

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Машинобудівний

(повне найменування факультету)

Технологія машинобудування

(повне найменування кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проекту (роботи)

перший (бакалаврський)

(ступінь вищої освіти)

на тему «Розроблення технологічного процесу виготовлення циліндричної втулки»

Виконав: студент(ка) IV курсу, групи Мз-113сп

Спеціальності 131 Прикладна механіка

(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)

Технології машинобудування

ТОНКИХ Т.М.

(ПРИЗВИЩЕ та ініціали)

Керівник ВИШНЕПОЛЬСЬКИЙ Є.В.

(ПРИЗВИЩЕ та ініціали)

Рецензент ШИРОКОБОКОВ В.В.

(ПРИЗВИЩЕ та ініціали)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

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
Сергій ДЯДЯ

«_____» _____ 20__ року

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

ТОНКИХ Тетяна Михайлівна

(ПРИЗВИЩЕ, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) Розроблення технологічного процесу виготовлення циліндричної втулки

керівник проєкту (роботи) к.т.н., доцент, ВИШНЕПОЛЬСЬКИЙ Євген Валерійович,
(науковий ступінь, вчене звання, ПРИЗВИЩЕ, ім'я, по батькові)

затверджені наказом закладу вищої освіти від «12» травня 20 26 року №233

2. Строк подання студентом проєкту (роботи) 1.06.2026 р.

3. Вихідні дані до проєкту (роботи) креслення деталі, програма випуску N=5000 шт.

4.

Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1 Технологічна частина, 2 Конструкторська частина, 3 Організаційна частина планування ділянки 4 Оцінка очікуваної економічної ефективності розробки, 5 Охорона праці

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, кількість слайдів, плакатів) Креслення деталі, заготовки, плакат моделей деталі і заготовок, маршрут виготовлення деталі, графічне зображення етапів підготовки управляючої програми та розрахунків на міцність, креслення робочого пристосування.

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	ПРИЗВИЩЕ, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання ви- дав	прийняв виконане завдання
1	ВИШНЕПОЛЬСЬКИЙ Є.В., доцент		
2	ВИШНЕПОЛЬСЬКИЙ Є.В., доцент		
3	ВИШНЕПОЛЬСЬКИЙ Є.В., доцент		
4	ПУХАЛЬСЬКА Г.В., доцент		
5	ВИШНЕПОЛЬСЬКИЙ Є.В., доцент		
Нормоконтроль	ДЯДЯ С.І., доцент		

7. Дата видачі завдання «01» березня 2026 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Срок виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Технологічна частина	19.05.2026	
2	Конструкторська частина	22.05.2026	
3	Розробка планування ділянки	25.05.2026	
4	Оцінка очікуваної економічної ефективності		
	розробки	27.05.2026	
5	Оформлення пояснювальної записки, креслень,		
	технологічних карт	29.05.2026	
6	Нормоконтроль і рецензія	30.05.2026	
7	Захист дипломного проекту	01.06.2026	

Студент(ка)

_____ Тетяна ТОНКИХ
(підпис) (Ім'я ПРИЗВИЩЕ)

Керівник проекту (роботи)

_____ Євген ВИШНЕПОЛЬСЬКИЙ
(підпис) (Ім'я ПРИЗВИЩЕ)

РЕФЕРАТ

ПЗ: 88с., 22 табл., 20 рис., 2 дод., 8 джерел.

ЗАГОТОВКА, РІЗЕЦЬ, РОЗРАХУНКОВО-ТЕХНОЛОГІЧНА КАРТА, ВЕРСТАТ, ЕСКІЗ, ОПЕРАЦІЯ, РОЗМІР, ОТВІР, ТОРЦЕВА ПОВЕРХНЯ, БЛОК, ПРИПУСК, РЕЖИМИ РІЗАННЯ, ІНСТРУМЕНТ, ДЕТАЛЬ, ВТУЛКА, ПРИСТОСУВАННЯ, НОРМИ ЧАСУ.

Об'єкт дослідження – циліндрична втулка.

Мета роботи – Розроблення технологічного процесу виготовлення циліндричної втулки

Методи дослідження - розрахунково-аналітичний.

В дипломному проєкті вдосконалено технологічний процес виготовлення втулки за рахунок використання сучасного продуктивного обладнання, розраховано режими різання, норми часу, розроблено операцію з ЧПК, спроєктовано робоче та запропановано контрольне пристосування, досліджено міцнісні характеристики деталі, виконано розрахунок щодо організаційних питань і кількості технологічного обладнання та робітників на дільниці, передбачено заходи щодо безпечної роботи персоналу

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА.....	7
1.1 Опис конструкції та службове призначення деталі.....	8
1.2 Матеріал деталі та його властивості.....	13
1.3 Визначення типу та форми організації виробництва	14
1.4 Аналіз способу та методу отримання заготовки.....	17
1.5 Вибір технологічних баз	18
1.6 Проектування плану обробки	18
1.6.1 Аналіз технологічності конструкції	18
1.6.2 Проектування МОП.....	2
1.6.3 Проектування маршрута обробки заготовки.....	23
1.6.4 Розрахунок межопераційних припусків і розмірів.....	26
1.7 Проектування операційної технології.....	31
1.7.1 Розрахунок і визначення режимів різання операцій ТП.....	31
1.7.2 Нормування операцій	40
1.7.3 Опис та розрахунок РТК КП.....	43
2 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА	47
2.1 Проектування токарного пристосування	47
2.1.1 Опис конструкції та принципа роботи	47
2.1.2 Розрахунок пристосування на точність	47
2.1.3 Розрахунок необхідного зусилля кріплення заготовки	50
2.2 Проектування контрольного пристосування	52
2.2.1 Опис конструкції та принципа роботи контрольного.....	52
пристосування.....	51
2.3 Розрахунок деталі на міцність	56

3 ОРГАНІЗАЦІЙНА ЧАСТИНА	59
3.1 Визначення кількості обладнання на ділянці та коефіцієнту завантаженості обладнання	59
3.2 Визначення чисельності робітників	62
4 ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ЗАСТОСУВАННЯ ТОКАРНОГО ПРИСТРОЮ	66
5 ОХОРОНА ПРАЦІ	70
Висновок.....	74
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ	75
ДОДАТОК А – Лістинг програми САПР ЧПК (операція 025).....	76
ДОДАТОК Б – Технологічні карти	77

ВСТУП

Підвищення експлуатаційних характеристик вільної турбіни авіаційних двигунів при одночасному забезпеченні ефективності їх серійного виробництва є одним із найважливіших завдань розвитку та конкурентоспроможності авіаційної промисловості в умовах переходу до ринкової економіки. Реалізація поставленого завдання супроводжується ускладненням конструкції виробу, підвищенням норм точності, оптимізацією запасу міцності деталей, застосуванням нових матеріалів, що в свою чергу вимагає пошуку технічних рішень, спрямованих на зниження собівартості виготовлення як деталей і вузлів, так і всього виробу в цілому. Необхідно також підвищувати надійність найбільш навантажених деталей, що дозволить підвищити надійність всього ротора. З метою зниження собівартості виготовлення деталей доцільно проводити автоматизацію окремих технологічних операцій та економічне обґрунтування прийнятих рішень.

Пріоритетними напрямками у вирішенні поставленого завдання також є:

- підвищення технологічності конструкції виробів, що створюються;
- розробка безвідходних та малоенергоємних технологій;
- застосування заготовок без припусків, у тому числі й складових;
- розробка та впровадження прогресивних методів обробки важкооброблюваних сталей та сплавів;
- використання високопродуктивного та точного обладнання;
- механізація ручної праці;
- автоматизація трудомісткого контролю.

З урахуванням викладеного було розроблено типовий технологічний процес виготовлення дисків та спроектовано цех, розрахований на серійне виробництво. Особливу увагу приділено питанням енергозбереження та охорони праці в цеху.

1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

1.1 Опис конструкції та службового призначення деталі

Двигун ТВЗ-117 (3 серії) має дві кінематичні не пов'язані між собою турбіни: турбіну компресора, що приводить у дію 12-ступеневий компресор, та вільну турбіну, що передає потужність до несучого гвинта через систему редукторів.

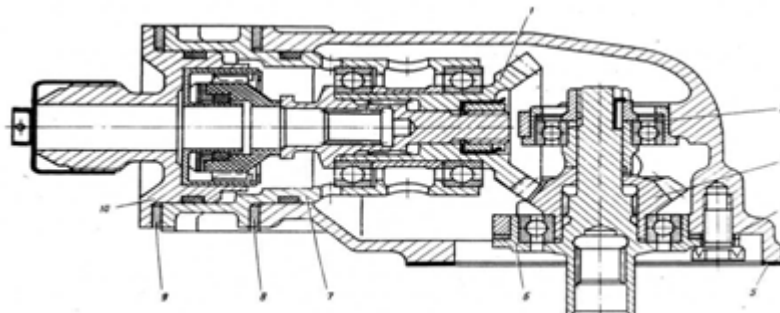
Обидві турбіни є механізмами, що перетворюють енергію газів у крутний момент. Турбіна є одним з основних вузлів двигуна, що визначає його ресурс та надійність роботи.

Вільна турбіна є двохступеневою осьовою машиною та призначена для створення крутного моменту на гвинті двигуна. Вільна турбіна складається із наступних вузлів:

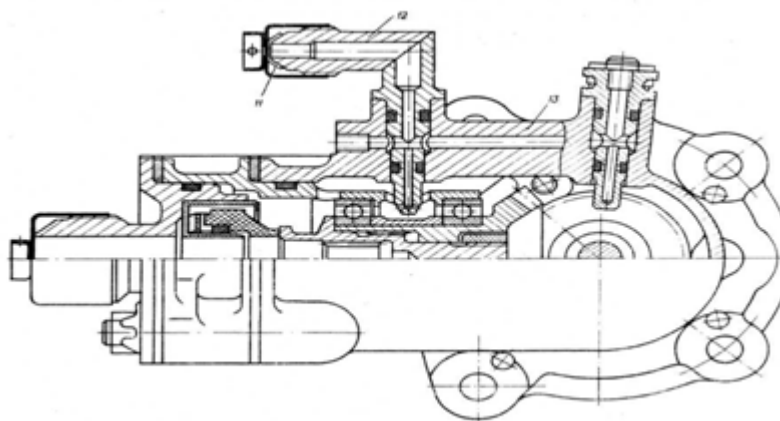
- корпус опори турбіни компресора;
- статор вільної турбіни;
- ротор вільної турбіни;
- четверта опора;
- п'ята опори;
- корпус опори вільної турбіни.

Деталь "Втулка циліндрична" встановлюється у привід регулятора обертання вільної турбіни двигуна ТВЗ-111 (3 серії), призначеного для передачі частоти обертання від вертикального гнучкого валика, що проходить з редуктора четвертої опори, до гнучкого валика, що пов'язаний з коробкою приводів. Привод являє собою редуктор, що складається з двох конічних прямозубих шестерен, змонтованих в окремому корпусі.

Втулка циліндрична 7 кріпиться до корпусу 13 (із титанового сплаву) на чотирьох шпильках та ущільнюється, як і переходник 10 за допомогою гумових ущільнювальних кілець.



а)



б)

1 - конічна шестерня; 2 - регулювочна шайба; 3 - конічна шестерня; 4 - регулювочна шайба; 5 - прокладка; 6 - втулка; 7 – втулка циліндрична; 8 - регулювочна шайба; 9 - регулювочна шайба; 10 - переходник; 11 - жиклер; 12 - штуцер підвода масла; 13 - корпус

Рисунок 1.1 - Привід регулятора частоти обертання вільної турбіни двигуна ТВЗ-117 3 серії (а - головний вид, б - вид зверху)

Основними виконавчими поверхнями деталі є зовнішній діаметр $\varnothing(38h6^{-0,016})$ та прилеглий до нього торець. Поверхні, за допомогою яких деталей приєднується до інших деталей, називають основними. До них висувають більш жорсткі вимоги. Для втулки основними поверхнями будуть: отвір $\varnothing(30H6^{+0,013})$ та два торця, обмежені розміром $(11,9h11^{-0,12})$.

Допоміжні поверхні – це поверхні, до яких деталь приєднується. Допоміжними поверхнями деталі „Циліндрична втулка” будуть внутрішній діаметр $\varnothing(38H7^{+0,025})$, отвір $\varnothing4H13$ і $\varnothing6,5H13$ та зовнішній торець, обмежений розміром $(16h11^{-0,12})$.

Усі інші поверхні будуть вільними. Усі поверхні деталі характеризуються параметрами точності та шорсткості, які представлені в таблиці 1.1 згідно [2].

Таблиця 1.1 – Характеристики точності та шорсткості

№ п/п	Поверхня	Виконавчий розмір	Ква- литет,	Допуск		
				на роз- мір, мм	на точність розташування	Ra, мкм
1	2	3	4	5	6	7
1	Торцева	$58,5_{-0,2}$	h12	0,2	Биття відносно поверхні 12 не більше 0,02	1,6
2	Торцева	$16_{-0,12}$	12	0,12	Биття відносно поверхні 3 не більше 0,02	1,6
3	Циліндрична зовнішня	$\varnothing38_{-0,016}$	h 6	0,016	-	1,6
4	Отвір	$\varnothing4^{+0,18}$	H13	0,18	-	6,3
5	Отвір	$\varnothing8^{+0,18}$	H13	0,18	Відхилення від номінального розташу- вання не більше 0,1	6,3
6	Циліндрична зовнішня	$\varnothing34_{-0,39}$	h 13	0,39	-	6,3
7	Торцева	$58,5_{-0,2}$	h12	0,17	-	6,3
8	Торцева	$35,5_{-0,17}$	h12	0,17	Биття відносно поверхні 9 не більше 0,013	0,8
9	Циліндрична внутрішня	$\varnothing30^{+0,016}$	H 6	0,016	Биття відносно поверхні 3 не більше 0,02	0,4
10	Канавка циліндрична зовнішня	$\varnothing34,3_{-0,039}$	h 8	0,039	Биття відносно поверхні 3 не більше 0,05	0,8
11	Торцева	$11,9_{-0,12}$	h12	0,12	Биття відносно поверхні 12 не більше 0,013	0,8

Продовження таблиці 1.1

1	2	3	4	5	6	7
12	Циліндрична внутрішня	$\varnothing 30^{+0,016}$	H 6	0,016	Биття відносно поверхні 3 не більше 0,02	0,4
13	Отвір	$\varnothing 6,5^{+0,18}$	H13	0,18	Відхилення від номінального розташування не більше 0,1	6,3
14	Циліндрична внутрішня	$\varnothing 38^{+0,025}$	H7	0,0125	Биття відносно поверхні 3 не більше 0,02	0,8

Схема розташування поверхонь показана на рисунку 1.2.

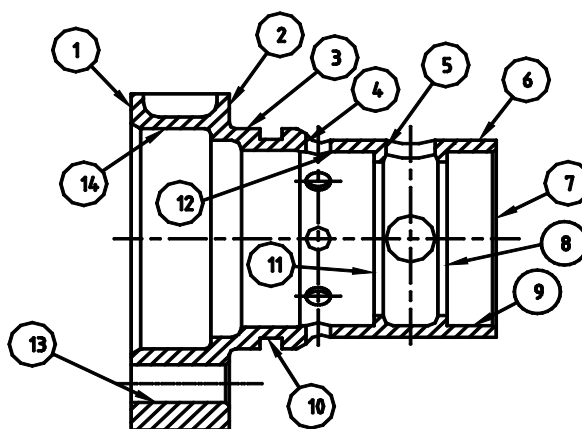


Рисунок 1.2 - Схема розташування поверхонь деталі „Циліндрична втулка”

Аналізуючи дані таблиці 1.1, визначимо середні: квалитет, точність та шорсткість, які дорівнюють відповідно 11, 0,2 та 3,2.

1.2 Матеріал деталі та його властивості

Деталь „Циліндрична втулка” виготовляють з низьколегованої сталі 40ХНМЛ по ОСТ 1 90085-82, хімічний склад і механічні властивості якої представлені в таблицях 1.2 та 1.3. згідно [1].

Таблиця 1.2 – Хімічний склад сталі 40ХНМЛ у %

Вуглець	Марганець	Хром	Нікель	Молибден	Кремній	Сіра	Фосфор	Мідь
						Не більше		
0.37-0.44	0.5-0.8	0.6-0.9	1.25-1.65	0.15-0.25	0.17-0.37	0.025	0.025	0.25

За оброблюваність сталь належить до сталей 1 групи. Оброблюваність сталей цієї групи вповне більш-менш задовільна, вона близька до оброблюваності вуглецевих та низьколегованих конструкційних сталей відповідної міцності.

Механічні властивості матеріалу деталі перевіряються на зразках від партії деталей, після термічної обробки (закалка-відпал) і мають відповідати вимогам, вказаним у таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 – Механічні властивості сталі 40ХНМЛ

Напрямок волокна у зразку	Механічні властивості, не менш					Твердість за Брінелем 10/3000
	Межа міцності при розтягненні, МПа	Межа пластичності, МПа	Відносне подовження у %	Поперечне звуження у %	Ударна в'язкість у кГМ/см ²	
Продольне	1000	850	12	55	10	3,55-3,35

Твердість зовнішніх поверхонь НВ 290...331, сердцевини допускається НВ 260...331.

1.3 Визначення типу та форми організації виробництва

Проектування технологічного процесу залежить від багатьох факторів, у тому числі від типу та організаційної форми виробництва. Вибір типу виробництва здійснюється виходячи з річної програми випуску деталей. Для річної програми випуску 5000 шт. та маси деталі менше 10 кг тип виробництва буде великосерійним. Форма організації робіт у машинобудівному виробництві, як правило, є змінно-потокова. Змінно-потокова форма – це така організаційна форма виробництва, коли деталі надходять на ділянку партіями, але їх обробка здійснюється потоковим методом. Після закінчення обробки однієї партії заготовок обладнання робочих місць ділянки відповідно переналагоджується і на ділянку надходить партія інших заготовок, які мають подібний технологічний процес і також обробляються потоковим методом. Запуск заготовок у виробництво здійснюється партіями з певною періодичністю, яка є ознакою серійного виробництва. Кількість заготовок у партії для одночасного запуску визначається за формулою 1.1 згідно [2].

$$n = \frac{a \cdot N}{250} \quad (1.1)$$

де a – періодичність запуску деталей у виробництво чи кількість днів, на які необхідно забезпечити запас деталей для роботи складального цеху, $a = 3$ днів;
 N – річна програма випуску;
 250 – кількість робочих днів на рік.

$$n = \frac{3 \cdot 5000}{250} = 60 \text{ шт}$$

1.4 Аналіз способу та методу отримання заготовки

Заготовку для виготовлення втулки отримують литтям у кокіль. При цьому ступінь точності виливки буде підвищеним, що значно зменшує частку механічної обробки у процесі формоутворення деталі.

Метод отримання заготовки литтям у оболонкові форми дозволяє збільшити точність одержуваної виливки і максимально наблизити заготовку до контуру деталі. Недоліком методу є те, що при формуванні використовуються одноразові форми, що робить метод дорогим.

Економічно обґрунтуємо доцільність використання одного з двох методів для отримання заготовки класу точності Лт 4:

- лиття в кокіль (рисунок 1.3);
- лиття в оболонкові форми (рисунок 1.4)

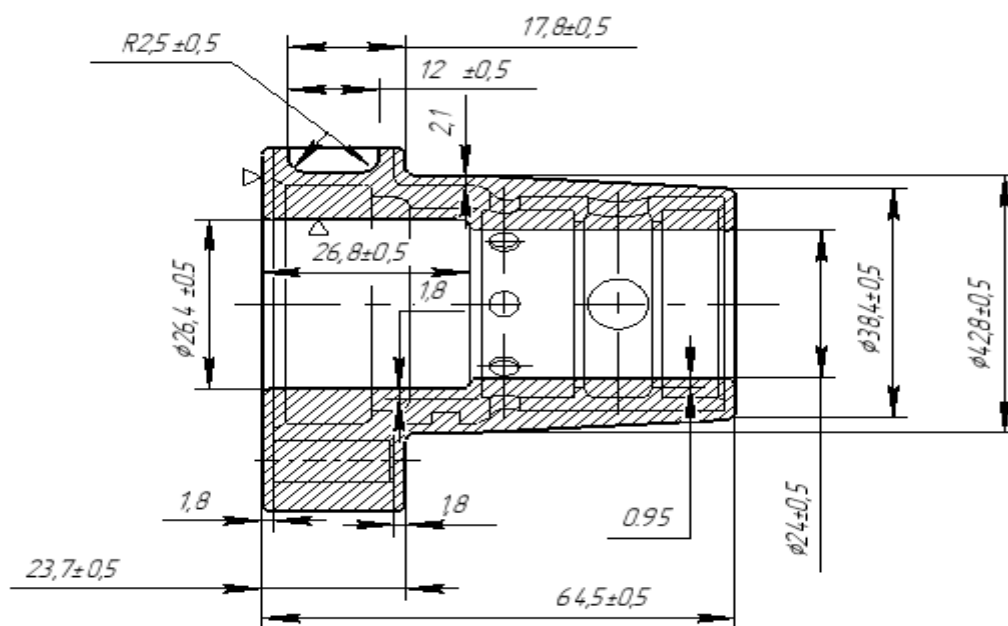


Рисунок 1.3 - Ескіз виливка у кокіль

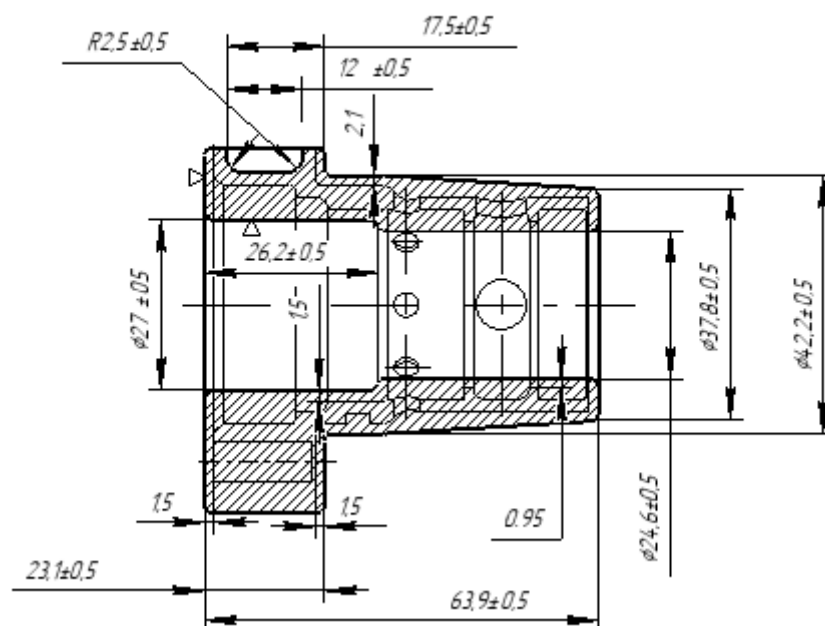


Рисунок 1.4 - Ескіз виливки в оболонкову форму

Таблиця 1.4 – Порівняльні показники за варіантами

Показники	Позначення	Одиниця	Метод отримання заготовки	
			лиття в кокіль	лиття в оболонковій формі ²
1	2	3	4	5
Припуск на сторону	Z	мм	1,8	1,5
Маса заготовки	Q	кг	0,45	0,41
Маса деталі	q	кг	0,15	
Базова вартість 1т заготовок	C _б	грн	5900	6400
Коефіцієнти	K _т	-	1,1	
	K _м	-	1,6	
	K _в	-	1,07	
	K _с	-	1,2	
	K _п	-	1,0	
Вартість 1т стружки	C _{отх}	грн	140	
Вартість однієї заготовки	C	грн	5,96	5,89
Коефіцієнт використання заготовок	η	грн	0,333	0,366

Встановлюємо припущення [3] і розраховуємо, використовуючи [3], масу заготовки Q , отриману кожним методом. Дані заносимо в таблицю 1.4.

Розраховуємо вартість однієї заготовки C та коефіцієнт її використання η , застосовуючи формули (1.2) і (1.3), а також [3] та [3].

$$C = \frac{C_B}{1000} \cdot Q \cdot K_T \cdot K_M \cdot K_B \cdot K_3 \cdot K_{II} - (Q - q) \cdot \frac{C_{відх}}{1000} \quad (1.2)$$

де C_B – базова вартість виготовлення 1т заготовок, грн;

Q и q – відповідно маса заготовки та готової деталі, кг;

$K_T, K_M, K_B, K_3, K_{II}$ – коефіцієнти, які враховують відповідно клас точності, матеріал, групу складності, масу заготовки и\та програму випуску;

$C_{відх}$ – вартість 1т стружки, грн.

$$\eta = \frac{q}{Q} \quad (1.3)$$

$$C_1 = \frac{5900}{1000} \cdot 0.45 \cdot 1.1 \cdot 1.6 \cdot 1.07 \cdot 1.2 \cdot 1.0 - (0.45 - 0.15) \cdot \frac{140}{1000} = 5,96 \text{ грн},$$

$$C_2 = \frac{6400}{1000} \cdot 0.41 \cdot 1.1 \cdot 1.6 \cdot 1.07 \cdot 1.2 \cdot 1.0 - (0.41 - 0.15) \cdot \frac{140}{1000} = 5,89 \text{ грн}.$$

$$\eta_1 = \frac{0,15}{0,45} = 0,333$$

$$\eta_2 = \frac{0,15}{0,41} = 0,366.$$

Порівнюючи 2-а способи, отримуємо значення $C_1 > C_2$ и $\eta_1 < \eta_2$, тому приймаємо 2-ий спосіб та розраховуємо річні заощадження за вартістю виготовлення заготовок за формулою (1.4) та річні заощадження матеріалу в грошовій формі за формулою (1.5) згідно [2].

$$E_3 = (C_2 - C_1) \cdot \Pi \quad (1.4)$$

де Π – річна програма випуску заготовок, шт.

$$E_3 = (5,96 - 5,89) \cdot 5000 = 350 \text{ грн}$$

$$M_2 = \frac{q(\eta_1 - \eta_2)}{\eta_1 \cdot \eta_2} \cdot \Pi \cdot C_{\text{б1}} \quad (1.5)$$

$$M_2 = \frac{0,15(0,366 - 0,333)}{0,366 \cdot 0,333} \cdot 5000 \cdot 5900 = 119812,35 \text{ грн}$$

1.5 Вибір технологічних баз

При проектуванні технологічного процесу для забезпечення необхідної точності велике значення має вибір баз. Спочатку за технологічну базу

приймається чорнова база, тобто необроблені поверхні заготовки. У нашому випадку в якості чорнової бази спочатку приймається більший зовнішній діаметр і прилеглий до нього торець.

Обрана чорнова база повинна забезпечувати рівномірне зняття припуску при подальшій обробці поверхонь з базуванням на оброблену технологічну базу та найбільш точне взаємне розташування оброблених і необроблених поверхонь деталі. Чорнові базові поверхні мають бути по можливості гладкими; не мати штампувальних та ливарних ухилів; на них не слід розміщувати литника, робити поверхні для роз'єму ливарних форм та штамсів.

При виборі технологічних баз для обробки заготовки необхідно використовувати принцип суміщення баз, тобто для технологічної бази необхідно брати поверхню, яка є вимірювальною базою. Для втулки в якості технологічної бази доцільно прийняти менший зовнішній діаметр.

Найкращі результати досягаються при поєднанні технологічної, конструкторської та вимірювальної баз, тобто поверхонь, які визначають положення деталі у виробі.

При складанні маршруту обробки необхідно дотримуватися принципу сталості баз - на всіх основних технологічних операціях використовувати для технологічних баз одні і ті самі поверхні.

Технологічна база повинна забезпечувати достатню стійкість та жорсткість установки заготовки, яка досягається відповідними розмірами та якістю базових поверхонь, а також їх взаємним розташуванням.

При виборі технологічних баз необхідно забезпечувати певну орієнтацію заготовки, що обробляється, в пристосуванні. Для повної орієнтації заготовки в пристосуванні число та розташування настановних елементів повинно бути таким, щоб вона не могла зміщуватися і повертатися відносно трьох координатних осей. За виконання цих умов заготівля позбавляється всіх ступенів свободи.

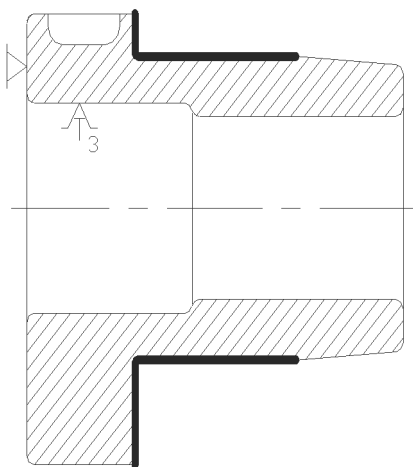


Рисунок 1.5 – Ескіз чорнової бази деталі „Циліндрична втулка”

1.6 Проектування плану обробки

1.6.1 Аналіз технологічності конструкції

Під технологічністю конструкції мається на увазі її здатність забезпечувати просте та економічне виготовлення.

Аналіз технологічності конструкції проводиться за такими пунктами: оброблюваність матеріалу; зручність базування та закріплення; жорсткість конструкції; можливість багатоінструментальної обробки поверхонь; використання спеціального ріжучого та вимірювального інструменту; зручність підходу різального інструменту до оброблюваних поверхонь; правильність встановлення розмірів.

По всем этим параметрам конструкция детали является технологичной. Определённую трудность в процессе обработки заготовки будет вызывать обрабатываемость материала и конфигурация детали, вызывающая неудобства подхода инструмента к поверхностям. Однако это не будет существенно влиять на технологичность детали в целом.

За всіма цими параметрами конструкція деталі є технологічною. Певну складність у процесі обробки заготовки буде викликати оброблюваність матеріалу та конфігурація деталі, що викликає незручності підходу інструменту до поверхонь. Однак це не буде суттєво впливати на технологічність деталі в цілому.

1.6.2 Проектування МОП

Розробимо маршрут обробки циліндричної зовнішньої поверхні втулки $\varnothing(38h6_{-0,016})$. Для цього готуємо таблицю 1.5 та заносимо до неї необхідні вихідні дані.

Як бачимо, зовнішня циліндрична поверхня втулки характеризується показником, який потребує жорсткого забезпечення. Цей показник буде необхідний для визначення кількості переходів в механічній обробці та для розробки ППТК, а також маршруту обробки поверхні.

Таблиця 1.5 – Маршрут обробки циліндричної зовнішньої поверхні втулки

Характер і показник поверхні в деталі та в заготовці	Показник j	Уточнення ε_j	Кількість переходів K		Різниця показників i ППТК	Маршрут обробки поверхонь		Допуск на розмір	Уточнення показників
			Розрахункове	Прийняте		i	Метод обробки		
Циліндрична зовнішня поверхня $\varnothing 38h6(-0.016)$; заготовка $Td_{заг}=1$; IT12	d	32,0	3,6	3	IT14→	1	Заготовка	1	-
					h11→	2	Точ. чорн.	0,16	6,25
					h9→	3	Точ.напічист		
					h7→		Точ.чистове	0,062	2,58
					→h6	4	Шліфування однократне	0,016	3,875

Розрахуємо значення загального уточнення показника геометричного розміра за формулою (1.6) згідно [2]:

$$\varepsilon_d = \frac{Td_{заг}}{Td_{дет}} \quad (1.6)$$

де $Td_{заг}$ – допуск на розмір заготовки, мм;

$Td_{дет}$ – допуск на розмір деталі, мм.

$$\varepsilon_d = \frac{1}{0,016} = 62,5 раз$$

За формулою (1.7) згідно [3] визначаємо число переходів механічної обробки K:

$$K_d = 2 \lg \varepsilon_d \quad (1.7)$$

$$K_d = 2 \lg 62,5 = 3,6$$

Технолог призначає кількість переходів механічної обробки, виходячи з: стану наявного чи встановленого обладнання; наявного різального інструменту; виду термообробки.

У нашому випадку найбільш ймовірним та прийнятним буде $K_d = 3$.

Для розробки ППТК знаходимо різницю показників квалитетів точності в деталі та в заготовці: $\Delta IT = IT_{\text{заг}} - IT_{\text{дет}} = 14 - 6 = 8$.

Цю різницю показників розподіляємо між прийнятим числом переходів механічної обробки K_d за законом прогресивного зменшення $8 = 3 + 2 + 2 + 1$.

Зрешту ППТК буде мати вигляд: $IT14 \rightarrow h11 \rightarrow h9 \rightarrow h7 \rightarrow h6$.

Методи обробки призначаємо з урахуванням таблиць економічної точності: 1. Заготовка; 2. Точіння чорнове; 3. Точіння напівчистове; 4. Точіння чистове; 5. Шліфування.

Маршрути обробки інших поверхонь представлені у зведеній таблиці 1.6.

Таблиця 1.6 – Маршрути обробки поверхонь втулки

Характер і показник поверхні в деталі та в заготовці	Показник j	Уточнення ϵ_j	Кількість переходів K		Різниця показників i ППТК	Маршрут обробки поверхонь		Допуск на розмір	Уточнення показників
			Розрахункове	Прийняте		i	Метод обробки		
Торцова зовнішня поверхня $58,5h11_{(-0,19)}$; заготовка $Td_{\text{заг}}=1; IT14$	d	5,26	2,5	2	$IT14 \rightarrow h12 \rightarrow h11$	1 2 3	Заготовка Точіння чорнове Точіння чистове	1 0,3 0,19	- 3,33 1,58
Цилиндрична внутрішня поверхня $\varnothing 38H7^{(+0,025)}$; заготовка $Td_{\text{заг}}=1; IT14$	d	40	3,7	4	$IT14 \rightarrow H11 \rightarrow H9 \rightarrow H7$	1 2 3 4	Заготовка Точіння чорнове Точіння напівчистове Точіння чистове	1 0,16 0,062 0,025	- 6,25 2,58 2,48

Продовження таблиці 1.6

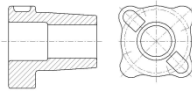
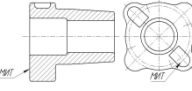
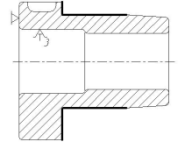
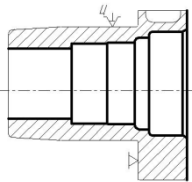
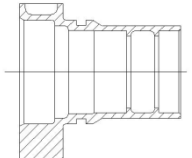
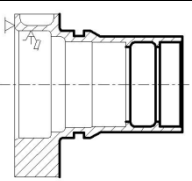
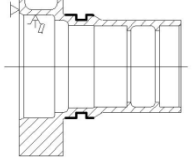
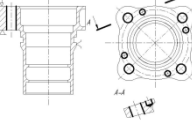
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Торцовая наружная поверхность $16h11(-0,09)$; заготовка $Td_{\text{заг}}=1$; IT14	d	11,11	2,5	3	IT14→ h12→ →h11	1 2 3	Заготовка Точіння чорнове Точіння чистове	1 0,22 0,09	- 4,55 2,44

1.6.3 Проектування маршрута обробки заготовки

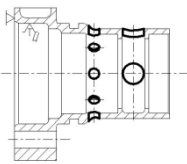
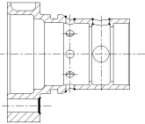
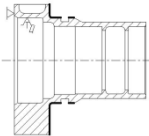
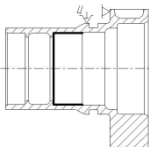
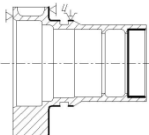
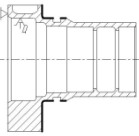
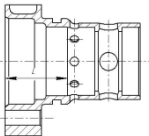
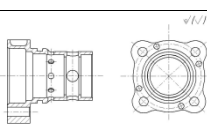
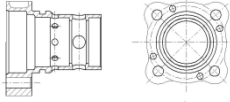
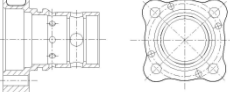
Базовим варіантом маршруту обробки деталі буде заводський ТП. Розробимо маршрут обробки втулки з урахуванням проведених вище розрахунків. Отримані дані будемо заносити до таблиці 1.7.

Процес обробки деталі починається з надходження металу (сляб сталевий) до ливарного цеху. У ливарному цеху відбувається попереднє формоутворення поверхонь деталі литтям в оболонкові форми. Для зняття внутрішньої напруги та покращення її оброблюваності в деталі, вона надходить у термічний цех, де піддається термічній обробці (загартування + старіння). Після термічної обробки деталь знову направляється у механічний цех, де відбувається її остаточна механічна обробка, після якої деталь прямує до гальванічного цеху для нанесення на неї необхідних покриттів.

Таблиця 1.7 – План обробки деталі.

№ операції	Найменування та зміст операції	Тип і модель верстата	Ескіз
1	2	3	4
005	Заготівельна	Піч електродугова, формовочна машина, модельний комплект	
010	Термічна	Електропіч Н-75	
015	Токарна	Токарний н/а 1А616	
020	Токарна з ЧПК	Токарний з ЧПК АТПр-2М12СН1	
025	Віброшліфувальна	Установка віброшліфувальна спеціальна	
030	Токарна з ЧПК	Токарний з ЧПК АТПр-2М12СН1	
035	Слюсарна	Полірувальна бабка спеціальна	
040	Вертикально-свердлильна	Вертикально-свердлильний 2Н125	

Продовження таблиці 1.7

1	2	3	4
45	Свердлильна	Вертикально-свердлильний 2Н125	
050	Слюсарна	Верстак слюсарний	
055	Шліфувальна	Круглошліфувальний 3А151	
060	Шліфувальна	Внутрішньошліфувальний 3К227А	
065	Шліфувальна	Внутрішньошліфувальний 3К227А	
070	Слюсарна	Полірувальна бабка	
	Пневмовипробування	Стенд для пневмовипробувань спеціальний	
075	Промивочна	Мийна машина	
080	Контроль	Стол контролера ВТК	
085	Транспортування	Тара спеціальна, електрокар	
090	Покриття (Хім.Окс. Фос.)	Ванна гальванічна	
095	Покраска	Пульверизатор	

Згідно до вищенаведеного плану проводимо розрахунки режимів обробки та норм часу на виконання операцій, складаємо розрахунково-технологічні карти та оформляємо поопераційний технологічний процес.

1.6.4 Розрахунок межопераційних припусків і технологічних розмірів

На теперішній час розроблено 2 методи розрахунку міжопераційних припусків: розрахунково-аналітичний; досвідно-статистичний (табличний).

При визначенні припуску розрахунково-аналітичним методом знаходять нормативні значення його елементів, а потім залежно від характеру поверхні, що обробляється, розраховують безпосередньо його величину. Цей метод дозволяє призначати припуски для конкретних поверхонь і заготовок, враховуючи при цьому якість заготовки та умови обробки.

При визначенні припуску досвідно-статистичним (табличним) методом використовують таблиці довідкової літератури.

Призначимо припуски та розрахуємо табличним методом технологічні розміри механічної обробки циліндричної зовнішньої поверхні втулки $\varnothing 38h6_{(-0,016)}$. Для цього визначаємо мінімальний операційний припуск $2z_{0min}$ і коефіцієнт співвідношення його до загального припуску γ_i .

За ГОСТ7505-74 [3, табл. 1.3, с.10], враховуючи масу заготовки (0,35кг), точність виготовлення та розмірний інтервал поверхні (30-50), знаходимо $z_{0min} = 2,1$ мм.

Відповідно, на діаметр $2z_{0min} = 4,2$ мм.

Загальний припуск γ_i розподіляємо між переходами механічної обробки за формулою (1.8) згідно [3]

$$z_i = \gamma_i z_0 \quad (1.8)$$

де γ_i – загальний припуск, мм;

z_0 – операційний припуск, мм.

$$2z_{2\min} = \gamma_2 \cdot 2z_{0\min} = 0,5 \cdot 4,2 = 2,1 \text{ мм};$$

$$2z_{3\min} = \gamma_3 \cdot 2z_{0\min} = 0,4 \cdot 4,2 = 1,68 \text{ мм};$$

$$2z_{4\min} = \gamma_4 \cdot 2z_{0\min} = 0,1 \cdot 4,2 = 0,42 \text{ мм}.$$

Отримані результати заносимо в таблицю 1.8.

Розрахунок технологічних розмірів будемо виконувати методом професора Кована за формулами (1.9) і (1.10) згідно [3].

$$A_{i\min} = A_{(i+1)\min} + z_{(i+1)\min} \quad (1.9)$$

де $A_{(i+1)\min}$ – мінімальне значення розміру, отримане на наступній операції, мм;

$z_{(i+1)\min}$ – мінімальний припуск, мм.

$$A_{i\max} = A_{i\min} + TA_i \quad (1.10)$$

де TA_i – допуск на розмір, мм.

Знаходимо мінімальне значення поверхні в деталі:

$$d_{4\min} = d_{\text{dem}}^{\min} = d_4 + eid_4 = 262,2 - 0,1 = 262,1 \text{ мм}.$$

Далі додаємо до нього припуск і отримуємо технологічний розмір попереднього переходу. Максимальні значення технологічних розмірів розраховуємо за формулою (1.10).

Таблиця 1.8 – Призначення припусків і розрахунок технологічних розмірів табличним методом

Маршрут обробки поверхні		Розрахунковий, мм		Допуск Td, мм	Граничні значення		Граничні значення		Виконавчий технологічний розмір d, мм
i	Метод обробки	припуск 2z	розмір d		d _{max}	d _{min}	2z _{max}	2z _{min}	
1	Заготовка	-	42,184	1	42,7	41,7	-	-	Ø42,2±0,5
2	Точіння чорнове	2,1	40,084	0,16	40,24	40,08	2,62	1,46	Ø40,24 _{-0,16}
3	Точіння чистове	1,68	38,404	0,062	38,466	38,404	1,836	1,614	Ø38,466 _{-0,062}
4	Шліфування однократне	0,42	37,984	0,016	38	37,984	0,482	0,404	Ø38 _{-0,016}

Звідси, використовуючи отримані дані, знаходимо за формулою (1.11) згідно [3]: максимальні значення припусків:

$$z_{i \max} = A_{(i-1) \max} - A_{i \max} \quad (1.11)$$

Далі визначаємо виконавчий розмір заготовки. Для зовнішніх поверхонь штамповки граничні відхилення розраховуються за формулами (1.12) і (1.13) згідно [3].

$$\varepsilon_s A_{\text{заг}} = \frac{2}{3} T A_{\text{заг}} \quad (1.12)$$

де $T A_{\text{заг}}$ – допуск на розмір заготовки, мм.

$$\varepsilon_i A_{\text{заг}} = \frac{1}{3} T A_{\text{заг}} \quad (1.13)$$

Тепер розрахуємо припуски та технологічні розміри внутрішньої циліндричної поверхні втулки з діаметром $\varnothing 30H6^{(+0,013)}$, зовнішньої циліндричної поверхні втулки з діаметром $\varnothing 38h6_{(-0,016)}$ і внутрішньої циліндричної поверхні втулки з діаметром $\varnothing 26,5H11^{(+0,33)}$ розрахунково-аналітичним методом. Готуємо таблицю 1.9 і вносимо в неї необхідні вихідні дані: МОП і допуски.

Таблиця 1.9 – Призначення припусків і розрахунок технологічних розмірів розрахунково-аналітичним методом

Маршрут обробки поверхні		Елементи припуска, мкм				Розрахунковий		Допуск Td, мм	Граничні значення		Граничні значення		Виконавчий Технологічний розмір d, мм
i	Метод Обробки	Rz	h	ρ	ε	при-пуск 2z, мкм	роз-мір d, мм		d _{max} , мм	d _{min} , мм	2z _{max} , мм	2z _{min} , мм	
Внутрішня циліндрична поверхня Ø30H7 ^(+0,013)													
1	Заготовка	40	160	350	-	-	27,042	±0,5	26,5	27,5	-	-	Ø27±0,5
2	Точіння Чорнове	100	100	30	500	2200	29,242	0,16	29,24	29,08			Ø29,08 ^{+0,16}
3	Точіння напівчист.	50	50	2	30	520	29,762	0,062	29,762	29,7			Ø29,7 ^{+0,062}
4	Точіння Чистове	25	25	-	25	254	30,016	0,025	30,016	30			Ø30 ^{+0,013}
Внутрішня циліндрична поверхня Ø26,5H13 ^(+0,33)													
1	Заготовка	40	160	350	-	-	24,63	±0,5	25,1	24,1	-	-	Ø24,6±0,5
2	Точіння однократне	100	100	30	500	2200	26,83	0,16	26,83	26,5	2,73	1,4	Ø26,5 ^{+0,33}
Зовнішня циліндрична поверхня Ø36h13 ^(-0,33)													
1	Заготовка	40	160	350	-	-	37,87	±0,5	38,3	37,4	-	-	Ø37,8±0,5
2	Точіння однократне	100	100	30	500	2200	35,67	0,16	36	35,67	2,63	1,4	Ø36 ^{-0,33}

Мінімальне значення припусків по кожному переходу механічної обробки розрахунково-аналітичним методом визначають, використовуючи значення його елементів (R_{zi} , h_i , ρ_i , ϵ_i). Для заготовки нормативні значення R_z і h приймаємо згідно [7], виходячи з маси заготовки (0,35кг): $R_{z1} = 200$ мкм; $h_1 = 250$ мкм.

Просторові похибки поверхні (зміщення та короблення) в заготовці визначаємо за формулою (1.14) та (1.15) згідно [7].

$$\rho = \sqrt{\rho_{зм}^2 + \rho_{кор}^2} \quad (1.14)$$

де $\rho_{зм}$ – похибка зміщення, $\rho_{зм1} = 350 \text{ мкм}$ [7];

$\rho_{кор}$ – похибка короблення, мкм.

$$\rho_{кор} = \Delta_{кор} \cdot l \quad (1.15)$$

де $\Delta_{кор}$ – питоме короблення, $\Delta_{кор1} = 0,3$ [7].

$$\rho_{кор1} = 0,3 \cdot 58,5 = 17,55 \text{ мкм}$$

$$\rho_1 = \sqrt{350^2 + 17,55^2} \cong 350 \text{ мкм}.$$

Значення елементів припуску для переходу “точіння чорнове” визначаємо за [7, табл.25, с.188]: $R_{Z2} = 100 \text{ мкм}$; $h_2 = 100 \text{ мкм}$.

Просторові відхилення знаходимо за формулою (1.16) згідно [7]. з урахуванням уточнення поверхні після механічної обробки:

$$\rho_i = K_y \cdot \rho_{i-1} \quad (1.16)$$

де K_y – коефіцієнт уточнення, $K_y = 0,06$ [7].

ρ_{i-1} – просторова похибка поверхні на наступній операції, мкм.

$$\rho_2 = K_y \cdot \rho_1 = 0,06 \cdot 350 = 21 \text{ мкм}.$$

Похибка установки заготовки визначається за [7]: $\varepsilon_2 = 500 \text{ мкм}$.

Отримані результати заносимо в таблицю 1.9.

Визначаємо значення елементів припуску для 3-го переходу – “точіння напівчистове”: $R_{Z3} = 50 \text{ мкм}$ [7]; $h_3 = 50 \text{ мкм}$ [7].

Просторові відхилення знаходимо за формулою (1.16) згідно [7]:

$$\rho_3 = K_y \cdot \rho_2 = 0,05 \cdot 21 = 2 \text{ мкм}.$$

Знаходимо значення елементів припуску для чистового точіння [7, табл.25, с.188]: $R_{z4} = 25 \text{ мкм}$; $h_4 = 25 \text{ мкм}$.

$$\rho_4 = K_y \cdot \rho_3 = 0,04 \cdot 2 = 1 \text{ мкм}.$$

Похибка установки заготовки з чисто обробленою базою не може бути менше 25 мкм, тому $\varepsilon_4 = 25 \text{ мкм}$.

Вибір значень елементів припуску для шліфування проводимо аналогічним способом. Дані заносимо в таблицю 1.9.

Мінімальні значення припусків визначаємо за формулою (1.17) згідно [7]:

$$z_{i \min} = \left[(R_{z(i-1)} + h_{i-1}) + \rho_{i-1} + \varepsilon_i \right] \quad (1.17)$$

Технологічні розміри будемо розраховувати методом розмірних цепів за формулою (1.18) згідно [7]:

$$A_{i \max} = A_{(i+1) \max} + z_{(i+1) \min} + TA_i \quad (1.18)$$

Розрахунок будемо починати з останнього переходу механічної обробки, який забезпечує остаточні параметри поверхні. Отримані максимальні розрахункові значення будемо заносити в таблицю 1.9.

Мінімальні значення технологічних розмірів будемо визначати за формулою (1.19) згідно [7]:

$$A_{i \min} = A_{i \max} - TA_i \quad (1.19)$$

Граничні значення припусків за переходами розраховуємо за формулою (1.20) згідно [7].

$$z_{i\max} = A_{(i-1)\max} - A_{i\min} \quad (1.20)$$

Так як поверхня, що розраховується, – циліндрична внутрішня, то граничні відхилення технологічних розмірів будемо призначати в системі отвору.

1.7 Проектування операційної технології

1.7.1 Розрахунок і визначення режимів різання операцій ТП

Розрахунок режимів різання включає в себе визначення глибини різання, подачі та швидкості різання, необхідних для обчислення часу на обробку. Докладний розрахунок виконуємо для 3 – 5 характерних операцій технологічного процесу.

Операція 025 Токарна з ЧПК

Обладнання – токарний верстат з ЧПК мод. АТПр-2М12СН1.

Технологічні переходи:

Переход 1. Встановити, закріпити, разкріпити, зняти та відкласти

Пристосування спеціальне;

Переход 2. Точити поверхні за програмою, витримуючи розміри згідно з ескізом.

Різець прохідний упорний ГОСТ 18876-80 Т15К6 $\varphi=90^\circ$

Штангенциркуль ШЦ-I-0...125-0,1

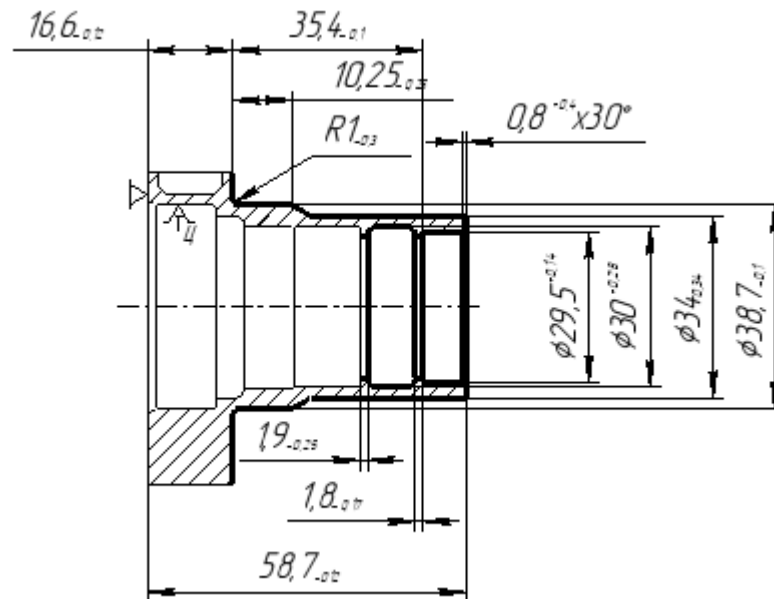


Рисунок 1.6 - Ескіз до операції 025 Токарна з ЧПК

Глибина різання: $t_1 = z = 1,5 \text{ мм}$. $t_2 = Z_1 = 1,5 \text{ мм}$ (розрахунок припусків на мех. обробку)

Подача: $S_o = 0,15 \text{ мм /об [4]}$

Швидкість різання згідно [4]:

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S_o^y} \cdot K_v \quad (1.20)$$

де C_v , m , x , y – емпірична стала та показники ступеня в розрахунку швидкості різання, $C_v = 350$, $m = 0,2$, $x = 0,15$, $y = 0,35$ [4];

T – рекомендована стійкість інструмента, $T = 90 \text{ хв [4]}$:

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv} \cdot K_{\phi v} \cdot K_{rv} \quad (1.21)$$

де K_{mv} – коефіцієнт оброблюваного матеріала, для сталі [4];

$$K_{mv} = K_r \cdot \left(\frac{750}{\sigma_b} \right)^{n_v} = 0,8 \cdot \left(\frac{750}{1000} \right)^{1,0} = 0,6$$

K_{nv} - коефіцієнт стану поверхні заготовки, $K_{nv} = 0,8$ при обробці по

литейній корці [4];

K_{uv} - коефіцієнт інструментального матеріалу, $K_{uv} = 1,0$ для Т15К6 [4];

$K_{\varphi v}$ - коефіцієнт головного кута в плані інструмента, $K_{\varphi v} = 0,8$ для $\varphi=90^\circ$;

K_{rv} - коефіцієнт радіуса при вершині інструмента, $K_{rv} = 1,0$ для $R=3$ [4].

$$V = \frac{350}{90^{0,25} 1,5^{0,15} 0,15^{0,45}} 0,6 \cdot 0,8 \cdot 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 76,62 \text{ м/хв}$$

Частота обертання шпинделя згідно [4]

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 76,62}{\pi \cdot 45} = 541 \text{ об/хв} \quad (1.22)$$

де D – діаметр оброблюваної поверхні, $D=65\text{мм}$.

За паспортом верстата приймаємо $n = 500$ об/хв.

Дійсна швидкість різання згідно [4]

$$V_o = \frac{\pi \cdot D \cdot n_b}{1000} = \frac{\pi \cdot 45 \cdot 500}{1000} = 70,68 \text{ м/хв} \quad (1.23)$$

Сила різання:

$$P_z = 10 C_{pz} \cdot t^x \cdot s^y \cdot V^n \cdot K_p = 10 \cdot 300 \cdot 1,5^1 \cdot 0,25^{0,75} \cdot 70,68^{0,15} \cdot 1,313 = 1102,9 \text{ Н}$$

де C_{pz} , x , y , n – емпіричні коефіцієнт і показники ступеню в формулі сили різання, $C_{pz}=300$, $x=1$, $y=0,75$, $n=0,1$;

K_p – поправочний коефіцієнт на силу різання в залежності від умов різання.

$$K_p = K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{mp} \cdot K_{rp} = 1,19 \cdot 0,89 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,24 = 1,313$$

де $K_{\varphi p}$ - поправочний коефіцієнт на силу різання, що враховує вплив головного кута в плані, $K_{\varphi p} = 0,89$ при $\varphi=90^\circ$ [4];

$K_{\gamma p}$ - поправочний коефіцієнт на силу різання, що враховує вплив переднього

кута, $K_{\gamma} = 1,0$ при $\gamma = 10^{\circ}$ [4];

$K_{\lambda p}$ - поправочний коефіцієнт на силу різання, що враховує вплив кута нахилу головної ріжучої кромки, $K_{\lambda p} = 1,0$ [4];

K_{mp} - поправочний коефіцієнт на силу різання, що враховує вплив оброблюваного матеріалу, [4];

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_b}{750} \right)^n = \left(\frac{1000}{750} \right)^{0.75} = 1,24$$

K_{rp} - поправочний коефіцієнт на силу різання, що враховує вплив радіуса при вершині різця, $K_{rp} = 1,19$ $r = 2,0$ мм [4].

Потужність різання:

$$N_g = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60} = \frac{1102,9 \cdot 70,68}{1020 \cdot 60} = 1,274 \text{ кВт.}$$

Машинний час на переході

$$t_m = \frac{\Sigma l}{S \cdot n} = \frac{3 + 15 + 12 + 3}{500 \cdot 0,15} = 0,8 \text{ хв}$$

Операція 040 Вертикально-свердлильна

Обладнання – Вертикально-свердильний верстат мод. 2Н125

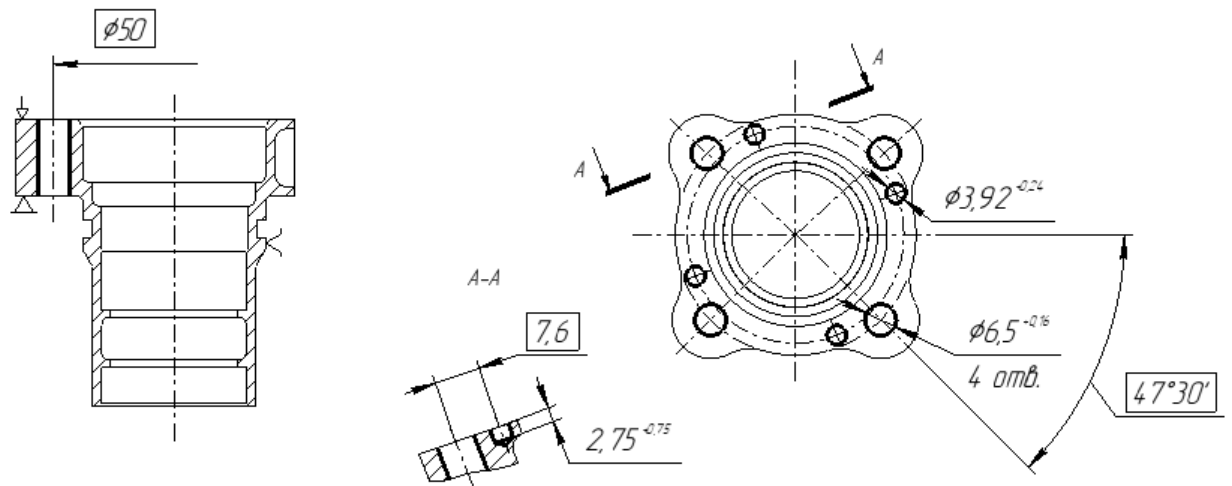


Рисунок 1.7 - Ескіз до операції 040 Вертикально-свердлильна

Технологічні переходи:

Перехід 1 Встановити та закріпити заготовку

Пристосування спеціальне

Перехід 2 Свердлити отвори Ø6,5, витримуючи розміри згідно з ескізом

Свердло спіральне ДСТУ 12121-87 Р6М5 Ø 6,5

Глибина різання $t = 6,5 / 2 = 3,25$ мм

Подача $S_T = 0,12$ мм/об [4].

Швидкість різання згідно згідно [4]

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} \cdot K_v = \frac{3,5 \cdot 6,5^{0,4}}{30^{0,2} \cdot 0,12^{0,5}} \cdot 0,6 = 6,49 \text{ м/хв} \quad (1.24)$$

де C_v , m , q , y – емпірична стала та показники ступеня в розрахунку швидкості різання, $C_v = 3,5$, $m = 0,12$, $q = 0,5$, $y = 0,45$ [4];

T – рекомендована стійкість інструмента, $T = 30$ хв [4];

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{Lv} \cdot K_{uv} = 0,6 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,6$$

де K_{mv} – коефіцієнт оброблюваного матеріала для сталі 40ХНМЛ, [4];

$$K_{mv} = K_r \cdot \left(\frac{750}{\sigma_b} \right)^{n_v} = 0,8 \cdot \left(\frac{750}{1000} \right)^{1,0} = 0,6$$

K_{Lv} - коефіцієнт глибини, $K_{Lv} = 1,0$ [4];

K_{uv} - коефіцієнт інструментального матеріалу, $K_{uv} = 1,0$ [4].

Частота обертання свердла

$$n = \frac{1000 \cdot 6,49}{\pi \cdot 6,5} = 318,8 \text{ об/хв.}$$

За паспортом верстата приймаємо $n = 315$ об/хв.

Дійсна швидкість різання

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{\pi \cdot 6,5 \cdot 315}{1000} = 6,43 \text{ м/хв}$$

Крутний момент при свердлінні

$$M_{кр} = 10 C_M D^q S^y K_p = 10 \cdot 0,0345 \cdot 6,5^2 \cdot 0,12^{0,8} \cdot 1,24 = 3,314 \text{ Нм}$$

де C_M , q , y – емпірична стала та показники ступеня в розрахунку крутного моменту, $C_M = 0,0345$, $q = 2$, $y = 0,8$ [4, таб.28, стр.278];

K_p - коефіцієнт оброблюваного матеріалу на силу різання, [4].

$$K_p = K_{mp} = (\sigma_b/750)^n = (1000/750)^{0,75} = 1,24$$

Осьова сила різання

$$M_{кр} = 10 C_M D^q S^y K_p = 10 \cdot 68 \cdot 6,5^1 \cdot 0,12^{0,7} \cdot 1,24 = 1242,43 \text{ Нм}$$

де C_p , q , y – емпірична стала та показники ступеня в розрахунку осьової сили,

$C_p = 68$, $q = 1,0$, $y = 0,7$ [4];

K_p - коефіцієнт оброблюваного матеріалу на силу різання, [4].

$$K_p = K_{mp} = (\sigma_b/750)^n = (1000/750)^{0,75} = 1,24$$

Потужність різання

$$N_e = \frac{M_{kp} \cdot n}{9750} = \frac{3.314 \cdot 315}{9750} = 0.107 \text{ кВт}$$

Машинний час на переході

$$t_m = i \cdot \frac{\Sigma l}{S \cdot n} = \left(\frac{5 + 21 + 5}{315 \cdot 0,12} \right) \cdot 4 = 3,28 \text{ хв.}$$

Перехід 3 Свердлити отвори Ø3,92

Свердло спіральне Ø4 ГОСТ 12121-87 Р6М5

Глубина резания $t = 4/2 = 2$ мм.

Подача $S_0 = 0,3$ мм/об [5].

Швидкість різання згідно [5]

$$V = V_T \cdot K_v \quad (1.25)$$

де V_T - табличне значення швидкості різання, $V_T = 11$ м/мин для 40ХНМЛ [5].

$$V = 11 \cdot 0.61 \cdot 1,0 \cdot 0,91 \cdot 0.8 = 4.88 \text{ м/хв}$$

Частота обертання свердла

$$n = \frac{1000V}{\pi d} = \frac{1000 \cdot 4,88}{\pi \cdot 4} = 388,3 \text{ об/мин}$$

За паспортом верстата приймаємо $n = 400$ об/хв.

Дійсна швидкість різання

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{\pi \cdot 4 \cdot 400}{1000} = 5,03 \text{ м/хв}$$

Машинний час на переході

$$t_{\text{м}} = i \cdot \frac{\Sigma l}{S \cdot n} = 4 \cdot \frac{5+3+8}{400 \cdot 0,12} = 1,333 \text{ мин}$$

Операція 055 Шліфувальна

Круглошліфувальний верстат мод. 3А151

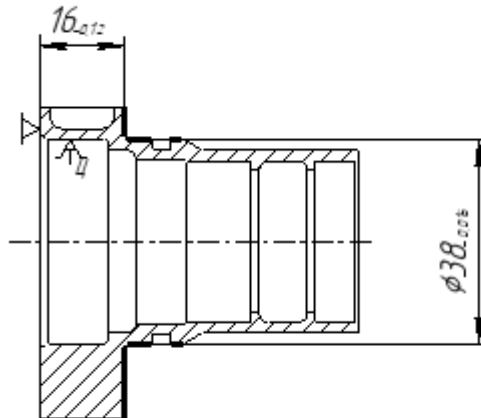


Рисунок 1.8 - Ескіз до операції 055 Шліфувальна

Технологічні переходи:

Перехід 1 Встановити та закріпити заготовку

Пристосування цангове спеціальне

Перехід 2. Шліфувати поверхні, витримуючи розміри згідно з ескізом.

Круг шліфувальний 1А1 500х76х20 24А10-П СМ1-С1 7 К5 35 м/с А1 кл. ГОСТ 2424-98

Скоба Ø38h6_(-0.016) гранична ГОСТ16775-91

Глибина різання $t = 0,15$ мм.

Подачі:

- радіальна $S_{\text{рад}} = 0,0075$ мм/об[3];

- продольна $S_{\text{прод}} = 0,2 \cdot V = 0,2 \cdot 20 = 4$ мм/об [3].

Швидкість обертання деталі $V = 25$ м/хв [3].

Швидкість обертання шліфувального круга $V = 35$ м/хв [3].

Частота обертання деталі

$$n = \frac{1000V}{\pi d} = \frac{1000 \cdot 25}{\pi \cdot 38} = 209,4 \text{ об/хв}$$

За паспортом верстата приймаємо $n=200$ об/хв.

Дійсна швидкість обертання деталі

$$V_o = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{\pi \cdot 38 \cdot 200}{1000} = 23,876 \text{ м/хв.}$$

Ефективна потужність при шліфуванні

$$N = C_N V_3^r t^x s^y d^q = 2,65 \cdot 23,876^{0,5} 0,15^{0,5} 0,075^{0,55} 38^{0,2} = 0,704 \text{ кВт.}$$

Машинний час на переході

$$t_m = i \cdot \frac{L}{n \cdot S_p} = 3 \cdot \frac{25}{0,075 \cdot 200} = 5 \text{ хв.}$$

Для інших операцій техпроцеса режими обробки прзначаємо за нормативом [5] і заносимо в таблицю 1.10.

Таблиця 1.10 - Звідна таблиця режимів різання

№ оп	Обладнання	№ пер	Оброблювана поверхня	Режими обробки				
				t, мм	S, мм/об	n _{ст} , об/хв	V _д , м/хв	T _о , хв
1	2	3	4	5	6	7	8	9
015	Токарний н/а. 1A161	2	2, 3	1,5	0,15	500	70,68	0,8
020	Токарний з ЧПК АТПр-2М12СН	2	15	1	0,15	500	40,84	2,1
		3	11, 12, 14, 16	1,5	0,15	400	36,44	0,85
		4	11, 12, 14, 16	0,5	0,12	500	48,69	0,85
		5	17	1	0,05	315	30,5	0,508
		6	1	1,5	0,15	400	62,83	0,5
025	Токарний з ЧПК АТПр-2М12СН	2	2, 3, 6, 7	1	0,12	500	70,68	0,98
		3	16,18,19	1	0,12	500	43,92	1,34
		4	18, 20	1	0,12	500	43,98	1,29
		5	8,9	1	0,12	500	48,69	1,56
		6	21	1	0,05	315	30,5	0,508
040	Вертикально - свердильний 2Н125	2	13	3,25	0,12	315	6,43	3,28
		3	22	2	0,12	400	5,03	1,333
045	Вертикально - свердильний 2Н125	2	4	4	0,12	315	7,91	2,1
		3	5	2	0,12	400	5,03	2,87
055	Круглошліфу- вальний 3А151	2	2, 3	0,15	0,075	200	35 м/с	5
060	Внутрішньо- шліфувальний 3К227А	2	11, 12	0,15	0,075	200	25 м/с	7,6
065	Внутрішньо- шліфувальний 3К227А	2	8,9	0,15	0,075	200	25 м/с	5,4

1.7.2 Нормування операцій

Визначення норми машинного часу за формулою (1.26) згідно [7]

$$T_M = \sum t_{Mi} \quad (1.26)$$

де $\sum t_{Mi}$ – сума машинного часу по переходах.

Визначення норм допоміжного часу за формулою (1.27) згідно [7]:

$$T_{\partial} = T_{уст} + T_{пер} + T_{контр} \quad (1.27)$$

де $T_{уст}$ – допоміжний час, пов'язаний з установкою, зняттям деталі;

$T_{пер}$ – допоміжний час, пов'язаний з переходом;

$T_{контр}$ – допоміжний час на контрольні виміри.

Значення $T_{уст}$, $T_{пер}$, $T_{контр}$ приводяться в нормативних джерелах [7].

Штучний час на операцію за формулою (1.28) згідно [7]

$$T_{шт} = (T_M + T_{\partial}) \cdot \left(1 + \frac{a_{обсл\widetilde{в}дн}}{100} \right) \quad (1.28)$$

де $a_{обсл\widetilde{в}дн}$ - час на технічне, організаційне обслуговування робочого місця, від починку і особисті потреби робочого.

Штучно-калькуляційний час за формулою (1.29) згідно [7]

$$T_{шт.к} = T_{шт} + \frac{T_{пз}}{n} \quad (1.29)$$

де $T_{пз}$ - підготовчо-заключний час на налаштування операції;

n - кількість деталей в партії, що запускається.

Нормування операції 015 Токарна.

Оперативно-машинний час роботи верстата за програмою $T_m = 0,8 \text{ хв}$.

Оперативно-допоміжний час

$$T_d = 0,25 + 0,34 + 0,313 = 0,903 \text{ хв}.$$

$$T_{уст} = 3 \cdot 0,03 + 0,16 = 0,25 \text{ хв} [7]$$

$$T_{пер} = 0,05 + 0,03 + 0,03 + 0,2 + 0,03 = 0,34 \text{ хв} [2]$$

$$T_{контр} = 0,12 + 0,073 + 0,1 = 0,313 \text{ хв} [7]$$

Штучний час

$$a_{обсл\ddot{u}дн} = 10\% (T_m + T_d) [2]$$

$$T_{шт} = (0,8 + 0,903)(1 + (10/100)) = 1,873 \text{ хв}$$

Підготовчо-заключний час $T = 25 \text{ хв} [7]$

Нормування операції 040 Свердлильна

Оперативно-машинний час роботи верстата за програмою

$$T_{0a} = 3,28 + 1,33 = 4,613 \text{ хв}.$$

Оперативно-допоміжний час

$$T_d = 0,58 + 0,61 + 0,474 = 1,664 \text{ хв}.$$

$$T_{вст} = 0,22 + 0,36 = 0,58 \text{ хв} [7]$$

$$T_{пер} = 0,23 + 0,23 + 0,14 + 0,03 = 0,61 \text{ хв} [2]$$

$$T_{контр} = 0,22 + 0,184 + 0,07 = 0,474 \text{ хв} [7].$$

Штучний час

$$\alpha_{\text{обсл\ddot{u}дн}} = 10\% (T_m + T_d) \quad [2]$$

$$T_{\text{ит}} = (4,613 + 1,664)(1 + (10/100)) = 6,905 \text{ хв.}$$

Підготовчо-заключний час $T = 20 \text{ хв}$ [7]

Нормування операції 055 Шліфувальна

Оперативно-машинний час роботи верстата за програмою $T_{\text{оа}} = 5 \text{ хв.}$

Оперативно-допоміжний час

$$T_d = 0,58 + 0,61 + 0,479 = 1,669 \text{ хв.}$$

$$T_{\text{вст}} = 0,22 + 0,36 = 0,58 \text{ хв} \quad [7]$$

$$T_{\text{пер}} = 0,23 + 0,23 + 0,14 + 0,03 = 0,61 \text{ хв} \quad [2]$$

$$T_{\text{контр}} = 0,22 + 0,184 + 0,075 = 0,479 \text{ хв} \quad [7]$$

Штучний час

$$\alpha_{\text{обсл\ddot{u}дн}} = 10\% (T_m + T_d) \quad [2]$$

$$T_{\text{ит}} = (5 + 1,669)(1 + (10/100)) = 7,639 \text{ хв.}$$

Підготовчо-заключний час $T = 19 \text{ хв}$ [7].

Для інших операцій техпроцеса нормування виконується аналогічно вказаному розрахунку. Результати розрахунку зводимо в таблицю 1.11.

Таблиця 1.11 - Норми часу по операціям

№ оп.	Найменування Операції	Модель верстата	T_o	T_d	$T_{шт}$	$T_{пз}$
015	Токарна	Токарний н/а. 1A616	0,8	0,903	1,873	25
020	Токарна з ЧПК	Токарний з ЧПК АТПр-2М12СН1	4,808	1,682	7,139	25
025	Токарна з ЧПК	Токарний з ЧПК АТПр-2М12СН1	5,678	1,754	8,175	25
040	Вертикально-свердильна	Вертикально-свердильний 2Н125	4,613	1,664	6,905	20
045	Вертикально-свердильна	Вертикально-свердильний 2Н125	4,970	1,696	7,333	20
055	Шліфувальна	Круглошліфувальний 3А151	5,0	1,699	7,369	19
060	Шліфувальна	Внутрішньошліфувальний 3К227А	7,6	1,881	10,429	19
065	Шліфувальна	Внутрішньошліфувальний 3К227А	5,4	1,732	7,846	19

1.7.3 Опис і розрахунок РТК КП

Обробка заданих поверхонь деталі проводиться за одну установку послідовно декількома інструментами. Габарити та конфігурація деталі дозволяють забезпечити встановлення деталі та її обробку на даному верстаті (верстат токарний з ЧПК АТПр -2М12СН).

Визначаємо настроювальні розміри для деталі, що обробляється, і проставляємо на ескізі, над розмірною лінією зліва від операційного розмір. Визначимо загальний припуск, число проходів і глибину різання для поверхонь, оброблюваних інструментом 1. Діаметр 18 Загальний припуск $z_o=1$ мм; число проходів $i=1$; глибина різання $t=1$ мм. Діаметр 12 Загальний припуск $z_o=2$ мм; число проходів $i=2$; глибина різання $t=1,5/0,5$ мм. Діаметр 14

Таблиця 1.12 – Розрахункові та настроювальні розміри

Настроювальний розмір	Операційний розмір
Ø38,012	Ø38 ^{+0,025}
Ø34,195	Ø34 ^{+0,39}
Ø29,426	Ø29,4 ^{+0,052}
13,09	13 ^{+0,18}
R1,3	R1,3±0,3
13,09	13 ^{+0,18}
18,13	18 ^{+0,27}
39,588	39,6 ^{-0,022}
16,41	16 ^{-0,18}
Ø25,165	Ø25 ^{+0,33}

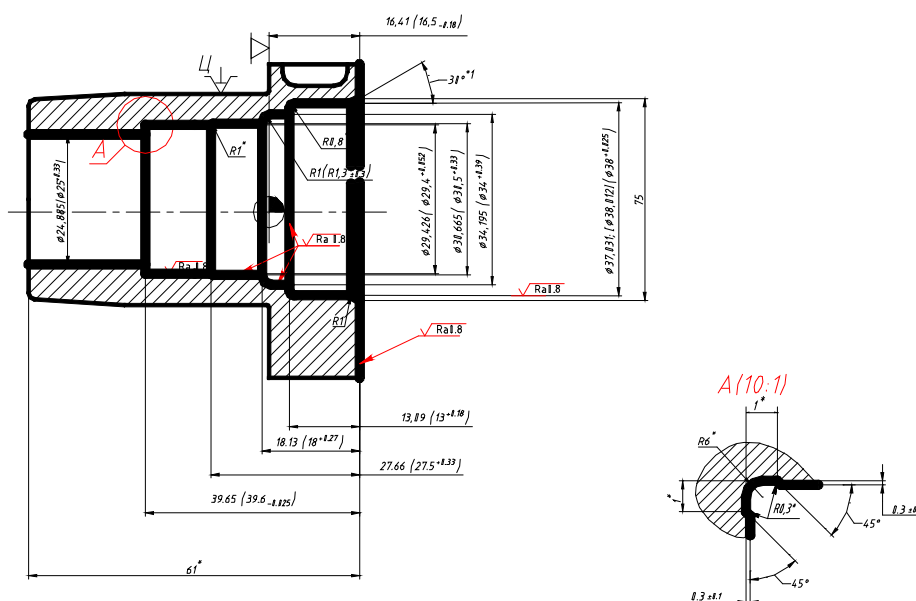


Рисунок 1.9 – Операційний ескіз

Загальний припуск $z_0=1,5$ мм; число проходів $i=1$; глибина різання $t=1,5$ мм. Діаметр 15 Загальний припуск $z_0=1,5$ мм; число проходів $i=1$; глибина різання $t=1,5$ мм. Діаметр 16 Загальний припуск $z_0=1,5$ мм; число проходів $i=1$;

глибина різання $t=1,5$ мм. Торець 11 Загальний припуск $z_0=1,5$ мм; число проходів $i=1$; глибина різання $t=1,5$ мм. Обираємо інструмент і режими обробки для першого інструмента:

Різець розточний, матеріал Т15К6, $R=1$ мм, $\varphi=45^\circ$, $20 \times 16 \times 120$.

Подача суппорта на оберт деталі $S_0=0,15$ мм/об [6]

Швидкість різання: 67,93 м/хв

Число обертів шпинделя: 63 об/хв.

Встановлюємо еталонний блок в посадочне місце пристосування

БВ-2010. Визначаємо координати еталона на мікроскопі: $X_{\text{ет}}=800$ мм
 $Z_{\text{ет}}=800$ мм.

В аналогічній послідовності визначаються координати на мікроскопі для кожного елемента:

$$X_5=730 \text{ мм.} \quad Z_5=630 \text{ мм.}$$

$$X_6=765 \text{ мм.} \quad Z_6=635 \text{ мм.}$$

Визначаємо настроювальні розміри (вилети) кожного інструмента та октант, в якому він знаходиться.

Блок № 01

$$A_5 = X_5 - X_{\text{ет}} = 730 - 800 = -70 \text{ мм.}$$

$$B_5 = Z_5 - Z_{\text{ет}} = 630 - 800 = -170 \text{ мм.}$$

Розробимо схему зняття припусків для інструмента, згідно якої намалюємо траєкторію руху інструментів (дивись рисунок 1.5) та проставимо номери опорних точок.

Опис траєкторії руху інструментів.

Блок №01: 07-08-09-10-11-12-13-14-15-16-17-18-19-20-21-22-23-24-25-26-27-28

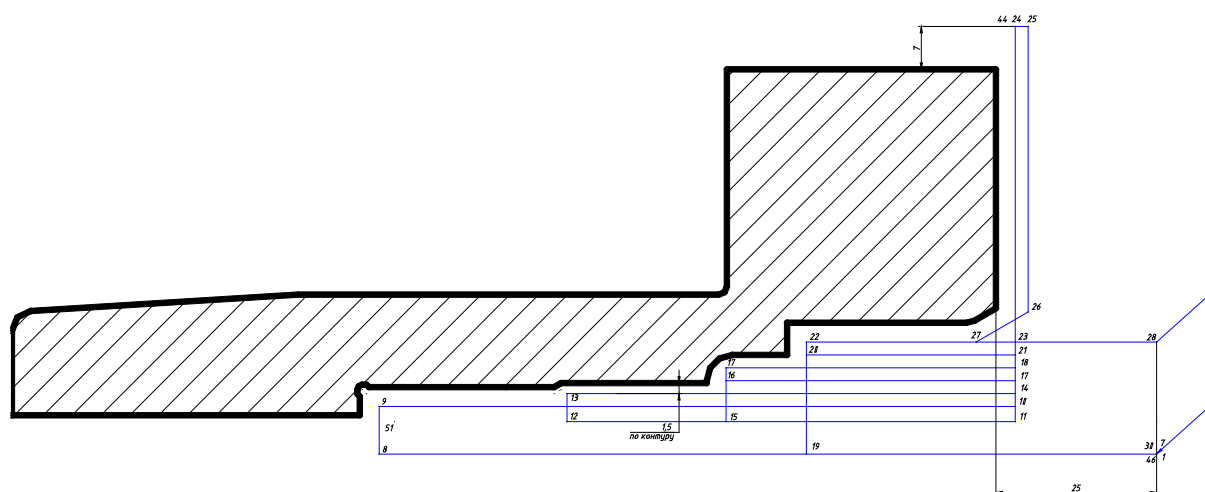


Рисунок 1.10 – Траєкторія руху інструмента 2

2 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

2.1 Проектування токарного пристосування

2.1.1 Опис конструкції та принципа роботи

Конструктивно пристосування являє собою цанговий патрон для закріплення заготовок по зовнішній поверхні. Деталь центрується в пристосуванні по посадочному діаметру цанги 23 з упором в кільце 22, прикріпленої до корпусу 19 гвинтами 20. Корпус 19 встановлюється в шпиндель верстата по діаметру Ø125g6 і кріпиться болтами. Цанга 23 через тягу 25, втулку 14 з'єднана з поршнем 9 пневмоциліндра. Поршень 9 розташований у корпусі 6 пневмоциліндра і виконаний розбірним для можливості заміни манжет 7. Пневмоциліндр закритий кришкою 5. У корпусі та кришці пневмоциліндра виконані канали, повітря до яких підводиться через штуцера 34, встановлені на пневмомуфті. При обертанні шпинделя 14 пневмоциліндр, прикріплений до нього через втулку 11, обертається разом з ним, а пневмомуфт залишається нерухомою. Щоб уникнути витоків повітря в пневмомуфті, встановлені манжети 3 і 4, армовані кільцем 33.

При подачі повітря в порожнину корпусу 6 (простір за поршнем 9) поршень 9 рухається вліво. Також ліворуч рухається шток 36. Шток через втулку 14 передає рух тязі 25. При русі тяги 25 з цангою 23 ліворуч пелюстки цанги зводяться під впливом конуса кільця 22 і відбувається закріплення деталі. При подачі повітря в порожнину циліндра 6 (простір перед поршнем 15) відбувається розкріплення деталі. Поршень 9 рухається вправо, впливаючи на шток 36 і тягу 25, рухається вправо і цанга 23. При русі цанги 23 вправо відбувається розкріплення деталі.

2.1.2 Розрахунок пристосування на точність

Методика розрахунку пристосування на точність полягає в тому, що сума похибок, які виникають у процесі обробки, не повинна перевищувати величину допуску, встановленого на розмір обробки згідно [6]

$$T_{\text{обр}} > \sum_{i=1}^{i=n} \epsilon_i \quad (2.1)$$

$$\sum_{i=1}^{i=n} \epsilon_i = \epsilon_{\text{уст}} + \epsilon_{\text{пр}} + \epsilon_{\text{настр}} + \epsilon_{\text{обр}} \quad (2.2)$$

де $\epsilon_{\text{уст}}$ – частина похибки обробки, що залежить від обраної схеми установки заготовки в пристосуванні;

$\epsilon_{\text{пр}}$ – частина похибки обробки, що залежить від точності виготовлення установочних елементів, їх зноса та установки пристосування на металлоріжку чому верстаті;

$\epsilon_{\text{настр}}$ – частина похибки обробки, що залежить від точності виготовлення наструювальних елементів пристосування та процесу настройки, $\epsilon_{\text{настр}}=0,001\text{мм}$;

$\epsilon_{\text{обр}}$ – частина похибки обробки, що залежить від зносу ріжучого інструмента, геометричної неточності виготовлення верстата, пружних і теплових деформацій системи ВПД.

$$\epsilon_{\text{уст}} = \sqrt{\epsilon_{\text{баз}}^2 + \epsilon_{\text{закр}}^2} \quad (2.3)$$

де $\epsilon_{\text{баз}}$ - похибка базування, $\epsilon_{\text{баз}}=0$ (деталь встановлюється на цанці);

$\epsilon_{\text{закр}}$ – похибка закріплення заготовки, $\epsilon_{\text{закр}}=0,005\text{ мм}$.

Таким чином, похибка установки дорівнює:

$$\varepsilon_{\text{уст}} = \sqrt{\varepsilon_{\text{баз}}^2 + \varepsilon_{\text{закр}}^2} = \sqrt{0 + 0,005^2} = 0,005 \text{ мм}.$$

$$\varepsilon_{\text{пр}} = \Delta_1 + \Delta_2 + \Delta_3 \quad (2.4)$$

де Δ_1 – похибка, обумовлена неточністю виготовлення установочних елементів,

$\Delta_1 = T_{\text{y.e.}} = 0,013 \text{ мм};$

Δ_2 – похибка, що залежить від величини допустимого зносу установочних елементів, $\Delta_2 = 0,001 \text{ мм};$

Δ_3 – похибка, що виникає при установаці пристосування на металоріжучий верстат;

$$\Delta_3 = S_{\text{max}} \cdot \frac{L_{\text{обр}}}{L_{\text{пр}}} \quad (2.5)$$

де S_{max} – максимальний зазор між шпинделем і центруючим буртом ,

$S_{\text{max}} = 0,05 \text{ мм};$

$L_{\text{пр}}$ – відстань між кріпильним отвором пристосування, $L_{\text{пр}} = 200 \text{ мм};$

$L_{\text{обр}}$ – виліт деталі з пристосування, $L_{\text{обр}} = 28 \text{ мм}.$

$$\Delta_3 = S_{\text{max}} \cdot \frac{L_{\text{обр}}}{L_{\text{пр}}} = 0,05 \cdot \frac{28}{200} = 0,007 \text{ мм}.$$

$$\varepsilon_{\text{пр}} = \Delta_1 + \Delta_2 + \Delta_3 = 0,003 + 0,001 + 0,007 = 0,011 \text{ мм}.$$

$$\varepsilon_{\text{обр}} = \Delta_7 + \Delta_8 + \Delta_9 + \Delta_{10} \quad (2.6)$$

де Δ_7 – величина допуску зноса ріжучого інструмента, $\Delta_7 = 0,001 \text{ мм};$

Δ_8 – величина похибки, що залежить від геометричної неточності виготовлення металоріжучих верстатів, $\Delta_8 = 0,003 \text{ мм};$

Δ_9 – величина похибки, що залежить від деформацій системи ВПД, $\Delta_9 = 0,001 \text{ мм};$

Δ_{10} – величина похибки, що залежить від температурних деформацій системи ВПД, $\Delta_{10} = 0,001 \text{ мм}.$

Таким чином, похибка складає:

$$\varepsilon_{\text{обр}} = \Delta_7 + \Delta_8 + \Delta_9 + \Delta_{10} = 0,001 + 0,003 + 0,001 + 0,001 = 0,006 \text{ мм.}$$

Сумарна похибка обробки:

$$\sum_{i=1}^{i=n} \varepsilon_i = 0,005 + 0,011 + 0,001 + 0,006 = 0,023 \text{ мм.}$$

За умовами розрахунку пристосування на точність, сума похибок, що виникають у процесі обробки, не повинна перевищувати величину допуску, встановленого на розмір. Величина допуску на розмір обробки складає $T_d = 0,033$ мм, сума по $\sum_{i=1}^{i=n} \varepsilon = 0,023$ мм. Дане пристосування дозволяє при обробці точних діаметрів витримувати заданий розмір з допуском на нього $0,023$ мм.

2.1.3 Розрахунок необхідного зусилля кріплення заготовки

При установці заготовки в цангу, зусилля на штоці, необхідне для закріплення заготовки, розраховується за формулою (2.7) згідно [6].

$$Q = P \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi) \cdot n \quad (2.7)$$

де P – сила затиску, що відбувається одним кулачком;

α – половина кута цанги;

φ – кут тертя;

n – кількість кулачків.

Сила затиску, що відбувається одним кулачком згідно [6].

$$P = \frac{1}{f} \cdot \sqrt{\frac{M^2}{r^2}} \quad (2.8)$$

де f – коефіцієнт тертя, $f=0,25$;

M – момент різання;

r – радіус заготовки на ділянці затиску, $r=19$ мм.

$$M = P_z \cdot r_1 \quad (2.9)$$

де P_z – сила різання, $P_z=1102,9$ Н;

r_1 – відстань від осі до точки прикладення сили різання, $r_1=15$ мм.

$$P = \frac{1}{f} \cdot \sqrt{\frac{M^2}{r^2}} = \frac{1}{f} \cdot \sqrt{\frac{(P_z \cdot r_1)^2}{r^2}} = \frac{1}{0,25} \cdot \sqrt{\frac{(1102,99 \cdot 15)^2}{19^2}} = 3482,8 \text{ Н}$$

$$\varphi = \arctg f_1 = \arctg 0,43 = 23,3^\circ \quad (2.10)$$

де f_1 – коефіцієнт тертя конусної поверхні, $f_1=0,43$.

Тоді зусилля на штоці дорівнює:

$$Q = P \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi) \cdot n = 3482,8 \cdot \operatorname{tg}(10+20) \cdot 5 = 8872,9 \text{ Н.}$$

Проектний розрахунок даного пристосування полягає в розрахунку найслабшої ланки даного пристосування та розрахунку діаметра пневмоциліндра. Найбільш слабкою ланкою пристосування є різьба на штоці 23. Розрахуємо, яким має бути діаметр різьби. Діаметр різьби на штоці 23 при заданому зовнішньому зусиллі ($Q=8872,9$ Н) розраховується за формулою (2.11) згідно [6].

$$d_1 \geq \sqrt{\frac{4Q}{\pi \cdot [\sigma_p]}} \quad (2.11)$$

де $[\sigma_p]$ – допустима напруга на розтягування для матеріала сталь 45, $[\sigma_p] = 300$ МПа.

$$d_1 \geq \sqrt{\frac{4Q}{\pi \cdot [\sigma_p]}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 8872.9}{3.14 \cdot 300 \cdot 10^6}} = 0,0061 \text{ м}$$

Діаметр різьби на штоці не повинен бути меншим за $d=6,1$ мм.

Діаметр пневмоциліндра розраховуємо за формулою (2.12) згідно [6]

$$D_{\text{пц}} = \sqrt{\frac{4Q}{\pi \cdot P_{\text{пов}} \cdot \eta_{\text{пц}}}} \quad (2.12)$$

де $P_{\text{пов}}$ – тиск воздуха в циліндрі, $P_{\text{пов}} = 0,3 \dots 0,6$ МПа;

η – коефіцієнт корисної дії пневмоциліндра, $\eta = 0,8 \dots 0,85$.

Таким чином, діаметр пневмоциліндра:

$$D_{\text{пц}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 8872.9}{3.14 \cdot 0.4 \cdot 0.8}} = 187,89 \text{ мм}$$

З нормального ряду діаметрів пневмоциліндрів обираємо діаметр $D_{\text{пц}} = 200$ мм.

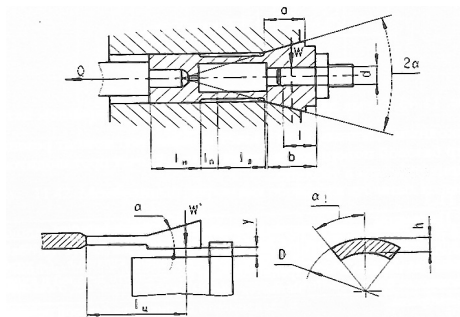


Рисунок 2.1 – Розрахункова схема до визначення сили затиску

2.2 Проектування контрольного пристосування

2.2.1 Опис конструкції та принцип роботи контрольного пристосування

Пристосування являє собою контрольну плиту 1 з встановленими на ній трьома стійками 2, 7 і 8. На стійці 5 встановлена змінна наладка 6, призначена для базування деталі по зовнішньому діаметру. На стійках 2 і 8 встановлюються змінні наладки 4 і 9, призначені для кріплення штанг 11, в які вставляються індикатори важільного типу. Індикатори встановлюються таким чином, щоб їх ніжки вільно заходили в отвір, що контролюється.

Деталь встановлюємо у змінну наладку 6 і за допомогою гвинта вибираємо зазор в з'єднанні. Після закріплення деталь повинна мати можливість легко прокручуватися від руки, але не мати люфту. За допомогою гвинтів 18, 19, 20 підводимо індикатори до поверхні, що контролюється, створюючи попередній натяг 0,1 мм. При провороті деталі від руки контролера заміряємо биття внутрішніх діаметрів відносно зовнішнього. Свідчення індикатора істинні.

Графічне зображення крнтрольного пристосування представлено на рисунку 2.2

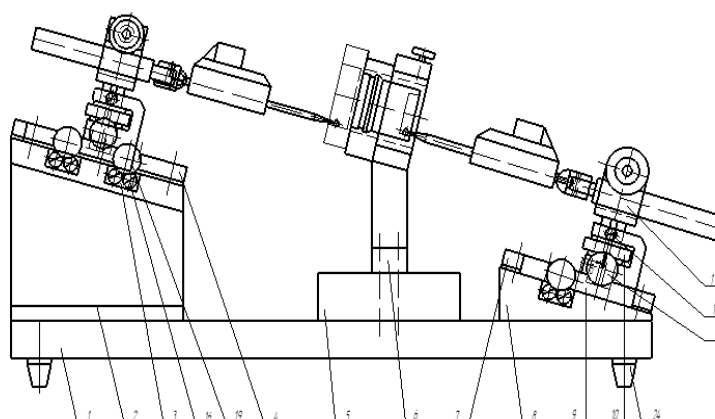


Рисунок 2.2 - Контрольне пристосування для вимірювання биття

2.3 Розрахунок деталі на міцність

Циліндрична втулка зафіксований в корпусі за допомогою чотирьох шпильок і сприймає радіальне навантаження від підшипника, яке становить 1000 Н. При цьому на внутрішній контактній поверхні втулки будуть виникати напруження стиску.

Розрахунок на міцність втулки проведено за допомогою САЕсистеми ANSYSWorkbenchіз використанням методу скінчених елементів (МСЕ). Спочатку будуюмо геометричну 3D-модель втулки (рисунок 2.3), спрощуємо її та розбиваємо на сітку скінчених елементів. Спрощення 3D-моделі необхідно для створення більш якісної сітки скінчених елементів.

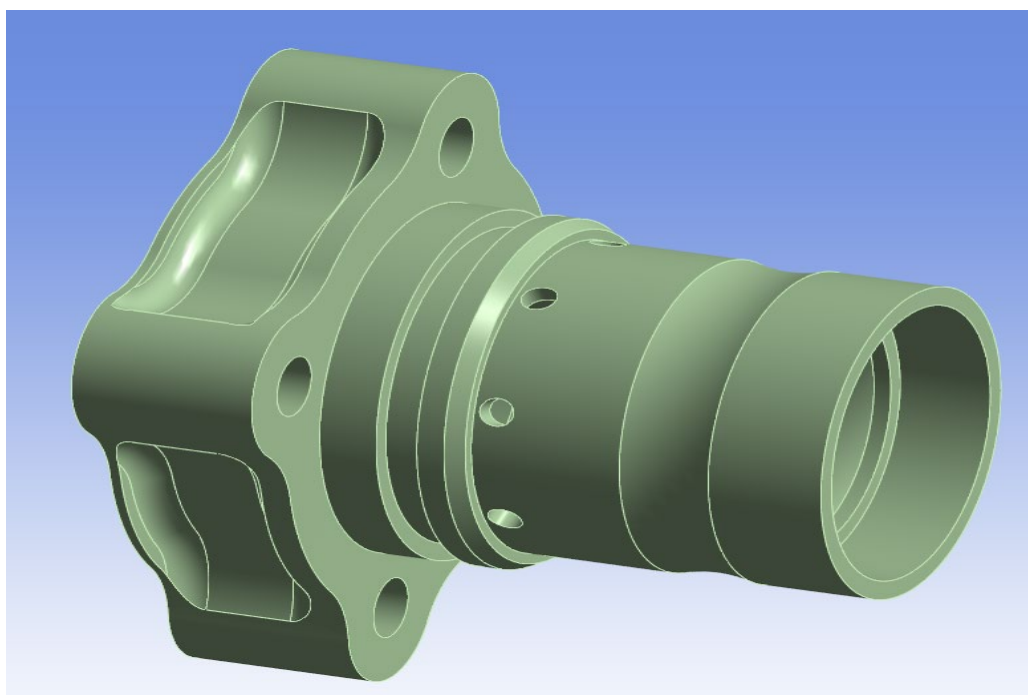


Рисунок 2.3 -Геометрична модель втулки

Сітка скінчених елементів наведена на рисунку 2.4.

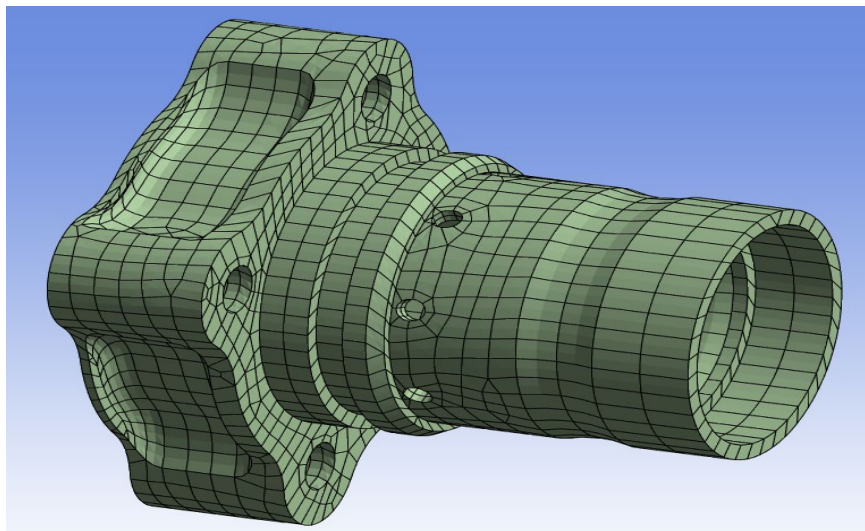


Рисунок 2.4 - Сітка скінчених елементів

Циліндрична втулка зафіксовано по чотирьох отворах за допомогою команди FixedSupport. На внутрішню контактну поверхню діє стискання, яке імітує радіальну силу, яка передається від підшипника. Умови фіксації та навантажування втулки наведені на рисунку 2.5.

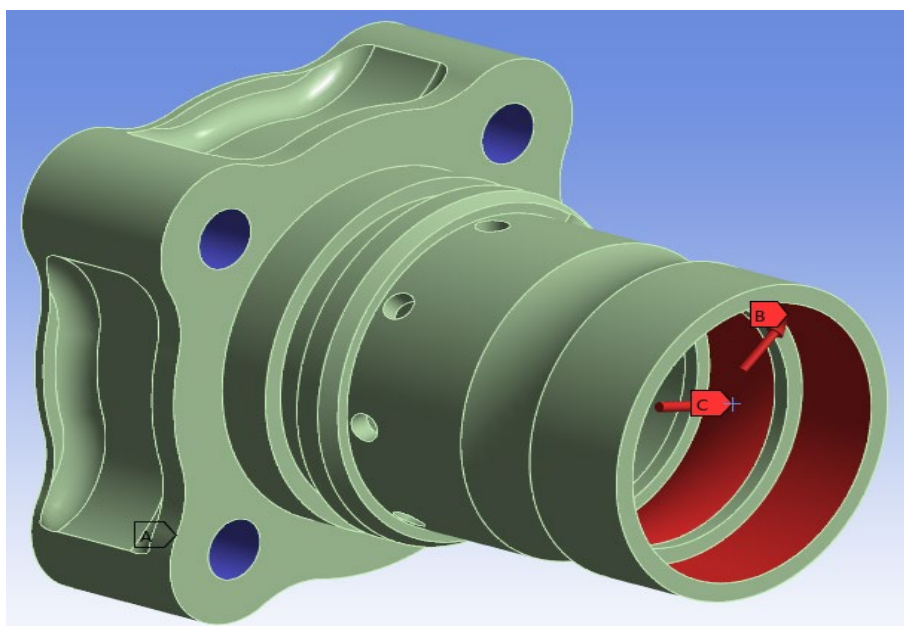


Рисунок 2.5 - Умови закріплення і навантаження розрахункової моделі:

Результати моделювання напружено-деформованого стану (НДС) при різних навантаженнях наведені на рисунках 2.5-2.7 у вигляді розподілу напружень по поверхням розрахункової моделі.

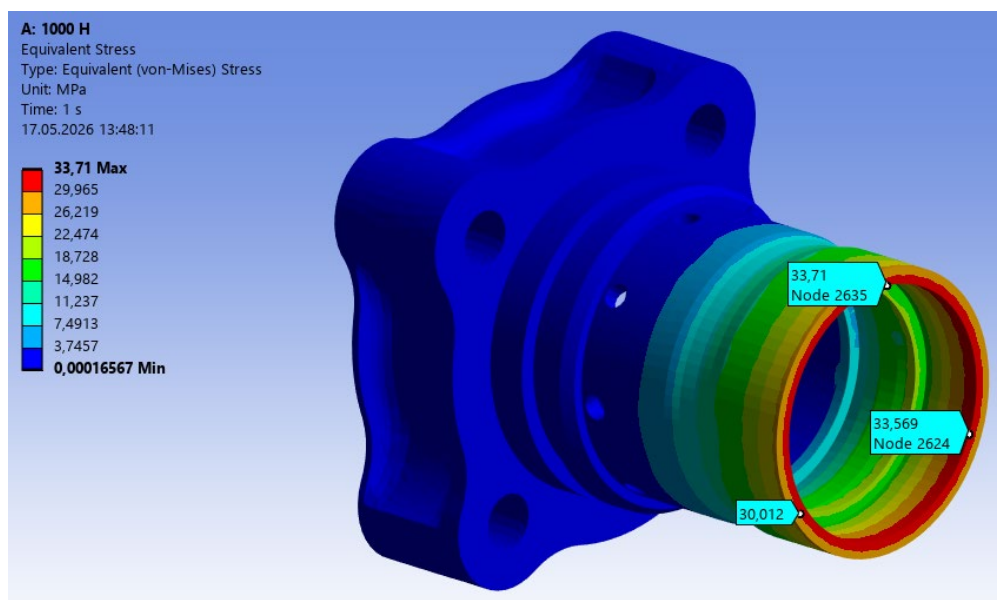


Рисунок 2.6 - Напружено-деформований стан розрахункової моделі при радіальній силі в 1000Н

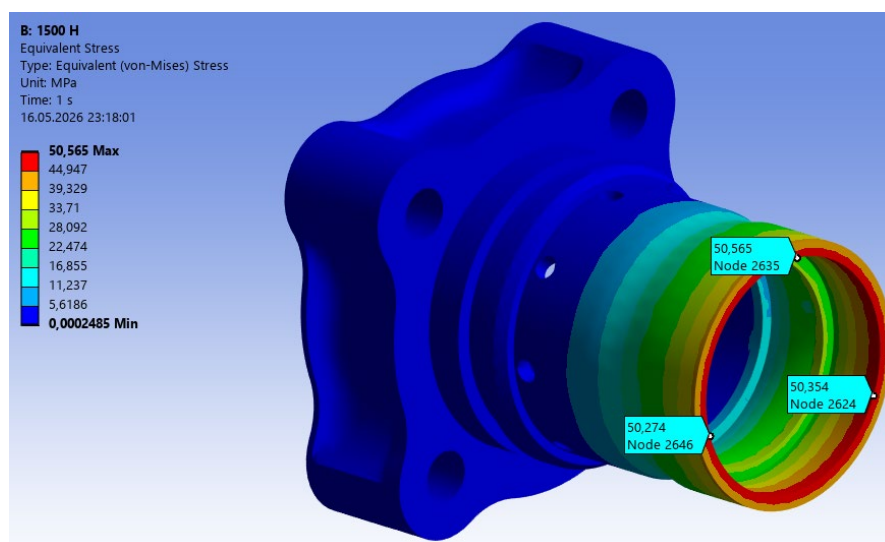


Рисунок 2.7 - Напружено-деформований стан розрахункової моделі при радіальній силі в 1500Н

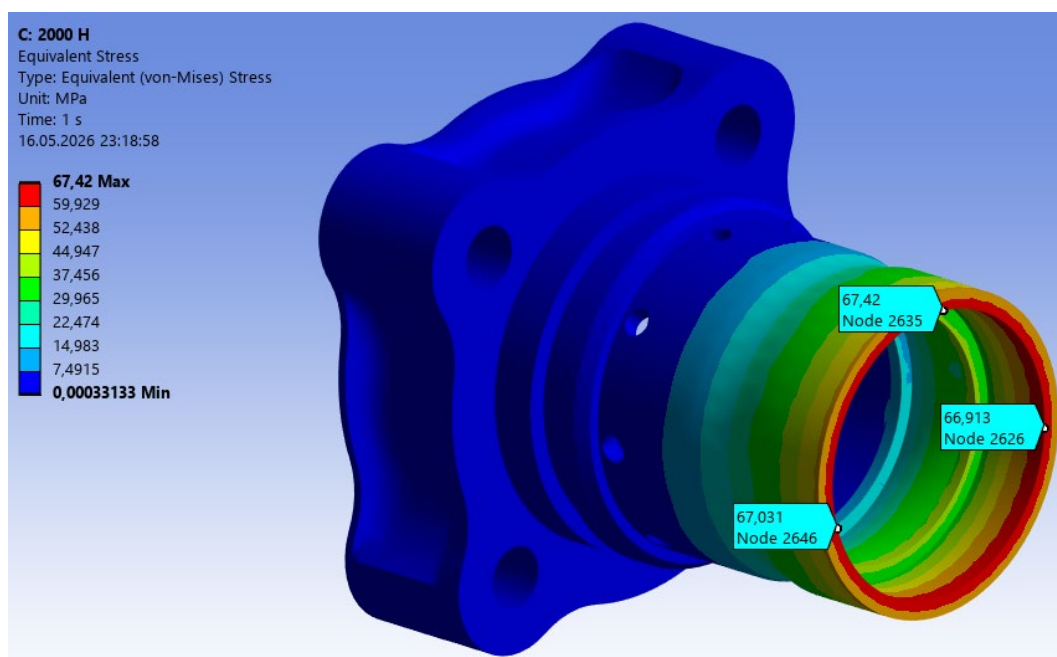


Рисунок 2.8 – Напружено-деформований стан розрахункової моделі при радіальній силі в 2000Н

Виконаємо перевірку міцності втулки по коефіцієнту запасу міцності. Матеріал втулки – це сплав 30ХГСА, отже $\sigma_{пл} = 830$ МПа. Максимальні отримані напруження не повинні перевищувати цю границю міцності матеріалу.

Максимальні напруження, зареєстровані на фасці отвору під підшипник, становлять 33,71 МПа при радіальній силі в 1000Н; 50,565 МПа при радіальній силі в 1500 Н та 67,42 МПа при радіальній силі в 2000 Н. Згідно розрахунків конструкція втулки відповідає діючим навантаженням, тому що коефіцієнт запасу міцності для кожного із розрахункових випадків є більшим за 1 і становить:

- при зусиллі 1000 Н $k = \frac{830}{33,71} = 24,62$;
- при зусиллі 1500 Н $k = \frac{830}{50,565} = 16,41$;
- при зусиллі 2000 Н $k = \frac{830}{67,42} = 12,31$.

3 ОРГАНІЗАЦІЙНА ЧАСТИНА

3.1 Визначення кількості обладнання на ділянці та коефіцієнту завантаженості обладнання

Розрахунок кількості верстатів виконаємо за формулою (3.1) згідно [5]:

$$S_{pi} = \frac{t_{ш-к.i} \cdot N}{F_d \cdot 60} \quad (3.1)$$

де $t_{ш-к}$ – штучно-калькуляційний час і-ої операції, хв;

N – річна програма випуску;

F_d – дійсний річний фонд часу роботи обладнання, $F_d=4000$ годин.

Коефіцієнт завантаження обладнання розрахуємо за формулою (3.2) згідно [5]:

$$K_{з.о.i} = \frac{S_{p.i}}{S_{п.i}} \quad (3.2)$$

Операція 020 - верстат токарно-гвинторізний 165 (на 1 деталь)

$$S_p = \frac{\Sigma t_{ш-к.} \cdot N}{F_d \cdot 60} = \frac{46,133 \cdot 1000}{4000 \cdot 60} = 0,19$$

$$S_{п} = 1 \quad K_{з.о} = \frac{S_p}{S_{п}} = \frac{0,2}{1} = 0,2$$

Отримані результати зводимо в таблицю 3.1.

Операція 020 - верстат токарно-гвинторізний 165 (після дозавантаження)

$$S_p = \frac{\Sigma t_{ш-к.} \cdot N}{F_d \cdot 60} = \frac{(46,133 + 88,53) \cdot 1000 + (54,52 + 65,83) \cdot 500}{4000 \cdot 60} = 0,81$$

$$S_n = 1K_{3.o} = \frac{S_p}{S_n} = \frac{0,81}{1} = 0,81$$

Отримані результати зводимо в таблицю 3.2.

Аналогічно виконуємо розрахунки по іншим операціям ТП.

Середній коефіцієнт завантаження обладнання (на 1 деталь):

$$\bar{K}_3 = \frac{\sum S_p}{\sum S_n} = \frac{14,92}{27} = 0,55$$

Середній коефіцієнт завантаження обладнання по дільниці:

$$\bar{K}_3 = \frac{\sum S_p}{\sum S_n} = \frac{32,8}{39} = 0,84$$

Розраховуємо коефіцієнт закріплення операцій за формулою (3.3) згідно [5].

$$K_{3.o.} = \frac{O}{M} \quad (3.3)$$

де O - кількість детале- операцій, які виконуються на дільниці протягом місяця;

M- кількість робочих місць (верстатів) на дільниці.

$$O = \sum_{j=1}^l \sum_{i=1}^m O_{ij} \quad (3.4)$$

де l - кількість різних деталей, які обробляються на дільниці;

m - номер технологічної операції.

O=18·4=72 детале-операцій

$$M = \sum S_{ni} = 9 \cdot 1 + 7 \cdot 2 + 2 \cdot 3 + 2 \cdot 5 = 39$$

$$K_{3.o.} = \frac{O}{M} = \frac{72}{39} = 1,84$$

Коефіцієнт закріплення операцій для цеху, дільниці або поточної лінії є однією з основних характеристик типу виробництва, що вказує на його серійність. Для визначення характеру серійності встановлені такі межі значен. коефіцієнта $K_{з.о.}$ (ГОСТ 14.004-74)

$K_{з.о.}=1 \dots 10$ - крупносерійне виробництво.

У відповідності з п.1.1.2 за масою деталі та програмою випуска, а також $K_{з.о.}=1,84$ остаточно тип виробництва приймаємо крупносерійний, а форму організації ТП на лінії обробки втулки змінно-поточну.

Таблиця 3.1 – Вихідні дані та результати розрахунку

Вихідні дані	Річн. прогр. випуску	Номер операції, і							
	N, шт	015	020	025	040	045	055	060	065
		Модель верстата							
		1A616	АТПр-12СН1	АТПр-12СН1	2Н125	2Н125	3А151	3К227А	3К227А
		Верстатоемність (шт-к. час), хв							
Результати розрахунку	25000	1,873	7,139	8,175	6,905	7,333	7,369	10,429	7,846
	$\sum_j t_{um-kij} \cdot N_{ij}$	46825	178475	204375	172625	183325	184225	260725	196150
	S_{pi}	0,203	0,776	0,888	0,750	0,797	0,801	1,133	0,852
	S_{ni}	1	1	1	1	1	1	2	1
	K_{3i}	0,203	0,776	0,888	0,750	0,797	0,801	0,567	0,852

В змінно-потоковому виробництві тривалість операцій ТП необов'язково рівна чи кратна такту випуска, однак усереднений неявний такт випуска для таких технологічних ліній має місце.

Таблиця 3.2 – Вихідні дані та результати розрахунку

Вихідні дані	Річн.	Номер операції, i							
	прогр.	015	020	025	040	045	055	060	065
	випуску	Модель верстата							
	N, шт	1A616	АТПр-12СН1	АТПр-12СН1	2Н125	2Н125	3А151	3К227А	3К227А
Верстатоемність (шт-к. час), хв									
Результати	№1-25000	1,873	7,139	8,175	6,905	7,333	7,369	10,429	7,846
	№2- 20000	3,05	0		0	0	0	2,387	0
	№3 -30000	2,542	0	0	0	0	0	1,99	0
	$\sum_j t_{um-kij} \cdot N_{ij}$	184080	178475	204375	172625	183325	184225	368160	196150
	S_{pi}	0,800	0,776	0,888	0,750	0,797	0,801	1,6	0,852
	S_{ni}	1	1	1	1	1	1	2	1
	K_{3i}	0,800	0,776	0,888	0,750	0,797	0,801	0,8	0,852

Для того, щоб визначити або призначити змінну норму виробітку для ділянки або технологічної лінії необхідно розрахувати приблизний такт випуску, точніше змінну норму виробітку можна визначити за усередненим тшт-к

$$t_{um-ki} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n t_{um-ki} = 213 \text{ хв.}$$

3.2 Визначення чисельності робітників

Кількість основних виробничих робітників із відрядною оплатою визначається розподілом трудомісткості річної виробничої програми на плановий ефективний фонд робочого часу. При цьому враховується коефіцієнт норм виробітку та багатостанкового обслуговування згідно [5].

$$R_{\text{від}} = \frac{\sum N_i \cdot t_{\text{шт } i}}{F_{\text{эф}} \cdot K_{\text{в.н}} \cdot K_{\text{м.о}}} \quad (3.5)$$

де $R_{\text{від}}$ – чисельність основних робітників, люд;

N_i – кількість деталей кожного найменування;

$t_{\text{шт } i}$ – штучний час на обробку деталі, год;

$F_{\text{эф}}$ – ефективний фонд часу роботи робітника, год;

$K_{\text{вн}}$ – середній коефіцієнт використання норм виробітку;

$K_{\text{бо}}$ – коефіцієнт багатOVERCLOCKING обслуговування.

$$R_{\text{сд}} = \frac{184333,3}{1995 \cdot 1,05 \cdot 1,23} = 72 \text{людини} .$$

Чисельність допоміжних робочих у цеху згідно [5]

- налагоджувальники обладнання

$$R_{\text{н}} = \frac{C_{\text{нр}}}{14} \cdot 2 \cdot (1 + K) \quad (3.6)$$

де $C_{\text{нр}}$ – загальна кількість верстатів у цеху;

K – планові втрати робочого часу.

$$R_{\text{н}} = \frac{60}{14} \cdot 2 \cdot (1 + 0,05) = 9 \text{людей} ;$$

- слюсаря з ремонту обладнання

$$R_{\text{сл}} = \frac{C_{\text{нр}} \cdot 11}{500} \cdot 2 \cdot (1 + K) \quad (3.7)$$

$$R_{\text{сл}} = \frac{60 \cdot 11}{500} \cdot 2 \cdot (1 + 0,05) = 3 \text{людини} ;$$

- верстатники з ремонту інструмента та пристосувань

$$R_{cm} = \frac{R_{cd}}{70} \cdot 2 \cdot (1 + K) \quad (3.8)$$

$$R_{cm} = \frac{72}{70} \cdot 2 \cdot (1 + 0,05) = 3 \text{ людини};$$

- електрики $R_{el} = 1 \text{ людина};$

- сантехніки $R_c = 1 \text{ людина};$

- підсобні робітники $R_{np} = 1 \text{ людина};$ - роздавач інструменту

$R_{pi} = 1 \text{ людина};$ - контролер

$R_k = 1 \text{ людина}.$

Чисельність допоміжних робітників і розряд їх работ заносимо в таблицю 3.3.

Таблиця 3.3 – Чисельність допоміжних робітників

Допоміжні робітники	Чисельність, люд	Розряд роботи
Налагоджувальники обладнання	9	6
Слюсар з ремонту обладнання	3	4
Верстатник з ремонту інструмента та пристосувань	3	5
Електрик	1	4
Сантехнік	1	4
Підсобні робітники	1	3
Роздавач інструменту	1	3
Контролер	1	6
Всього	20	

Чисельність інженерно-технічних робітників в цеху заносимо в таблицю 3.4

Таблиця 3.4 – Чисельність інженерно-технічних робітників

Інженерно-технічні робітники	Чисельність, люд
Начальник цеха	1
Заступник начальника цеха	1
Ведучий бухгалтер	1
Бухгалтер	1
Економіст	1
Ведучий технолог	1
Інженер-технолог	3
Старший майстер	1
Майстер	3
Нормувальник	1

4 ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ЗАСТОСУВАННЯ ТОКАРНОГО ПРИСТРОЮ

Визначення економічної ефективності тієї чи іншої конструкції пристосування ґрунтується на порівнянні наведених витрат на базовий та проектний варіанти конструкції пристосування. Економічну оцінку проводять у порівнянні з технологічною собівартістю однієї деталі за формулою (4.1) згідно [5].

$$C_j = L_j \left(1 + \frac{Z}{100} \right) + \frac{S_j}{N} \left(\frac{1}{i} + \frac{q}{100} \right) \quad (4.1)$$

де C - собівартість виготовлення однієї деталі;

L - штучна заробітна плата;

Z - цехові накладні витрати, $Z = (400 \dots 450) \%$;

S – витрати на виготовлення та налагодження пристосування;

N – річна програма випуску деталей;

i - термін амортизації пристосування, у роках;

q – витрати, пов'язані з утриманням, ремонтом та експлуатацією пристосування у %, $q = 15 \dots 20\%$.

Порівняємо варіанти виготовлення деталі із застосуванням токарного клиноважільного трьохкулачкового патрона з ручним затискачем заготовки та мембранного пневматичного патрона в умовах серійного виробництва втулок з річною програмою випуску $N = 5000$ шт.

Штучна заробітна плата при обробці однієї деталі визначається за формулою (4.2) згідно [5].

$$L = t_{шт.к} \cdot p = \frac{t_{шт.к} \cdot C_{год}}{60} \quad (4.2)$$

де $t_{шт.к}$ - штучно-калькуляційний час на виконання операції з обробки заготовки;

p - хвилинна ставка робітника, яка залежить від його кваліфікації.

Штучно -калькуляційний час на операції із застосуванням мембранного токарного пневматичного патрона становить 2,254 хв, Розряд робітника – 4, годинна тарифна ставка. $C_{\text{год}} = 76,54$ грн. Штучна заробітна плата

$$L_2 = \frac{2,254 \cdot 76,54}{60} = 2,875 \text{ грн.}$$

Штучно-калькуляційний час на операції із застосуванням токарного клин-но важільного трикулачкового патрона з ручним затискачем заготовки збільшиться за рахунок збільшення допоміжного часу на встановлення зняття деталі. Тоді оперативно-допоміжний час

$$T = 1,86 + 0,271 + 0,28 = 2,411 \text{ хв}$$

$$T_{\text{вст}} = 3 \cdot 0,6 + 0,06 = 1,86 \text{ хв [7];}$$

$$T_{\text{пер}} = 0,1 + 0,03 + 0,04 + 0,101 = 0,271 \text{ хв [2];}$$

$$T_{\text{контр}} = 0,12 + 0,08 + 0,08 = 0,28 \text{ хв [7].}$$

Штучний час

$$T_{\text{шт}} = (11,943 + 2,411) (1 + (10/100)) = 15,789 \text{ хв.}$$

Підготовчо-заключний час $T_{\text{пз}} = 35 \text{ хв [7].}$

Штучно-калькуляційний час:

$$T_{\text{шт.к}} = 15,789 + \frac{35}{68} = 16,304 \text{ хв}$$

Розряд робітника – 5, через необхідність вивіряння деталі під час встановлення, годинна тарифна ставка. $C_{\text{год}} = 86,79$ грн.

Штучна заробітна плата

$$L_1 = \frac{16,304 \cdot 86,79}{60} = 23,584 \text{ грн.}$$

Мембранний токарний пневматичний патрон та токарний клиноважільний трикулачковий патрон з ручним затискачем є пристроями середньої складності та відносяться до 4 групи. Термін окупності для пристроїв 4 групи $i = 3$ роки. Усереднена вартість однієї деталі $C = 300$ грн.

Мембранний пневматичний токарний патрон, враховуючи деталі пневмоциліндра, складається з $n = 42$ деталей, і його вартість становить

$$S_2 = C \cdot n = 300 \cdot 42 = 12600 \text{ грн}$$

Токарний клиноважільний патрон з ручним затискачем складається з $n = 26$ деталей і його вартість складає

$$S_1 = C \cdot n = 300 \cdot 26 = 7800 \text{ грн}$$

Собівартість виготовлення однієї деталі із застосуванням токарного клиноважільного трикулачкового патрона з ручним затискачем заготовки

$$C_1 = 23,584 \left(1 + \frac{400}{100} \right) + \frac{7800}{5000} \left(\frac{1}{3} + \frac{20}{100} \right) = 118,7 \text{ грн}$$

Собівартість виготовлення однієї деталі із застосуванням мембранного пневматичного патрона

$$C_2 = 2,875 \left(1 + \frac{400}{100} \right) + \frac{12600}{5000} \left(\frac{1}{3} + \frac{20}{100} \right) = 15,635 \text{ грн}$$

Оскільки собівартість виготовлення однієї деталі із застосуванням мембранного пневматичного патрона нижча, ніж собівартість виготовлення однієї деталі із застосуванням токарного клиноважільного трикулачкового патрона з ручним затискачем заготовки, то застосування мембранного патрона економічно більш виправдане. Економічний ефект від заміни пристрою розраховується за формулою (4.3) згідно [5]

$$\mathcal{E} = (C_1 - C_2) \cdot N \quad (4.3)$$

$$\mathcal{E} = (118,7 - 15,635) \cdot 5000 = 515325$$

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

Основним змістом охорони праці на підприємстві є здійснення заходів технічного, санітарно-гігієнічного, правового та організаційного порядку, спрямованих на оздоровлення умов праці.

Дипломним проектом передбачено організацію механічної ділянки з виробництва деталей типу циліндрична втулка. Згідно технологічного процесу металорізальні верстати на ділянці розташовані в ряд, що сприяє гарній вентиляції та освітленню.

Основним принципом при розробці планування ділянки є дотримання прямоточності й найкоротших шляхів руху деталей у процесі їх обробки, а також відсутність їх зустрічних рухів. Обраний спосіб планування верстатів механічного цеху відноситься до прямоточного (у порядку технологічних операцій).

При роботі на ділянці механічної обробки втулок можуть виникати небезпеки, зазначені в таблиці 5.1 згідно [5] Кожна операція характеризується своїм типом небезпеки, пов'язаному з роботою на тому чи іншому устаткуванні.

Таблиця 5.1 - Аналіз небезпек, що виникають при виготовленні втулки

№ оп.	Найменування технологічної операції	Можлива небезпека	Причини, що призводять до небезпеки	Методи
1	2	3	4	5
005	Заготівельна	Розплавлений метал	Відсутність огорожі, порушення технологічної дисципліни	Встановлення огорожі, механізація робіт, видача спец. одягу

Продовження таблиці 5.1

1	2	3	4	5
010	Термічна	Піч і гарячі деталі	Відсутність ого- рожі, порушення технологічної дис- ципліни	Встановлення огорожі, механі- зація робіт, видача спец. одягу
015	Токарна	Поломка різця, травма робітника шматками пола- маного різця та деталі	Відсутність ого- рожі, порушення технологічної дис- ципліни	Використання окулярів і встано- влення огорожі
020	Токарна з ЧПК	Поломка різця, травма робітника шматками пола- маного різця та деталі	Сбій в керуючій програмі	Використання корекції помилки у робочій програмі
030	Токарна з ЧПК	Див. операцію 020		
035	Слюсарна	Задирок на деталі	Відсутність пер- чаток	Видача захисних перчаток
040	Свердлильна	Руйнування свер- дла, влучання стружки в очі	Відсутність ого- рожі, порушення технологічної дис- ципліни	Встановлення огорожі, механі- зація робіт, видача окулярів
045	Слюсарна	Див. операцію 035		
050	Шліфівальна	Влучання в тіло робітника шмат- ків разірного круга	Руйнування шлі- фувального круга	Перевірка шліф. круга на розрив

Продовження таблиці 5.1

1	2	3	4	5
055	Шліфовальна	Див.операцію 050		
060	Шліфовальна	Див.операцію 050		
065	Слюсарна	Див.операцію 035		
075	Промивочна	Горяча вода, пар, опіки	Розрив бака від не- достатньої міцності або переповнення	Виготовлення баків з доста- тньою міцні- стю

До найсерйозніших можна віднести такі небезпеки: опіки розкаленою деталлю та попадання стружки в обличчя.

До середньої небезпеки відноситься захоплення одягу частинами верста- та, що обертаються, травми рук при роботі з пресом, потрапляння в робочого шматків розірваного шліфувального круга.

До малої небезпеки відноситься потрапляння в обличчя дроби.

Для боротьби з шумом і вібрацією використовуються як загальні, так і ін- дивідуальні засоби захисту (навушники та беруші). Для ослаблення шуму, що проникає з приміщень назовні, використовується звукоізоляція огорожуючих конструкцій. Рационалізація технологічних процесів, застосування глушників, ретельна підгонка всіх рухомих частин механізмів - все це у багато разів знижує шум.

Для зниження вібрації використовуються спеціальні звукопоглинаючі конструкції поблизу джерела шуму або робочого місця, укладання в ізолюючі кожухи шумних вузлів агрегату.

Дипломним проектом передбачено застосування пневматичних та гідравлічних приводів для затиску заготовок, обладнаних запобіжними при- строями. Гальмування двигуна після зупинки приводу здійснюється за рахунок

кінематичного тертя. На усіх металорізальних верстатах діляниці використовуються силові обладнання системи пуску.

Електробезпека установок забезпечується надійною ізоляцією струмопровідних частин обладнання та застосуванням низьких напруг (до 42В) для освітлення та живлення електроінструментів. Застосовується також заземлення струмопровідних частин устаткування.

З метою зниження важкої ручної праці на ділянці встановлено кран-балку, яка призначена для транспортування пристосувань та переміщення тари з партією заготовок від верстата до верстата.

ВИСНОВОК

У дипломному проекті виконано розрахунки на вирішення комплексу завдань, пов'язаних із проектуванням технологічного процесу та економічне обґрунтування прийнятих рішень. Обрано спосіб отримання заготовки, який дає максимальне значення коефіцієнта використання матеріалу при мінімальній її вартості, проведено розрахунки припусків на механічну обробку, режимів різання і норм часу на виконання операцій. У процесі виконання дипломного проекту було вивчено заводський варіант технологічного процесу виготовлення втулки двигуна ТВЗ-117.

На підставі аналізу розрахунків здійснено розробка та оформлення технологічної документації на проєктований технологічний процес. У розробленому проекті передбачено заходи, спрямовані на зниження витрат та зменшення часу на виробництво; запропоновано більш продуктивні методи обробки.

У конструкторській частині проведено проектування та розрахунок засобів технічного оснащення техпроцесу. Розраховано робочий токарний пристрій на точність і необхідне зусилля затискання деталі. Викреслено креслення робочого пристрою. Вивчено конструкцію та метод вимірювання контрольного пристосування.

В організаційній частині проведено необхідні розрахунки та викреслено планування ділянки, на якій обробляється деталь та механозбірний цех.

Заходи з охорони праці на ділянці дозволяють мінімізувати ризики, що виникають під час обробки деталі. Розглянуто також питання пожежної безпеки.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Коваль А.Д., Беліков С.Б., Лазечний І. М., Степанова Л. П. Матеріалознавство : проктикум : навч. посіб. Запоріжжя : ЗНТУ
2. Методичні вказівки до дипломного проектування з технології авіабудування і машинобудування для студентів спеціальностей «Технологія машинобудування» (8.090202) та «Двигуни та енергетичні установки літальних апаратів» (7.100102) усіх форм навчання. / Склали: Яценко В. К., Ципак В. І., Коренівський Е. Я., Хорошков В. Д., Кононов В. В., Смирнов О. С., Сахно О. Г., Зінкевич К. В., Гончар Н. В., Рубель О. В., Пухальська О. Г., Олексієнко О. В., Каліуш В. І., Савчук Н. О.- Запоріжжя, ЗДТУ, 2000.- 245с.
3. Хорошков В.Д., Олексієнко О. В., Павленко Д. В., Методичні вказівки до практичних занять з технології машинобудування (розділ – проектування технологічних процесів) для студентів спеціальностей: 8.090205, 8.090203, 8.090214, 7.100102 усіх форм навчання / – Запоріжжя, ЗДТУ, 1999р.– 78с.
4. Хорошков В.Д. Методичні вказівки до практичних занять по технології машинобудування (розділ проектування зубообробних операцій) для студентів спеціальностей 7.090202, 7.090203, 7.100103 усіх форм навчання.- Запоріжжя: ЗДТУ. 1997.- 93с.
5. Горбацевич А.Ф., Шкред В.А. Курсове проектування з технології машинобудування: [Учб. посібник для машинобуд. спец. внз].- 4-е вид., перероб. та доп.- Мн.: Выш. школа, 1983.- 256с., іл.
6. Косилова А.Г., Мещеряков Р.К., Калинин М.А. Точність обробки, заготовки та припуски в машинобудуванні. Довідник технолога. М., «Машинобудування», 1976.- 288с., з іл.
7. Косилова А.Г., Мещеряков Р.К., Довідник технолога-машинобудівника. В 2-х т. Т. 1/- 4-е вид., перероб. та доп.- М.: Машинобудування, 1985.- 656с., іл.

ДОДАТОК А – Лістинг програми САПР ЧПК (операція 025)

%

N901 T101 M106

N001 G27

N002 X+153200 Z+063600 F70000 G58

N003 S34 M103

N004 G26

N005 G10 X-145140 Z-055842 F11080 M108 L36

N006 Z-005580 F10360

N007 Z-000100 F10058

N008 X+005572

N009 X-000200 Z+000100 F10360

N010 Z+001830

N011 X+001160

N012 Z-001450 F10058

N013 G03 X-000960 Z-000480 I011011

N014 G10 X-000200 Z+000100 F10360

N015 Z+005580

N016 X-005327

N017 Z-005580

N018 Z-000120 F10058

N019 X+005572

N020 X-000200 Z+000120 F10360

N021 Z+001830

N022 X+001864

N023 X-000664 Z-000523 F10054

N024 Z-000927 F10058

N025 G03 X-001000 Z-000500 I001000

N026 G10 X-000200 Z+000120 F10360

N027 G40 Z+005580 M109 L36

N028 G25 X+999999 M105

N029 G25 Z+999999

ДОДАТОК Б ТЕХНОЛОГІЧНІ КАРТИ

Розроб. Гонких Т.М.

Перевір. Вишнепольський Е.В.

Н.контр. Дядя С.І.

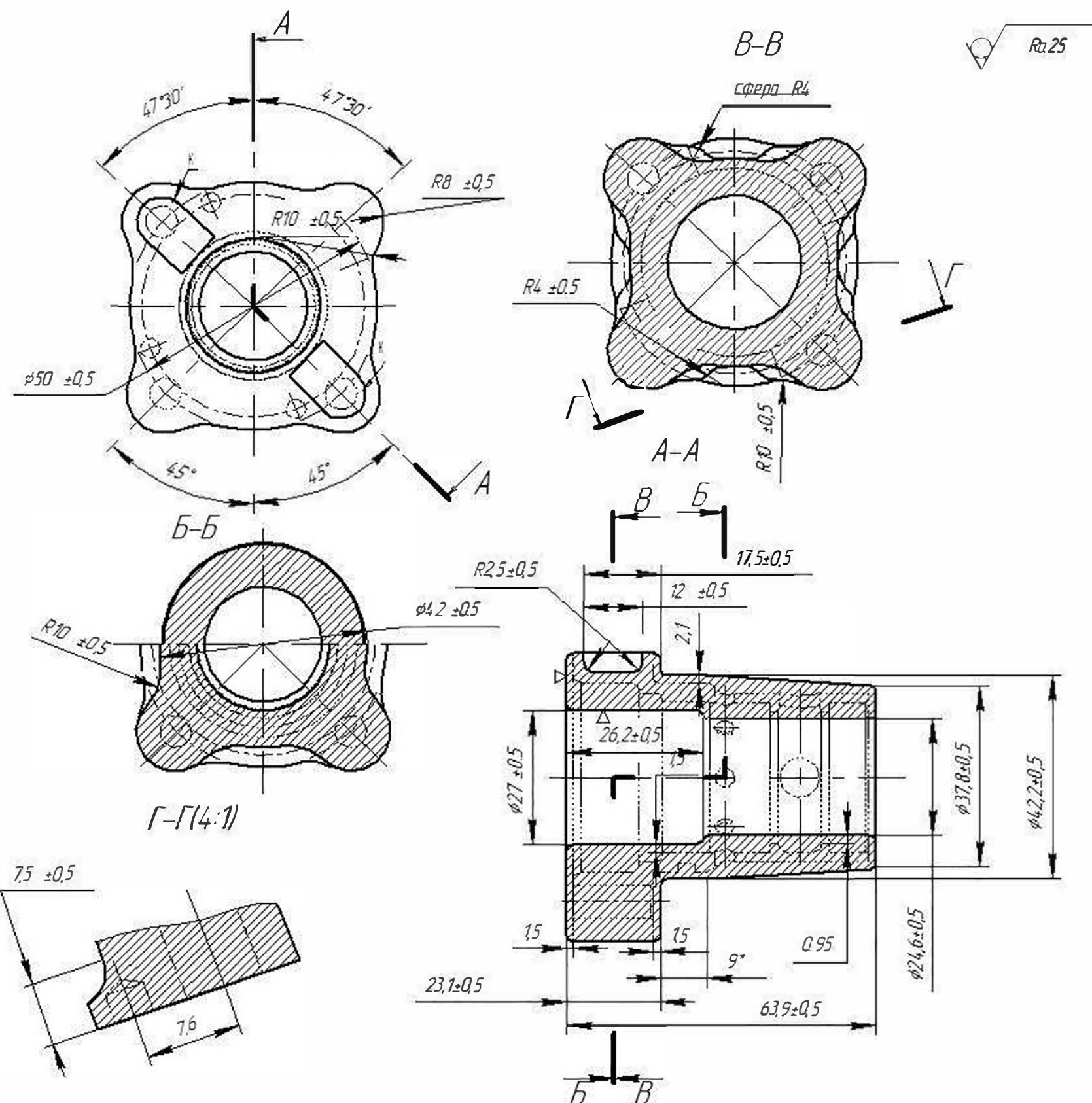
НУЗП

НУЗП 714457.033

ЦИЛІНДРИЧНА ВТУЛКА

Технічні умови на заготовку

Матеріал		Заготовка		
Найменування та марка	Код	Код та вид	Профіль та розміри	
Сталь 40ХНМЛ		Виливок	Ø50x63,9	
Технічні умови		Маркування	Твердість	Маса деталі
ДСТУ 8781:2018				0,15
Сортамент		Допустима кривизна		КВМ
		0,5 мм на довжині 1 мм		0,366
Розмір вихідного матеріалу		Кіл. дет. із 302	Норма розходу, кг	
		1	Розч. листа, прутка	масса
				0,41



1 Клас точності виливка Лт-4 за ОСТ 141154-86.

Група складності С1.

2 Ливарні ухили не більше за 3° .

3 Невказані ливарні радіуси не більше за 1,5

мм.

4 В місцях К можуть бути залишки литникової системи висотою не більше за 2 мм.

5 ▽- бази механічної обробки.

6 При попередній обробці деталь встановлювати в місцях, де відсутні пітателі.

Додл.																	
Взам.																	
Підп.																	
										НУЗП 0214.1.26033		4	1				
Розроб.	Тонких І.М.						НУЗП		НУЗП 714457.033		Мз-113сп.1014.1.00001						
Перевір.	Вилинелюкський Е.В.																
Н.контр.	Цядя С.І.						ЦИЛІНДРИЧНА ВТУЛКА										
МО1	Сталь 40ХНМЛ ДСТУ8781:2018																
МО2	Код	ОВ	МД	ОН	Нрзх.	КВМ	Код загост.	Профіль і розміри		КД	МЗ						
	к2	0,15	1	0,41	0,366	Вилибок			1	0,41							
А	Цех	Діл.	РМ	Опер.	Код, найменування операції			Позначення документа									
Б	Код, найменування обладнання						СМ	Проф.	Р	УП	КР	КОБД	ОН	ОП	Конт.	Тп.з.	Тшт.
03																	
А 04			005	2123 Вилибок								ЮП N 12					
Б 05	34 4240		Плч електробузда				2	19104	5	2	1	1	1	229	1	10	
06																	
А 07			010	5000 Термічна								ЮП N 12					
Б 08	34 4210		Електроплч М-75				3	19100	5	2	1	30	1	229	6	5	
09																	
А 10			05	4110 Токарна								ЮП N 3					
Б 11	38 1107		Токарний н/с 1А616				2	19149	4	1	1	1	1	229	1	25	1873
12																	
А 13			020	4233 Токарна з ЧПК								ЮП N 3					
Б 14	38 1021		Токарний з ЧПК АТПР-2М12СН1				2	19479	5	1	1	1	1	229	1	25	7,139
15																	
16																	
МК																	

Дудл.			
Взам.			
Підп.			

2

ИУЗП 714457.033 Мз-113сн.1014.1.00001

[illegible]

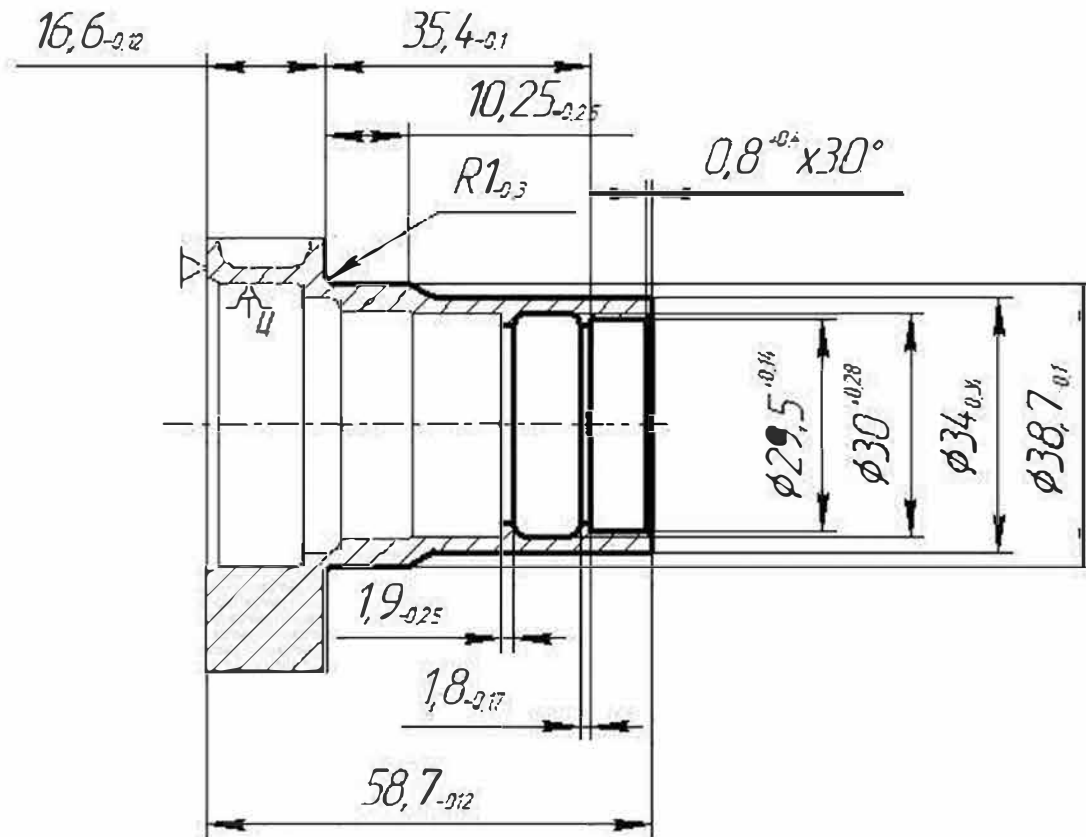
Дубл.																				
Взам.																				
Підп.																				
																			3	
																			НУЗП 714457.033	Мз-113сп.1014.1.000001
А	Цех	Діл.	РМ	Опер.	Код, найменування операції					Позначення документа										
Б	Код найменування обладнання					СМ	Проф.	Р	УП	КР	КОВД	ОН	ОП	Кшт.	Тп.з.	Тшт.				
К/М	Найменування деталі, складниці або матеріала					Позначення коду										ОП	ОВ	ОН	КІ	Нр.
01																				
А 02	050 0190 Слюсарна					ЮП N 84														
Б 03	38	1338	Полірувальна башка спеціальна			2	18446	4	1	1	1	1	229	1	25	5				
04																				
А 05	055 4131 Круглошліфувальна					ЮП N 76														
Б 06	38	1311	Круглошліфувальний 3А151			2	19630	4	1	1	1	1	229	1	19	7,369				
07																				
А 08	060 4132 Внутрішньошліфувальна					ЮП N 76														
Б 09	38	1312	Внутрішліфувальний 3К227А			2	19630	4	1	1	1	1	229	1	19	10,429				
10																				
А11	065 4132 Внутрішньошліфувальна					ЮП N 76														
Б12	38	1312	Внутрішліфувальний 3К227А			2	19630	4	1	1	1	1	229	1	19	7,846				
13																				
А14	050 0190 Слюсарна					ЮП N 84														
Б15	38	1338	Полірувальна башка спеціальна			2	18446	4	1	1	1	1	229	1	25	5				
16																				
17																				
МК																				

Додл.			
Взам.			
Підп.			

4

ИУЗП 714457.033 Мз-113сн.1014.100001

[illegible]

[illegible]

RC 3.2

1 Невказані радіуси $R2, 1-3$

1

МЗ-113сп.6014.100025

025

ALCOHOL

1



Укріпл-1

y

OK

1

1

НУЗП

МЗ-113сп.60141.00040

ЦИЛІНДРИЧНА ВТУЛКА

040

REDA

1

Укріюл-1

y

03

6.43

0.7

5.03

77

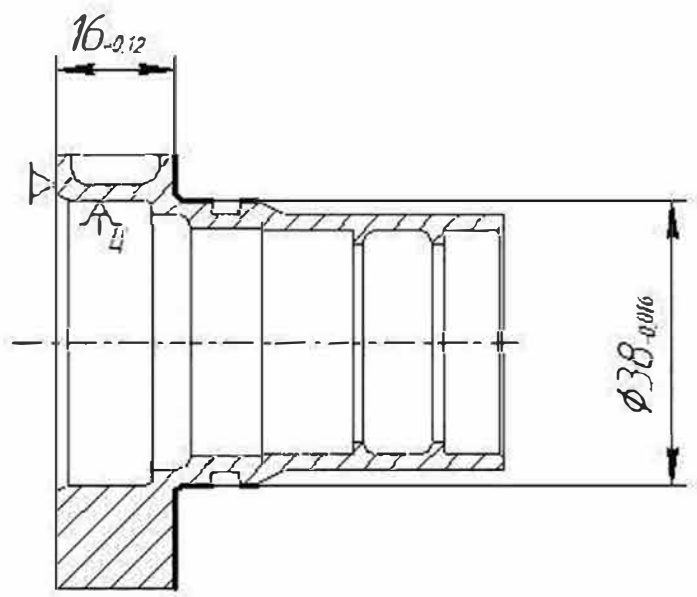
0 12 3 Зняти деталь

OK

Дудл.		
Взам.		
Підл.		

						НУЗП 0214.126033		1	1	
Розроб.	Тонких Т.М.			НУЗП	НУЗП 714457.033		Мз-113сп.2014.1.00055			
Перевір.	Вишнепольський Є.В.									
				ЦИЛІНДРИЧНА ВТУЛКА						055
Н.контр.	Дядя С.І.									

√ Ra 1,6



1

МЗ-113сп.6014.100055

055

Найменування деталі	Матеріал	Габарити	Об.	Ріс.	Габарити по довжині	Ріс.	Код
Круглошліфувальна	Сталь 40 ХМНЛ ДСТУ8781:2018	HRC 27...33		Q15	φ50хφ24х63,9	Q41	1
Облагодження пристрою з ЧЧ	Обозначение программы	Ta	Tb	Tn з.	Tшт	Сок	
Круглошліфувальний 3А151		5,0	1,7	19	7,37	Укрinol-1	
P		l	l	l	l	l	l

O	01	1 Встановити та закріпити деталь
T	02	ПР Пристрій спеціальний
	03	
O	04	2 Шліфувати поверхню ф38, дотримуючись розмірів
T	05	РМ Круг шліфувальний 1А1 500х76х20 24А10-ПСМ1-С17К5 35м/с А1 кл ГОСТ 2424-98
	06	СИ Калибр-скоба 8118-0025-1ГОСТ 2216-84
	07	
O	08	Зняти деталь
	09	
	10	
	11	
	12	

OK