операціям

№	Найменування операції	Найменування верстату і модель	Норма часу					
			T_o , хв	$T_{\text{оп}}$, хв	$T_{\text{доп}}$, хв	$T_{\text{доп}}$, хв	$T_{\text{шт-к}}$, хв	$T_{\text{п.з.}}$, хв
015	Комплексна з ЧПК	Токарний з ЧПК INTEGREX i-200ST(1500U)	3,17	6,94	3,77	0,49	7,855	17

1.8 Розробка керуючої програми переходів операції 015

Розробка свердлильного переходу операції 015 (перехід 03).

Модель до та після свердління показана на рисунку 1.10 та 1.11.

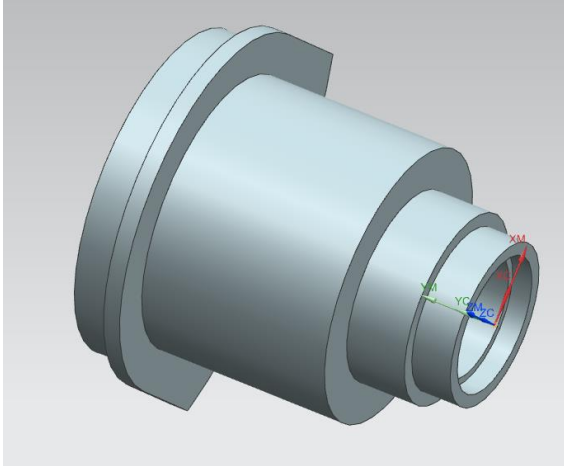


Рисунок 1.10 – Модель до свердління

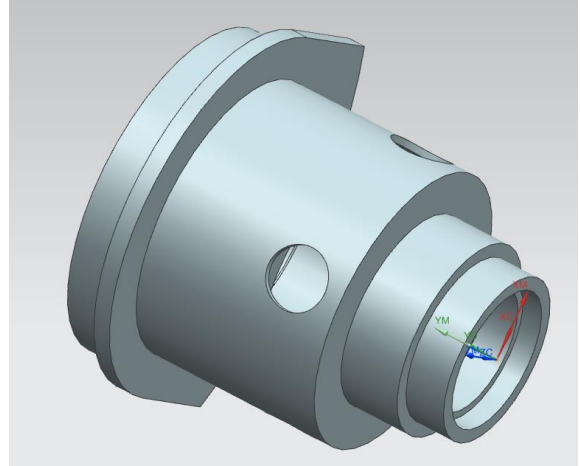


Рисунок 1.11 – Готові отвори

Визначення параметрів свердла вказано на рисунку 1.12.

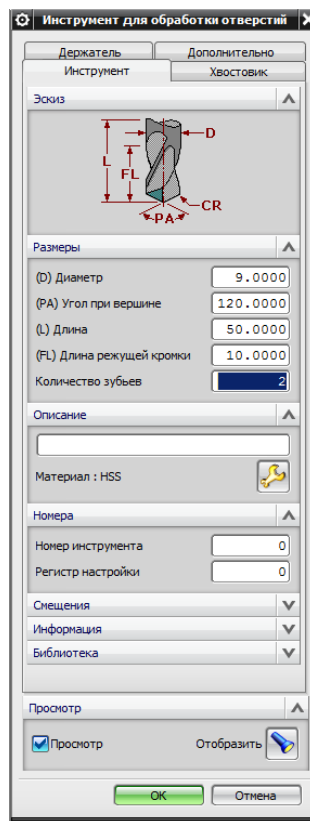


Рисунок 1.12 – Визначення параметрів інструменту свердла

Траектория обработки отверстия изображена на рисунке 1.13.

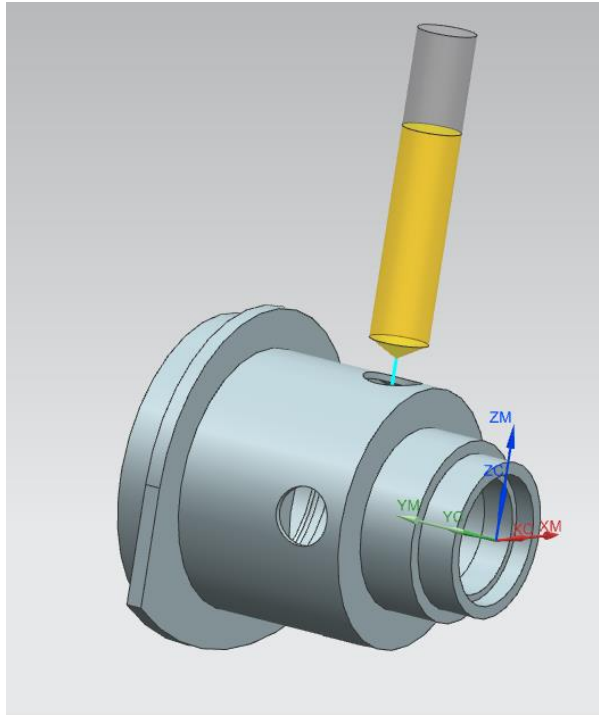


Рисунок 1.13 – Траектория обработки отверстия

Программа обработки отверстия изображена на рисунках 1.14 та 1.15.

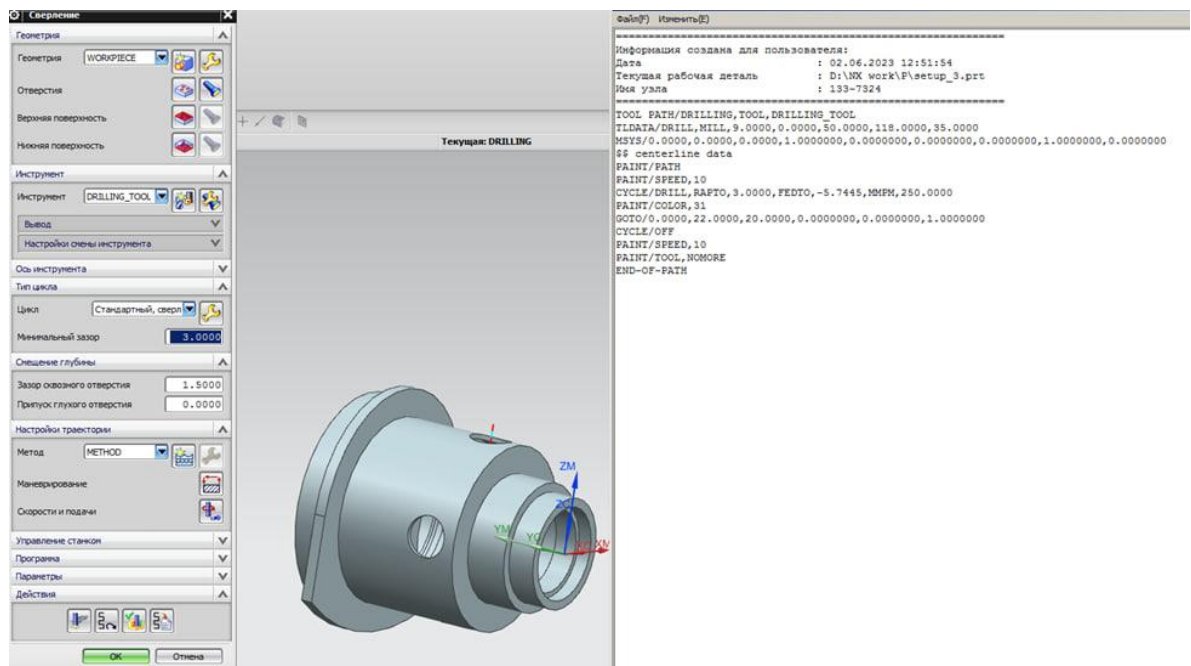


Рисунок 1.14 – Программа обработки отверстия

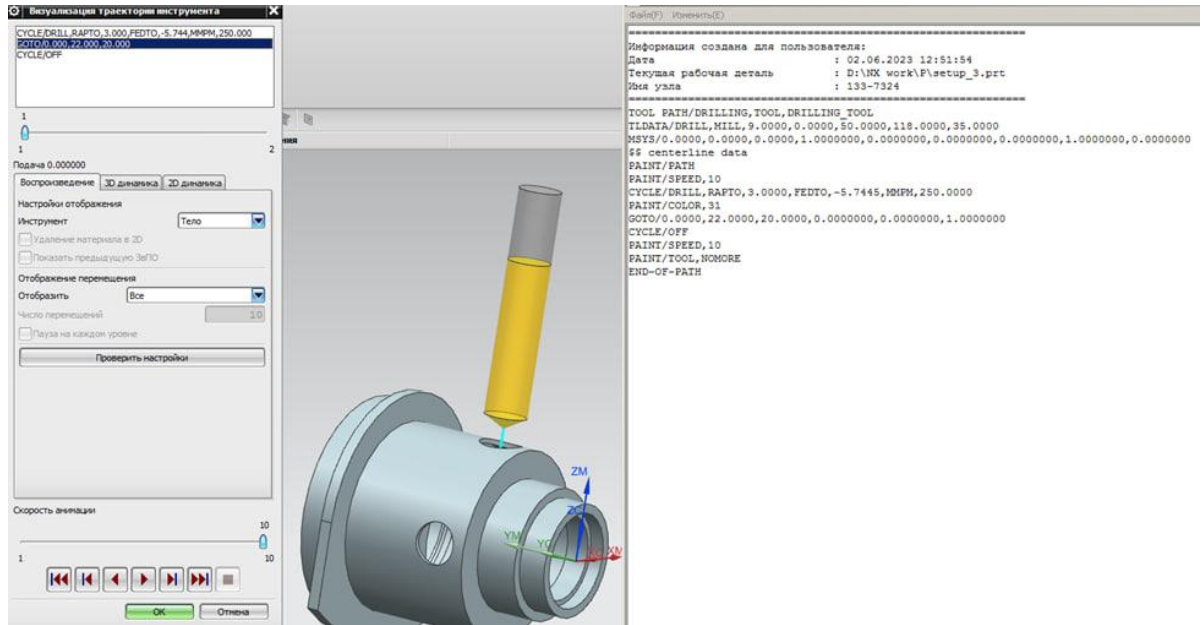


Рисунок 1.15 – Друга частина програми обробки отвору

Розробка фрезерного переходу 04 (17 – 18).

Визначення параметрів інструменту вказано на рисунку 1.16.

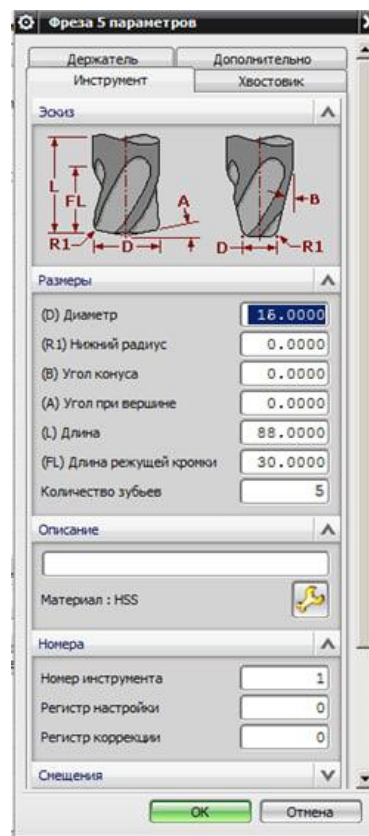


Рисунок 1.16 – Визначення параметрів інструменту фрези

Траєкторія обробки контуру зображена на рисунку 1.17.

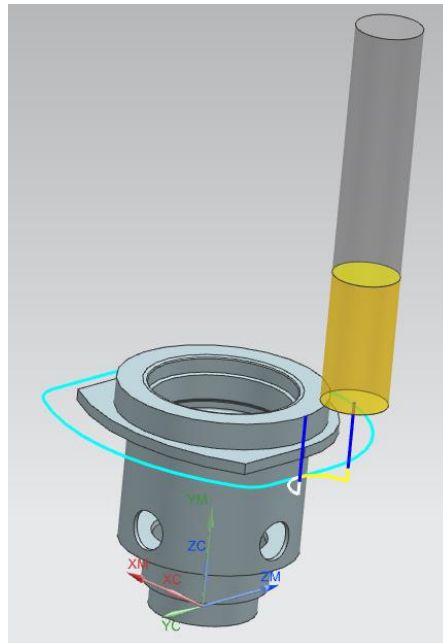


Рисунок 1.17 – Траєкторія обробки контуру та інструмент

Програма обробки контуру зображена на рисунку 1.18.

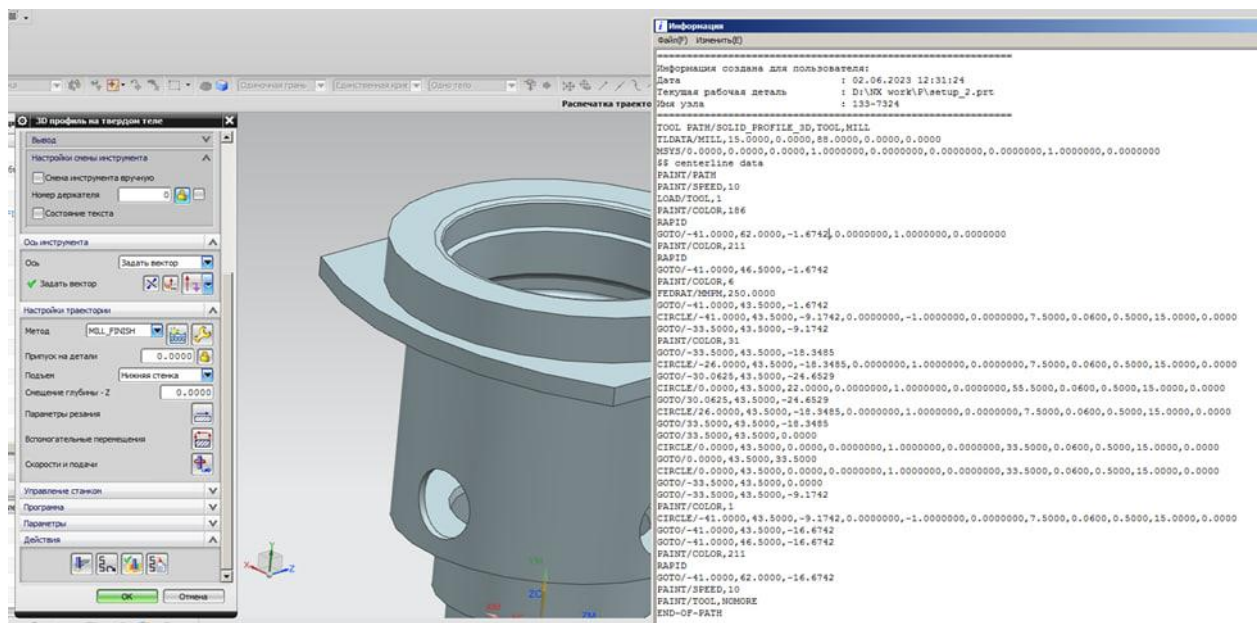


Рисунок 1.18 – Програма обробки контуру фрезерування

Розробка фрезерного переходу 04 (16). Фрезерувати 2 лиски (рис. 1.19) з визначеними параметрами інструменту.

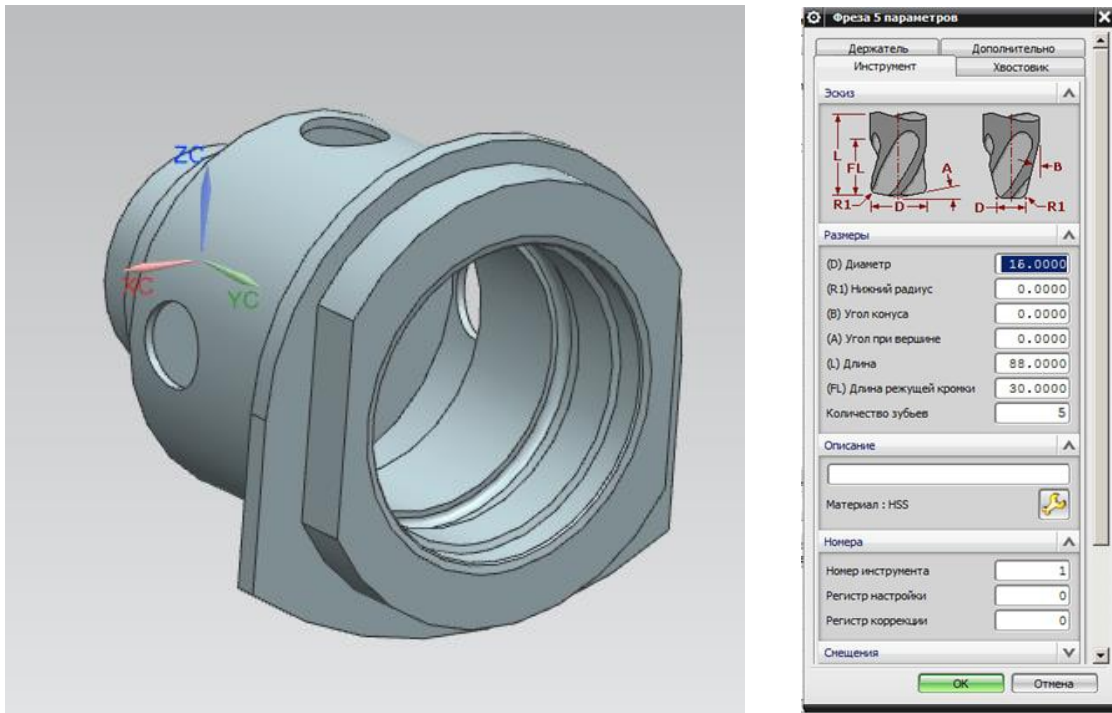


Рисунок 1.19 – Модель деталі та параметри фрези

Траєкторія обробки двох лисок та інструмент зображено на рисунку 1.20, програма – на рисунку 1.21.

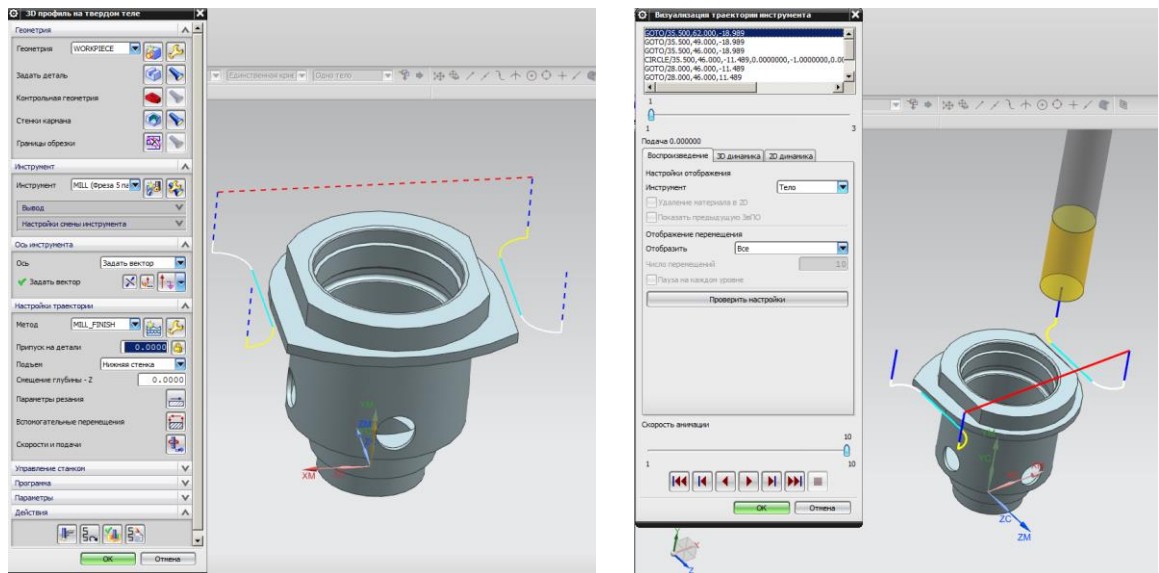
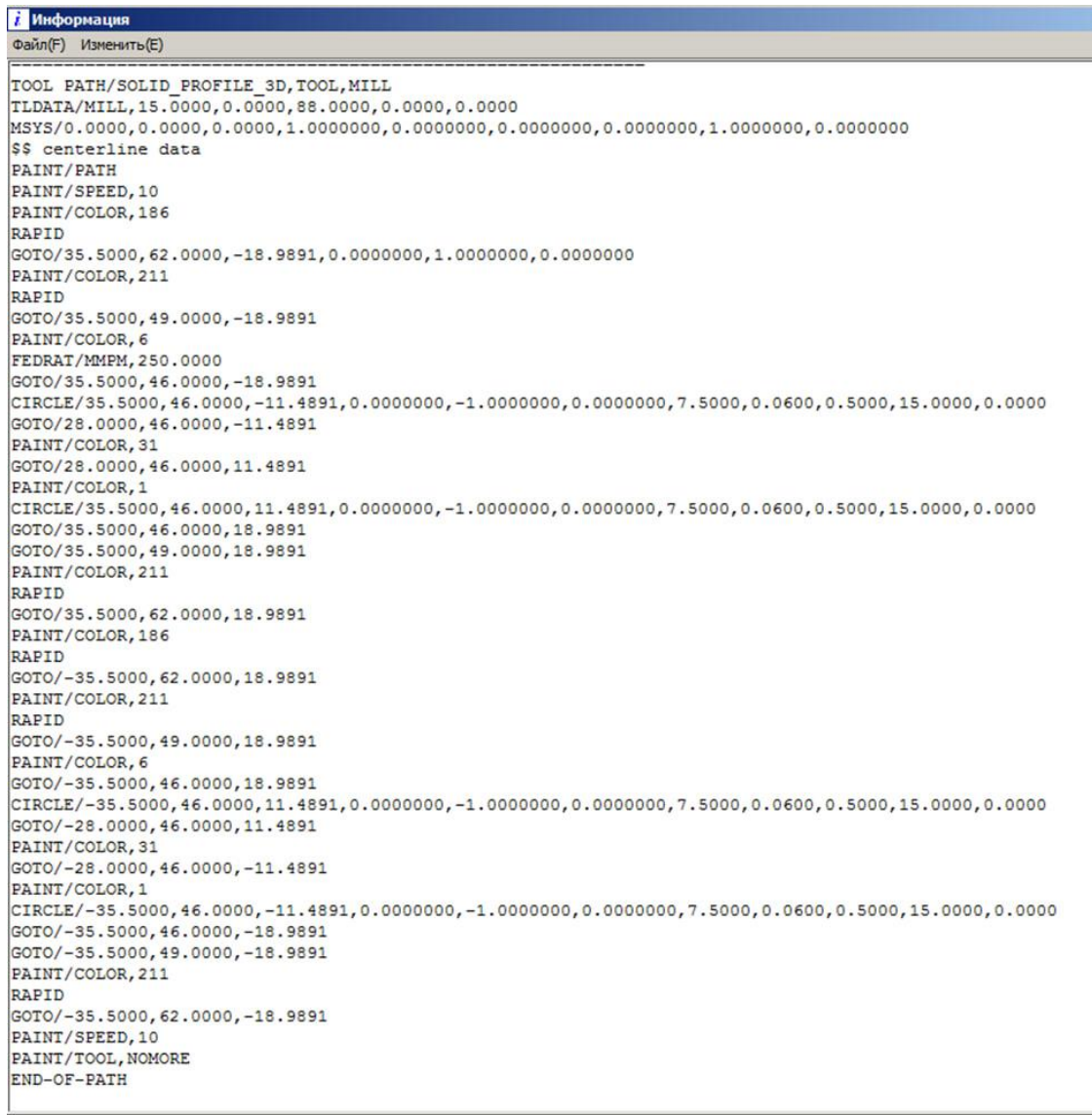


Рисунок 1.20 – Траєкторія обробки лиски



```

Информация
Файл(F)  Изменить(E)

TOOL PATH/SOLID PROFILE_3D, TOOL, MILL
TLDATA/MILL, 15.0000, 0.0000, 88.0000, 0.0000, 0.0000
MSYS/0.0000, 0.0000, 0.0000, 1.0000000, 0.0000000, 0.0000000, 0.0000000, 1.0000000, 0.0000000
$$ centerline data
PAINT/PATH
PAINT/SPEED, 10
PAINT/COLOR, 186
RAPID
GOTO/35.5000, 62.0000, -18.9891, 0.0000000, 1.0000000, 0.0000000
PAINT/COLOR, 211
RAPID
GOTO/35.5000, 49.0000, -18.9891
PAINT/COLOR, 6
FEDRAT/MMPM, 250.0000
GOTO/35.5000, 46.0000, -18.9891
CIRCLE/35.5000, 46.0000, -11.4891, 0.0000000, -1.0000000, 0.0000000, 7.5000, 0.0600, 0.5000, 15.0000, 0.0000
GOTO/28.0000, 46.0000, -11.4891
PAINT/COLOR, 31
GOTO/28.0000, 46.0000, 11.4891
PAINT/COLOR, 1
CIRCLE/35.5000, 46.0000, 11.4891, 0.0000000, -1.0000000, 0.0000000, 7.5000, 0.0600, 0.5000, 15.0000, 0.0000
GOTO/35.5000, 46.0000, 18.9891
GOTO/35.5000, 49.0000, 18.9891
PAINT/COLOR, 211
RAPID
GOTO/35.5000, 62.0000, 18.9891
PAINT/COLOR, 186
RAPID
GOTO/-35.5000, 62.0000, 18.9891
PAINT/COLOR, 211
RAPID
GOTO/-35.5000, 49.0000, 18.9891
PAINT/COLOR, 6
GOTO/-35.5000, 46.0000, 18.9891
CIRCLE/-35.5000, 46.0000, 11.4891, 0.0000000, -1.0000000, 0.0000000, 7.5000, 0.0600, 0.5000, 15.0000, 0.0000
GOTO/-28.0000, 46.0000, 11.4891
PAINT/COLOR, 31
GOTO/-28.0000, 46.0000, -11.4891
PAINT/COLOR, 1
CIRCLE/-35.5000, 46.0000, -11.4891, 0.0000000, -1.0000000, 0.0000000, 7.5000, 0.0600, 0.5000, 15.0000, 0.0000
GOTO/-35.5000, 46.0000, -18.9891
GOTO/-35.5000, 49.0000, -18.9891
PAINT/COLOR, 211
RAPID
GOTO/-35.5000, 62.0000, -18.9891
PAINT/SPEED, 10
PAINT/TOOL, NOMORE
END-OF-PATH

```

Рисунок 1.21 – Програма обробки лиски

Отже, за допомогою пакету програми NX, зменшили тривалість цього етапу підготовки виробництва – розробку керуючої програми – порівняно з ручним кресленням РТК, також є можливість симуляції процесу обробки.

2 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

2.1 Проектування робочого пристосування

2.1.1 Конструкція і принцип робочого пристосування

У дипломному проекті в базовому ТП використовується пристрій з гідроциліндром для фрезерування, пристрій призначений для фрезерування контуру деталі, кріпиться на фрезерний верстат з ЧПК моделі 65A80ПМФ4.

Принцип дії затискного пристрою полягає в наступному. Затиск відбувається за допомогою гідроциліндра, коли мастило надходить через верхній штуцер. Під впливом тиску, мастило притискає поршень зі штоком, який пов'язаний з штовхачем, вниз, що призводить до затиску деталі.

Для розкріплення деталі мастило подається в нижню порожнину гідроциліндра. Шток разом з поршнем та штовхачем рухається вгору, звільняючи тим самим деталь.

2.1.2 Визначення похибки базування та закріплення. Розрахунок пристосування на точність

Визначення похибки базування буде йти наступним чином. Положення деталі буде базуватися на стакан по внутрішній поверхні деталі. Треба розрахувати похибку базування за двома розмірами, $\varnothing 18^{+0,43}$ мм розмір деталі та $\varnothing 18^{+0,0045}_{-0,0045}$ мм розмір стакана, які вказані на рисунку 2.2.

Визначаємо похибку базування, мм [16, с.55]:

$$\varepsilon_6 = \frac{D_{\text{отв. max}} - d_{\text{с. min}}}{2}$$

де $D_{\text{отв. max}}$ – максимальний діаметр внутрішньої поверхні деталі, мм;

$d_{\text{с. min}}$ – мінімальний діаметр установочного стакана, мм.

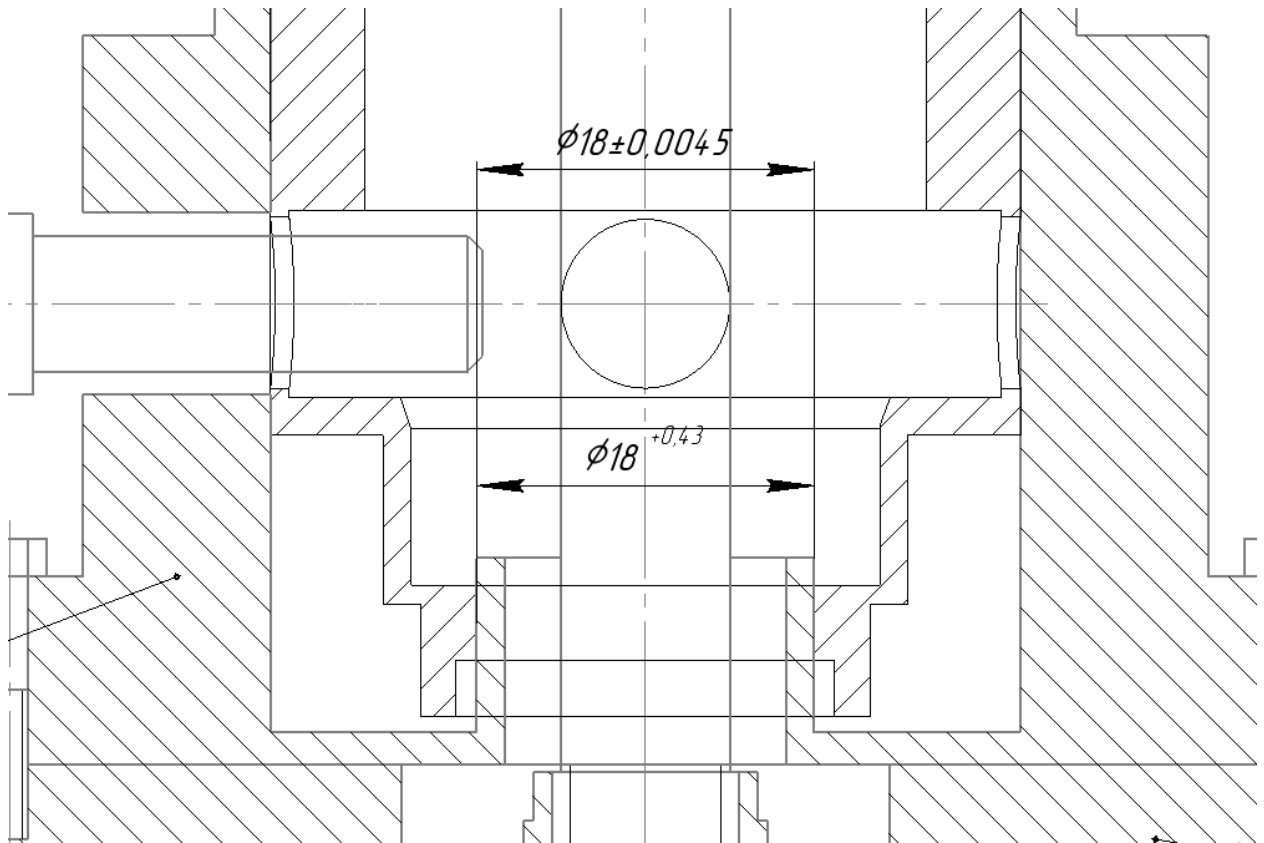


Рисунок 2.2 – Ескіз для визначення зазору між внутрішньою поверхнею деталі та установчим стаканом

$$\varepsilon_6 = \frac{18,43 - 17,995}{2} = 0,2175 \text{ мм}$$

Визначаємо похибку закріплення, мм [16, т.4.7, с.50]:

$$\varepsilon_3 = 0,04 \text{ мм}$$

Розраховуємо пристосування на точність, мм [16, с.61]:

У виробництві використовується спрощений метод для визначення допуску при виготовленні пристосувань, оскільки більш точна методика є складною і вимагає більшої кількості довідкового матеріалу:

$$T_H \leq T_{\text{обр}} - (k_1 \varepsilon_6 + \varepsilon_3 + k_2 \omega)$$

де k_1 – коефіцієнт, який враховує зменшення похибки базування, враховує

той факт, що установчий елемент у пристосуванні рідко замінюється, а дійсні базові розміри заготовки рідко точно відповідають граничним значенням;

k_2 – коефіцієнт, який враховує відсоток похибки обробки, що походить від загальних факторів, незалежних від конструкції пристосування;

ω – середня економічна точність обробки [16, т.5.2, с.63];

T_H – пристосування нормальної точності, мм [16, с.61];

ε_6 – похибка базування, мм;

ε_3 – похибка закріплення, мм,

$T_{обр}$ – допуск на оброблювану поверхню, мм.

$$0,05 \leq 0,46 - (0,85 \cdot 0,2175 + 0,04 + 0,65 \cdot 0,15)$$

$$0,05 \leq 0,156$$

$$\pm 0,025 \leq \pm 0,078$$

Отримані розрахунки підтверджують, що дане пристосування забезпечує необхідну точність для обробки заданої деталі.

2.1.3 Визначення необхідної сили затиску. Вибір приводу

Розраховуємо необхідну силу затиску, Н [16, т.6.4, с.112]:

$$W = \frac{3 \cdot k \cdot M_p \cdot (D^2 - d^2)}{f \cdot \left[\left(\frac{D_1^3 - D_2^3}{D_1^2 - D_2^2} \right) + \left(\frac{D_3^3 - D_4^3}{D_3^2 - D_4^2} \right) \right]},$$

де M_p – крутячий момент при фрезеруванні (розділ 1.6), Н·м;

D_1 – діаметр зовнішньої поверхні стакану, мм;

D_2 – діаметр внутрішньої поверхні стакану, мм;

D_3 – діаметр зовнішньої поверхні тарілки, мм

D_4 – діаметр внутрішньої деталі стакану, мм;

f – коефіцієнт тертя спокою [16, т.6.2, с.105];

k – коефіцієнт запасу закріплення [16, с.100].

$$k = k_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4$$

де k_0 – гарантований коефіцієнт запасу [16, с.100];

k_1 – сил різання під час обробки, що виникають через нерівномірність припуску на заготовці [16, с.100];

k_2 – враховується у всіх випадках обробки і залежить від конкретного виду обробки [16, т.6.2, с.101];

k_3 – враховує умови уривчастого виду обробки [16, с.101];

k_4 – характеризує затискний пристрій з погляду сталості сил затиску [16, с.102].

$$k = 1 \cdot 1,2 \cdot 1,6 \cdot 1 \cdot 1 = 1,92$$

$$W = \frac{3 \cdot 1,92 \cdot 13,74}{0,15 \cdot \left[\left(\frac{0,046^3 - 0,04^3}{0,046^2 - 0,04^2} \right) + \left(\frac{0,04^3 - 0,0333^3}{0,04^2 - 0,0333^2} \right) \right]} = 4406,6 \text{ Н}$$

Враховуючи це, можна сказати, що сила, що діє на шток, $Q = W$, оскільки шлях від точки затиску до точки дії сили на гідроциліндрі прямий, без багатьох проміжних ланок.

Розраховуємо діаметр циліндру, мм [16, с.138]:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot \rho \cdot \eta} - d^2},$$

де Q – сила затиску, Н;

ρ – тиск повітря, МПа 8 [16, с.147];

η – ККД циліндра, 0,8...0,9 ;

d – діаметр штока гідроциліндра, мм.

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 4406,6}{3,14 \cdot 8 \cdot 0,8} - 12^2} = 29,61 \text{ мм}$$

Знайдений діаметр округляємо до найближчого стандартного розміру циліндра $D = 40$ мм [16, т.7.8, с.151].

2.2 Визначення контрольного пристосування

2.2.1 Конструкція і принципи роботи контрольного пристосування

В дипломному проекті для перевірки виконання технічних вимог, а саме биття торцевої поверхні (не більше 0,05 мм) відносно бази Д; ескіз запропонованого контрольного пристосування вказано на рисунку 2.3.

Дане пристосування призначене для перевірки биття і паралельності поверхонь. Воно складається з двох основних частин: базової частини з установочними елементами і консольної частини - штанги, до якої прикріплений корпус датчика. Базова частина включає корпус пристосування, на який установлюється стакан, який має базову площину, яка забезпечує центрування і установку контрольованої деталі в пристосуванні.

Консольна частина пристосування включає хомут, який забезпечує можливість повороту і закріплення штанги щодо колони. Крім того, гайка використовується для закріплення елемента, в якому розміщені індуктивні датчики.

Плиту виготовлено з маловуглецевої сталі, яка піддавалася наступній термообробці з досягненням твердості HRC 58...64. Неплощинність базової поверхні плити повинна бути у межах 0,01 мм.

Деталь установлюється вертикально на плиту за допомогою її торця. Поворот деталі в процесі контролю здійснюється вручну, що усуває можливість появи похибок, пов'язаних з механізмом повороту деталі..

Після проведення необхідних маніпуляцій контролер визначає, чи є деталь придатною. Якщо датчик під час перевірки показує "брак+" – це означає, що деталь може бути доопрацьована. У випадку, коли датчик показує "брак-" – деталь вважається забракованою і не підлягає подальшому доопрацюванню та використанню.

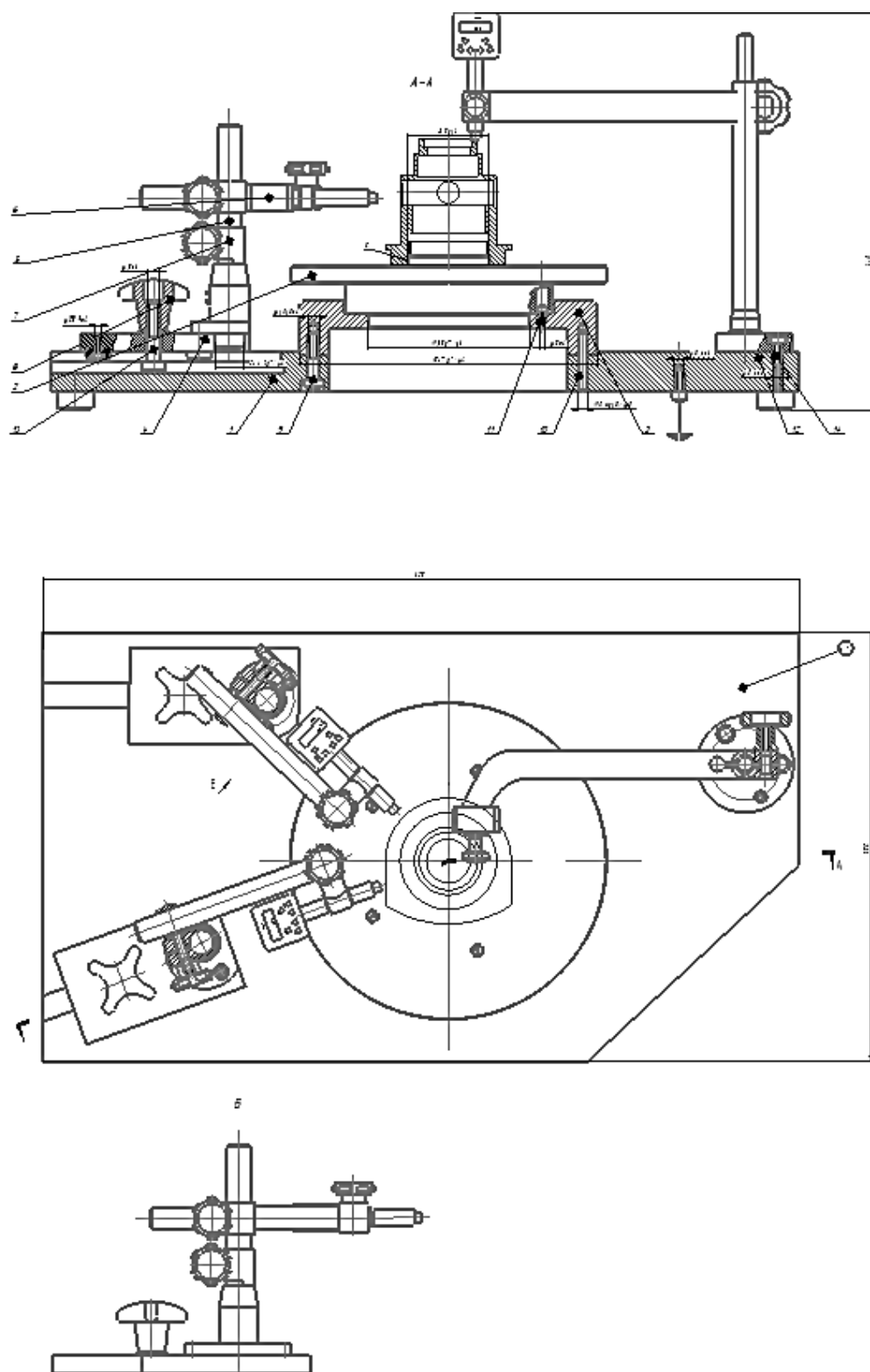


Рисунок 2.3 – Ескіз контрольного пристрою

2.3 Перевірка на міцність деталі

Розрахунок на міцність проводили наступним чином. Спочатку в пакеті NX було створено твердотільну модель, яку у вигляді каркасної моделі (рис. 2.4) було перекинуто в ANSYS, та перетворено у об'ємну модель, яка показана на рисунку 2.5.

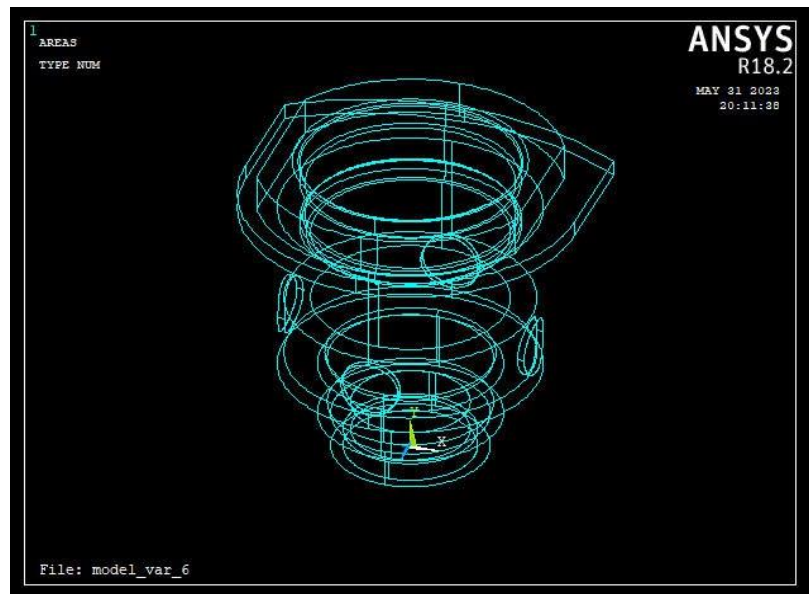


Рисунок 2.4 – Каркасна модель

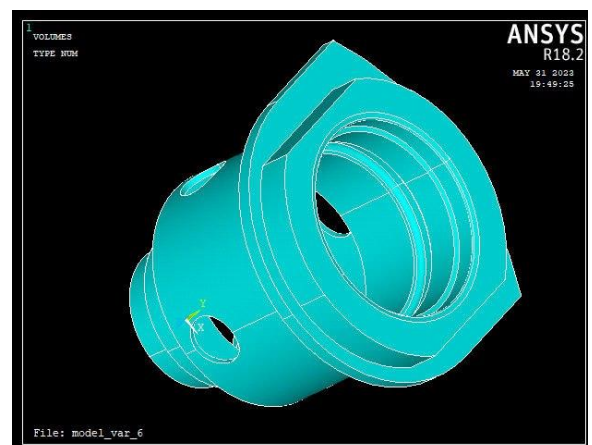
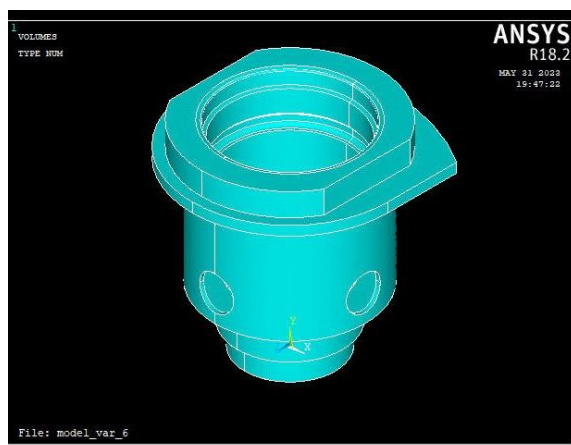


Рисунок 2.5 – 3D модель деталі

За допомогою кінцевих елементів Solid185 (Brick8nodes185) модель було

розбито вільною сіткою (рис. 2.6) - кількість елементів $N = 277$ тис/шт.

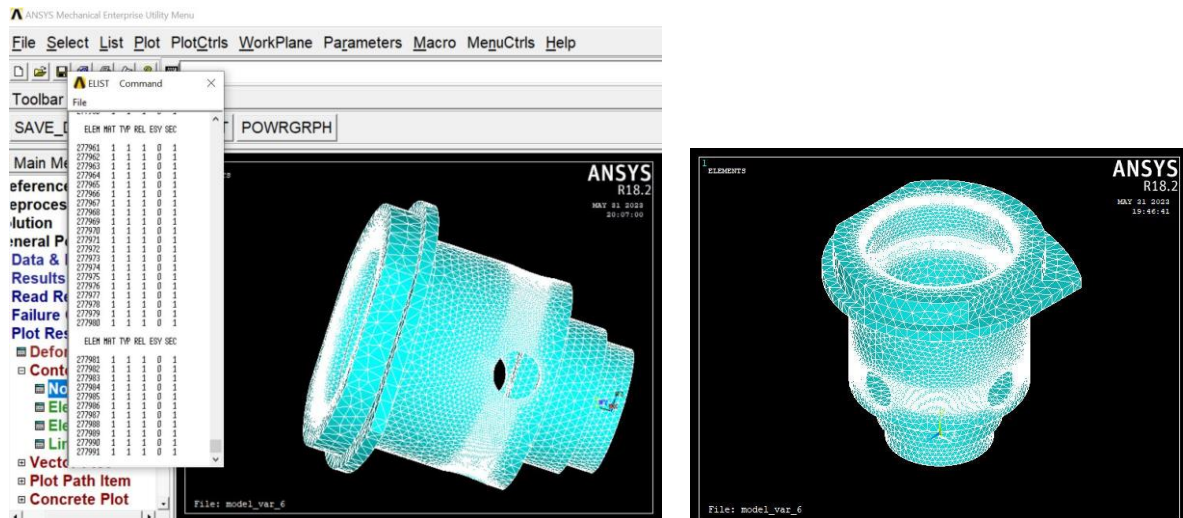


Рисунок 2.6 – Модель, розбита вільною сіткою кінцевих елементів

Наступним кроком прикладаю граничні навантаження, закріплюю по крайнім торцям і додаю розподілене навантаження поверхонь з середини деталі, як вказано на рисунку 2.7.

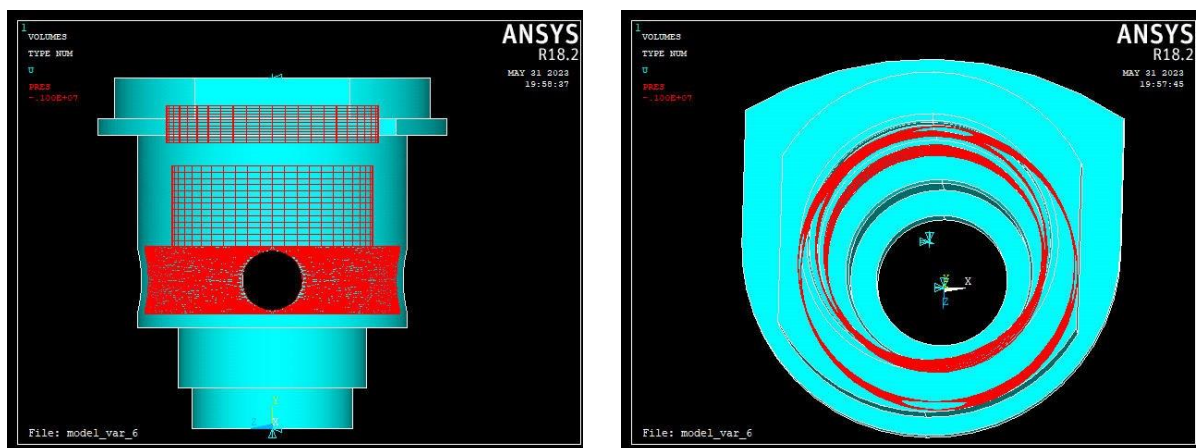


Рисунок 2.7 – Граничні навантаження по моделі

Величина навантаження на стиск -1 МПа. Результати розподілення напружень вказані на рисунку 2.8. Розташування небезпечного перерізу – в площині чотирьох отворів, - вони є конструктивними концентраторами напружень.

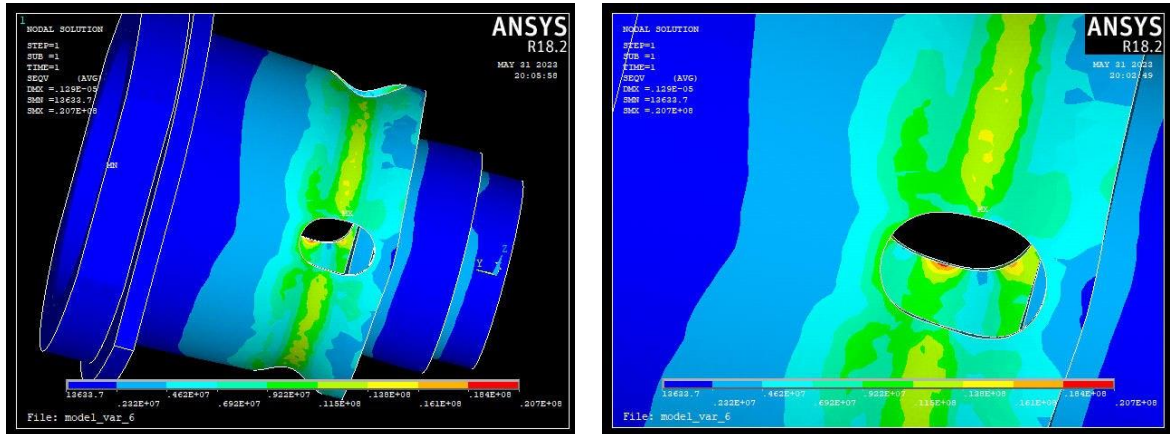


Рисунок 2.8 – Результати розподілення напружень та розташування небезпечного перерізу в моделі при навантаженні на стискання

Розрахуємо модель при навантаженні від внутрішнього тиску 1 МПа. Результати розподілення напружень вказані на рисунку 2.9.

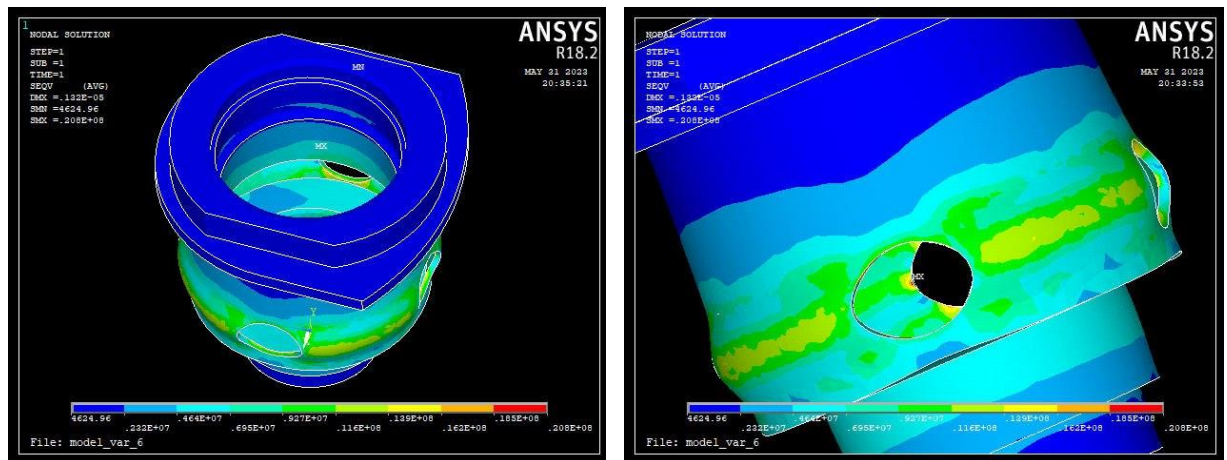


Рисунок 2.9 – Результати розподілення напружень при дії внутрішнього тиску

Від навантаження 1 МПа максимальні еквівалентні напруження в небезпечному перерізі моделі (з внутрішнього боку чотирьох отворів найбільш тонкої стінки) складають 20,8 МПа.

Знайдемо коефіцієнт запасу міцності по напруженням [14]:

$$n_{\sigma} = \frac{[\sigma_B]}{\sigma_{max}},$$

де σ_B – границя міцності матеріалу 285 МПа;

σ_{max} – максимальні граничні напруження моделі, МПа.

$$n_{\sigma} = \frac{285}{20,8} = 13,7$$

Для авіаційної-космічної галузі прийняте допустиме значення коефіцієнта запасу міцності по навантаженням складає не менш $[n_{\sigma}] = 2..5$. Отже, з розрахунків можемо зробити висновок, що руйнування даної деталі при експлуатації є малоймовірним, тому що вона має великий запас міцності.

3 РОЗРОБКА ПЛАНУВАННЯ ДІЛЬНИЦІ

У серійному виробництві, де виготовляється широкий асортимент продукції, планування здійснюється на основі загальної виробничої програми, яка включає в себе випуск різноманітних виробів.

Розраховуємо необхідну кількість технологічного устаткування та розраховуємо його ефективне завантаження.

Розраховуємо кількість верстатів, шт [13, с.10]:

$$S_{ni} = \frac{\sum_j t_{ш-кij} N_i}{60 \cdot Fg \cdot m \cdot k_3}, \quad (3.1)$$

де $\sum_j t_{ш-кij}$ – штучно-калькуляційний час для серійного виробництва, хв.;

N_i – річна програма випуску, шт.;

k_3 – середній коефіцієнт завантаження;

m – кількість робочих змін;

Fg – дійсний (ефективний) фонд часу роботи обладнання, який визначається, год [17, с.6].

$$Fg = A \cdot m \cdot T_{см}, \quad (3.2)$$

де A – кількість календарних днів в розрахунковому періоді (рік), дн.;

m – кількість змін в день;

$T_{см}$ – тривалість однієї зміни, год.

$$Fg = 257 \cdot 1 \cdot 8 = 2056 \text{ год}$$

$$S_{pi} = \frac{7,855 \cdot 1000}{60 \cdot 2056 \cdot 1 \cdot 0,75} = 0,085 \text{ шт}$$

Прийнята кількість верстатів $S_{ni} = 1$ шт.

Коефіцієнт завантаження верстата [13, с.10]:

$$k_{3i} = \frac{S_{pi}}{S_{ni}} \quad (3.3)$$

$$k_{3i} = \frac{0,046}{1} = 0,085 < 0,75$$

Коефіцієнт завантаження малий, тому що це середнє-серійне виробництво. Судячи з цього коефіцієнта, обладнання не довантажено, з обсягом партії (40 деталей) верстатник справляється за один день, тому в реальних умовах верстат дозавантажують деталями схожого типорозміру до коефіцієнта завантаження більшим ніж 0,75.

Норма обслуговування робочих місць або кількість верстатів, які може обслужити один оператор [13, с.22]:

$$H = \frac{t_{м.а}}{t_{зан} + t_{пер}} + 1 \quad (3.4)$$

де $t_{м.а}$ – безперервний машинно-автоматичний час виконання операції, хв.;

$t_{зан}$ – час зайнятості робітника при виконанні операції (розділ 1.7), хв.;

$t_{пер}$ – час переходу робітника від верстата до верстата при швидкості переміщення 0,14...0,25, хв.;

$$t_{зан} = t_{доп} + t_{спос} + t_{пер}$$

$$t_{зан} = 0,49 + (0,05 \cdot 7,43) + 0,14 = 1,0015$$

$$H = \frac{3,17}{1,0015 + 0,14} + 1 = 3,77$$

Прийняте обслуговування робочих місць $H_n = 1$.

Розраховуємо чисельність основних робітників [13, с.22]:

$$R = \frac{S_{ni}}{H} \quad (3.5)$$

де H – норма обслуговування робочих місць;

S_{ni} – прийнята кількість верстатів, шт.

$$R = \frac{1}{1} = 1$$

Отже, з розрахунку можна зрозуміти, що на ділянці буде один основний робітник та один верстат.

4 ОЦІНКА ОЧІКУВАНОЇ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАХОДІВ

Оцінка очікуваної економічної ефективності заходів є важливим кроком у процесі прийняття рішень щодо інвестування та реалізації проектів. Ця оцінка допомагає визначити, наскільки вигідним буде проект з економічної точки зору і чи варто вкладати кошти та ресурси у його реалізацію.

Порівнюємо базовий технологічний процес з (комплексним). В базовому технічному процесі було шість операцій (таблиця 4.1 та 4.2).

Результати розрахунків занесемо в таблиці 4.1 – 4.17.

Заробітна плата основних виробничих робітників, грн. [15, с.13].

Фонд заробітної плати складається з прямої оплати праці, яка включає оплату роботи відрядників на основі розцінок і оплату роботи почасових працівників за тарифом [15, с.13]:

$$Z_o = \sum_{i=1}^{m_{\text{оп}}} t_{\text{шт}i} \cdot C_{\text{тар}} \cdot K_{\sigma} \cdot k_{\text{дон.}} \cdot k_{\text{соц.}}, \quad (4.1)$$

де $m_{\text{оп}}$ – кількість операцій у технологічному процесі (таблиця 4.1 та 4.2);

$t_{\text{шт}i}$ – норма штучного часу виконання i -ої операції, год (таблиця 4.1 та 4.2);

$C_{\text{тар}}$ – годинна тарифна ставка виробничого робітника верстатника на операції, грн. [15, т.А.1 , с.33];

K_{σ} – коефіцієнт, що враховує оплату основного робітника верстатника при багатоверстатному обслуговуванні [15, т.2.1, с.13];

$k_{\text{дон.}}$ – коефіцієнт, що враховує додаткову заробітну плату [15, с.13];

$k_{\text{соц.}}$ – коефіцієнт, що враховує страхові внески, [15, с.13].

Заробітна плата допоміжних робітників, грн [15, с.14].

Основна та додаткова заробітна плата всіх інших робітників (наладчиків, електронників, транспортних робітників):

$$Z_n = \frac{C_{\text{тар.н}} \cdot \Phi_p \cdot \chi_n \cdot k_{\text{доп.}} \cdot k_{\text{соц}}}{N}, \quad (4.2)$$

де $C_{\text{тар.н}}$ - годинна тарифна ставка, грн. [15, т.А.1, с.33];

Φ_p - річний фонд часу одного, год [15, с.13];

χ_n - чисельність робітників відповідної категорії, чол.

Амортизаційні відрахування на обладнання та дороге оснащення з тривалим терміном служби, грн [15, с.14]:

$$A_{\text{від}} = \sum_{i=1}^{m_{\text{оп}}} \frac{K_i \cdot H_{\text{ai}} \cdot t_{\text{oi}}}{100 \cdot F_d \cdot 60}, \quad (4.3)$$

де K_i - первісна вартість обладнання (оснащення) на i -ої операції, грн. (таблиця 4.1 та 4.2);

H_{ai} - річна норма амортизаційних відрахувань на обладнання (оснащення) на i -ої операції (таблиця 4.1 та 4.2);

t_{oi} - основний (машинний) час на i -ої операції, хв (таблиця 4.1 та 4.2);

F_d - дійсний (ефективний) фонд часу роботи устаткування (3 розділ), год.

Витрати на інструмент, грн [15, с.15]:

$$S_{\text{ін}} = \sum_{i=1}^{m_{\text{оп}}} \sum_{j=1}^{n_{\text{ін}}} \frac{C_{\text{ін}ij} \cdot t_{\text{шт}ij} \cdot \eta_m}{T_{ij} \cdot (n_j + 1)}, \quad (4.4)$$

де $C_{\text{ін}ij}$ - ціна інструменту j -го виду на i -ої операції, що визначається за каталогами підприємств, фірм-постачальників інструменту чи сайтах мережі інтернет, грн./шт.;

$t_{\text{шт}ij}$ - штучний час роботи j -го інструменту на i -ої операції, хв (таблиця 4.1 та 4.2);

η_m - коефіцієнт машинного часу, що визначається як відношення $t_{\text{маш}}/t_{\text{шт}}$;

T_{ij} - період стійкості інструменту j -го виду на i -ої операції, хв [15, т.3.8, с.22];

$n_{\text{ін}}$ - номенклатура інструментів на i -ої операції [15, т.3.8, с.22];

n_j - число переточок інструменту j -го виду до повного зношування або кількість ріжучих граней інструменту [15, т.3.8, с.22].

Витрати на технологічну електроенергію, грн [15, с.16]:

$$S_e = \frac{N_B \cdot k_N \cdot k_{\text{ч}} \cdot k_{\text{од}} \cdot k_W \cdot t_{\text{штк}}}{\eta \cdot k_B} \cdot C_e, \quad (4.5)$$

де N_B – встановлена потужність головного електродвигуна, кВт (таблиця 4.1 та 4.2);

k_N – середній коефіцієнт завантаження електродвигуна за потужністю [15, с.16];

$k_{\text{ч}}$ – середній коефіцієнт завантаження електродвигуна за часом [15, с.16];

$k_{\text{од}}$ – середній коефіцієнт одночасної роботи всіх електродвигунів верстата [15, с.16];

k_W – коефіцієнт, що враховує втрати електроенергії в мережі заводу [15, с.16];

C_e – вартість 1 кВт · год електроенергії (тариф для підприємств становить 3,45 грн. за 1 кВт · год).

Витрати на обслуговування та ремонт обладнання, грн [15, с.16]:

$$S_p = \frac{C_{\text{то}} \cdot K_p \cdot C_p}{N}, \quad (4.6)$$

де $C_{\text{то}}$ – залишкова вартість обладнання, грн.

K_p – коефіцієнт відрахувань до ремонтного фонду [15, с.16];

Витрати на налаштування інструментів поза верстатом [15, с.16]:

$$S_n = \frac{\varphi \cdot C_{\text{гн}} \cdot t_{\text{ін}} \cdot t_o \cdot K_T}{T_M \cdot m \cdot 60}, \quad (4.7)$$

де φ – коефіцієнт, що враховує випадковий спад та поломки інструменту [15, с.16];

$C_{\text{гн}}$ – середньогодинна заробітня плата наладчиків, грн./год [15, т.А.1, с.32];

$t_{\text{ін}}$ – середній час налаштування одного інструменту, хв [15, с.17];

t_o – основний час роботи інструменту на операції, хв. (таблиця 4.1 та 4.2);

K_m – коефіцієнт, що враховує питому вагу основного технологічного часу у штучному часі [15, с.17];

T_m – середня стійкість інструменту, хв. [15, т.3.15, с.32];

m – число граней ріжучої пластини, що не переточується, з механічним кріпленням, шт.[15, с.17].

Інші загальновиробничі витрати, грн [15, с.17]:

$$I_n = 3_o \cdot k_{zag}, \quad (4.8)$$

де k_{zag} – коефіцієнт, що враховує інші загальновиробничі витрати [15, с.17].

Таблиця 4.1 – Вихідні дані базового ТП

Розрахункові параметри	Варіанти технологічного процесу					
	Базовий ТП					
Річна програма випуску деталей N_p	1000					
Модель верстата	16Б16Ф 3-21	16Б16Ф 3-21	2А85Т	65А80- ПМФ4	16Б16Ф 3-21	16Б16Ф 3-21
Штучний час $T_{шт}$, хв.	3,75	5,6	4,22	4,56	1,92	1,78
Розряд верстатника	5					
Розряд наладчика	4					
Основний час t_{oi} , хв	1,125	1,68	1,26	1,368	0,576	0,534
Тарифна ставка основного робітника, грн/год	65,1	65,1	65,1	65,1	65,1	65,1
Число змін m	1					
Оптова ціна верстата F , грн	48228000	48228000	109360	229600	48228000	48228000
Число верстатів, шт	1					
Сервісний термін обслуговування верстата n , років	10	10	10	10	10	10
Норма амортизаційних відрахувань N_a %	12,2	12,2	10,9	12	12,2	12,2
Встановлена потужність електродвигунів, N	11	11	4,5	8,5	11	11

Таблиця 4.2 – Вихідні дані комплексної операції

Розрахункові параметри	Варіанти технологічного процесу
	Комплексна операція
Річна програма випуску деталей N_p	1000
Модель верстата	INTEGREX i-200ST(1500U)
Штучний час $T_{шт}$, хв.	7,855
Розряд верстатника	5
Розряд наладчика	4
Основний час t_{oi} , хв	3,17
Тарифна ставка основного робітника, грн/год	65,1
Число змін m	1
Оптова ціна верстата F , грн	4822800
Число верстатів, шт	1
Сервісний термін обслуговування верстата n , років	15
Норма амортизаційних відрахувань N_a %	12,2
Встановлена потужність електродвигунів, N	22

Розраховуємо технологічну собівартість поелементним методом для базового та комплексного ТП:

- а) тип виробництва базового та комплексного технологічного процесу, скориставшись даними щодо трудомісткості операцій;
- б) кількість верстатів на кожну операцію C_p (формула 3.1);
- в) прийнята кількість робочих місць P (формула 3.4);
- г) фактичний коефіцієнт завантаження верстата $\eta_{зф}$ (формула 3.5).

$$\eta_{зф} = \frac{C_p}{P}; \quad (4.8)$$

Кількість операцій O , що виконуються на робочому місці:

$$O = \frac{\eta_{\text{зн}}}{\eta_{\text{зф}}}. \quad (4.9)$$

Таблиця 4.3 – Розрахунок коефіцієнта закріплення операцій базового ТП

№ опер.	Найменування операції	$T_{\text{шт, хв.}}$	C_p	P	$\eta_{\text{зф}}$	O	$K_{\text{зоi}}$
005	Токарна з ЧПК	3,75	0,041	1	0,041	19,51	19,51
010	Токарна з ЧПК	5,6	0,061	1	0,061	13,11	13,11
015	Свердлильна з ЧПК	4,22	0,045	1	0,045	17,77	17,77
020	Фрезерна з ЧПК	4,56	0,049	1	0,049	16,32	16,32
025	Токарна з ЧПК	1,92	0,021	1	0,021	38,09	38,09
030	Токарна з ЧПК	1,78	0,019	1	0,019	42,1	42,1

$$\sum O = 136,79$$

Коефіцієнт закріплення операцій $K_{\text{зоi}} = 136,79/6 = 22,79$. Отже, тип виробництва – багатосерійний.

Таблиця 4.4 – Розрахунок коефіцієнта закріплення операцій комплексної операції

№ опер.	Найменування операції	$T_{\text{шт, хв.}}$	C_p	P	$\eta_{\text{зф}}$	O	$K_{\text{зоi}}$
015	Токарна з ЧПК	7,855	0,085	1	0,085	9,4	9,4

Заробітну плату основних виробничих робітників розраховуємо за формулою (4.1).

Таблиця 4.5 – Заробітна плата верстатника базового ТП

№ опер.	Найменування операції	$T_{шт, хв.}$	$C_{тар, грн}$	$k_{доп}$	$k_{соц}$	K_6	$З_o, грн$
005	Токарна з ЧПК	3,75	65,1	1,2	1,4	1	6,83
010	Токарна з ЧПК	5,6	65,1	1,2	1,4	0,65	6,63
015	Свердлильна з ЧПК	4,22	65,1	1,2	1,4	1	7,68
020	Фрезерна з ЧПК	4,56	65,1	1,2	1,4	1	8,3
025	Токарна з ЧПК	1,92	65,1	1,2	1,4	1	3,5
030	Токарна з ЧПК	1,78	65,1	1,2	1,4	1	3,25

$$\sum Z_o = 36,19$$

Таблиця 4.6 – Заробітна плата верстатника комплексної операції

№ опер	Найменування операції	$T_{шт, хв.}$	$C_{тар, грн}$	$k_{доп}$	$k_{соц}$		$З_o, грн$
015	Токарна з ЧПК	7,855	65,1	1,2	1,4	1	14,3

Заробітна плата допоміжних робітників (наладчиків) – за формулою (4.2).

Таблиця 4.7 – Заробітна плата наладчиків за базовим ТП

№ опер	Найменування операції	$C_{тар.н, грн}$	$\Phi_r, год$	$Ч_n$	$k_{доп}$	$k_{соц}$	$З_n, грн$
005	Токарна з ЧПК	50,9	2028	1	1,2	1,4	173,42
010	Токарна з ЧПК	50,9	2028	1	1,2	1,4	173,42
015	Свердлильна з ЧПК	50,9	2028	1	1,2	1,4	173,42
020	Фрезерна з ЧПК	50,9	2028	1	1,2	1,4	173,42
025	Токарна з ЧПК	50,9	2028	1	1,2	1,4	173,42
030	Токарна з ЧПК	50,9	2028	1	1,2	1,4	173,42

$$\sum = 1040,52$$

Таблиця 4.8 – Заробітна плата наладчика комплексної операції

№ опер	Найменування операції	$C_{\text{тар.н}}$, грн	Φ_r , год	Ψ_n	$k_{\text{доп}}$	$k_{\text{соц}}$	$З_n$, грн
015	Токарна з ЧПК	50,2	2028	1	1,2	1,4	173,42

Амортизаційні відрахування на обладнання – за формулою (4.3).

Таблиця 4.9 – Відрахування на амортизацію обладнання базового ТП

№ опер.	Найменуван- ня операції	$T_{\text{шт}}$, хв.	K , грн	H_a , %	F_d	$A_{\text{від}}$, грн.
005	Токарна з ЧПК	3,75	48228000	12,2	2056	2,22
010	Токарна з ЧПК	5,6	48228000	12,2	2056	3,32
015	Свердлильна з ЧПК	4,22	109360	10,9	2056	0,12
020	Фрезерна з ЧПК	4,56	229600	12	2056	0,38
025	Токарна з ЧПК	1,92	48228000	12,2	2056	1,13
030	Токарна з ЧПК	1,78	48228000	12,2	2056	1,05

$$\Sigma A_{\text{від}} = 8,22$$

Таблиця 4.10 – Відрахування на амортизацію обладнання комплексної операції

№ опер.	Найменуван- ня операції	$T_{\text{шт}}$, хв.	K , грн	H_a , %	F_d	$A_{\text{від}}$, грн.
015	Токарна з ЧПК	7,855	4822800	12,2	2056	15,12

Витрати на інструмент розраховуємо за формулою (4.4).

Таблиця 4.11 – Витрати на інструмент базового ТП

№	Операція	T _{шт} , хв.	Ц _i , грн	Інструменти	n _i , кількість інстр.	Стійкість T, хв	Число переточок, n	η _{мі}	S _{ін} , грн
005	Токарна з ЧПК	3,75	294	Різець прохідний	3	60	40	0,2	0,089
			231	Різець розточувальний	1	60	40	0,05	0,017
			162	Різець підрізний	1	60	40	0,2	0,049
010	Токарна з ЧПК	5,6	294	Різець прохідний	1	60	40	0,2	0,078
			231	Різець розточний	1	60	40	0,05	0,1
015	Свердлильна з ЧПК	4,22	150	Свердло спіральне	1	60	40	0,2	0,1
020	Фрезерна з ЧПК	4,56	430	Фреза кінцева	1	60	40	0,25	0,19
025	Токарна з ЧПК	1,92	231	Різець розточний	1	60	40	0,05	0,9
030	Токар-на з ЧПК	1,78	225	Різець різьбовий	1	60	40	0,05	0,01

Σ = 10

Σ = 1,433

Таблиця 4.12 – Витрати на інструмент комплексної операції

№	Операція	T _{шт} , хв.	Вартість			Стійкість T, хв	η _{мі}	Число ріж. граней n	S _{ін} , грн
			Інструментальний блок*, у.о.	Інструмент*, у.о.	Пластина у.о.				
015	Токарна з ЧПК	7,855	300	294	13,5	60	0,2	4	3,18
				231	13,5	60	0,05	4	0,71
				162	13,5	60	0,2	4	2,49
				150	11	60	0,2	4	2,41
				430	14,25	60	0,25	4	4,87
				225	32	60	0,05	4	0,73

* – Витрати, включені в договір про постачання обладнання

Σ = 14,39

Витрати на технологічну електроенергію розраховуємо за формулою (4.5).

Таблиця 4.13 – Витрати на силову електроенергію базового ТП

№	Найменування операції	$T_{шт},$ хв.	$\Pi_e,$ грн./ кВт· год	N_e кВт	k_N	$k_{\text{ч}}$	$k_{\text{од}}$	k_W	η_e	k_B	$S_e,$
005	Токар- на з ЧПК	3,75	3,45	11	0,9	0,7	1	1,08	0,85	1,1	2,176
010	Токар- на з ЧПК	5,6	3,45	11	0,9	0,7	1	1,08	0,85	1,1	2,577
015	Сверд- лильна з ЧПК	4,22	3,45	4,5	0,9	0,7	1	1,08	0,85	1,1	0,794
020	Фре- зерна з ЧПК	4,56	3,45	8,5	0,9	0,7	1	1,08	0,85	1,1	1,622
025	Токар- на з ЧПК	1,92	3,45	11	0,9	0,7	1	1,08	0,85	1,1	0,883
030	Токар- на з ЧПК	1,78	3,45	11	0,9	0,7	1	1,08	0,85	1,1	0,819

$$\Sigma = 6,695$$

Таблиця 4.14 – Витрати на силову електроенергію комплексної операції

№ опе р	Найме- нування операції	$T_{шт},$ хв.	$C_e,$ грн./ кВт·г од	N_e кВт	k_N	$k_{ч}$	$k_{од}$	k_W	η_e	k_B	S_e
015	Токарна з ЧПК	7,855	3,45	14,5	0,9	0,7	1	1,08	0,85	1,1	4,765

Витрати на обслуговування та ремонт обладнання розраховуємо за формулою (4.6).

Таблиця 4.15 – Витрати на ремонт та обслуговування обладнання базового ТП

№ опер.	Найменування операції	Коефіцієнт відрахувань до ремонтного фонду, K_p	C_p	S_p , грн
005	Токарна з ЧПК	0,02	0,041	0,82
010	Токарна з ЧПК	0,02	0,061	1,22
015	Свердлильна з ЧПК	0,02	0,045	0,05
020	Фрезерна з ЧПК	0,02	0,049	0,11
025	Токарна з ЧПК	0,02	0,021	0,42
030	Токарна з ЧПК	0,02	0,019	0,38

$$\Sigma = 3$$

Таблиця 4.16 – Витрати на ремонт та обслуговування обладнання комплексної операції

№ опер.	Найменування операції	Коефіцієнт відрахувань до ремонтного фонду, K_p	C_p	S_p , грн
015	Токарна з ЧПК	0,02	0,085	4,1

Узагальнені результати розрахунку технологічної собівартості обробки за варіантами наведено у табл. 4.17.

Таблиця 4.17 – Розрахунок елементів технологічної собівартості, грн.

Елементи собівартості		Варіанти	
		Базовий ТП	Комплексна операція
Заробітна плата верстатника	Z_o	36,19	14,3
Заробітна плата наладчика	Z_n	1040,52	173,42
Відрахування на амортизацію обладнання	$A_{від}$	8,22	15,12
Витрати на ремонт та обслуговування обладнання	S_p	3	4,1
Витрати на різальний інструмент	$S_{ін}$	1,433	14,39
Витрати на електроенергію	S_e	6,695	4,76
Витрати інші	I_n	7,2	2,8
Технологічна собівартість	C_T	1103,26	228,89

Розрахуємо умовний економічний ефект, грн [15, с.6]:

$$E_{yp} = (C_1 - C_2) \cdot N, \quad (4.9)$$

де C_1 та C_2 – собівартість одиниці продукції базового ТП та комплексної операції, грн.;

N – річний випуск продукції, шт.

$$E_{yp} = (1103,26 - 228,89) \cdot 1000 = 874370 \text{ грн.}$$

Отже, впровадження комплексної операції в ТП знижує витрати на 874370 грн. щорічно, що свідчить про успішність та ефективність запропонованих технологічних заходів.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

Охорона праці та безпека на заводі, особливо в контексті витяжок та наявності ЗОТС (змащуючо-охолоджувальне технологічне середовище), є надзвичайно важливими аспектами для запобігання потенційно небезпечним ситуаціям та забезпечення безпечних умов праці. Якщо на виробництві не вистачає витяжок, це може створювати потенційні небезпечні ситуації для працівників. Для забезпечення безпечних умов праці необхідно встановити відповідні системи витяжки, що допоможе зменшити накопичення шкідливих речовин у повітрі та забезпечити належну вентиляцію робочих зон.

Основні принципи та рекомендації з охорони праці, які можуть бути корисними для забезпечення безпечних умов праці з витяжками на машинобудівних підприємствах:

а) вентиляція та витяжка – забезпечте належну вентиляцію та витяжку в робочих зонах, де використовуються ЗОТС. Це допоможе знизити рівень впливу шкідливих випарів та запобігти їх накопиченню у повітрі. Встановіть належні системи витяжки та контролюйте їх регулярно для забезпечення їх ефективності.

б) оцінка ризиків – проведіть детальну оцінку ризиків, пов'язаних з використанням ЗОТС та роботою з витяжками. Виявіть потенційні небезпеки, такі як ризик отруєння, пожежі, пошкодження шкіри, травми тощо. Розробіть та виконуйте заходи для запобігання цим ризикам, такі як правильне зберігання ЗОТС, установка пожежних сигналізацій та вогнегасників, навчання персоналу з використання захисного спорядження.

Захисне спорядження: Вимагайте від персоналу використання відповідного захисного спорядження, такого як рукавиці, окуляри, спеціальний одяг, захисний взуття тощо. Це допоможе запобігти

потенційним пошкодженням шкіри, контакту зі шкідливими речовинами та запобігти іншим травмам.

в) навчання та інструктаж – надайте належне навчання та інструктаж персоналу щодо безпеки при роботі з витяжками та ЗОТС. Включіть інформацію про правильне використання обладнання, процедури екстреної евакуації та надання першої медичної допомоги. Переконайтеся, що всі працівники розуміють ризики та вміють діяти в разі небезпеки.

г) регулярні перевірки та обслуговування – регулярно перевіряйте та обслуговуйте системи витяжки, обладнання та засоби безпеки. Переконайтеся, що вони працюють належним чином та відповідають вимогам безпеки.

Важливо дотримуватись цих принципів та рекомендацій для забезпечення безпечних умов праці з витяжками та ЗОТС на підприємстві. Регулярне навчання та своєчасне виявлення потенційних ризиків є важливими частинами збереження безпеки на робочому місці.

ВИСНОВКИ

В дипломному проекті було вдосконалено базовий варіант технологічного процесу деталі корпусу мастильного апарату двигуна Д-36.

Деталь корпус мастильного апарату двигуна Д-36 виготовляється з сплаву АМг6. Обраний серійний тип виробництва.

Замінений спосіб отримання заготовки з штампування КГШП на штампування ГKM, що дозволило отримати економічний ефект. За допомогою САПР програм, була визначена маса заготовок та самої деталі.

Проведений аналіз технологічних баз. Проведено проектування маршруту обробки. Удосконалення ТП відбувається за рахунок суміщення всіх операцій в одну 015 комплексну з ЧПК, на більш сучасному верстаті, що має другий шпиндель для токарної обробки і більше можливостей обробки поверхонь складної геометричної форми.

Розраховані припуски та технологічні розміри та режими різання на всі переходи та інструменти цієї операції.

Виконано технічне нормування, що показало наскільки вигідним є вдосконалений ТП – тривалість механічної обробки $t_{ум-к} = 7,855$ хв, ніж у базовому ТП - $t_{ум-к} = 21,83$ хв.

На свердлильний (3 перехід) та фрезерний (4 перехід) була розроблена керуюча програма за допомогою САМ-модулю NX пакету.

Було спроектовано робоче пристосування для фрезерної обробки.

Для перевірки виконання технічних вимог (биття торця відносно бази Д) запропоновано контрольний пристрій.

За допомогою пакету ANSYS, було визначено максимальні граничні напруження деталі. З розрахунків можемо зробити висновок, що руйнування даної деталі при експлуатації є малоімовірним, тому що вона має великий запас міцності в 13,7 разів.

Була розрахована кількість верстатів, коефіцієнт завантаження, визначено кількість робітників та робочих місць.

В розділі економічної ефективності були порівняні витрати від впровадження вдосконаленого ТП, та встановлено, що запропоновані заходи знижують витрати на 874370 грн щорічно.

В розділі охорони праці було розглянуто питання, щодо безпек на заводі, особливо в контексті витяжок та ЗОТС.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Електронний ресурс: https://metallcheckiy-portal.ru/marki_metallov/alu/AMg6
2. Богуслаєв В.О., Ципак В.І., Яценко В.К. Основи технології машинобудування. Навчальний посібник для студентів машинобудівних спеціальностей вищих навчальних закладів. – Запоріжжя, вид. ВАТ “Мотор Січ”, 2003 р. – 336 с.
3. Методичні вказівки до розрахунково-графічних завдань для дисциплін з технологічних методів виробництва заготовок для студентів спеціальностей: 131 «Прикладна механіка», 132 «Матеріалознавство», 133 «Галузеве машинобудування», 134 «Авіаційна та ракетно-космічна техніка» денної і заочної форми навчання / Укл. В.М. Плєскач, В.О. Савченко, І.В. Акімов – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2020. – 58 с.
4. Методичні вказівки до виконання практичних робіт з дисципліни «Теоретичні основи технології виготовлення деталей та складання машин», для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка», освітньої програми «Технології машинобудування» галузі знань «Механічна інженерія» всіх форм навчання/ Укл.: Гончар Н.В., Тумарченко Л.О. – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2021. – 61 с.
5. Івашенко І.О. Проектування технологічних процесів виробництва двигунів літальних апаратів. – М.: Машинобудування, 1981. – 223 с.
6. Додатки до методичних вказівок для виконання практичних занять з дисциплін «Технологічні основи машинобудування», «Технологія машинобудування», «Теоретичні основи технології виготовлення деталей та складання машин» для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка» освітньої програми «Технології машинобудування» та спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» освітніх програм «Металорізальні верстати та системи» і «Колісні та гусеничні транспортні засоби» галузі знань «Механічна інженерія» всіх форм навчання // Укл.: В.І. Ципак (перевидання

- 3-е). Під ред. Гончар Н.В. – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2019 – 61 с.
7. Методичні вказівки з оформлення технологічної документації в курсових проектах та магістерських роботах для студентів спеціальності 131 "Прикладна механіка" усіх форм навчання / Укл.:В.О. Логомінов. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2017. – 70 с.
8. Справочник технолога-машиностроения. В 2-х т. С74 Т. 2/Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мешерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1985. 496 с.
9. Прогрессивные режущие инструменты и режимы резания металлов: Справочник/В.И. Баранчиков, А.В. Жаринов, Н.Д. Юдина и др., Под общ. ред. В.И. Баранчикова. – М.: Машиностроение, 1990. – 400 с.
10. Електронний ресурс:
<https://novaengineering.com.ua/product/%D0%BC%D0%BD%D0%BE%D0%B3%D0%BE%D1%86%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D0%B2%D0%BE%D0%B9%D1%82%D0%BE%D0%BA%D0%B0%D1%80%D0%BD%D1%8B%D0%B9%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BD%D0%BE%D0%BA-%D1%81-%D1%87%D0%BF%D1%83-mazak/>
11. Горбачев А.Ф., Шкред В.А., Курсовое проектирование по технологии машиностроения: Учебное пособие для вузов – 5-е издание, стереотипное. Перепечатка с четвертого издания 1983г. – М.: ООО ИД “Альянс”, 2007. – 256 с.
12. Справочник нормировщика-машиностроителя. Том 2. Техническое нормирование станочных работ. Под редакцией Е.И. Стружестрах 1961 – 892 с.
13. Методичні вказівки до практичних занять з курсу «Механоскладальні дільниці та цехи у машинобудуванні» Частина 1 для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка» ОП «Технології машинобудування» /Укл. В.В. Кононов, В.О. Логомінов, – Запоріжжя: ЗНТУ, 2019. – 64 с.
14. Електронний ресурс:

https://stud.com.ua/72499/tehnika/rozrahunok_mitsnist_zapas_mitsnosti_dopustim_i_naprugi

15. Методичні рекомендації для дипломного проектування “Оцінка економічної ефективності технічних рішень” для студентів зі спец. 131 «Прикладна механіка» освітньої програми «Технології машинобудування» усіх форм навчання / Укл. Г.В. Пухальська – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2023 – 43 с.

16. В.А. Богуслаев, В.А. Леховицер, А.С. Смирнов "Станочные приспособления", 2000г. – 430с.

17. Тексти (конспект) лекцій з дисципліни ««Теоретичні основи технології виробництва деталей та складання машин»» для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка» освітньої програми «Технології машинобудування» усіх форм навчання / Укл. Н.В. Гончар – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2019. – 70 с.

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
				<u>Документація</u>		
A1			HУЗП293222.012.CK	Складальне креслення		
				<u>Складальні одиниці</u>		
		1		Гідроциліндр	1	
				<u>Деталі</u>		
		2		Корпус	1	
		3		Стакан	1	
		4		Плита	1	
		5		Кришка	1	
		6		Фіксатор	1	
		7		Поршень	1	
		8		Тарілка	1	
		9		Штуцер	1	
		10		Штуцер	1	
				<u>Стандартні вироби</u>		
		11		Гайка М12-6Н5 (S18)	1	
				ГОСТ 5927-70		
		12		Гвинт М4х16	16	
				ГОСТ 28963-91		
			HУЗП293222.012			
			Изм./лист	№ докум.	Подп.	Дата
			Разраб.	Кушнір Е.В.		
			Проб.	Гончар Н.В.		
			Н.контр.	Дядя С.І.		
			Чтв.	Дядя С.І.		
			Пристрій для фрезерування			
			Лист	Лист	Листов	
			9	1	2	
			HУЗП гр. М-110сп			

[illegible]

Додаток Б. Технологічні карти

[illegible]

[illegible]

Діючі.																			
Взам.																			
Підл.																			
ІОП №0003										НЧЗП 02.14.123.012					Листів 1		Лист 1		
Розробив	Кушнір Е.В.					НЧЗП		НЧЗП 714.663.012						М-110сп.20.14.100015					
Перевірив	Гончар Н.В.																		
										Корпус					Цех 10	Діл. 1	Р. М. 2	Опер. 015	
Н. контр.	Дядя С.І.																		

26

$\phi 9 \pm 0,18$

4 отб.

A-A

$\phi 40^*$

$\phi 38^*$

90°*

$\sqrt{Ra\ 6,3}$

Перехід 5

1. * Розмір для довідок.

КЕ	Карта ескізів	По опер. листів
----	---------------	-----------------

Дудл.									НУЗП 02.14.123.012		Листів 1	Лист 1
Взам.												
Подл.												
ІОП №0003									НУЗП		М-110сп.20.14.1.00015	
Розробив Кушнір Е.В.									НУЗП 714663.012			
Перевірив Гончар Н.В.												
Н. контр. Дядя С.І.									Корпус		Цех 10	Діл. 1
											Р.М. 2	Опер. 015

44*

16

$\phi 31,5^{+0,039}$

$\phi 24,81^{+0,084}$

21

10*

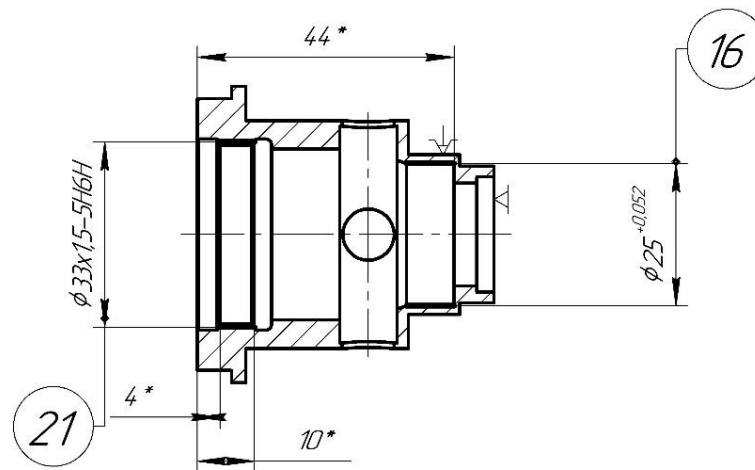
Перехід 7
1 * Розмір для довідок.

KE	Карта ескізів											По опер. листів

Діля.		
Взам.		
Поділ.		

ЮП №0003					НУЗП 02.14.123.012			Листів 1	Лист 1	
Розробив	Кушнір Е.В.			НУЗП	НУЗП 714663.012		М-110сп.20.14.100015			
Перевірив	Ганчар Н.В.									
Н.контр.	Дядя С.І.			Корпус			Цех 10	Діл 1	Р.М. 2	Опер. 015

✓ Ra 1,6



Перехід 8

1. * Розмір для довідок.

KE	Карта ескізів											По опер. листів	

ГОСТ 3.1105-84									
Дудл.									
Взам.									
Подл.									
						НУЗП 02.14.123.012		Листів 4	Лист 1
Розробив	Кушнір Е.В.		НУЗП		НУЗП 714.663.012		М-110сп.60.14.1.00015		
Перевірив	Гончар Н.В.								
Н.контр.	Дядя С.І.		Карпус					Цех 10	Діл. 1
								Р.М. 2	Опер. 015
Найменування операції		Матеріал		Твердість		ЕВ	МД	Профіль та розміри	
4.237 Комплексна з ЧПК		Алюмінієвий сплав АМг6		65 НВ		1	0,072	D = 54,8 мм L = 55 мм	
Обладнання, пристрій ЧПК		Позначення програми		T _о	T _{доп}	T _{пз}	T _{шт-к}	ЗОТС	
Токарний з ЧПК моделі INTEGREX i-200ST(1500U)				3,17	3,77	17	7,855	3-5% УКРИНУ-1	
				Пі	D или B	L	f	i	S
				n					
				V					
001	1. Встановити, закріпити, зняти і відкласти								f _{к-з} =0,1
002	ПР: Патрон 7100-0031 ГОСТ 2675-80 (нівний)								
003									
004	2. Обробити по програмі, витримуючи розміри 2,3,4,5,6,7,12,13,14,14								
005	ДІ: Блок інструментальний								
006	РІ: Різець 2103-0072 ВК8 ГОСТ 18879-73; свердло 2300-0767 Р6М6 ГОСТ 4010-77; різець 2141-0005 ВК8 ГОСТ 18883-73; різець 2112-0058 ВК 8 ГОСТ 18880-73								
007	01 24 11 2,95 1 0,2 1801 169,08								
008	02 28 14,5 6,95 2 0,16 1233 160,9								
009	03 40 30,5 7,4 2 0,26 772 132,84								
010	04 18 9,75 9 1 0,41 1082 61,15								
011	05 20,2 6,5 1,15 1 0,14 3998 253,6								
012	06 24 3,5 1,9 1 0,29 3405 256,6								
013									
OK	Операційна карта								

										ГОСТ 3.1105-84									
Дубл.																			
Взам.																			
Подл.																			
										НЧЗП 02.14.123.012									
										Лист 2									
										НЧЗП 714.663.012 М-110сп.60.14.1.00015									
										Опер 015									
Р										Пл Д или В L t i S n V									
001 3. Перестановити деталь																			
T02 ПР: Патрон 7100-0031 ГОСТ 2675-80 (правий)																			
03																			
004 4. Точити по програмі, витримуючи розміри 22,23,21,20,19,18,28,17,27,16,15,9,10,11																			
T05 ДІ: Блок інструментальний																			
06 РІ: Різець 2141-0008 ВК8, 2141-0005 ВК8 ГОСТ 18883-73; різець розточний канавочний спеціальний ВК8; різець розточний канавочний спеціальний ВК8; різець 2103-0071 ВК8																			
07 ГОСТ 18879-73; різець 2112-0058 ВК 8 ГОСТ 18880-73																			
P08										07 33,3 7,5 115 1 0,15 1225 128,1									
09										08 28,79 8,5 115 1 0,15 1525 152,22									
10										09 33,3 4,5 115 1 0,11 1088 122,7									
11										10 30 14 115 1 0,15 1616 153,16									
12										11 38 12 10 2 0,11 1730 206,4									
13										12 23,5 11 2,75 1 0,14 2892 213,45									
14										13 4,7 9,5 3,9 1 0,31 671 115,46									
15										14 33,3 3,5 6,85 2 0,16 14,35 211,77									
16																			
17																			
18																			
OK										Операційна карта									

ГОСТ 3.1105-84									
Дубл.									
Взам.									
Подл.									
							НУЗП 02.14.123.012		Лист 4
							НУЗП 714663.012		М-110сн.60.14.1.00015
									Опер 015
P									
001	7. Обробити по програмі, витримуючи розміри 21,16								
002	Ді: Блок інструментальний								
03	Рі: Різець 2662-0003 15 ВК8 ГОСТ18885-73; Різець 2141-0006 ВК8 ГОСТ 18883-73								
004									
05									
06									
007	8. Перевірити розміри 7,9,11,12,13,16,23,24,26 згідно норм контролю								
008	ЗВ: Калібр-пробка 8133-0920 IT14, 8133-0939 H9 ГОСТ 14.810-69; Калібр-пробка ϕ 33,3 H12 спеціальна; Калібр для різі М33х15 5H6H спеціальний; Шаблон 3 IT12 спеціальний;								
09	Шаблон 6 IT12 спеціальний; Шаблон 2,5 h14 спеціальний; Шаблон 41 h14 спеціальний; Шаблон 52 h14 спеціальний								
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18									
OK	Операційна карта								

Додаток В. Характеристика верстата з ЧПК моделі INTEGREX i-200ST(1500U)

Модель	INTEGREX i-200ST(1500U)	
Мак. Диаметр обрабатываемой детали	Ø 658 мм	
Мак. Диаметр обрабатываемой детали (нижняя револьверная головка)	Ø 420 мм	
Максимальная обрабатываемая длина	1519 мм	
Мак. диаметр обрабатываемого прутка 1-й / 2-й шпиндель	Ø 76 мм / Ø 76 мм	
Рабочий ход (X / Y / Z)	615 / 250 / 1585 мм	
Рабочий ход по оси W / B	1 539 / -30° ~210°	
Главный шпиндель / Второй шпиндель		
Размер патрона	8» Ø 203,2 мм / 8» Ø 203,2 мм	
Частота вращения	5 000 об/мин,	
Количество скоростей шпинделя	1 – плавное регулирование	
Диаметр отверстия в шпинделе	Ø 80 мм	
Внутренний диаметр подшипника	Ø 130 мм	
Минимальная дискретность индексирования шпинделя	0,001°	
Мощность АС двигателя (30 мин / постоянная нагрузка)	22 / 18,5кВт	
Фрезерный шпиндель		
Мощность АС двигателя (30 мин / постоянная нагрузка)	22/15кВт	
Мак. Крутящий момент фрезерного шпинделя	120 Нм (12,2 кгс-м)	
Частота вращения	12 000 об/мин	
Минимальная дискретность индексирования шпинделя	0,0001°	
Время индексации головки на угол 90°	0,5 сек	
Система автоматической смены инструмента		
Хвостовик инструментальной оправки	HSK-A63 (T63)	
Вместимость магазина	36 инструментов	
Фрезерный инструмент	Ø90 мм x 400 L мм; 12 кг(Ø125 мм)	
Державка токарного инструмента	□ 25 мм	
Диаметр хвостовика расточной оправки	Ø40 мм	
Время смены инструмента	0,2 сек	
Напряжение питания	380 В, 3 фазы, 50 Гц	
Нижняя револьверная головка		
Количество инструментов	9	
Державка токарного инструмента	□ 25 мм	
Диаметр хвостовика расточной оправки	Ø32 мм	
Время смены инструмента	0,14 сек	
Скорость подачи		
Ускоренное перемещение:	по оси X / Y / Z / W	50 / 40 / 50 / 30 м/мин
Ускоренное перемещение:	по оси C	555 об/мин
Напряжение питания	380 В, 50Гц, 3 фазы	
Требуемая площадь	4910x2800 мм	
Вес ориентировочно	15 200 кг	

Результати силових розрахунків для затиску деталі [16]

P_Z , Н	W, Н	T, Н	$D_{\text{розрах}}$, мм	$D_{\text{розмір патрн}}$, мм
183,31	11486	8872	182	203,2