

**Національний технічний університет України
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені Ігоря Сікорського»
НАВЧАЛЬНО - НАУКОВИЙ МЕХАНІКО-МАШИНОБУДІВНИЙ
ІНСТИТУТ**

Кафедра технології машинобудування

«На правах рукопису»
УДК 621.91_____

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри
Олександр Охріменко
(підпис) (власне ім'я, прізвище)

“ ” _____ 20__ р.

Дипломний проєкт
на здобуття ступеня бакалавра
за освітньо-професійною програмою

«Технології машинобудування»

зі спеціальності 131 «Прикладна механіка»

на тему: Конструкторсько-технологічне забезпечення виготовлення деталі
"Корпус опори" _____

Виконав:
студент 4 курсу, групи МТ-01

Каграманян Арман Варданович _____ (підпис)
(прізвище, ім'я, по батькові)

Науковий керівник Бецко Юрій Михайлович ст. викладач _____ (підпис)
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

Рецензент _____ (підпис)
(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

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

Студент _____ (підпис)

Київ – 2024 року

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Навчально – науковий механіко-машинобудівний інститут
Кафедра технології машинобудування

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність – 131 «Прикладна механіка»

Освітньо-професійною програмою «Технології машинобудування»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Олександр Охріменко

«___» _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ
на дипломний проєкт студенту

Каграманяну Арману Вардановичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема дипломного проєкту Конструкторсько-технологічне забезпечення виготовлення деталі "Корпус опори" _____

керівник проєкту Бецко Юрій Михайлович ст. викладач _____ ,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від « 27 » . 05 2024 р. № 2115-с

2. Термін подання студентом дипломного проєкту «17» червня 2024 р.

3. Вихідні дані до проєкту

Кресленник деталі «Корпус опори»

Матеріал: Сірий чавун марки СЧ20

Річна програма випуску: 4000 шт.

4. Зміст пояснювальної записки ,перелік завдань, які потрібно розробити

Розділ 1 Дослідницький розділ

Розділ 2 Технологічний розділ

Розділ 3 Конструкційний розділ

5. Перелік графічно -ілюстративного матеріалу

1. Графічне зображення технологічного процесу (2 арк. А1)

2. Складальні кресленики 2-ох верстатних пристроїв (2 арк. А1)

6. Дата видачі завдання 28 травня 2024р

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проектування	Термін виконання етапів дипломного проектування	Примітка
1	Розділ 1 Дослідницький розділ	15 травня 2024 р.	Виконано
2	Розділ 2 Технологічний розділ (внесено правки)	7 травня 2024 р.	Виконано
3	Графічне зображення технологічного процесу (2 арк. А1)	24 квітня 2024 р.	Виконано
4	Складальний кресленик верстатного пристрою для закріплення заготовки (2 арк. А1)	24 квітня 2024 р.	Виконано
7	Розділ 4 Економічний розділ	11 червня 2024 р.	Виконано
8	Презентація	17 червня 2024 р.	

Студент

Арман КАГРАМАНЯН

Керівник проекту

Юрій БЕЦКО

Анотація

Пояснювальна записка до дипломного проекту наукового ступеня бакалавра на тему: Підвищення продуктивності оброблення тіл обертання при застосуванні новітнього технологічного обладнання при застосуванні верстатів з контр-шпинделем, складається з 56 аркушів формату А4, містить в собі 39 ілюстрацій, 23 таблиць.

При написанні дипломного проекту було використано 10 літературних джерел, серед яких методичні вказівки та технічна література. Графічна частина складається з 4 аркушів А1: графічне зображення технологічного процесу на операції 005 та 015, складальні кресленики верстатних пристроїв.

Abstract

The explanatory note for the bachelor's degree diploma project on the topic: "Increasing the productivity of machining rotational bodies through the use of the latest technological equipment utilizing machines with counter-spindles" consists of 56 A4 pages, contains 39 illustrations, and 23 tables.

During the writing of the diploma project, 10 literary sources were used, including methodological guidelines and technical literature. The graphic part consists of 4 A1 sheets: a graphical representation of the technological process at operations 005 and 015, and assembly drawings of machine fixtures.

ЗМІСТ

1. Підвищення продуктивності оброблення тіл обертання при застосуванні новітнього технологічного обладнання при застосуванні верстатів з контр-шпинделем.....	8
1.1. Порівняння способів виготовлення деталі «Гайка» на верстатах з контр-шпинделем та без.....	8
1.1.1. Вихідні данні.....	8
1.1.2. Вибір заготовки.....	9
1.1.3. Маршрути оброблення елементарних поверхонь деталі.....	10
1.1.4. Маршрутно-операційний технологічний процес виготовлення деталі на верстаті з контр-шпинделем.....	11
1.1.5. Маршрутно-операційний технологічний процес виготовлення деталі на верстаті без контр-шпинделя.....	12
1.1.6. Вибір верстатного обладнання.....	13
1.1.7. Розрахунок часу виготовлення деталі на верстаті з контр-шпинделем.....	14
1.1.8. Розрахунок часу виготовлення деталі на верстаті без контр-шпинделем.....	14
1.2. Порівняння способів виготовлення деталі «Гвинт» на верстатах з контр-шпинделем та без.....	15
1.2.1. Вихідні данні.....	15
1.2.2. Вибір заготовки.....	17
1.2.3. Маршрути оброблення елементарних поверхонь деталі.....	17
1.2.4. Маршрутно-операційний технологічний процес виготовлення деталі на верстаті з контр-шпинделем.....	18
1.2.5. Маршрутно-операційний технологічний процес виготовлення деталі на верстаті без контр-шпинделя.....	19
1.2.6. Вибір верстатного обладнання.....	19
1.2.7. Розрахунок часу виготовлення деталі на верстаті з контр-шпинделем.....	23
1.2.8. Розрахунок часу виготовлення деталі на верстаті без контр-шпинделем.....	23
2. Технологічний розділ.....	24
2.1. Аналіз службового призначення та умов роботи деталі у вузлі.....	24
2.2. Матеріал деталі.....	26
2.3. Вибір способу отримання заготовки.....	27
2.4. Маршрути оброблення елементарних поверхонь.....	28
2.5. Схеми базування.....	29
2.6. Маршрутно-операційний технологічний процес виготовлення деталі....	30
2.7. Вибір верстатного обладнання.....	32

2.8. Визначення припусків для технологічних переходів оброблення поверхонь заготовки.....	33
2.8.1. Визначення припусків розрахунково-аналітичним методом.....	34
2.8.2. Визначення припусків аналоговими методами.....	40
2.9. Визначення режимів різання.....	41
2.9.1. Визначення режимів різання розрахунково-аналітичним методом.....	41
2.9.2. Визначення режимів різання аналоговими методами.....	44
3. Конструкторський розділ.....	45
3.1. Розрахунок необхідної сили затиску заготовки Q	45
3.2. Розрахунок силових механізмів пристроїв.....	49
4. Економічний розділ.....	53
4.1. Розрахунок собівартості річного випуску.....	53
5. Список використаної літератури.....	56

1. Підвищення продуктивності оброблення тіл обертання при застосуванні новітнього технологічного обладнання при застосуванні верстатів з контр-шпинделем

Мета мого дослідження полягає у порівнянні способів оброблення тіл обертання на верстатах з контр-шпинделем та без, а також у визначенні ефективності впровадження новітнього технологічного обладнання. У процесі дослідження будуть розглянуті різні підходи до організації технологічних процесів, проведено порівняльний аналіз різних типів верстатів та обладнання на прикладі двох деталей «Гайка» та «Гвинт».

1.1. Порівняння способів виготовлення деталі «Гайка» на верстатах з контр-шпинделем та без

1.1.1. Вихідні данні

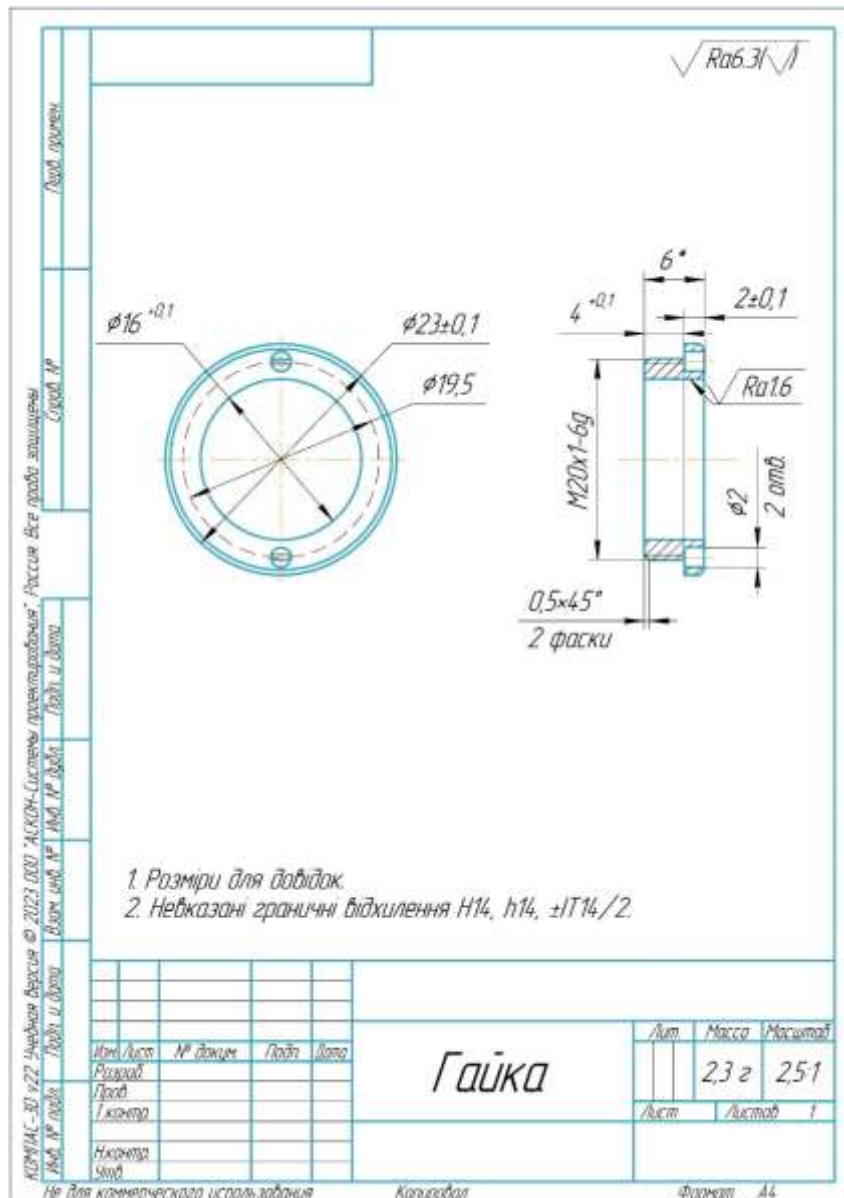


Рис.1.1.1 Креслення деталі «Гайка»

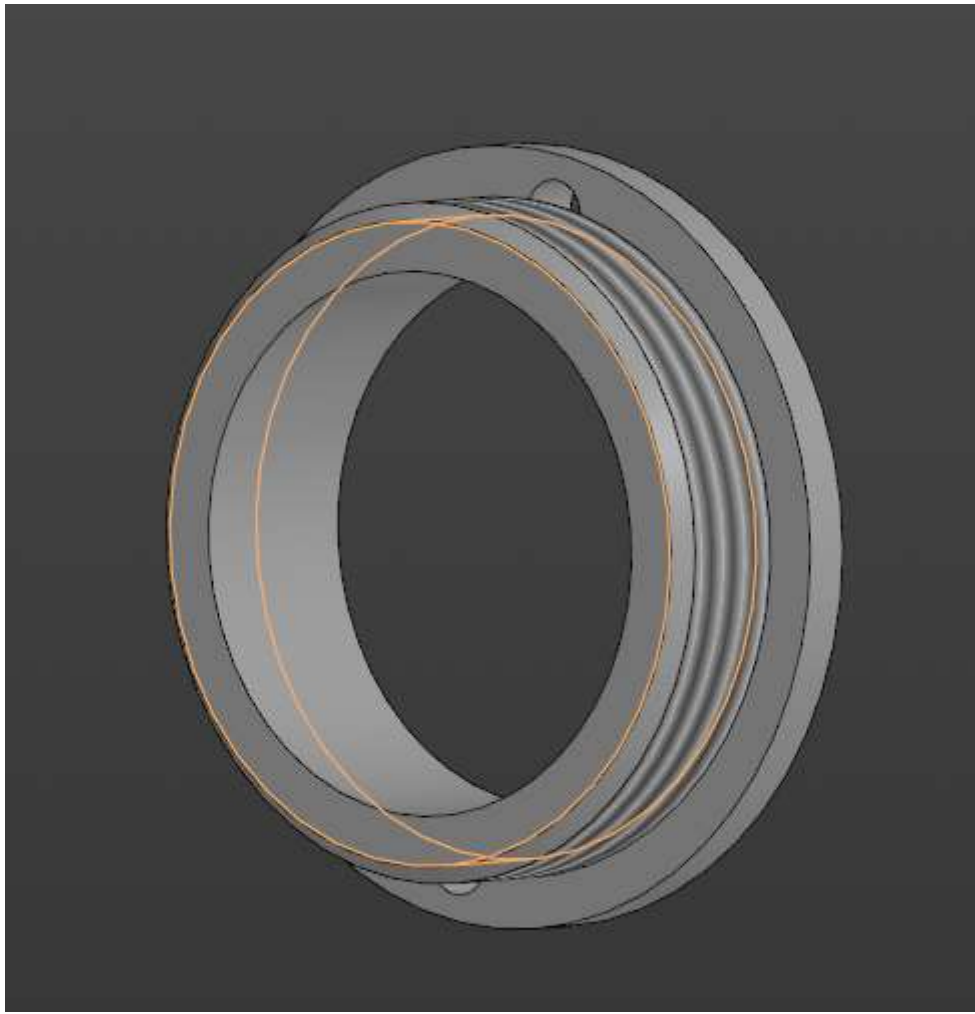


Рис.1.1.2 3D модель деталі «Гайка»

Тип виробництва – серійне
Річна програма випуску 180000 шт.

1.1.2. Вибір заготовки

Матеріал заготовки дюраль Д16Т

Таблиця 1.1.1. Характеристики матеріалу дюраль Д16Т

Fe	Si	Mn	Cu	Ti	Al	Cu	Mg	Zn	Домішок	-
до 0.5	до 0.5	0.3 - 0.9	до 0.1	до 0.15	90.9 - 94.7	3.8 - 4.9	1.2 - 1.8	до 0.25	Інші, кожна 0.05; всього 0.15	Ti+Zr < 0.2

Заготовку обираємо холоднокатаний прокат – круг Д16Т діаметром 12 мм.

1.1.3. Маршрути оброблення елементарних поверхонь деталі

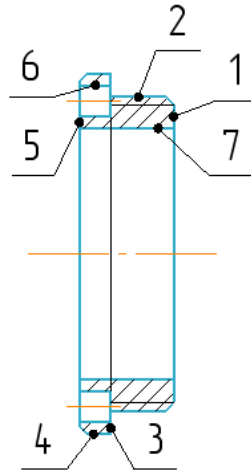


Рис. 1.1.3 Елементарні поверхні деталі

Таблиця 1.1.2. Маршрути оброблення елементарних поверхонь деталі

№ поверхні	Характеристики якості поверхні за креслеником		Маршрут обробки поверхні	Характеристики якості поверхні після оброблення	
	IT	Ra, мкм		IT	Ra, мкм
1 (торець)	14	2,5	Точіння чорнове	14	2,5
2 (різьба)	6	-	Точіння чорнове Нарізання різьби	14 6	2,5 -
3 (торець)	14	2,5	Точіння чорнове	14	2,5
4 (циліндрична поверхня)	14	2,5	Точіння чорнове	14	2,5
5 (торець)	14	2,5	Точіння чорнове	14	2,5
6 (отвори)	14	2,5	Фрезерування чорнове	14	2,5
7 (внутрішня циліндрична поверхня)	11	1,6	Свердління Точіння чистове	14 11	2,5 1,6

1.1.4. Маршрутно-операційний технологічний процес виготовлення деталі на верстаті з контр-шпинделем

005 Токарна з ЧПК

Установ А

1. Точити торець $\varnothing 24$ $l = 4$ в розмір $4^{+0,1}$
2. Точити $\varnothing 24$ в $\varnothing 19,95$ витримуючи розмір $4^{+0,1}$
3. Точити фаску $0,5 \times 45^\circ$
4. Точити торець $\varnothing 24$ $l = 5$ в розмір 5
5. Точити $\varnothing 24$ в $\varnothing 23^{\pm 0,1}$ витримуючи розмір 5
6. Нарізати різьбу $M20 \times 1-6g$ в розмір 4
7. Сверллити отвір $\varnothing 15$ витримуючи розмір 6
8. Розточити $\varnothing 15$ в $\varnothing 16^{+0,1}$ витримуючи розмір 6

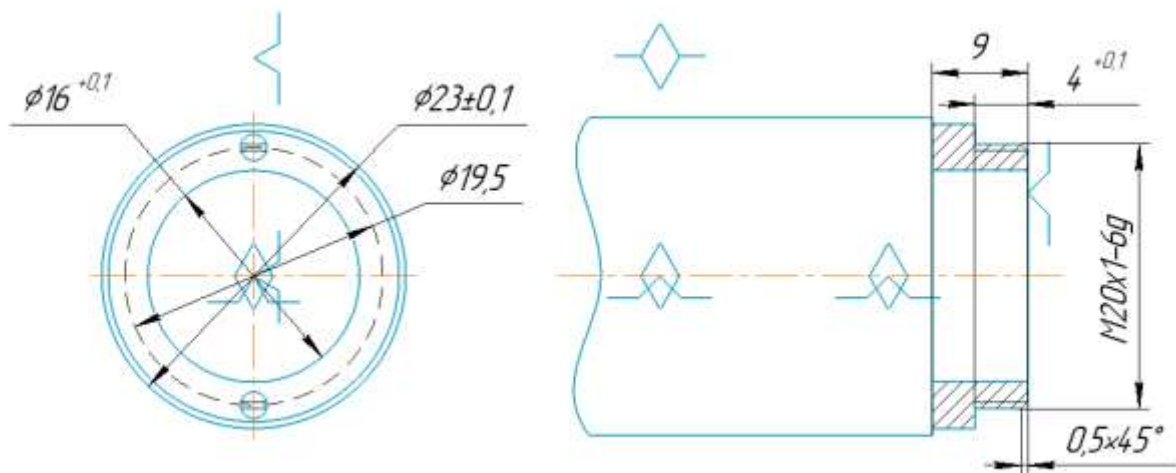


Рис.1.1.4 Ескіз установу А операції 005

Установ Б

1. Точити торець $\varnothing 23$ витримуючи розмір $2^{\pm 0,1}$
2. Точити фаску $0,5 \times 45^\circ$
3. Фрезерувати послідовно 2 отвори $\varnothing 2$ витримуючи розмір $\varnothing 19,5$ та $2^{\pm 0,1}$

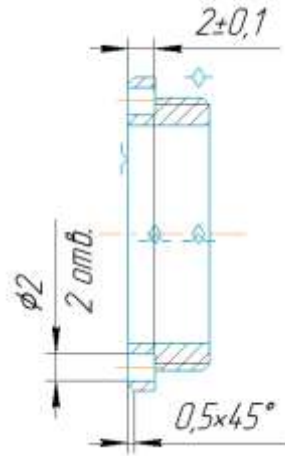


Рис.1.1.5 Ескіз установу А операції 005

010 Контрольна
015 Миюча

1.1.5. Маршрутно-операційний технологічний процес виготовлення деталі на верстаті без контр-шпинделя

005 Токарна з ЧПК

1. Точити торець $\text{Ø}24$ $l = 9$ в розмір 9
2. Точити $\text{Ø}24$ в $\text{Ø}23^{\pm 0,1}$ витримуючи розмір 9
3. Точити фаску $0.5 \times 45^\circ$
4. Точити $\text{Ø}23^{\pm 0,1}$ в $\text{Ø}19,95$ $l = 4^{\pm 0,1}$ витримуючи розмір $2^{\pm 0,1}$
5. Нарізати різьбу $M20 \times 1-6g$ в розмір 4
6. Сверлити отвір $\text{Ø}15$ витримуючи розмір 6
7. Розточити $\text{Ø}15$ в $\text{Ø}16^{\pm 0,1}$ витримуючи розмір 6
8. Фрезерувати послідовно 2 отвори $\text{Ø}2$ витримуючи розмір $\text{Ø}19.5$ та $2^{\pm 0,1}$
9. Точити фаску $0.5 \times 45^\circ$
10. Відрізати деталь витримуючи розміри $4^{\pm 0,1}$ та $2^{\pm 0,1}$

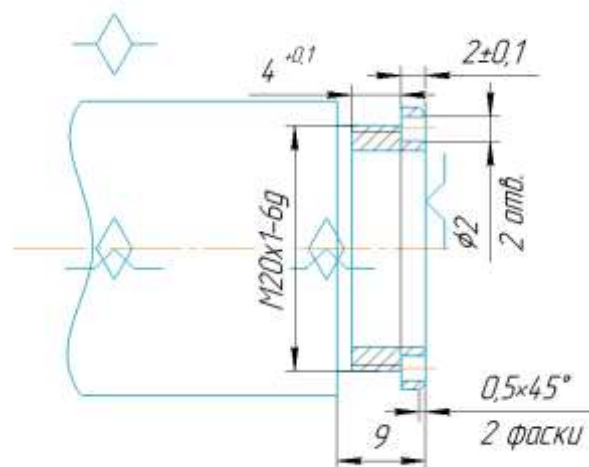


Рис.1.1.6 Ескіз операції 005

010 Слюсарна

1. Зняти задир після відрізки за допомогою шабера

015 Миюча

020 Контрольна

1.1.6. Вибір верстатного обладнання

Для виготовлення деталі «Гайка» було обрано токарний револьверний верстат з ЧПК Nakamura-tome tmc20. Для знаття задир, який утворювався в результаті відрізання деталі, використовували інструмент – шабер.

Для підвищення продуктивності виробництва, а саме для зменшення часу оброблення деталі та для підвищення точності було обрано більш сучасний верстат за ЧПК Müller KBS – 2532 з двома шпинделями, 5-ма осями та можливістю оперування двома програмами водночас.



Рис. 1.1.7 Токарний верстат Nakamura-tome tmc20



Рис.1.1.8 Токарний верстат Müller KBS – 2532

1.1.7. Розрахунок часу виготовлення деталі на верстаті з контр-шпинделем

Таблиця 1.1.3. Час виконання кожного переходу операції 005 на верстаті з контр-шпинделем

Номер переходу	Назва переходу	L, мм	S ₀ , мм/об	n, об/хв	T, с
01	Точити начорно	12	0,12	3000	2
02	Точити начорно	4	0.25	3000	0.32
03	Точити начорно	1,5	0.16	3000	0.38
04	Точити начорно	5	0.2	3000	0.5
05	Нарізати різбу	3	0,14	2600	2.96
06	Сверлити	9	0.2	2000	2
07	Розточити начисто	6	0,1	3000	1.2
08	Відрізати	3.5	0.05	1000	4.2
09	Точити начорно	2	0.12	3000	0.3
10	Фрезерувати начорно	2	0,05	2800	1.7

Так як верстат Müller KBS – 2532 може оперувати двома програмами одночасно, то переходи 09-10 будуть виконуватись під час виконання переходів 01-07, тому при розрахунку часу виконання деталі переходи 09 та 10 можна не враховувати.

Сумарний час виконання деталі дорівнює часу виконання переходів 01-08 $T = 13,56$ с

1.1.8. Розрахунок часу виготовлення деталі на верстаті без контр-шпинделем

Таблиця 1.1.4. Час виконання кожного переходу операції 005 на верстаті без контр-шпинделем

Номер переходу	Назва переходу	L, мм	S ₀ , мм/об	n, об/хв	T, с
01	Точити начорно	12	0,12	3000	2
02	Точити начорно	9	0.16	3000	1,12
03	Точити начорно	1,5	0.12	3000	0.5
04	Точити начорно	7	0.16	3000	0.875
05	Нарізати різбу	3	0,14	2600	2.96
06	Сверлити	9	0.2	2000	2
07	Розточити начисто	6	0,1	3000	1.2
08	Фрезерувати начорно	2	0,05	2800	1.7
09	Відрізати	3.5	0.05	1000	4.2

Для того щоб порахувати час виготовлення деталі необхідно знати середній час слюсарної операції. Так як цю операцію виконує людина, то немає чітко зазначеного часу виконання, тому ми засікли час оброки 10 деталей, що зайняло 53 секунди, та поділили на кількість оброблених за цей час деталей 10. $T_{\text{слюс}} = 5,3 \text{ с}$

Отже загальний час виготовлення одної деталі $T = 21,8 \text{ с}$

Висновок: Отже за рахунок використання новітнього та більш технологічного верстата ми змогли зменшити час виготовлення деталі на 37%, що дозволяє збільшити річну програму випуску деталей та приносити більше прибутку компанії.

1.2. Порівняння способів виготовлення деталі «Гвинт» на верстатах з контр-шпинделем та без

1.2.1. Вихідні данні

Тип виробництва – серійне

Річна програма випуску 180000 шт.

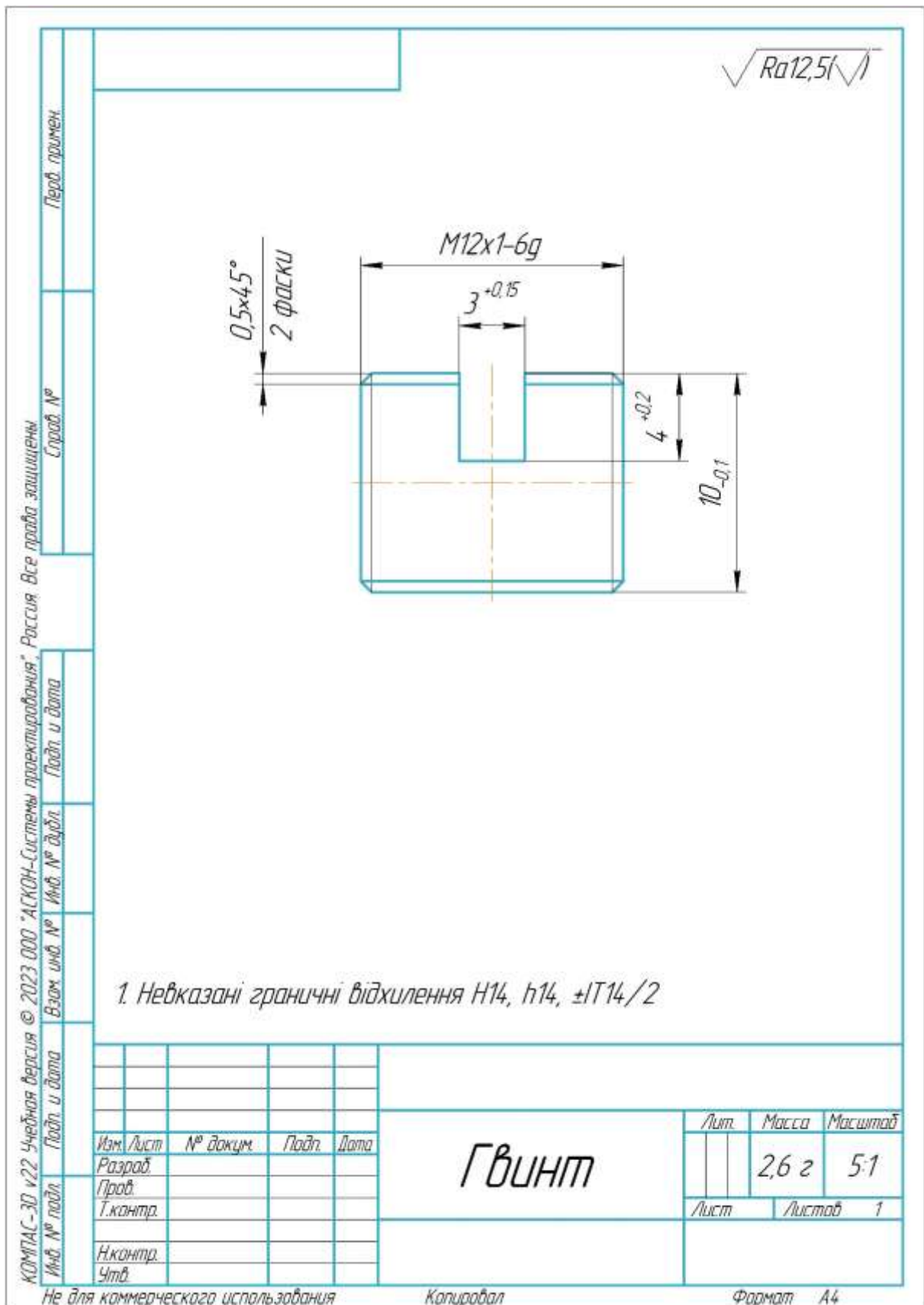


Рис. 1.2.1 Креслення деталі «Гвинт»

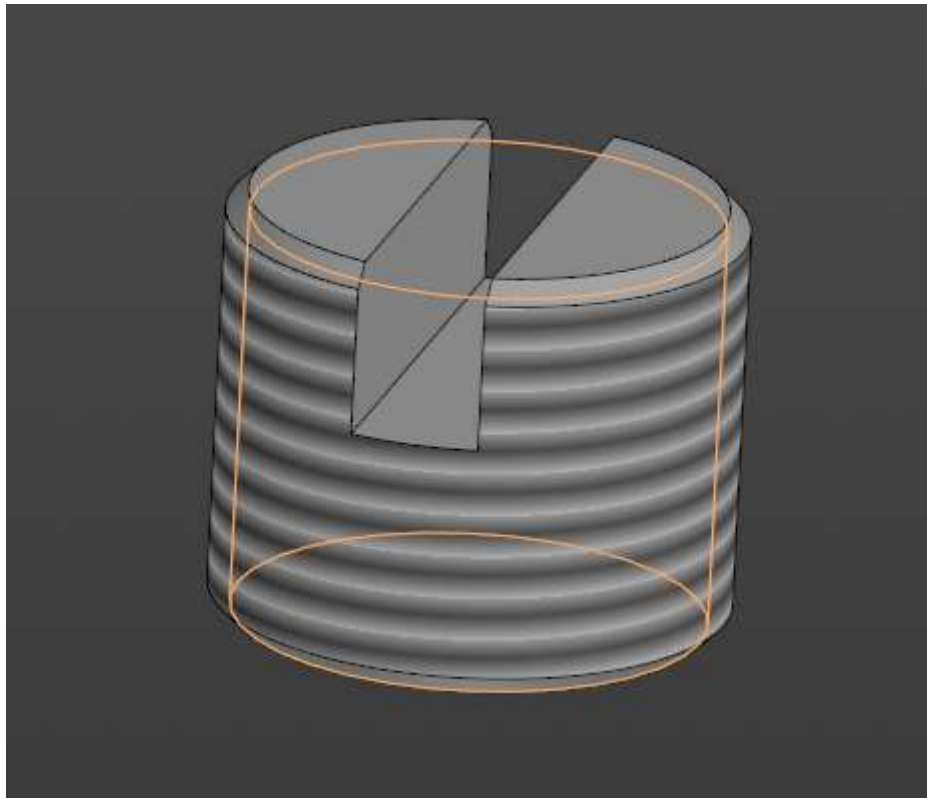


Рис.1.2.2 3D модель деталі «Гвинт»

1.2.2. Вибір заготовки

Матеріал заготовки дюраль Д16Т

Таблиця 1.1.1. Характеристики матеріалу дюраль Д16Т

Fe	Si	Mn	Cu	Ti	Al	Cu	Mg	Zn	Домішок	-
до 0.5	до 0.5	0.3 - 0.9	до 0.1	до 0.15	90.9 - 94.7	3.8 - 4.9	1.2 - 1.8	до 0.25	Інші, кожна 0.05; всього 0.15	Ti+Zr ≤ 0.2

Заготовку обираємо холоднокатаний прокат – круг Д16Т діаметром 24 мм.

1.2.3. Маршрути оброблення елементарних поверхонь деталі

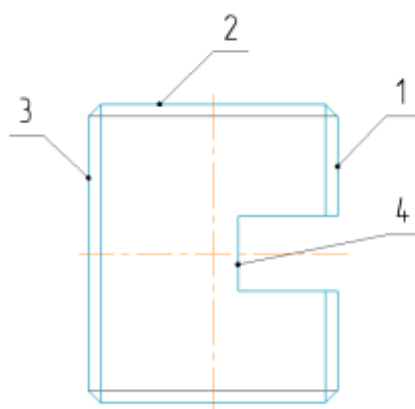


Рис. 1.2.3 Елементарні поверхні деталі

Таблиця 1.2.1. Маршрути оброблення елементарних поверхонь деталі

№ поверхні	Характеристики якості поверхні за креслеником		Маршрут обробки поверхні	Характеристики якості поверхні після оброблення	
	IT	Ra, мкм		IT	Ra, мкм
1 (торець)	14	5,0	Точіння чорнове	14	5,0
2 (циліндрична поверхня)	6	-	Точіння чорнове Нарізання різьби	14 6	5,0 -
3 (торець)	14	5,0	Точіння чорнове	14	5,0
4 (паз)	14	5,0	Фрезерування чорнове	14	5,0

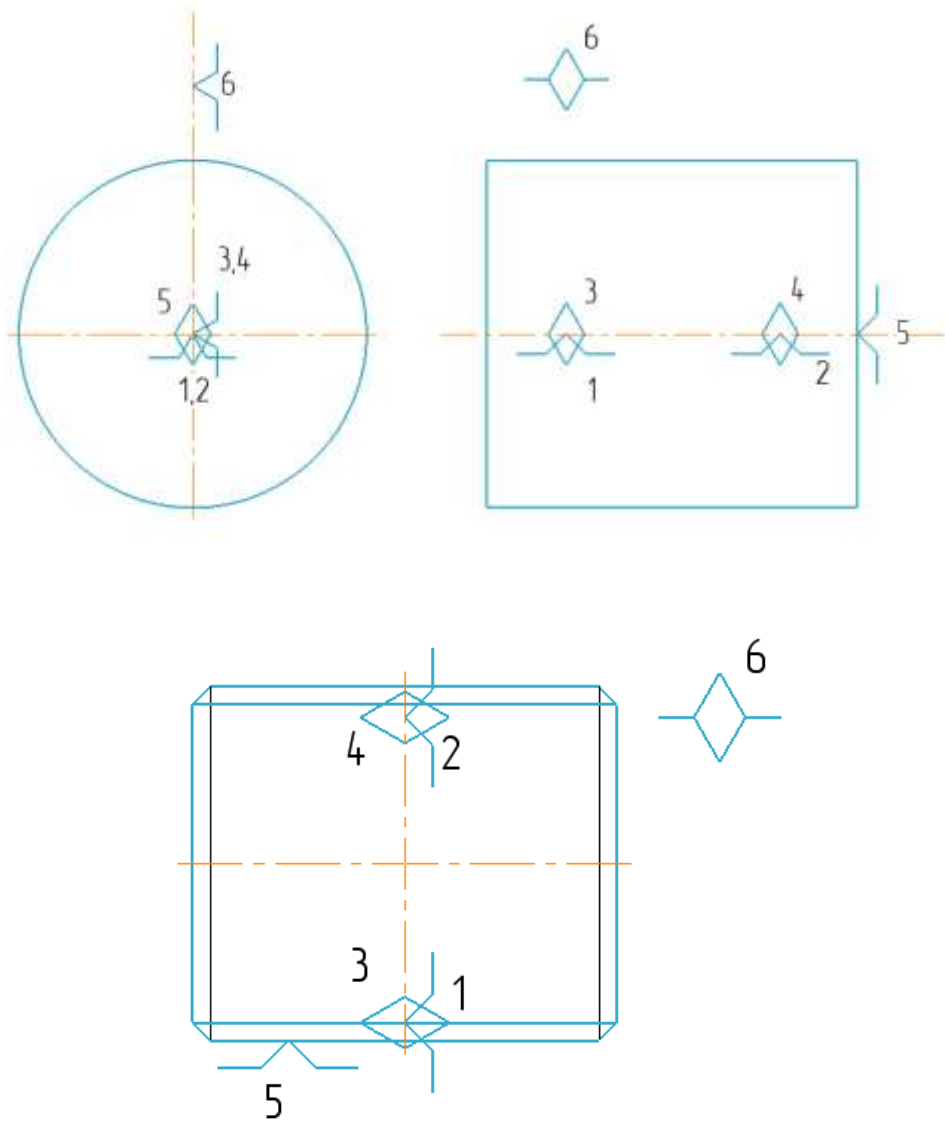


Рис. 1.2.4 Схеми базування

1.2.4. Маршрутно-операційний технологічний процес виготовлення деталі на верстаті з контр-шпинделем

005 Токарна з ЧПК

Установ А

1. Точити торець $\varnothing 12$ $l = 13$ в розмір 13
2. Точити $\varnothing 12$ в $\varnothing 11,95$ витримуючи розмір 13
3. Точити фаску $0,5 \times 45^\circ$
4. Нарізати різьбу $M12 \times 1-6g$ в розмір 10
5. Фрезерувати паз $3_{-0,15}$ витримуючи розмір $4^{+0,2}$
6. Відрізати деталь витримуючи розмір $l=10$

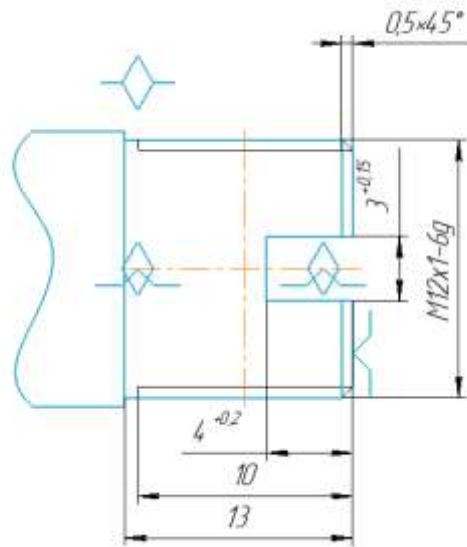


Рис. 1.2.5 Ескіз Установ А операції 005

Установ Б

1. Точити торець $\varnothing 12$ $l = 10$ в розмір $10_{-0,1}$
2. Точити фаску $0,5 \times 45^\circ$

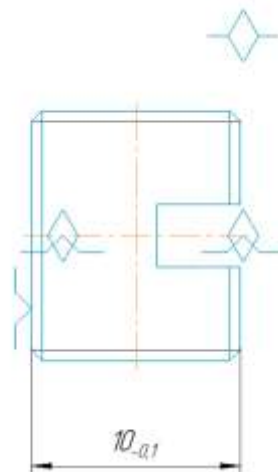


Рис. 1.2.6 Ескіз Установ Б операції 005

010 Миюча

015 Контрольна

**1.2.5. Маршрутно-операційний технологічний процес
виготовлення деталі на верстаті без контр-шпинделя**

005 Токарна з ЧПК

1. Точити торець $\varnothing 12$ $l = 10$ в розмір 10
2. Точити $\varnothing 12$ в $\varnothing 11,95$
3. Точити 2 фаски $0,5 \times 45^\circ$
4. Нарізати різьбу $M12 \times 1-6g$ в розмір 10
5. Відрізати деталь витримуючи розмір $10_{-0,1}$

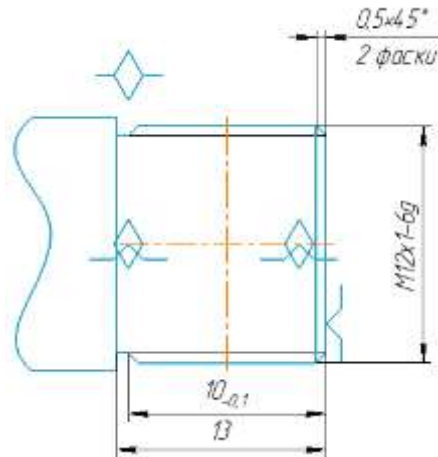


Рис. 1.2.6 Ескіз операції 005

010 Горизонтально-фрезерна

1. Фрезерувати паз $3_{-0,15}$ витримуючи розмір $4^{+0,2}$

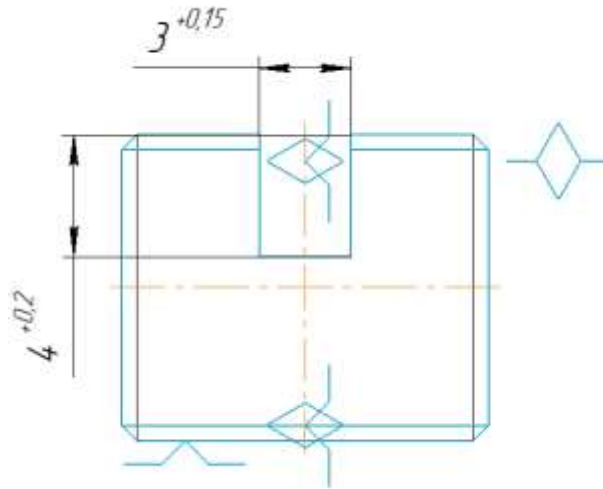


Рис. 1.2.5 Ескіз операції 010

015 Миюча

020 Контрольна

1.2.6. Вибір верстатного обладнання

Для виготовлення деталі «Гвинт» спочатку було обрано токарний верстат з ЧПК револьверний з одним шпинделем EMCO turn 242, та для оброблення пазу використовувався Горизонтально-фрезерний верстат 6P81.

Для підвищення продуктивності виробництва, а саме для зменшення часу оброблення деталі та для підвищення точності було обрано більш сучасний верстат з ЧПК Muga XP4 42sm який має контршпиндель



Рис. 1.2.6 Токарний верстат EMCO turn 242



Рис. 1.2.7 Горизонтально-фрезерный верстат 6P81



Рис. 1.2.8 Токарный верстат Muga XP4 42sm

1.2.7. Розрахунок часу виготовлення деталі на верстаті з контр-шпинделем

Таблиця 1.2.2. Час виконання кожного переходу операції 005 на верстаті з контр-шпинделем

Номер переходу	Назва переходу	L, мм	S_0 , мм/об	n, об/хв	T, с
01	Точити начорно	6	0,12	3000	1
02	Точити начорно	13	0.25	3000	1,2
03	Нарізати різбу	10	0,14	2600	3,3
04	Фрезерувати начорно	4	0.05	2800	4,3
05	Відрізати	6	0.05	1000	3,6
06	Точити начорно	6	0.12	3000	1

Врахуємо час викидання деталі $T_{\text{вик}} = 3$ с, та час перехвату $T_{\text{перехвату}} = 3$ с
 Сумарний час виготовлення деталі дорівнює $T = T_{\text{вик}} + T_{\text{перехвату}} + T_{\text{обр}} = 20,4$ с

1.2.8. Розрахунок часу виготовлення деталі на верстаті без контр-шпинделем

Таблиця 1.2.3. Час виконання кожного переходу операцій 005 та 010 на верстаті без контр-шпинделем

Номер переходу	Назва переходу	L, мм	S_0 , мм/об	n, об/хв	T, с
005 Токарна з ЧПК					
01	Точити начорно	6	0,12	3000	1
02	Точити начорно	13	0.25	3000	1,2
03	Нарізати різбу	10	0,14	2600	3,3
04	Відрізати	6	0.05	1000	3,6
010 Горизонтально-фрезерна					
01	Фрезерувати начорно	10	0.05	2000	6

Для того щоб порахувати час виготовлення деталі необхідно врахувати такі фактори як:

1. Виставлення заготовки на токарному верстаті
2. Встановлення та зняття деталі на горизонтально-фрезерному верстаті

Так як верстат EMCO turn 242 не має контршпинделя, то виставлення деталі забезпечується за допомогою барпулера механічного. Час виставлення заготовки $T_{\text{вист}} = 3$ с.

Час установки та зняття деталі на горизонтально-фрезерний верстат

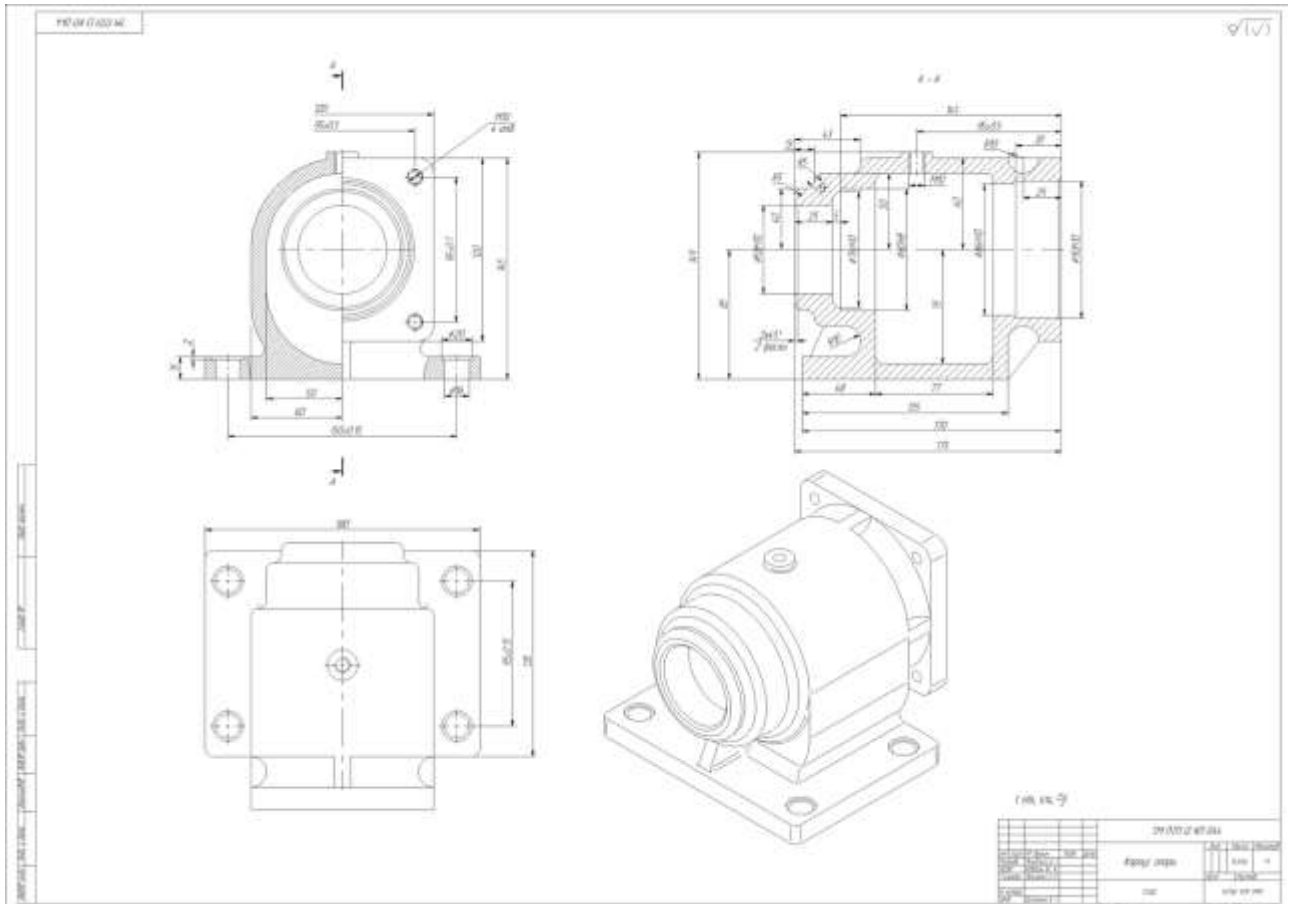
визначаємо приблизно. Так як цю операцію виконує людина, то немає чітко зазначеного часу виконання, тому ми засікли час установки та зняття 10 деталей, що зайняло 42 секунди, та поділили на відповідну кількість операцій за цей час 10. $T_{уст} = 4,2$ с

Отже загальний час виготовлення одної деталі $T = T_{вист} + T_{обр} + T_{уст} = 22,3$ с

Висновок: Отже за рахунок використання та більш технологічного верстата ми змогли зменшити час виготовлення деталі на 8,5%, що дозволяє збільшити річну програму випуску деталей та приносити більше прибутку компанії.

2. Технологічний розділ

2.1. Аналіз службового призначення та умов роботи деталі у вузлі



Оскільки задана деталь – корпус опори, то зрозуміло, що наша деталь буде контактувати з іншими, наприклад, вони будуть закріплюватися до неї.

Поверхні, що обробляються є простими. При обробленні деталі не потрібно використовувати спеціальний різальний інструмент, всі поверхні є легкодоступні. Забезпечується точне та надійне базування в процесі оброблення.

Аналіз технологічності конструкції корпусу дозволяє зробити наступні висновки:

- конструкція відрізняється високою жорсткістю, допускає високі режими різання та широке використання наборів інструментів;
- конструкція корпусу забезпечує вільний доступ різального та контрольного інструменту до поверхонь, що обробляються;

- більшість поверхонь і отворів можуть бути оброблені стандартним інструментом.

Основні поверхні.

Площина 1 призначена для базування деталі. Шорсткість Ra 5,0 мкм, квалітет точності IT14.

Отвори 2 і 3 призначені для базування та закріплення деталі. Шорсткість Ra 2,5 мкм, квалітет точності IT8.

Різьбові отвори 4 призначені для закріплення деталей до стійки. Шорсткість Ra 5,0 мкм, квалітет точності IT7.

Площина 5 призначена для базування деталей, які будуть закріплюватися за допомогою різьбових отворів 4. Шорсткість Ra 5,0 мкм, квалітет точності IT14.

Отвори 6 призначені для встановлення ущільнювачів. Шорсткість Ra 2,5 мкм, квалітет точності IT10.

Отвір 7 призначений для встановлення підшипника. Шорсткість Ra 0,63 мкм, квалітет точності IT7.

Різьбовий отвір 8 призначений для закріплення деталі. Шорсткість Ra 5,0 мкм, квалітет точності IT7.

Вказаний квалітет точності отвору 7 (IT8) не підходить для встановлення підшипника, тому змінюємо на IT7

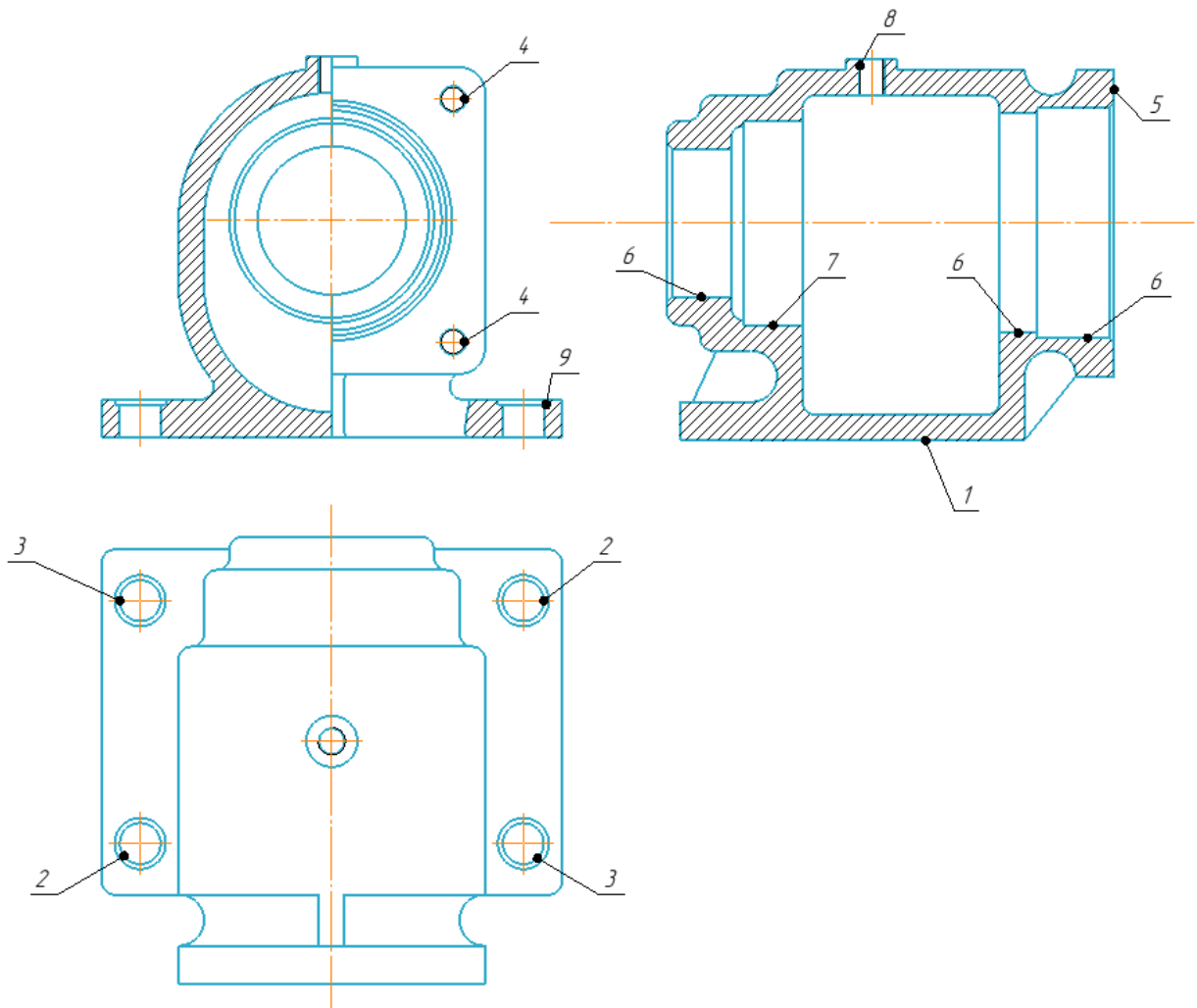


Рис. 2.1. Поверхні під обробку

2.2. Матеріал деталі

Деталі з СЧ20 потребують значну міцність і працюють при температурі до 300 °С

Тип виробництва – серійне; матеріал заготовки – СЧ20.

Таблиця 2.1. Механічні властивості СЧ20

Товщина стінки, мм	Границя міцності при розтягуванні σ , МПа	Твердість НВ
8-15	200	143 - 255

Таблиця 2.2. Хімічний склад металу

C	Si	Mn	S	P
3.3 – 3.5	1.4 – 2.4	0.7 - 1	до 0.15	до 0.2

2.3. Вибір способу отримання заготовки

Заготовку будемо одержувати литвом, тому що чавун має добрі ливарні властивості. Виливки можна виготовляти у піщано-глинистих, оболонкових формах, кокілях, під тиском, відцентровим литвом, за моделями, які виплавляються тощо.

З огляду на розміри й матеріал, серійний тип виробництва, тонкостінність та складну форму деталі, приймаємо спосіб виготовлення литвом у оболонковій формі.

Переваги способу лиття в оболонкові форми: можливість отримання тонкостінних виливків складної форми; гладка і чиста поверхня виливків; якісна структура металу за рахунок підвищеної газопроникності форм; можливість автоматизації; невеликі допуски на обробку різанням

2.4. Маршрути оброблення елементарних поверхонь

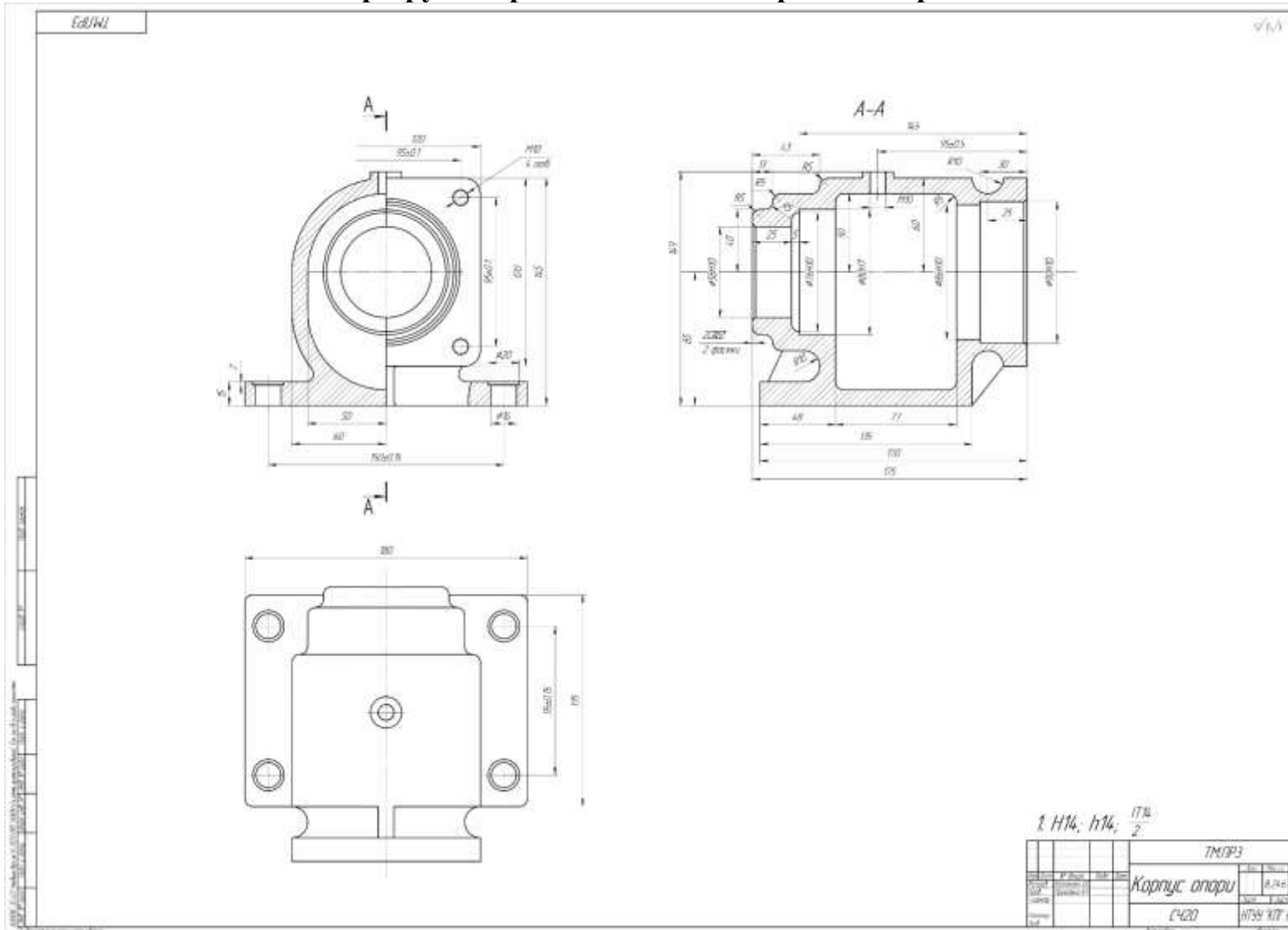


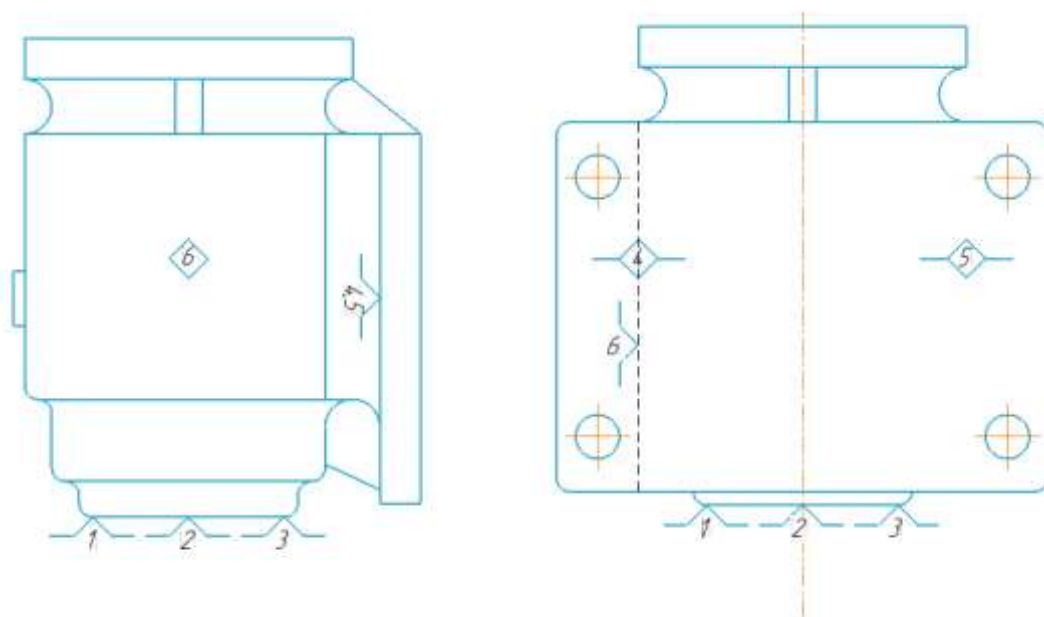
Рис. 2.2. Креслення деталі

Таблиця 2.3. Маршрути оброблення елементарних поверхонь деталі

№ поверхні	Характеристики якості поверхні за креслеником		Маршрут обробки поверхні	Характеристики якості поверхні після оброблення	
	IT	Ra, мкм		IT	Ra, мкм
1 (площина основи)	14	5,0	Фрезерування чорнове	14	5,0

2 (отвори для базування)	8	2,5	Центрування Свердління Зенкерування Розвертання	- 12 10 8	- 10 5,0 2,5
3 (кріпильні отвори)	8	2,5	Центрування Свердління Зенкерування Розвертання	- 12 10 8	- 10 5,0 2,5
4 (різьбові отвори)	7	5	Центрування Свердління Нарізання різьби	- 12 7	- 10 5
5 (площина)	14	5,0	Фрезерування чорнове	14	5,0
6 (отвори під ущільнювачі)	10	2,5	Розточування чорнове Розточування чистове	12 10	5,0 2,5
7 (отвір під підшипник)	7	0,63	Розточування чорнове Розточування чистове Розточування тонке	12 9 7	5 2,5 0,63
8 (різьбовий отвір)	7	5	Центрування Свердління Нарізання різьби	- 12 7	- 10 5
8 (площина)	10	5,0	Зенкерування	10	5,0

2.5. Схеми базування



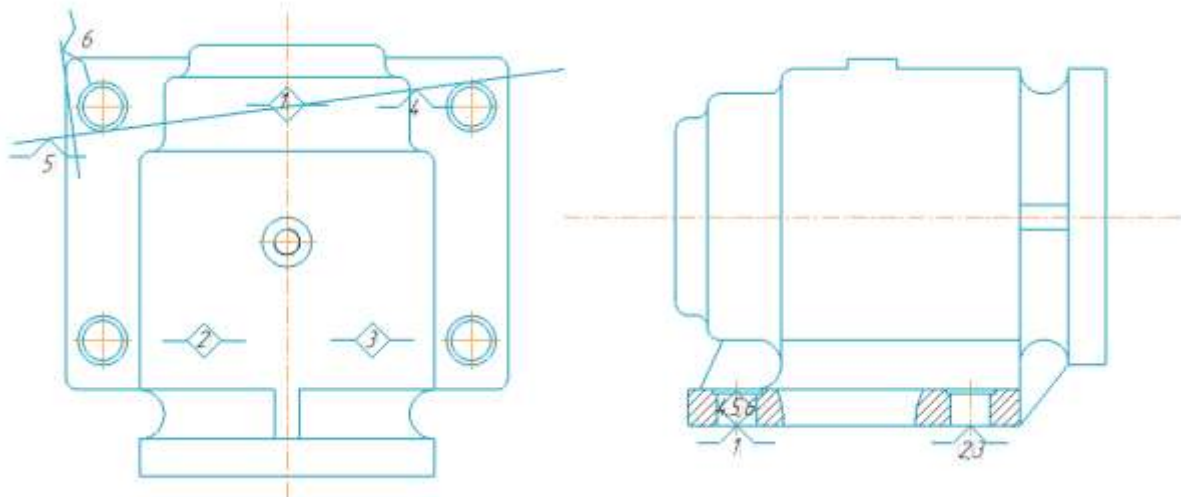
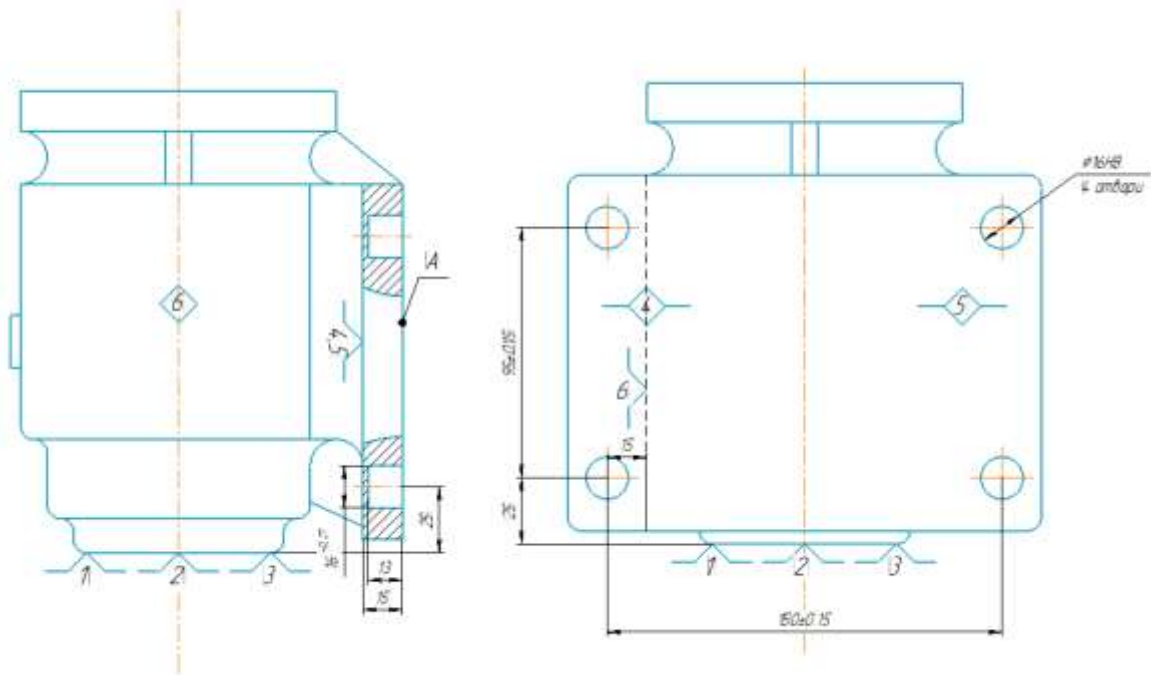


Рис. 2.3. Схеми базування

2.6. Маршрутно-операційний технологічний процес виготовлення деталі

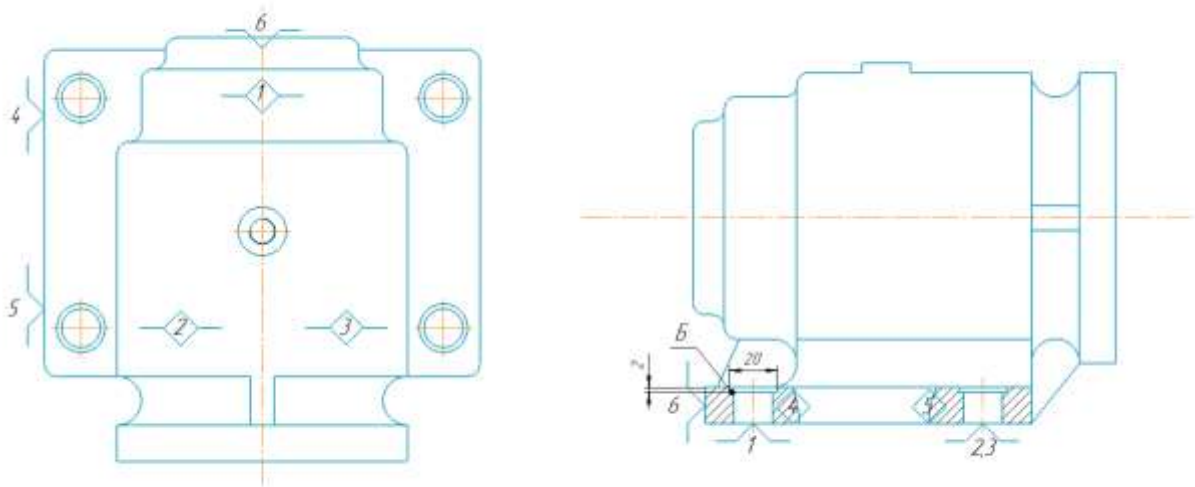
005. Горизонтально-фрезерна з ЧПК

1. Фрезерувати начорно площину А витримавши розмір 15h14.
2. Центрувати послідовно 4-и отвори витримавши міжосьові розміри $95 \pm 0,15$ мм та $150 \pm 0,15$ мм, та розміри 20 мм та 15 мм
3. Свердлити 4-а отвори $\text{Ø}16\text{H}8$ попередньо в розмір $\text{Ø}15\text{H}12$ витримавши розмір 13мм.
4. Зенкерувати 4-а отвори $\text{Ø}16\text{H}8$ в розмір $\text{Ø}15,8\text{H}10$, витримавши розмір 13 мм.
5. Розвернути 4-а отвори $\text{Ø}16\text{H}8$ в розмір, витримавши розмір 13 мм.



010. Вертикально-фрезерна з ЧПК

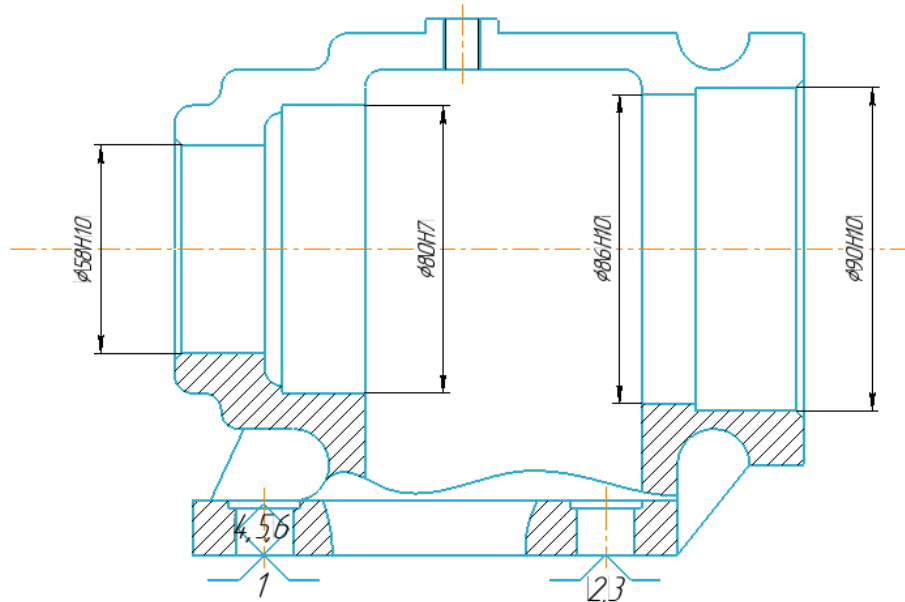
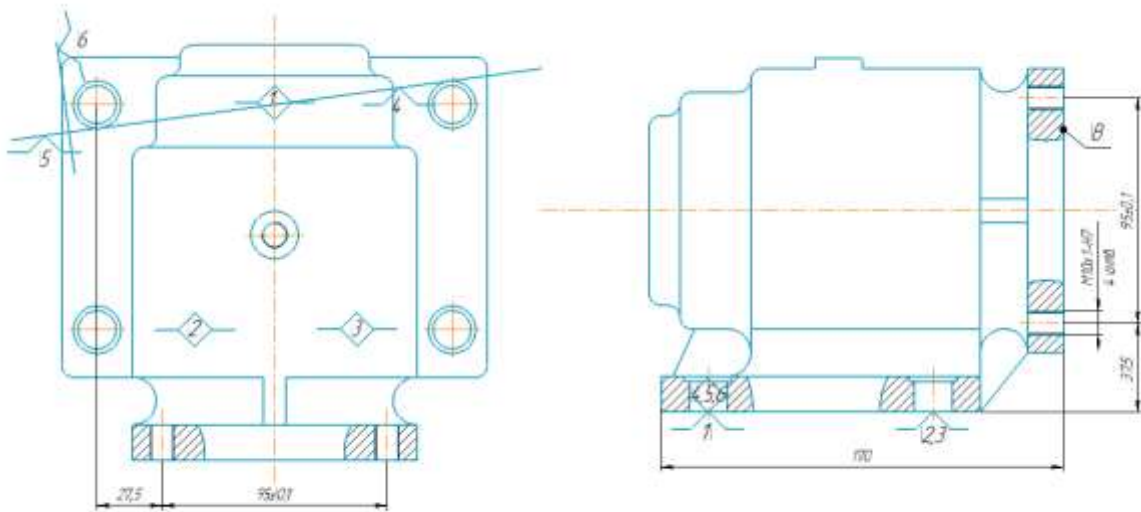
1. Зенкерувати/фрезерувати 4 площадки Б Ø20H14 мм заглибившись на 2 мм.



015. Горизонтально-фрезерна з ЧПК

1. Фрезерувати начорно площину В, витримавши розмір 170 мм.
2. Центрувати послідовно 4 отвори М10х1-Н7 витримавши міжосьові розміри 95±0,1 мм та 95±0,1 мм і розміри 12,5 мм та 12,5 мм.
3. Свердлити послідовно 4 отвори під різьбу М10х1-Н7 в розмір Ø9H12.
4. Нарізати послідовно 4 різьби М10х1-Н7.
5. Розточити начорно отвір Ø90H10 до 89,5H12.
6. Розточити начорно отвір Ø86H10 до 85,5H12.

7. Розточити начорно отвір $\text{Ø}80\text{H}7$ до $79\text{H}12$.
8. Розточити начорно отвір $\text{Ø}58\text{H}10$ до $57,5\text{H}12$.
9. Розточити начисто отвір $\text{Ø}90\text{H}10$.
10. Розточити начисто отвір $\text{Ø}86\text{H}10$.
11. Розточити начисто отвір $\text{Ø}80\text{H}7$ до $79,5\text{H}10$.
12. Розточити начисто отвір $\text{Ø}58\text{H}10$.
13. Розточити тонко отвір $\text{Ø}80\text{H}7$.



020. Мийочна
025. Контрольна

2.7. Вибір верстатного обладнання

Для виготовлення деталі «Корпус опори» за технологічним процесом необхідно використовувати сучасне верстатне обладнання з числовим програмним керуванням (ЧПК), завдяки якому можна здійснювати оброблення деталі за мінімальний час та з максимально-великою швидкістю, при чому з достатньою точністю.

Велика швидкість оброблення досягається шляхом наявності у верстата барабана з великою кількістю інструмента та повної автоматизації процесу. Також зменшенню часу на виконання та збільшенню точності оброблення сприяє використання тривимірних контактних датчиків, які мають велику точність.

Для виконання технологічних операцій обираємо горизонтально-фрезерний багатоцільовий верстат HAAS UMC-1000 (рис. 4), який дозволяє оброблювати деталь по 5-ти осям. 1-3 вісь: переміщення шпинделя верстата в площинах паралельним площинам верстата XY, XZ, YZ. Вісь 4 реалізується поворотом столу верстата. Вісь 5 реалізується через нахил поворотного столу.



2.8 Визначення припусків для технологічних переходів оброблення поверхонь заготовки

Суть механічної оброблення полягає у поступовому знятті матеріалу з поверхні заготовки, щоби в кінці оброблення придати поверхні характеристик, заданих на кресленіку деталі.

Припуск повинен бути мінімальним. Тому виникає необхідність в точному розрахунку припуску. Розрахунок здійснюється двома методами:

1. Розрахунково-аналітичний метод
2. Аналогічний метод

2.8.1 Визначення припусків розрахунково-аналітичним методом

Даний метод полягає в аналізі виникаючих в конкретних умовах похибок при послідовній обробці заготовки.

Розрахунок припуску для отримання отвору $\text{Ø}58\text{H}10^{+0,12}$ (Ra 2.5)

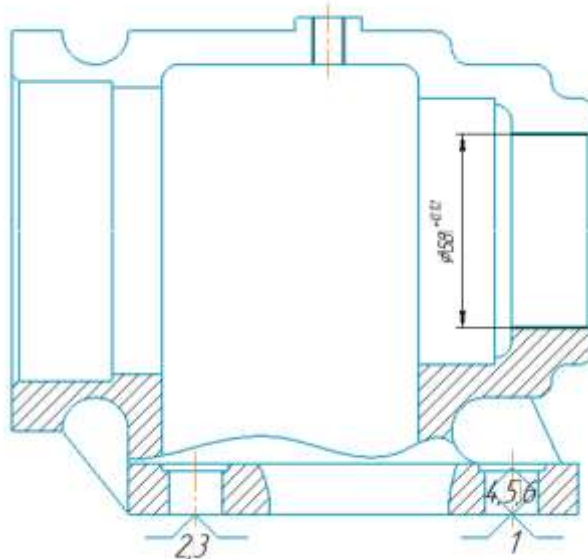


Рис. 2.6 – Поверхня 6

Маршрут оброблення даної поверхні відбувається в 2 переходи:

Чорнове розточування H12 Ra = 5 мкм.

Чистове розточування H10, Ra = 2,5 мкм.

Поля допусків представлені в таблиці 4.

Таблиця 2.4 Поля допусків при обробленні отвору $\varnothing 58H10^{+0,12}$ мм (Ra 2,5)

Заготовка	Td0 = 0,62 мм
Чорнове розточування	Td1 = 0,30 мм
Чистове розточування	Td3 = 0,12 мм

Після механічного оброблення дана поверхня деталі має наступні характеристики табл. 5:

Табл. 2.5. Характеристики поверхні після оброблення.

Розточування чорнове	$R_{z0} = 0.05\text{мм}$	$T_1 = 0.05\text{мм}$
Чистове розточування	$R_{z1} = 0.019\text{мм}$	$T_2 = 0.01\text{мм}$

Для розрахунку припуску скористуємося наступною формулою:

$$2Z_{imin} = 2(R_{zi-1} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}) \quad (2.1)$$

Де: R_{zi-1} – висота нерівностей профілю на попередньому переході;
 T_{i-1} - глибина дефектного поверхневого шару на попередньому переході;

ρ_i - сумарні відхилення розташування поверхні;

ε_i - похибка установки заготовки на виконуваному переході.

Сумарні просторові відхилення:

$$\rho_0 = \sqrt{\rho^2 + \rho_{\text{кор}}^2} \quad \text{см} \quad (2.2)$$

$$\rho_{\text{кор}} = \sqrt{(\Delta_k d)^2 + (\Delta_{kl})^2} = \sqrt{(0,7 * 57)^2 + (0,7 * 30)^2} = 0,045$$

мм; Де:

$\Delta_k = 0,7$ мкм/мм - величина питомого жолоблення табл. 32 [5]
 d, l – діаметр та довжина оброблюваного отвору

$$\rho_{\text{см}} = \rho_{\text{П}} \cdot D = 0,001 * 58 = 0,058 \text{ м} \quad (2.3)$$

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

Просторове відхилення для заготовки:

$$\rho_0 = \sqrt{\rho^2 + \rho_{\text{кор}}^2} = \sqrt{0,045^2 + 0,058^2} = 0,073 \text{ мм}. \quad (2.4)$$

Сумарні і просторові відхилення після оброблення визначаємо за

формулою:

$$\rho_i = K_y * \rho_0 \quad (2.5)$$

Де: K_y - коефіцієнт уточнення;

Просторові відхилення при чорновому розточуванні:

$$\rho_1 = K_y * \rho_0 = 0,06 * 0,073 = 0,00438 \text{ мм}; \quad (2.6)$$

K_y - коефіцієнт уточнення для чорної оброблення = 0,06 мкм;

Просторові відхилення після чистового розточування:

$$\rho_3 = K_y * \rho_2 = 0,02 * 0,073 = 0,00146 \text{ мм}; \quad (2.7)$$

$K_y = 0,02$.

Визначаємо похибку установки:

$$\varepsilon_i = \sqrt{\varepsilon^2 + \varepsilon^2} \quad (2.8)$$

Де

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

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

$$\varepsilon_i = \sqrt{\varepsilon^2 + \varepsilon_\delta^2} = \sqrt{0 + 0,02^2} = 0,02 \text{ мм} \quad (2.9)$$

Розрахуємо мінімальні припуски на оброблення:

$$Z_{1min} = R_{z0} + T_0 + \sqrt{\rho_0^2 + \varepsilon_0^2} = 0,05 + 0,05 + \sqrt{0,00438^2 + 0,02^2} = 0,12 \quad (2.10)$$

$$2Z_{1min} = 0,24 \text{ мм} \quad (2.11)$$

$$Z_{2min} = R_{z1} + T_1 + \sqrt{\rho_1^2 + \varepsilon_1^2} = 0,019 + 0,01 + \sqrt{0,00146^2 + 0,02^2} = 0,049 \quad (2.12)$$

$$2Z_{2min} = 0,098 \text{ мм} \quad (2.13)$$

Розрахуємо максимальні припуски на оброблення:

$$Z_{1max} = Z_{1min} + \frac{Td_0 - Td_1}{2} = 0,12 + \frac{0,62 - 0,3}{2} = 0,28 \text{ мм} \quad (2.14)$$

$$2 \cdot Z_{1max} = 0,56 \text{ мм} \quad (2.15)$$

$$Z_{2max} = Z_{2min} + \frac{Td_1 - Td_2}{2} = 0,049 + \frac{0,3 - 0,12}{2} = 0,139 \text{ мм} \quad (2.16)$$

$$2 \cdot Z_{2max} = 0,278 \text{ мм} \quad (2.18)$$

Розрахунковий максимальний розмір:

$$d_{2max} = D + Td_2 \rightarrow 58 + 0.12 = 58.12 \text{ мм} \quad (2.19)$$

$$d_{1max} = d_{2max} - 2 \cdot z_{2max} \rightarrow 58,12 - 0,278 = 57,842 \text{ мм} \quad (2.20)$$

Таблиця 2.6. Таблиця припусків на механічну оброблення розміру $\varnothing 58H10$

Маршрут оброблення поверхні	Елементи припуску				Розрахунковий припуск	Допуск T, мм	Між операційні розміри, мм		Межові значення припусків, мм	
	Rz, мм	T, мм	ρ , мм	ϵ , мм			dmin	dmax	2Zimin	2Zimax
Заготовка	0,1	0,1	0,05	-	-	0,62	56,362	56,982	-	-
Чистове	0,05	0,05	0,00438	0,02	0,24	0,3	57,542	57,842	0,12	0,56
Чорнове	0,019	0,01	0,00146	0,02	0,098	0,12	58	58,12	0,098	0,278

$$z_{0max} = z_{1max} + z_{2max} \rightarrow 0.28 + 0.139 = 0.419 \text{ мм} \quad (2.21)$$

$$2 \cdot z_{0max} = 0,838 \text{ мм} \quad (2.22)$$

$$z_{0min} = z_{1min} + z_{2min} \rightarrow 0.24 + 0.098 = 0,338 \text{ мм} \quad (2.23)$$

$$2 \cdot z_{0min} = 0,676 \text{ мм} \quad (2.24)$$

Перевірка правильності розрахунків:

$$Td_0 = Td_3 \quad 2 \cdot z_{0max} - 2 \cdot z_{0min}; \quad (2.25)$$

$$Td_0 - Td_2 \rightarrow 0.620 - 0.12 = 0,5 \text{ мм} \quad (2.26)$$

$$2 \cdot z_{0max} - 2 \cdot z_{0min} \rightarrow 0,838 - 0,676 = 0,152 \text{ мм} \quad (2.25)$$

Умова виконується, тому остаточно приймаємо припуск на сторону на оброблення отвору рівним $2 \cdot z_0 = 1 \text{ мм}$.

Розрахунок припуску для отримання площини

15h14 -0,43 (Ra 5) Маршрут оброблення даної

поверхні відбувається в 1 перехід (рис.2.9.2):

Фрезерування чорнове h12 Ra = 5 мкм;

Поля допусків:

- заготовка $Ta_0 = 1 \text{ мм}$;

- чорнове фрезерування Ta_1

= 0.43 мм; Поля допусків

представлені в таблиці

Таблиця 2.7. Поля допусків при обробленні мм
площини 15h14 -0,43 (Ra 5)

Заготовка	$Td0 = 0,62$ мм
Чорнове фрезерування	$Td1 = 0,43$ мм

Після механічного оброблення дана поверхня деталі має наступні характеристики:

Таблиця 2.8. Характеристики поверхні після оброблення

Чорнове фрезерування	$R_{z1} = 0.05$ мм	$T_1 = 0.05$ мм
----------------------	--------------------	-----------------

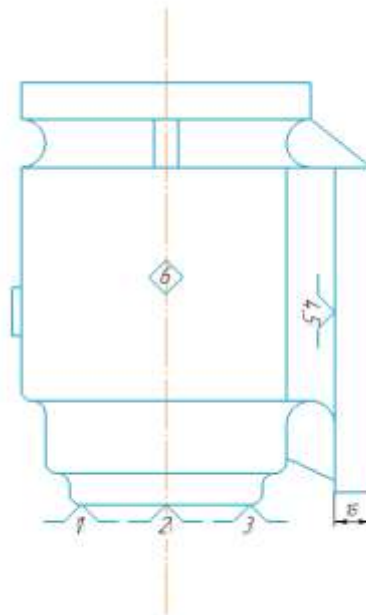


Рис. 2.7 – Поверхня 1

Точність і якість поверхонь:

- для заготовки

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

Якість поверхонь після механічного оброблення:

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

Для визначення припусків будемо використовувати формулу:

$$Z_{imin} = R_{zi-1} + T_{i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i \quad (2.26)$$

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

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

ρ_i - сумарні відхилення розташування поверхні;

ε_i - похибка установки заготовки на виконуваному переході.

Сумарні просторові відхилення:

$$\rho_3 = \rho_{\text{кор}} \quad (2.27)$$

$$\rho_{\text{кор}} = (\Delta_k l) = (0,7 * 135) = 0,095 \text{ мм} \quad (2.28)$$

Де: $\Delta_k = 0,7$ мкм/мм - величина питомого жолоблення

l – довжина оброблюваної площини

Просторове відхилення для заготовки:

$$\rho_3 = 0,095 \text{ мм} \quad (2.29)$$

Сумарні і просторові відхилення після оброблення визначаємо за формулою:

$$\rho_i = K_y * \rho_0 \quad (2.30)$$

Де: K_y - коефіцієнт уточнення;

Просторові відхилення при чорновому фрезеруванні:

$$\rho_1 = K_y * \rho_0 = 0,06 * 0,095 = 0,0057 \text{ мм} \quad (2.31)$$

K_y - коефіцієнт уточнення для чорнової оброблення

= 0,06 мкм; Визначаємо похибку установки:

$$\varepsilon_i = \sqrt{\varepsilon^2 + \varepsilon^2 \delta} \quad (2.32)$$

Де

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

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

$$\varepsilon_i = \sqrt{\varepsilon^2 + \varepsilon^2 \delta} = \sqrt{0 + 0,02^2} = 0,02 \text{ мм} \quad (2.33)$$

Розрахуємо мінімальні припуски на оброблення:

$$Z_{1\text{min}} = (R_{z0} + T_0 + \rho_0 + \varepsilon_0) = (0,1 + 0,1 + 0,095 + 0,02) = 0,315 \text{ мм} \quad (2.34)$$

$$Z_{2\text{min}} = (R_{z1} + T_1 + \rho_1 + \varepsilon_1) = (0,05 + 0,05 + 0,0057 + 0,02) = 0,1257 \text{ мм} \quad (2.35)$$

Розрахуємо максимальні припуски на оброблення:

$$z_{1\text{max}} = z_{1\text{min}} + T_{a0} - T_{a1} = 0,315 + 1 - 0,43 = 0,885 \text{ мм} \quad (2.36)$$

Розрахунковий максимальний та мінімальний розмір:

$$a_{0\text{min}} = a_{1\text{min}} + z_{\text{min}1} = 15,026 + 0,315 = 15,341 \text{ мм}; \quad (2.37)$$

$$a_{1\text{min}} = a_{2\text{min}} + z_{\text{min}2} = 14,9 + 0,126 = 15,026 \text{ мм} \quad (2.38)$$

$$a_{0\text{max}} = a_{\text{min}0} + T_0 = 15,341 + 1 = 16,341 \text{ мм} \quad (2.39)$$

$$a_{1\text{max}} = a_{\text{min}1} + T_1 = 15,026 + 0,43 = 15,456 \text{ мм} \quad (2.40)$$

Таблиця 2.9. Таблиця припусків на механічне оброблення розміру 15h14

Маршрут оброблення поверхні	Елементи припуску				Розрахунковий припуск	Допуск T, мм	Між операційні розміри, мм		Межові значення припусків, мм	
	Rz, мм	T, мм	ρ, мм	ε, мм			a _{min}	a _{max}	Z _{imin}	Z _{imax}
Заготовка	0,1	0,1	0,095	-	-	1	15.341	16.341	-	-
Фрезерування чорнове	0,05	0,05	0,0057	0,02	0,315	0,43	15.026	15.456	0,315	0,885

Загальні припуски:

$$Z_{0max} = Z_{1max} = 0,885 \text{ мм} \quad (2.40)$$

$$Z_{0min} = Z_{1min} = 0,315 \text{ мм} \quad (2.41)$$

Перевірка правильності розрахунків:

$$T_{a_0} - T_{a_3} = Z_{0max} - Z_{0min}; \quad (2.42)$$

$$T_{a_0} - T_{a_3} = 1 - 0,43 = 0,57 \text{ мм} \quad (2.43)$$

$$Z_{0max} - Z_{0min} = 0,57 \quad (2.44)$$

Умова виконується, тому остаточно приймаємо припуск на оброблення площини рівним $z_0 = 1,43$ мм.

2.8.2. Визначення припусків аналоговими методами

Аналоговий метод використовується частіше на виробництві, ніж розрахунковий, тому що дані для нього були отримані шляхом проб та помилок. Тому є сенс їм користуватися при розрахунку припусків. Результати розрахунків припусків аналоговим методом представлений в таблиці 10

Таблиця 2.10. Розрахунок припусків аналоговим методом

Номер переходу	Назва переходу	Припуск, мм
Операція 005. Горизонтально-фрезерна		
01	Фрезерувати начорно	1,43
02	Центрувати	-
03	Сверлити	-
04	Зенкерувати	0,15
05	Розвернути	0,05
Операція 010. Вертикально-фрезерна		
06	Зенкерувати	0,15
Операція 015. Горизонтально-фрезерна		
07	Фрезерувати начорно	1,5

08	Центрувати	-
09	Сверлити	-
10	Нарізати різбу	0,5
11	Розточити начорно	1
12	Розточити начорно	1
13	Розточити начорно	1
14	Розточити начорно	1
15	Розточити начисто	0,75
16	Розточити начисто	0,75
17	Розточити начисто	0,75
18	Розточити начисто	0,75
19	Розточити тонко	0,25

2.9. Визначення режимів різання

2.9.1 Визначення режимів різання розрахунково-аналітичним методом

005 Перехід 05 чистове розвертання. D = 16

Горизонтально-фрезерний верстат з ЧПК,

Пристосування – спеціальне;

Інструмент – Розгортка Ø16 мм;

Глибина різання $t = 0,1$ мм;

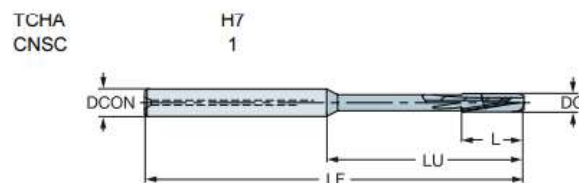
Подача $S = 0,5$ мм/об

Інструмент – Розвертка 835.T-1600-A1-PF Ø16 мм (рис.8)

Цельные твердосплавные развёртки CoroReamer™ 835

Со спиральными стружечными канавками

Для обработки сквозных отверстий



16.00 .630 102.00 4.016 16 835.T-1600-A1-PF | ☆ | ☆ | 16.00 .630 150.00 5.906 32.50 1.280 25.00 984 147.60 5.811 0.3 .012 15.80 .622 20 290 COROMANT

Рис. 8 – Ескіз розвертки 835.T-1600-A1-PF

Швидкість різання:

$$V = \frac{C_v D^q}{T m_{sy} t^x} K_v \quad (2.45)$$

Значення коефіцієнта C_V та показників ступеня обираємо по табл. 29 с.279 [3], а період стійкості T по табл. 30 с.279 [3];

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

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

$$K_v = K_{mv}K_{iv}K_{lv}K_{pv} \quad (2.46)$$

Де:

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

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

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

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

$$K_v = K_{mv}K_{iv}K_{lv}K_{pv} = 0,84 * 0,83 * 1 * 0,8 = 0,56; \quad (2.47)$$

$$V = \frac{C_V D^q}{T^m S^y t^x} K_v = \frac{105 * 16^{0,4}}{100^{0,4} * 0,5^{0,45} * 0,1^{0,15}} * 0,56 = 54,5 \frac{\text{м}}{\text{хв}} \quad (2.48)$$

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

$$M_{\text{кр}} = 10 C_M D^q S^y t^x K_p \quad (2.49)$$

$$P_O = 10 C_p t^x S^y K_p \quad (2.50)$$

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

$$C_M = 0.196; q = 0.85; x = 0,8; y = 0,7;$$

$$C_p = 46; x = 1; y = 0,4;$$

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

$$K_p = K_{mp};$$

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

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

$$M_{\text{кр}} = 10 C_M D^q S^y t^x K_p = 10 * 0.196 * 16^{0.85} * 0,5^{0.7} * 0,1^1 * 0.834^{0.8} * 1.08 = 5 \text{ Н * м} \quad (2.51)$$

$$P_O = 10 C_p t^x S^y K_p = 10 * 46 * 0.834^1 * 0,1^1 * 0,5^{0.4} * 1.08 = 35 \text{ Н} \quad (2.52)$$

Де частота обертів інструмента чи заготовки, об/хв,

$$n = \frac{1000v}{\pi D} = \frac{1000 * 54.5}{3.14 * 16} = 1085 \frac{\text{об}}{\text{хв}} \quad (2.53)$$

Приймаємо $n=1100$ об/хв;

Потужність різання:

$$N_e = \frac{M_{кр} n}{9750} = \frac{5 * 1100}{9750} = 0,56 \text{ кВт.} \quad (2.54)$$

005. Перехід 01 чорнове фрезерування

Інструмент – Торцева фреза CoroMill 745 Ø80 мм; (рис.9)

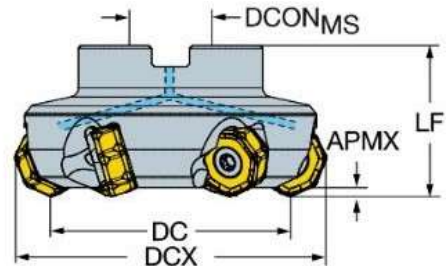


Рис. 9 - Ескіз торцевої фрези CoroMill 745 Ø80 мм.

Глибина фрезерування $t = 0,5$ мм;

Ширина фрезерування $B = 63$ мм;

Подача:

$$S_M = S_n = S_z z n \quad (2.55)$$

Де n – частота обертів

фрези, об/хв; Z – к-сть

зубів фрези;

S_z – подача на один зуб;

$S_z = 0,25$ мм/об табл. 33 с.283 [3];

Швидкість різання:

$$V = \frac{C_v * D^q}{T^{m*} t^x * S_z^y * B^u * Z^p} K_v \quad (2.56)$$

Значення коефіцієнта C_v та показників степені наведені в табл. 39 [14], а період стійкості T в табл. 40 [14].

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

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

$$K_v = K_{mv} K_{nv} K_{iv} \quad (2.57)$$

Де:

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

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

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

$$K_v = K_{mv} K_{nv} K_{iv} = 0,84 * 0,8 * 1,15 = 0,77 \quad (2.58)$$

$$V = \frac{C_v * D^q}{T^m * t^x * S_z^y * B^u * Z^p} K_v = \frac{234 * 80^{0.44}}{80^{0.37} * 0.5^{0.24} * 0.25^{0.26} * 63^{0.1} * 8^{0.13}} * 0.77 = 204.95 \frac{\text{мм}}{\text{хв}} \quad (2.59)$$

Сила різання:

$$P_z = \frac{10 C_p t^x B^1 S_z^y Z}{D^q n^w} K_{mp} \quad (2.60)$$

Де z – число зубів фрези;

n – частота обертів фрези об/хв;

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

$$C_p = 30; x = 0.83; y = 0.65; u = 1; q = 0.83; w = 0; K_{mp} = 1,05 \quad (2.61)$$

$$n = \frac{1000v}{\pi D} = \frac{1000 * 204.95}{3.14 * 80} = 815 \frac{\text{об}}{\text{хв}} \quad (2.62)$$

Приймаємо $n = 815 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$

$$P_z = \frac{10 C_p t^x B^1 S_z^y Z}{D^q n^w} K_{mp} = \frac{10 * 30 * 0,5^{0,83} * 63^1 * 0,25^{0,65} * 9}{80^{0,83} * 850^0} = 1212 \text{ Н} \quad (2.63)$$

Крутний момент:

$$M_{кр} = \frac{P_z * D}{2 * 100} = \frac{1212 * 80}{2 * 100} = 484,8 \text{ Н} \quad (2.64)$$

Потужність різання:

$$N_B = \frac{P_z * V}{1020 * 60} = \frac{1212 * 204,5}{1020 * 60} = 4,05 \text{ кВт} \quad (2.65)$$

Табл. 2.11. 005 Перехід 05 чистове розвертання D = 16.

t, мм	S ₀ , мм/об	V, м/хв	n, об/хв
0,1	0,5	54,5	1100

Табл. 2.12. 005 Перехід 01 чистове розвертання D = 16

t, мм	S ₀ , мм/об	V, м/хв	n, об/хв
0,5	6,4	204,5	850

2.9.2. Визначення режимів різання аналоговими методами

Таблиця 12. Розрахунок режимів різання аналоговим методом (coroplus tool guide).

Номер переходу	Назва переходу	t, мм	S ₀ , мм/об	V, м/хв	n, об/хв	T, с
Операція 005. Горизонтально-фрезерна						
01	Фрезерувати начорно	1,5	4.8	205	816	49
02	Центрувати	1	0.08	20	3183	8,4
03	Сверлити	2.5	0.09	49	3119	15,4
04	Зенкерувати	0.9	0.08	234	3760	11
05	Розвернути	0,05	1,8	150	2390	1
Операція 010. Вертикально-фрезерна						
06	Зенкерувати	0.9	0.08	234	3760	11
Операція 015. Горизонтально-фрезерна						
07	Фрезерувати начорно	1,5	4.8	205	816	36
08	Центрувати	1	0.08	20	3183	8,4
09	Сверлити	2.5	0.09	49	3119	15,4
10	Нарізати різбу	0,25	0,5	57	6030	4
11	Розточити начорно	1	0,4	197	1160	16
12	Розточити начорно	1	0.4	220	1670	13,6
13	Розточити начорно	1	0.4	2	1802	16,6
14	Розточити начорно	1	0.4	205	1342	14
15	Розточити начисто	0.75	0.09	260	1905	34
16	Розточити начисто	0.75	0.09	260	2100	36
17	Розточити начисто	0.75	0.09	260	1500	41
18	Розточити начисто	0,5	0,1	260	1720	39
19	Розточити тонко	0,1	0,1	260	1480	50

3. Конструкторський розділ

3.1. Розрахунок необхідної сили затиску заготовки Q

Для операції 005

Максимальну небезпеку при виконанні операції 005 є вирив деталі у горизонтальному напрямі. Найбільша ця небезпека виявляється вже при першому переході, а саме при чорновому фрезеруванні, через що робимо розрахунок сили закріплення відштовхуючись від сили різання, яка виникає на даному переході.

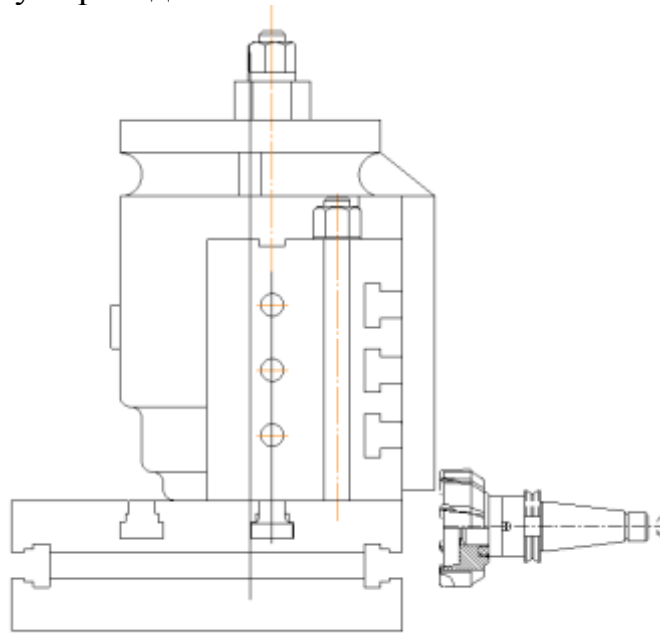


Рис. 3.1 - Схема оброблення на переході 01 операції 005. Для розрахунку сили закріплення при торцевому фрезеруванні необхідно нанести сили, які діють на заготовку під час оброблення. На заготовку діють сила різання P , яку розкладаємо по трьом осям на P_X , P_Y , P_Z

Сила закріплення Q заготовки:

$$Q = k \cdot Q_1 , \quad (3.1)$$

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

Для розрахунку сили закріплення складемо рівняння рівноваги:

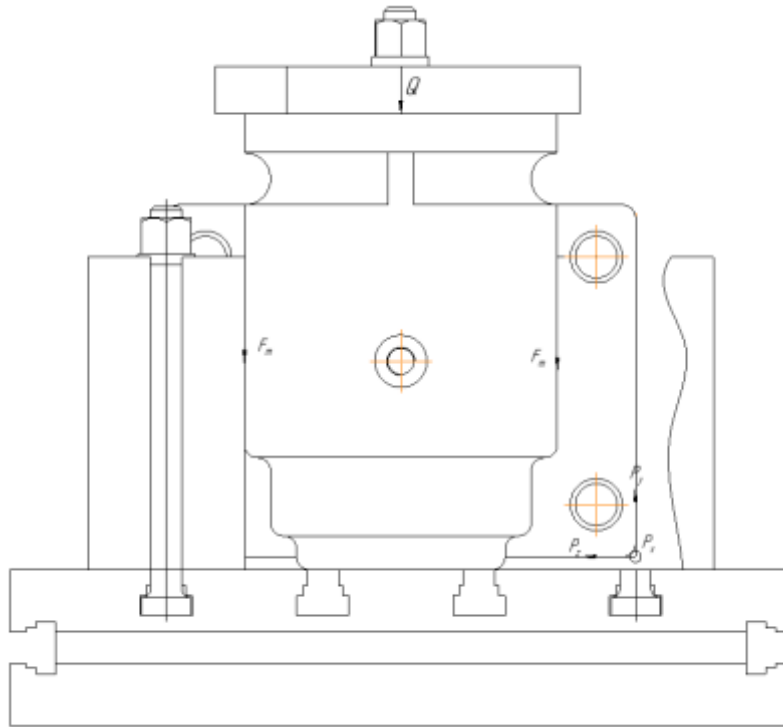


Рис. 3.2 – Сили які діють на заготовку на операції 005 при торцевому фрезеруванні

$$\sum F_y = 0 = -2Q_1 - 2 F_m + P_y$$

$$F_m = f \cdot Q_1$$

$$P_y = 0.4 \cdot P_z$$

$$Q_1 = \frac{0.4 \cdot P_z}{2 - 2 \cdot f} = \frac{0.4 \cdot 1212}{2 - 2 \cdot 0.16} = 404 \text{ H}$$

Коефіцієнт k розраховуємо наступним чином:

$$k = k_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6, \quad (3.2)$$

де k_0 - коефіцієнт гарантованого запасу $k_0 = 1,5$.

k_1 - коефіцієнт, який враховує нерівномірну силу різання, яка виникає внаслідок нерівномірного розподілу припуску на оброблювану поверхню $k_1 = 1,5$.

k_2 - коефіцієнт, який враховує приріст сили різання, який виникає внаслідок затуплення інструменту $k_2 = 1,6$.

k_3 - коефіцієнт, який враховує можливість виникнення переривчастого різання $k_3 = 1,2$.

k_4 - коефіцієнт, який враховує тип приводу затискного пристрою $k_4 = 1,3$.

k_5 - коефіцієнт, який враховує зручність розташування рукояток $k_5 = 1$.

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

$$k = 5.616$$

$$Q = 5.616 \cdot 404 = 2268.8 \text{ Н}$$

Приймаємо $Q = 2270 \text{ Н}$

Для операції 015

Максимальну небезпеку при виконанні операції 005 є вирив деталі у горизонтальному напрямі. Найбільша ця небезпека виявляється вже при першому переході, а саме при чорновому фрезеруванні, через що робимо розрахунок сили закріплення відштовхуючись від сили різання, яка виникає на даному переході.

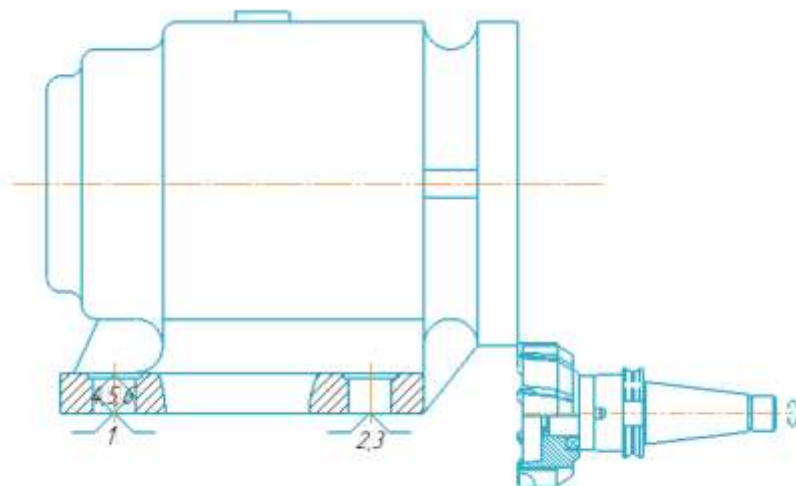


Рис. 3.3 - Схема оброблення на першому переході операції 015.

Для розрахунку сили закріплення при торцевому фрезеруванні необхідно нанести сили, які діють на заготовку під час оброблення. На заготовку діють сила різання P , яку розкладаємо по трьом осям на P_X , P_Y , P_Z

Сила закріплення Q заготовки:

$$Q = k \cdot \sqrt{Q_1^2 + Q_2^2}, \quad (3.3)$$

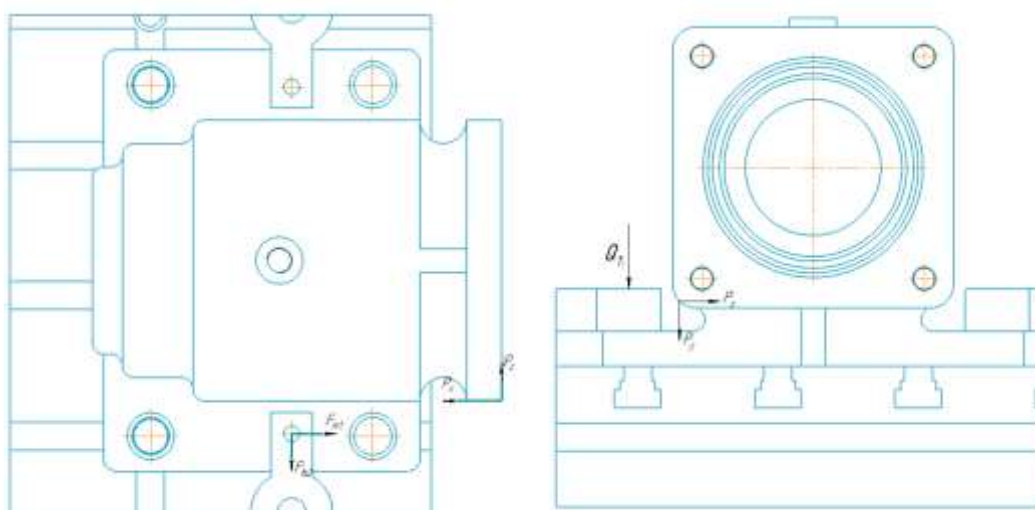


Рис. 3.4 – Сили які діють на заготовку на операції 015 при торцевому

$$\text{фрезеруванні} \\ \sum F_x = 0 = F_{m1} - P_x \quad (3.4)$$

$$\sum F_z = 0 = F_{m2} - P_z \quad (3.5)$$

$$P_x = 0,3P_z \quad (3.6)$$

Коефіцієнт тертя $f=0.16$

$$k = k_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6 \quad (3.7)$$

де k_0 - коефіцієнт гарантованого запасу $k_0 = 1,5$.

k_1 - коефіцієнт, який враховує нерівномірну силу різання, яка виникає внаслідок нерівномірного розподілу припуску на оброблювану поверхню $k_1 = 1,0$.

k_2 - коефіцієнт, який враховує приріст сили різання, який виникає внаслідок затуплення інструменту $k_2 = 1,2$.

k_3 - коефіцієнт, який враховує можливість виникнення переривчастого різання $k_3 = 1,2$.

k_4 - коефіцієнт, який враховує тип приводу затискного пристрою $k_4 = 1,3$.

k_5 - коефіцієнт, який враховує зручність розташування рукояток $k_5 = 1$.

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

$$k = 2.808$$

$$F_{m1} = f \cdot Q_1 \quad F_{m2} = f \cdot Q_2$$

$$Q_1 = \frac{0.3 \cdot P_z}{f} = \frac{0.3 \cdot 1212}{0.16} = 2272.5 \text{ Н} \quad (3.8)$$

$$Q_2 = \frac{P_z}{f} = \frac{1212}{0.16} = 7575 \text{ Н} \quad (3.9)$$

$$Q = 2.808 \sqrt{2272.5^2 + 7575^2} = 22143 \text{ Н} \quad (3.10)$$

Приймаємо $Q = 22150 \text{ Н}$

3.2. Розрахунок силових механізмів пристроїв

Розрахунок сили затиску W для операції 005.

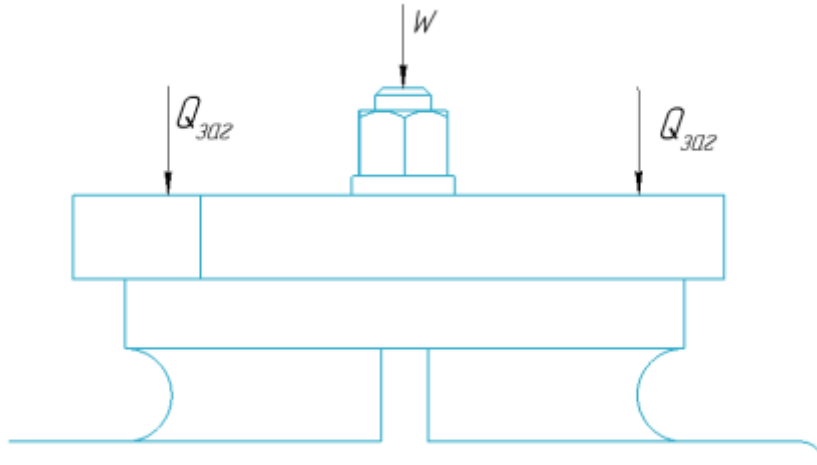


Рис.3.5 Схема закріплення для операції 005

Сила затиску W в даному випадку закріплення розраховується за формулою:

$$W = \frac{1}{i} Q \quad (3.11)$$

де i – передаточне число механізму. В даному випадку $i = 0,5$, сила затиску $Q = 2270 \text{ Н}$, звідки

$$W = \frac{2270}{0.5} = 4540 \text{ Н} \quad (3.12)$$

Розрахунок сили затиску W для операції 015.

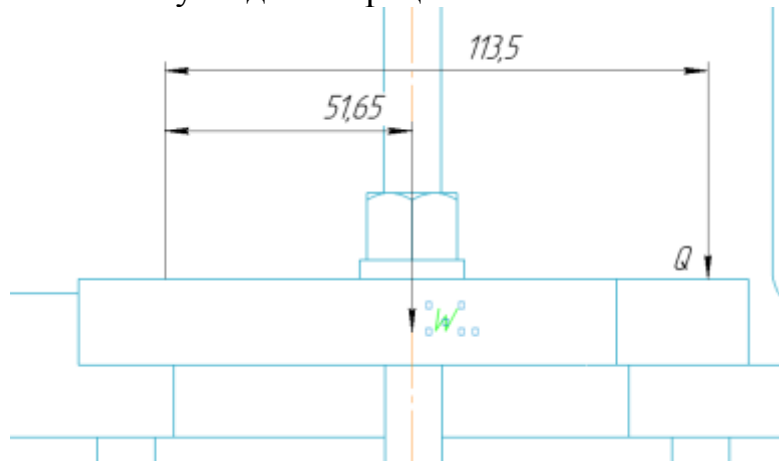


Рис.3.6 Схема закріплення для операції 015

$$W_1 = \frac{51.65 * Q}{113.5} = \frac{51.65 * 22143}{113.5} = 10076 \text{ Н}$$

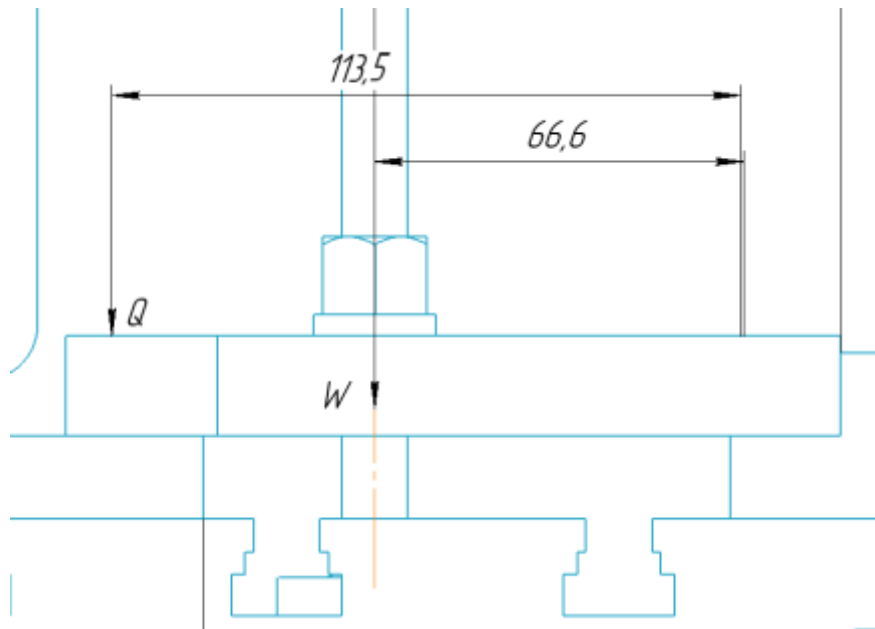


Рис.3.7. Схема закріплення для операції 015

$$W_2 = \frac{66.6 * Q}{113.5} = \frac{66.6 * 22143}{113.5} = 12993 \text{ Н}$$

Далі виникає необхідність в розрахунку сили, яку має прикласти робітник, для закріплення деталі. Розрахунок ведеться за формулою:

$$P_{\text{роб}} = \frac{W * d_{\text{ср}} * \tan(\varphi + \psi) * M_{\text{тер}}}{2l} \quad (3.13)$$

Де

W – сила зажиму, $W = 4540 \text{ Н}$; $d_{\text{ср}}$ – середній діаметр різьби гвинта, $d_{\text{ср}} = 11.188 \text{ мм}$; l – довжина гаєчного ключа робітника, $l = 250 \text{ мм}$; ψ – кут підйому спіралі ($2-3^\circ$); φ – кут тертя різьбового профілю, $\varphi = 17.7^\circ$; $M_{\text{ТР}}$ – момент тертя. $M_{\text{тер}} = 215$.

$$P_{\text{роб}} = \frac{W * d_{\text{ср}} * \tan(\varphi + \psi) * M_{\text{тер}}}{2l} = \frac{4540 * 11.188 * \tan(3 + 17.7) + 150}{2 * 250} = 38.7 \text{ Н}$$

4. ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ

4.1 Розрахунок собівартості річного випуску

Заробітна плата основних робітників, $Z_{осн}$, грн., розраховується за формулою:

$$Z_{осн} = \frac{t_{шк} \cdot C_{год} \cdot N_{вип}}{60} \quad (4.1)$$

де $C_{год}$ – годинна тарифна ставка, грн./год;

$T_{шк}$ – штучно-калькуляційний час, хв;

$N_{вип}$ – річний випуск, шт.

$$Z_{осн} = \frac{15,6 \cdot 143,32 \cdot 4000}{60} = 149052,8 \text{ грн.}$$

Розрахунок заробітної плати надається в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1. Розрахунок заробітної плати

№ операції	Штучно калькуляційний час $T_{шк}$, хв	Розряд робітника	Годинна тарифна ставка $C_{год}$, грн./год.	Заробітна плата $Z_{осн}$, грн..
005	1,4	3	150,0	3,5
010	1,8	3	150,0	4,5
015	5,4	3	150,0	13,5
020	2	5	133,3	4,4
035	5	5	133,3	11
Разом	15,6		143,32	36,9

Додаткова заробітна плата основних виробничих робітників, $Z_{дод}$, грн., розраховується за формулою:

$$Z_{дод} = Z_{осн} \cdot K_{дод}, \quad (4.2)$$

де $K_{дод}$ – коефіцієнт додаткової заробітної плати(0,5).

$$Z_{\text{дод}} = 149052,8 \cdot 0,5 = 74526,4 \text{ грн.}$$

Витрати на єдиний соціальний внесок, ЄСВ, грн., визначається за формулою

$$\text{ЄСВ} = (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{дод}}) \cdot K_{\text{ЄСВ}}, \quad (4.3)$$

де $K_{\text{ЄСВ}}$ – коефіцієнт єдиного соціального внеску.

$$\text{ЄСВ} = (149052,8 + 74526,4) \cdot 0,22 = 49187,4 \text{ грн.}$$

Вартість сировини і матеріалів, $V_{\text{м}}$, грн., розраховується за формулою

$$V_{\text{м}} = (m_{\text{заг}} \cdot C_{\text{мат}}) \cdot (1 + K_{\text{тр}}) \cdot N_{\text{вип}} \quad (4.4)$$

де $m_{\text{заг}}$ – маса заготовки, кг;

$C_{\text{мат}}$ – ціна одного кг. матеріалу заготовки, грн.;

$K_{\text{тр}}$ – коефіцієнт який враховує витрати на транспортування матеріалу від постачальника до виробника, складає 0,02.

$$V_{\text{м}} = (8,2 \cdot 4,5) \cdot (1 + 0,02) \cdot 4000 = 150552 \text{ грн.}$$

Витрати на електроенергію на технологічні цілі, $V_{\text{ел}}$, грн., розраховується за формулою

$$V_{\text{ел}} = W_{\text{е}} \cdot F_{\text{еф}} \cdot C_{\text{ел}} \cdot K_{\text{зм}} \cdot K_{\text{з}}$$

де $W_{\text{е}}$ – загальна потужність верстатів, кВт-год.;

$F_{\text{еф}}$ – ефективний фонд часу роботи обладнання. год.;

$C_{\text{ен}}$ – ціна 1 кВт/год. електроенергії, грн. (5,29);

$K_{\text{зм}}$ – кількість змін;

$K_{\text{з}}$ – коефіцієнт завантаження обладнання.

$$V_{\text{ел}} = 39,95 \cdot 8760 \cdot 5,29 \cdot 3 \cdot 0,95 = 5276202,1 \text{ грн.}$$

Амортизація основних фондів, A , грн., розраховується за формулою

$$A = \frac{N_{\text{а}} \cdot V_{\text{ел}}}{100}$$

де $N_{\text{а}}$ – річна норма амортизації, приймається 15%.

$$A = \frac{15 \cdot 5276202,1}{100} = 791430,32 \text{ грн.}$$

Розрахунок собівартості річного випуску надається у таблиці 4.2.

Таблиця 4.2. Собівартість річного випуску

Найменування статей	Сума, грн.
Сировина і матеріали	150552
Паливо та енергія на технологічні цілі	5276202,1
Основна заробітна плата основних робітників	149052,8
Додаткова заробітна плата виробників	74526,4
Єдиний соціальний внесок	49187,4
Амортизація	791430,32
Разом	6490949
Собівартість однієї деталі	1622,7

5. СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Фролов В. К. Спосіб оброблення заготовок на вертикальному багатоцільовому верстаті з ЧПК : заявка на корисну модель, Україна, МПК В23Q 15/22, В23Q 17/22 / В. К. Фролов, Д. К. Шуплецов, В. Ю. Пилипюк, К. Ю. Реқун, М. М. Гладський, В. В. Медведєв. – № u201911980 ; заявл. 17.12.19. Висновок про видачу деклараційного патенту від 06.04.2020.
2. Фролов В. К. Спосіб оброблення заготовок на горизонтальному багатоцільовому чотирьохосьовому верстаті з ЧПК : заявка на корисну модель, Україна, МПК В23Q 15/22, В23Q 17/22 / В. К. Фролов, Д. К. Шуплецов, В. Ю. Пилипюк, К. Ю. Реқун, М. М. Гладський, В. В. Медведєв, О. О. Фролова, К. С. Барандич. – № u202000152 ; заявл. 09.01.20. Висновок про видачу деклараційного патенту від 09.04.2020.
3. Фролов В. К. Система контролю розташування заготовок на верстаті з ЧПК фрезерної групи : заявка на корисну модель, Україна, МПК В23Q 15/22, В23Q 17/22 / В. К. Фролов, В. Ю. Пилипюк, М. М. Гладський, Д. К. Шуплецов, В. В. Медведєв, К. С. Барандич, Ю. В. Лашина. – № u202000859 ; заявл. 11.02.20.
4. Фролов В. К. Спосіб оброблення асиметричних заготовок на токарному багатоцільовому верстаті з Y-віссю : заявка на корисну модель, Україна, МПК В23Q 15/22, В23Q 17/22 / В. К. Фролов, Д. К. Шуплецов, В. Ю. Пилипюк, М. М. Гладський, В. В. Медведєв, К. С. Барандич. – № u202000352 ; заявл. 21.01.20. Висновок про видачу деклараційного патенту від 14.04.2020.
7. Фролов В. К. Спосіб оброблення заготовок із закритими конструктивними елементами на токарному багатоцільовому верстаті з Y-віссю : заявка на корисну модель, Україна, МПК В23Q 15/22, В23Q 17/22 / В. К. Фролов, Д. К. Шуплецов, В. Ю. Пилипюк, М. М. Гладський, В. В. Медведєв, К. С. Барандич. – № u202000470 ; заявл. 27.01.20. Висновок про видачу деклараційного патенту від 16.04.2020.
8. Фролов В. К. Система орієнтації заготовок на токарно-фрезерному верстаті з ЧПК : заявка на корисну модель, Україна, МПК В23Q 15/22, В23Q 17/22 / В. К. Фролов, В. Ю. Пилипюк, М. М. Гладський, Д. К. Шуплецов, В. В. Медведєв, К. С. Барандич, Ю. В. Лашина. – № u20201111 ; заявл. 20.02.20.
9. Renishaw. Контактні вимірювальні системи для верстатів з ЧПУ. – 56 с.
10. Пилипюк В. Ю. Комп'ютерна програма «Virtual Datum Reference (VDR)» : заявка на реєстрацію авторського права на твір 99093, Міністерство економічного розвитку і торгівлі України / В. Ю. Пилипюк, В. К. Фролов ; заявл. 26.05.20.