

Херсонський національний технічний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Інженерії та транспорту

(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Автоматизації, робототехніки і мехатроніки

(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

бакалавра

на тему: Технологічно-конструкторська підготовка виготовлення
деталі «Вал-шестерня»

Пояснювальна записка

Виконав: студент 4 курсу, групи 4ІМ
Спеціальності 131-Прикладна механіка

(шифр і назва спеціальності)

Тикленко Д.Г.

(прізвище та ініціали)

Керівник Селіверстов І.

(прізвище та ініціали)

Херсонський національний технічний університет
(повне найменування вищого навчального закладу)

- Інститут, факультет, відділення інженерії та транспорту
- Кафедра Автоматизації, робототехніки і мехатроніки
- Освітньо-кваліфікаційний рівень бакалавр
- Напрямок підготовки _____
- Спеціальність 131- Прикладна механіка

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри,

Ігор СЕЛІВЕРСТОВ

« » _____ 2026 року

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА

Тикленко Даниїла Геннадійовича

1. Тема КРБ “ Технологічно-конструкторська підготовка виготовлення деталі «Вал-шестерня» “

Керівник проекту (роботи) Селіверстов Ігор Анатолійович

(призвіще, ім'я, по батькові наукова ступінь, вчене звання)

Затвердженні наказом вищого навчального закладу від 15 січня 2024 року № 17-с.

2. Строк подання студентом проекту (роботи) 10.06.2026 р.

3. .Вихідні дані по проекту (роботи) _робоче креслення деталі корпус, технічні вимоги до конструкції деталі корпус, річна програма випуску 500 шт., типовий технологічний процес, спосіб отримання заготовки, вимоги до матеріалу деталі
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)_аналіз технологічності конструкції деталі, проектування конструкції заготовки, проектування технологічного процесу виготовлення деталі, визначення припусків для технологічних переходів, призначення режимів різання, нормування технологічних операцій, проектування верстатного пристрою металорізального інструменту.

5. **Консультанти розділів роботи**

Розділ	Прізвище, ініціали та по консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Аналіз службового призначення та умов роботи деталі "Корпус"	<u>Селіверстов І.</u>	28.02.26	
Конструкторська частина	<u>Селіверстов І.</u>	15.02.26	
Технологічна частна	<u>Селіверстов І.</u>	01.04.26	
Проектування та виготовлення пристосування	<u>Селіверстов І.</u>	30.04.26	

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів кваліфікаційної Роботи	Срок виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ, постановка мети, аналіз призначення деталі	01.02 – 07.02	
2	Вибір матеріалу, типу виробничої заготовки	08.02 – 14.02	
3	Розробка технологічного процесу	15.02 – 25.02	
4	Вибір обладнання, режимів, інструменту	26.02 – 07.03	
5	Проектування пристрою та його розрахунок	08.03 – 15.03	
6	Оформлення креслень	06.04 – 25.04	
7	Висновки, оформлення списку літератури	26.04 – 28.04	
8	Перевірка, редагування, остаточне оформлення	29.04 – 05.05	
9	Підготовка до захисту, подача дипломної роботи	06.05 – 10.05	

АНОТАЦІЯ

У кваліфікаційній роботі виконано розробку технологічно-конструкторської підготовки виготовлення деталі машинобудівного призначення. Проведено аналіз призначення деталі, визначено тип виробництва та оцінено технологічність її конструкції. Виконано техніко-економічне обґрунтування способу отримання заготовки та спроектовано технологічний процес механічної обробки із вибором технологічних баз, обладнання, методів обробки та послідовності виконання операцій.

У роботі здійснено розрахунок припусків на механічну обробку, визначено режими різання та виконано технічне нормування операцій. Розраховано трудомісткість виготовлення деталі, необхідну кількість основного і допоміжного обладнання, транспортних засобів, а також визначено коефіцієнти завантаження устаткування.

У конструкторській частині розроблено спеціальне пристосування для виконання технологічної операції, наведено опис його конструкції та принципу дії, виконано розрахунки на точність, міцність і надійність роботи. Обґрунтовано вибір приводу та визначено його основні параметри. Також розроблено конструкцію різального інструменту для забезпечення необхідної продуктивності та якості обробки.

Результати роботи можуть бути використані під час технологічної підготовки виробництва деталей машинобудівного призначення та вдосконалення виробничих процесів на машинобудівних підприємствах.

Ключові слова: технологічний процес, механічна обробка, деталь машинобудування, заготовка, припуски на обробку, режими різання, технологічне обладнання, спеціальне пристосування, різальний інструмент, технічне нормування, трудомісткість.

Вступ	6
1. Технологічна частина	7
1.1 Призначення деталі та основні технологічні завдання, що вирішуються при виготовленні	7
1.2 Визначення типу виробництва	9
1.3 Аналіз технологічності конструкції деталі	11
1.4 Техніко-економічне обґрунтування способу одержання заготовки ...	12
1.5 Проєктування технологічного процесу механічної обробки деталі ...	15
1.5.1 Проєктування маршрутного технологічного процесу	15
1.5.2 Обґрунтування послідовності операцій технологічного процесу	18
1.5.3 Обґрунтування вибору технологічних баз	19
1.5.4 Обґрунтування методу обробки та обладнання	19
1.6 Розрахунок припусків на механічну обробку	19
1.7 Розрахунок режимів різання	23
1.8 Технічне нормування	27
1.9 Визначення кількості обладнання	30
1.9.1 Розрахунок трудомісткості виготовлення заданої програми деталей за операціями технологічного процесу	30
1.9.2 Розрахунок трудомісткості річного обсягу робіт на дільниці	30

1.9.3 Розрахунок необхідної кількості технологічного обладнання та коефіцієнтів його завантаження	32
1.9.4 Розрахунок потреби у допоміжному обладнанні	33
1.9.5 Вибір необхідної кількості транспортних засобів	34
1.9.6 Специфікація обладнання	34
1.9.7 Визначення вартості дороговартісного інструменту	34
2. Конструкторська частина	38
2.1 Опис конструкції та принципу дії пристосування	38
2.2 Розрахунок пристосування на точність	38
2.3 Розрахунок міжремонтного періоду	40
2.4 Розрахунок вихідного зусилля закріплення	41
2.5 Вибір приводу та його основних характеристик	42
3. Різальний інструмент	43
4. Розробка інструкції з охорони праці на робочому місці	47
Список використаної літератури	100

ВСТУП

Виконання кваліфікаційної роботи бакалавра є творчою роботою, яка потребує знань і навичок, сформованих на основі вивчення курсів фундаментальних і спеціальних дисциплін. Випускна кваліфікаційна робота бакалавра є комплексною завершальною роботою з основних дисциплін за напрямом 090202 – інженерна механіка, з основним технічним завданням на її основі, що підтверджує кваліфікаційний рівень бакалавра. Її виконання є творчою роботою, яка потребує знань і вмінь, сформованих на основі курсів фундаментальних дисциплін: математики, креслення, теоретичної механіки та опору матеріалів, технічних вимірювань і стандартизації, конструювання пристосувань, металорізального інструменту, верстатів і технології машинобудування. До її виконання допускаються студенти, які виконали всі вимоги навчального плану.

Випускна кваліфікаційна робота має конструктивно-технологічний характер і складається з текстової та графічної частин, які можуть бути виконані із застосуванням сучасних програмних продуктів та ЕОМ. Вона є самостійною творчою роботою, що відображає рівень підготовки студента як фахівця та його здатність до професійної діяльності за зазначеним напрямом. Тому передбачається проєктування основних механізмів верстатів, конструювання, критичний аналіз технологічності та вдосконалення головної деталі цього механізму, удосконалення базового технологічного процесу її виготовлення, оптимізація методів і режимів її обробки, удосконалення використовуваного обладнання, пристосувань і різального інструменту.

Головною метою виконання випускної кваліфікаційної роботи є комплексне поглиблення та найбільш повне розкриття набутих знань, умінь і навичок на завершальному етапі кваліфікаційної роботи бакалавра.

Мета випускної кваліфікаційної роботи – систематизація та поглиблення теоретичних і практичних знань, отриманих у межах навчального плану,

закріплення навичок самостійної науково-дослідної роботи. Вона повинна свідчити про ступінь готовності студента до практичної роботи. За результатами захисту випускної кваліфікаційної роботи Державна атестаційна комісія (ДАК) вирішує питання щодо присвоєння випускникові кваліфікації (ступеня) бакалавра економіста.

Випускна робота бакалавра спрямована на вирішення таких завдань:

- закріплення та розширення теоретичних і практичних знань, отриманих у межах навчального плану, а також навичок застосування цих знань при вирішенні конкретних наукових та економічних завдань;
- з'ясування готовності студентів до практичної діяльності.

Випускна кваліфікаційна робота виконується самостійно кожним студентом під керівництвом викладача – наукового керівника і є окремим науковим рукописом.

До захисту випускної кваліфікаційної роботи допускаються особи, які завершили повний курс навчання та успішно пройшли всі атестаційні випробування (склали державні іспити).

Випускна кваліфікаційна робота повинна являти собою завершене розв'язання конкретного організаційно-економічного, інформаційно-аналітичного або підприємницького завдання, включати сукупність результатів дослідження та науково-практичні положення, що висуваються автором на захист. У ній мають бути визначені шляхи подальшого розвитку досліджуваної проблеми, показана здатність автора брати участь у розробці перспектив розвитку досліджуваного об'єкта, процесу або явища.

1. Технологічний розділ

1.1 Службове призначення деталі та основні технологічні задачі, які вирішуються під час її виготовлення

Деталь «Вал-шестерня» застосовують у всіх галузях машинобудування, де за умовами компонування машини необхідно передати рух між осями валів, що перетинаються. Часто використовується як головна передача у приводах ведучих коліс автомобілів, сільськогосподарської техніки, локомотивів, а також як привід у верстатах та інших індустріальних машинах для забезпечення високої точності при великому передавальному числі. Конічні передачі з круговими зубцями застосовують у відповідальних випадках при середніх і високих (15 м/с) швидкостях. У конічних передачах під час роботи виникають значні осьові сили.

Вал-шестерня має дві точні циліндричні поверхні для встановлення на них підшипників.

Деталь «Вал-шестерня» виконує важливу функцію в механізмах і являє собою вал із шестернею, на якому нарізані зубці евольвентної передачі. Ця деталь піддається високому навантаженню та потребує своєчасної заміни.

До матеріалів, з яких вона виготовляється, належать різні марки сталей, як вуглецевих, так і легованих. Наші клієнти легко зможуть замовити деталь будь-якого ступеня складності та будь-якого типу.

Виготовлення шестерень здійснюється кількома методами: обкатування, довбання, обкатування із застосуванням гребінки, нарізання черв'ячною фрезою, методом копіювання, холодного та гарячого накатування.

Вони є важливими механізмами у багатьох видах обладнання. Перевага, яку мають циліндричні шестерні, — малі габарити та компактність, завдяки яким

їх монтаж є досить простим. Якщо їх піддати спеціальній термічній обробці, це дозволить збільшити термін служби.

Деталь «Вал-шестерня»

Зубці призначені для передачі крутного моменту. Канавка, яка розташована на $\varnothing 70$, призначена для встановлення на неї стопорного кільця.

Дві метричні різьби на $\varnothing 70$ та $\varnothing 42$. Шпонковий паз на конічній поверхні та паз для стопорної шайби на циліндричній поверхні $\varnothing 70$ з різьбою. Два циліндричні отвори $\varnothing 6.3$ на ділянці з різьбою M42x1.5.

Дві циліндричні поверхні $\varnothing 75$ мм і $\varnothing 70$ оброблені за 6 квалітетом точності та мають шорсткість поверхонь $Ra = 1,25$ мкм.

Шорсткість різьб $Ra = 2,5$ мкм. Зубці мають шорсткість $Ra = 2,5$ мкм і ступінь точності 8С, число зубців 12, середній нормальний модуль 5,726 мм.

Радіальне биття зубчастого вінця відносно поверхонь ГД не більше 0,07 мм.

Твердість деталі визначається за Роквеллом ≥ 59 HRCe, серцевина 32...45 HRC.

Нітроцементация зубців зубчастого вінця 59...63 HRCe проводиться в межах $h = 0,6...1,1$ мм.

Усі інші поверхні мають шорсткість $Ra = 5$ мкм та 14 квалітет точності.

Хімічний склад легованої конструкційної сталі 20X2H4A

Таблиця 1.1

C	Mn	Si	Cr	Ni	S	P
					не більше	
0,20-0,30	0,30-0,60	0,17-0,37	1,25- 1,65	3,25- 3,65	0,025	0,025

Механічні властивості конструкційної сталі 20Х2Н4А

Таблиця 1.2

$\sigma_t, \text{МПа}$	$\sigma_s, \text{МПа}$	$\delta, \%$	$\psi, \%$	ударна в'язкість	НВ (не більше)	
Не менш				$a_k, (\text{Н} \cdot \text{м})/\text{см}^2$	горячекатана	відпалена
820	940	12	50	70	360	262

Застосування: Шестерні, вал-шестерні, пальці та інші цементовані, особливо відповідальні, високонавантажені деталі, до яких висуваються вимоги високої міцності, пластичності та в'язкості серцевини й високої поверхневої твердості, що працюють під дією ударних навантажень та при від'ємних температурах.

Замінники: 20ХГНР, 15ХГН2ТА, 20ХГНТР.

1.2 Аналіз технологічності конструкції деталі

Коефіцієнт уніфікації конструктивних елементів деталі:

$$K_{\text{э.у}} = \frac{n_{\text{у.э}}}{n_{\text{э}}} \quad (1.1)$$

де:– число уніфікованих елементів деталі, шт.

– загальне число конструктивних елементів, шт.

$$K_{\text{э.у}} = \frac{11}{13} = 0,836$$

Коефіцієнт точності обробки:

$$K_{\text{т.о}} = \frac{K_{\text{н.т}}}{K} \quad (1.2)$$

де:– $K_{\text{н.т}}$ – кількість розмірів високої точності обробки (IT8-7).

$\underline{K}$ – загальна кількість розмірів.

$$K_{m.o} = \frac{6}{42} = 0.142$$

Коефіцієнт шорсткості поверхні деталі:

$$K_{ш} = \frac{O_{ш.н}}{O_{ш.о}} \quad (1.3)$$

де $O_{ш.н}$ –число поверхонь деталей з негрубою шорсткістю.

$O_{ш.о}$ – загальне число поверхонь деталі, що підлягають обробці.

$$K_{ш} = \frac{1}{14} = 0,071$$

Коефіцієнт використання матеріалу:

$$K_{и.м} = \frac{G_{\partial}}{G_3} \quad (1.4)$$

де: G_{∂} – маса деталі за кресленням, кг.

G_3 – маса матеріалу заготовки, кг.

$$K_{и.м} = \frac{11,3}{15.65} = 0.722$$

1.3 Техніко-економічне обґрунтування виду та методу отримання заготовки

Призначення та конструкція деталі, матеріал, технічні вимоги, тип виробництва, технологічна собівартість визначають метод отримання заготовки.

Варіанти заготовок:

- штампування на ГKM;
- штампування на кривошипно-шатунному пресі:
 - у відкритих штампах;

- у закритих штампах;
- кування на молотах;
- заготовка з прокату.

Зупиняємося на двох варіантах:

1. Штампування на КШП у закритих штампах.
2. Штампування на ГKM.

Вартість гарячекатаних заготовок визначається за формулою:

$$C = \left(\frac{Ci}{1000} \times Q \times K_T \times K_M \times K_C \times K_B \times K_{II} \right) - (Q - q) \frac{S_{отх}}{1000}, \text{ грн}, \quad (1.5)$$

де:

- Ci - базова вартість 1 т заготовки, грн;
- $K_T, K_M, K_C, K_B, K_{II}$ — коефіцієнти, що залежать від класу точності, марки матеріалу, складності, маси заготовки та обсягу виробництва.

Базова вартість Ci штампування зі сталі 35 — 3200 грн/т.

$$C_1 = \left(\frac{3200}{1000} \times 14,472 \times 1 \times 1,98 \times 0,9 \times 0,8 \times 1 \right) - (14,472 - 11,3) \frac{3200}{1000} = 56,237 \text{ грн}$$

$$C_2 = \left(\frac{3200}{1000} \times 15,65 \times 0,85 \times 1,98 \times 0,9 \times 0,8 \times 1 \right) - (15,65 - 11,3) \frac{3200}{1000} = 46,764 \text{ грн}$$

Коефіцієнт використання металу визначається відношенням:

$$\eta_{mi} = \frac{q}{Q_i} \quad , \quad (1.6)$$

де: q – маса готової деталі, кг;

Q_i — маса заготовки за i -м варіантом, кг.

Масу заготовки попередньо визначаємо, призначивши припуски на обробку всіх елементарних поверхонь деталі.

$$\eta_{m1} = \frac{11,3}{14,742} = 0,7665$$

$$\eta_{m2} = \frac{11,3}{15,65} = 0,722$$

Річна економія за вартістю заготовок:

$$\mathcal{E}_{заг} = (C_1 - C_2)N, \text{ грн.} \quad (1.7)$$

$$\mathcal{E}_{заг} = (56,237 - 46,764) \times 3000 = 28419$$

Річна економія металу:

$$\mathcal{E}_m = \frac{q_0(\eta_{m1} - \eta_{m2})}{\eta_{m1} \times \eta_{m2}} N \quad , \text{ кг} \quad , \quad (1.8)$$

$$\mathcal{E}_m = \frac{11,3 \times (0,7665 - 0,722)}{0,7665 \times 0,722} \times 3000 = 2725,902$$

де: q_0 – вартість заготовок, отриманих першим і другим методами.

- C_1 та C_2 - вартість заготовок, отриманих першим і другим методами;
- $\eta_{m1}; \eta_{m2}$ -с коефіцієнти використання матеріалу при виготовленні заготовок першим і другим методами (при цьому).

Додаткові річні витрати на матеріал за одним із варіантів визначаються:

$$Z_m = \frac{C_i}{1000} \times \mathcal{E}_m \times K_T, K_M, K_C, K_B, K_{П}, \text{ грн.} \quad (1.9)$$

$$З_{\text{м}} = \frac{3500}{1000} \times 2725,902 \times 0,85 \times 1,98 \times 0,9 \times 0,8 = 11560,987$$

Додаткові річні витрати на виготовлення заготовок за іншим варіантом визначаються:

$$З_{\text{и}} = (C_2 - C_1)N, \text{ грн.} \quad (1.10)$$

$$З_{\text{и}} = (46,764 - 56,237) \times 3000 = 28419,$$

Абсолютне значення річної економії визначають як:

$$\mathcal{E}_{\text{г}} = (З_{\text{м}} - З_{\text{и}}), \text{ грн} \quad (1.11)$$

$$\mathcal{E}_{\text{г}} = 11560,987 - 28419 = -16858,013, \text{ грн}$$

Порівняння методів отримання заготовок

Таблиця 1.4

Найменування показників	Перший варіант	Другий варіант
Вид заготовки	КШП	ГКМ
Клас точності	2	4
Група складності	2	2
Маса заготовки, кг	14,742	15,65
Вартість 1 т заготовки Сі, грн	12500	13250
Вартість 1 т Сотх., грн	4000	4000
Коефіцієнт використання матеріалу $\eta_{\text{м}}$	0,7665	0,722

Річна економія металу $\mathcal{E}_{\text{м}}$

Додаткові річні витрати на матеріал

Додаткові витрати на виготовлення заготовок за іншим варіантом

Абсолютне значення економії

За розрахунками та типом виробництва приймаємо метод виготовлення заготовки на ГKM.

Визначаємо характерні показники поковки:

1. Визначаємо точність виготовлення поковки T4.
2. Визначаємо групу сталі поковки M3.
3. Визначаємо ступінь складності поковки.

$$C = G_{\text{п}}/G_{\text{ф}} = 15.65/36.980 = 0.423$$

C2

4. За характерними показниками визначаємо вихідний індекс поковки П16.
5. За вихідним індексом розмірів і шорсткості поверхонь визначаємо основні припуски.
6. Додаткові припуски, що враховують зміщення штампів 0,4, викривлення 0,6.
7. Визначаємо допуски та граничні відхилення округляємо розміри з точністю 0,5.
8. Визначаємо штампувальні ухили та радіуси закруглень.
9. Штампувальні ухили 4°
10. Радіуси заокруглень 4 мм.
11. Проектуємо креслення поковки відповідно до вимог ЕСКД.

Припуски та допуски на оброблювані поверхні

12. Припуски на механічну обробку визначені ГОСТ та встановлюються відповідно до класу точності виливків: для сталевого лиття ГОСТ 2009-55 та для чавунного ГОСТ 1855-55. На низці підприємств для зручності призначення припусків розробляються заводські нормалі, що враховують специфічні особливості цього виду виробництва. Стосовно умов важкого машинобудування наводимо дані по припускам для

великих виливків в основному ручним формуванням. Лиття такого виду відноситься до третього класу точності виливків.

12.13. На відміну від існуючої раніше методики, за якою припуски визначалися за найбільшими габаритними розмірами заготовки, діючим ГОСТ припуск визначається виходячи з максимального габаритного та номінального розміру деталі. Під номінальним розміром для встановлення припусків на механічну обробку слід розуміти найбільшу відстань між протилежними поверхнями, що обробляються (фіг. 30, а) або відстань від базисної поверхні або осі до оброблюваної поверхні (фіг. 30, б). $K_{i.m.} = M_d / M_p = 11.3 / 15.65 = 0.722$

13.Таблица 1.5

Розмір деталі, мм	Допуски и граничнч відхилення	Припуск на сторону	Розмери і Відхилення поковки
Ø82.9	$3.6^{+2.4}_{-1.2}$	2.5	$90^{+2.4}_{-1.2}$
59.5	$3.6^{+2.4}_{-1.2}$	2.5	$66,5^{+2.4}_{-1.2}$
Ø130.814	$4^{+2.7}_{-1.3}$	2.7	$138^{+2.7}_{-1.3}$
Ø100	$4^{+2.7}_{-1.3}$	2.7	$107,5^{+2.7}_{-1.3}$
Ø75	$3,6^{+2.4}_{-1.2}$	2.7	$82,5^{+2.4}_{-1.2}$
52	$3,6^{+2.4}_{-1.2}$	2.7	$56^{+2.4}_{-1.2}$
60	$3,6^{+2.4}_{-1.2}$	2.7	$63^{+2.4}_{-1.2}$
280	$5^{+3,3}_{-1.7}$	3,2	$285^{+3,3}_{-1.7}$

28	$3.2^{+2.1}_{-1.1}$	2.3	$30^{+2.1}_{-1.1}$
Ø42	$3.6^{+2.4}_{-1.2}$	2.5	$49^{+2.4}_{-1.2}$
185	$4.5^{+3}_{-1.5}$	3	$189^{+3}_{-1.5}$

1.4 Визначення типу виробництва та форми організації технологічного процесу

Тип виробництва – це комплексна характеристика технічних, організаційних та економічних особливостей промислового виробництва, зумовлена його спеціалізацією, обсягом і повторюваністю випуску продукції.

Розрізняють три основні типи організації виробництва: масове, серійне та одиничне.

Одиничному типу виробництва характерно:

1. штучний випуск виробів, повторюваність випуску однорідної продукції нерегулярна або зовсім відсутня (випуск меблів при льонозаводах, ремонтно-механічні майстерні);
2. різноманітність робіт, відсутність закріплення за робочими місцями певних операцій;
3. виконання робіт на універсальному обладнанні без спеціального оснащення, велика частка ручних робіт, що подовжує виробничий цикл;
4. переважання робітників-універсалів високої кваліфікації.

Недолік – висока собівартість продукції, великі втрати робочого часу.

Серійний тип виробництва характеризується постійністю випуску досить великої номенклатури виробів. Він зумовлює партійний метод організації виробництва, коли запуск у виробництво здійснюється партіями певного

розміру при певному сталому чергуванні їх у часі. Це дозволяє організувати ритмічний випуск продукції, уніфікацію продукції та технології.

Робочі місця й обладнання частково спеціалізовані. Процес праці відрізняється великою повторюваністю, великим постійством структури. Вимоги до кваліфікації робітників порівняно з одиничним виробництвом нижчі. Характерні менші, ніж для одиничного, трудомісткість, матеріаломісткість, собівартість.

Залежно від розміру партій виробу розрізняють дрібносерійне, середньосерійне та великосерійне виробництво. Точних критеріїв такого розмежування немає. У харчовій промисловості прийнято вважати, що в дрібносерійному виробництві розмір партії виробу не перевищує змінного виробітку.

Масовий тип виробництва характеризується постійним і безперервним випуском суворо обмеженої номенклатури продукції (цукрові заводи, крохмале-патокове виробництво).

Вузька спеціалізація робочих місць і скорочення обсягу будь-якої ручної праці, структура процесу праці постійна, велика питома вага спеціалізованого обладнання, механізованих та автоматизованих процесів. Найбільш економічний тип виробництва. Характерні висока продуктивність праці, найбільш повне завантаження обладнання, краще використання виробничих потужностей, ефективне використання всіх ресурсів. Характерний поточковий метод організації виробництва.

1.5 Розробка маршрутного технологічного процесу

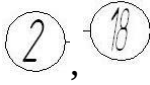
Маршрутний технологічний процес механічної обробки деталі «Вал-шестерня» розробляється з урахуванням конструктивних особливостей деталі, вимог до точності та шорсткості поверхонь, а також типу виробництва.

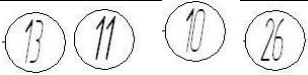
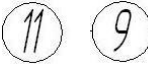
Основними задачами при розробці маршруту є:

- забезпечення необхідної точності обробки;
- досягнення заданої шорсткості поверхонь;
- забезпечення високої продуктивності праці;
- мінімізація собівартості виготовлення деталі;
- правильний вибір технологічних баз;
- забезпечення раціональної послідовності обробки.

**Базовий технологічний процес механічної обробки деталі
«Вал-шестерня рк»**

Таблиця 1.6

№ Оп ер	Найменування операції, перехід	Умовне, позна. баз, пов.	Найменування верстата, модель	Найменування верстатного пристосу блювання	Примітка ня
1	2	3	4	5	6
005	Фрезерно- центрувальна 1.Фрезерувати торці  , 2.Свердлити отвори 	 ,  , 	Фрезерно- цетрувальний МР-71	Універсальне з пневматичним приводом	Само- центруючі призми
010	Токарно- гідрокопіювальна 1.Точити поверхні по копію 	 	Токарний гідро- копіювальний 1712	Повідковий патрон	Плаваючий центр

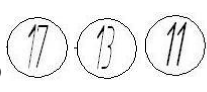
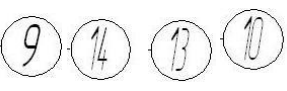
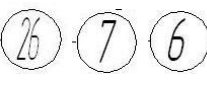
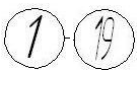
	  2. Підрізати торці 				
015	Токарно-гвинторізна 1. Точити поверхні начисто   2. Точити конус начисто  3. Підрізати торець  4. Точити конус 		Токарно-гвинторізний 16K20	Поводковий патрон	Центр, що обертається
020	Шпонково-фрезерна 1. Фрезерувати шпонковий паз 	 	Шпонково-фрезерний 6930	Спеціальне пристосування	Опорні призми
025	Горизонтально-фрезерна 1. Фрезерувати паз 	 	Горизонтально-фрезерний 6P82	Спеціальне пристосування	Опорні призми
030	Вертикальна-свелічна 1. Свердлити отвір 	  	Вертикально-свердлильний 2H125	Спеціальне пристосування	Опорні призми

	2.Свердлити отвір (28)				
035	Токарно-гвинторізна 1. Нарізати різьблення (21) (24) 2. Точити канавку (22) 3. Точити канавку (25) 4. Точити фаски (20) (23)	(1) (19)	Токарно-гвинторізний 16K20	Поводковий патрон	Центр, що обертається
040	Кругло-шліфувальна 1.Шліфувати поверхні попередньо (13) (11) (9) 2. Шліфувати конус (14)	(1) (19)	Кругло-шліфувальний 3M151B	Поводковий патрон	Центр, що обертається
045	Зубонарізна 1. Нарізати зуби (4)	(9) (11) (8)	Зуборізний 5C270B	Спеціальне пристосування	
050	Термообробка 1. Нітроцементация				

055	Кругло-шліфувальна 1. Шліфувати поверхні ⑪ ⑨ 2. Шліфувати конус ⑭ 3. Шліфувати конус ③ 4. Шліфувати торець ② 5. Шліфувати конус ③	① ⑱	Кругло-шліфувальний 3M151B	Поводковий патрон	Центр, що обертається
060	Зубошліфувальна 1. Шліфувати зуб'я ④	⑨ ⑪ ⑧	Зубошліфувальний 5A870B	Спеціальне пристосування	
065	Полірувальна 1. Полірувати поверхню ⑬	① ⑱	Кругло-шліфувальний 3M151B	Поводковий патрон	Центр, що обертається

**Проектований технологічний процес механічної обробки
деталі «Вал-шестерня »**

Таблиця 1.7

№ Оп ер	Найменування операції, перехід	Умовне, позна. баз, пов.	Найменування верстата, модель	Найменування верстатного пристосування	Примітка
1	2	3	4	5	6
005	Фрезерно- центрувальна 1.Фрезерувати торці   2.Свердлити отвори  	 ,  , 	Фрезерно- цетрувальний МР-71	Універсальне з пневматичним приводом	Само- центруючі призми
010	Токарно- гвинторізна з ЧПУ 1.Точити поверхні за програмою на чорно    2.Точити поверхні за програмою начисто 		Токарно гвинторізний 16K20	Поводковий патрон	Центр, що обертаєтьс я

	11 9 14 13 10 26 7 22 25 20 23 3.Точити поверхні за програмою одноразово 3 2				
015	Шпонково-фрезерна 1.Фрезерувати шпонковий паз 15	9 17 16	Шпонково-фрезерний 6930	Спеціальне пристосування	Опорні призми
020	Горизонтально-фрезерна 1. Фрезерувати паз 12	9 17 16	Горизонтально-фрезерний 6P82	Спеціальне пристосування	Опорні призми
025	Вертикальна-свелічна 1.Свердлити отвір 27 2.Свердлити отвір 28	9 17 16 27	Вертикально свердлильний 2H125	Спеціальне пристосування	Опорні призми
030	Токарно-гвинторізна 1. Нарізати різьблення 21 24	1 19	Токарно-гвинторізний 16K20	Поводковий патрон	Центр, що обертається

035	Кругло-шліфувальна 1. Шліфувати поверхні попередньо (13) (11) (9) 2. Шліфувати конус (14)	(1) (19)	Кругло-шліфувальний 3М151В	Поводковий патрон	Центр, що обертається
040	Зубонарізна 1. Нарізати зуби (4)	(9) (11) (8)	Зуборізний 5С270В	Спеціальне пристосування	
045	Термообробка 1. Нітроцементация				
050	Кругло-шліфувальна 1. Шліфувати поверхні (11) (9) 2. Шліфувати конус (14) 3. Шліфувати конус (3) 4. Шліфувати торець (2) 5. Шліфувати конус (3)	(1) (19)	Кругло-шліфувальний 3М151В	Поводковий патрон	Центр, що обертається

055	Зубошліфувальна 1. Шліфувати зуб'я (4)	(9) (11) (8)	Зубо шліфувальний 5A870B	Спеціальне пристосування	
060	Полірувальна 1. Полірувати поверхню (13)	(1) (19)	Кругло- шліфувальний 3M151B	Поводковий патрон	Центр, що обертаєтьс я

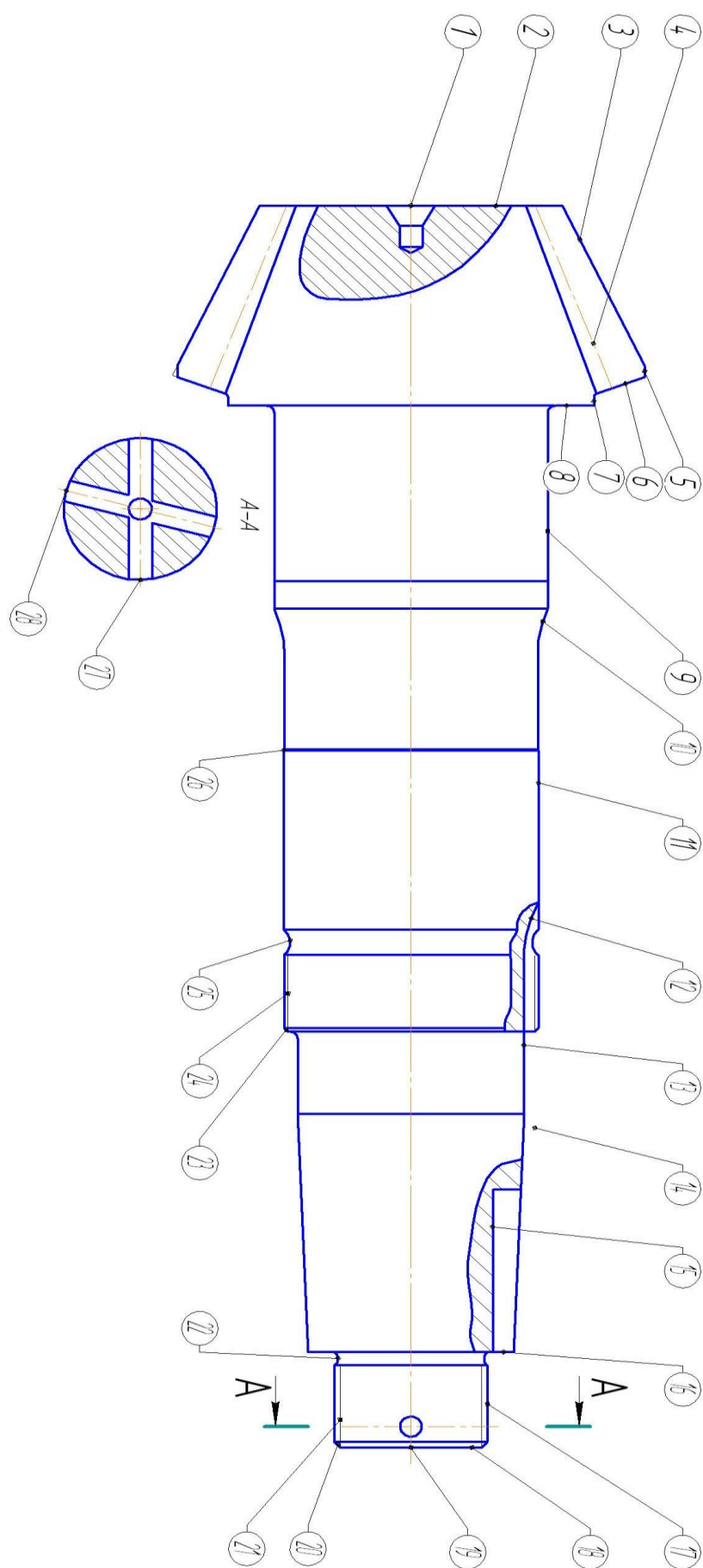


Рис 1.1 Позначення поверхней

1.6 Вибір технологічних баз

Базування – це надання заготовці необхідного положення відносно системи координат.

Технологічні бази вибирають з урахуванням:

- конструкції деталі;
- точності обробки;
- жорсткості заготовки;
- забезпечення мінімальної похибки базування;
- зручності встановлення та закріплення.

Основними базами при обробці валу-шестерні є:

- центрові отвори;
- зовнішні циліндричні поверхні;
- торцеві поверхні.

На чорнових операціях як технологічні бази використовують необроблені поверхні заготовки.

На чистових операціях базування здійснюється по попередньо оброблених поверхнях, що забезпечує:

- співвісність поверхонь;
- точність взаємного розташування;
- мінімізацію биття.

Для забезпечення точності зубчастого вінця використовують базування по центрових отворах.

Принцип постійності баз дозволяє зменшити похибки обробки та підвищити точність виготовлення деталі.

1.7 Вибір обладнання, пристроїв та різального інструменту

Для механічної обробки деталі «Вал-шестерня» використовують універсальне та спеціалізоване обладнання.

Вибір обладнання здійснюється залежно від:

- типу виробництва;
- габаритів деталі;
- необхідної точності;
- продуктивності;
- економічної доцільності.

Для виконання технологічних операцій застосовуються такі верстати:

- фрезерно-центрувальний МР-71;
- токарно-гвинторізний з ЧПК 16K20Ф3;
- шпонково-фрезерний 6930;
- горизонтально-фрезерний 6Р82;
- вертикально-свердлильний 2Н125;
- круглошліфувальний 3М151;
- зубонарізний 5С270В;
- зубошліфувальний 5А870В.

Пристрої повинні забезпечувати:

- точне базування заготовки;
- надійне закріплення;
- швидке встановлення та зняття деталі;
- безпеку роботи.

Різальний інструмент вибирається залежно від:

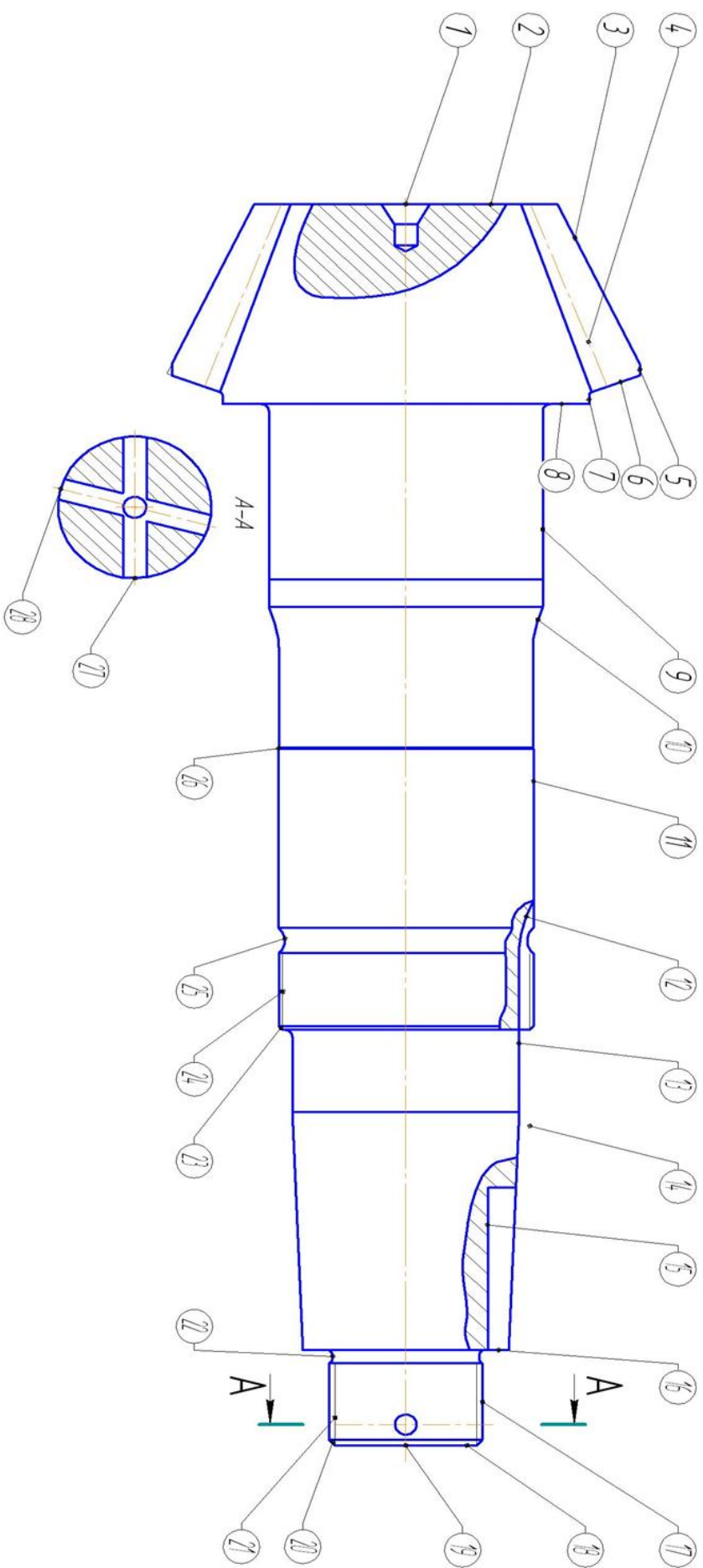
- матеріалу заготовки;
- виду обробки;
- вимог до точності та шорсткості;
- режимів різання.

Для обробки використовуються:

- токарні різці з твердого сплаву T15K6;
- свердла;
- фрези;
- шліфувальні круги;
- зуборізний інструмент.

Матеріал різального інструменту повинен забезпечувати:

- високу зносостійкість;
- теплостійкість;
- достатню міцність.



1.8 Розрахунок припусків на механічну обробку

Розрахувати припуски на обробку та проміжні граничні розміри на поверхню мм шестерні. $\varnothing 75 \text{ m } 6^{+0.03}_{+0.01}$

Заготовка – штампування ГKM, група точності-4. Маса заготівлі 15.65 кг. Технологічний маршрут обробки поверхні мм складається з обточування попереднього та остаточного та шліфування попереднього та остаточного. Обточування та шліфування виконується в центрах. Записуємо технологічний маршрут обробки до розрахункової таблиці також записуємо відповідні заготівлі та кожному технологічному переході значення елементів припуску. Оскільки в даному випадку обробка ведеться в центрах, то похибка установки в радіальному напрямку дорівнює нулю, що має значення розміру, розраховується. У цьому випадку ця величина виключається з основної формули для розрахунку мінімального припуску, і відповідну графу можна не включати до розрахункової таблиці.

Сумарне відхилення:

$$\Delta_{\Sigma} = \sqrt{\rho_{\tilde{n}i}^2 + \rho_{\tilde{e}i\delta}^2 + \rho_{\tilde{o}}^2};$$

$$\rho_{\tilde{n}i} = 1,0 \text{ мкм} ; \rho_{\tilde{e}i\delta} = \Delta_{\tilde{e}} l = 1 \times 85 \approx 0.085 \text{ мкм} ;$$

$$\rho_{\tilde{o}} = \sqrt{\left(\frac{\dot{O}_{\xi}}{2}\right)^2 + 0,25^2}$$

Допуск на поверхні, що використовуються як базові на фрезерно-центруючі операції, розраховуємо за формулою:

$$T_3 = T_{\text{ед}} + T_{\text{ш}} + K_{\text{у}};$$

$$T_{\text{ид}} = 0,2 \text{ мм};$$

$$I_{ш} = 1,0 \text{ мм};$$

$$K_y = 1,075 = 75 \text{ мкм} = 0,075 \text{ мм};$$

$$T_3 = 3,075 \text{ мм} \approx 3,0 \text{ мм};$$

$$\rho_y = \sqrt{1,5^2 + 0,25^2} = 1,52 \text{ мм};$$

$$\rho_3 = \sqrt{1,0^2 + 0,085^2 + 1,52^2} = 1,82 \text{ мм}.$$

Залишкова величина просторового відхилення: після попереднього обточування:

$$\rho_1 = 0,06 \times 1820 = 109 \text{ мкм};$$

після остаточного точення:

$$\rho_2 = 0,04 \times 1820 = 73 \text{ мкм};$$

після попереднього шліфування

$$\rho_3 = 0,02 \times 1820 = 36 \text{ мкм}.$$

Розрахунок мінімальних значень припусків робимо, користуючись основною формулою: $2z_{\min i} = 2(Rz_{i-1} + h_{i-1} + \Delta_{\Sigma i-1})$.

Мінімальний припуск: під попереднє точіння

$$2z_{\min 1} = 2(150 + 250 + 1820) = 2 \times 2220 \text{ мкм};$$

під остаточне точення

$$2z_{\min 2} = 2(50 + 50 + 109) = 2 \times 209 \text{ мкм};$$

під попереднє шліфування

$$2z_{\min 3} = 2(30 + 30 + 73) = 2 \times 133 \text{ мкм};$$

під остаточне шліфування

$$2z_{\min 4} = 2(10 + 20 + 36) = 2 \times 66 \text{ мкм}.$$

Графа «Розрахунковий розмір» (d_p) заповнюється, починаючи з кінцевого (креслення), шляхом послідовної надбавки розрахункового мінімального припуску кожного технологічного переходу.

$$d_{p3} = 75,01 + 0,132 = 75,142 \approx 75,14 \text{ мм};$$

$$d_{p2} = 75,14 + 0,266 = 75,406 \approx 75,41 \text{ мм};$$

$$d_{p1} = 75,41 + 0,418 = 75,828 \approx 75,83 \text{ мм};$$

$$d_{p3} = 75.83 + 4,444 = 80,274 \approx 80,27\text{мм.}$$

Записавши у відповідній графі розрахункової таблиці значення допусків за кожен технологічний перехід і заготівлю, у графі «маленький граничний розмір» визначимо їх значення кожного технологічного переходу, округляючи розрахункові розміри збільшенням їх значень. Округлення робимо до того ж знака десяткового дробу, з яким цей допуск на розмір для кожного переходу. Найграничніші розміри обчислюємо надбавкою допуску до заокругленого найменшого граничного розміру:

$$d_{max4} = 75.01 + 0.02 = 75.03\text{мм};$$

$$d_{max3} = 75.14 + 0.03 = 75.17\text{мм};$$

$$d_{max2} = 75.41 + 0.12 = 75.53\text{мм};$$

$$d_{max1} = 75.9 + 0.4 = 75.3\text{мм};$$

$$d_{max3} = 80.3 + 3,0 = 83.3\text{мм.}$$

Граничні значення припусків визначаємо як різницю найбільших граничних розмірів і - як різницю найменших граничних розмірів попереднього та виконуваного переходів:

$$2z_{max4}^{PP} = 75,17 - 75,03 = 0,14\text{мм} = 140\text{мкм};$$

$$2z_{max3}^{PP} = 75,53 - 75,17 = 0,36\text{мм} = 360\text{мкм};$$

$$2z_{max2}^{PP} = 76,3 - 75,53 = 0,77\text{мм} = 770\text{мкм};$$

$$2z_{max1}^{PP} = 83,3 - 75,3 = 7,00\text{мм} = 7000\text{мкм};$$

$$2z_{min4}^{PP} = 75,14 - 75,01 = 0,13\text{мм} = 130\text{мкм};$$

$$2z_{min3}^{PP} = 75,41 - 75,14 = 0,27\text{мм} = 270\text{мкм};$$

$$2z_{min2}^{PP} = 75,9 - 75,41 = 0,49\text{мм} = 490\text{мкм};$$

$$2z_{min1}^{PP} = 80,3 - 75,9 = 4,4\text{мм} = 4400\text{мкм.}$$

Загальні припуски визначаємо, підсумовуючи проміжні припуски та записуємо їх значення внизу відповідних граф:

$$2Z_{o_{min}}$$

$$2Z_{o_{max}}$$

Величину номінального припуску в даному випадку визначаємо з урахуванням несиметричного розташування поля допуску заготівлі:

$$Z_{o_{ном}} = Z_{o3_{D_{min}}}$$

$$H_3 = I_{III} + \frac{K_y}{2} = 1,0 + \frac{0,06}{2} = 1,03_{мм} = 1030_{мкм};$$

$$Z_{o_{ном}} = 5290 + 1030 - 20 = 6400_{мкм};$$

$$d_{3_{ном}} = 75,01 + 6,4 = 81,4_{мм}.$$

Виконуємо перевірку правильності виконаних розрахунків:

$$2Z_{max 4}^{np} - 2Z_{min 4}^{np} = 7000 - 4400 = 2600_{мкм};$$

$$T_3 - T_4 = 3000 - 400 = 2600_{мкм};$$

$$2Z_{max 3}^{np} - 2Z_{min 3}^{np} = 770 - 490 = 280_{мкм};$$

$$T_3 - T_2 = 400 - 120 = 280_{мкм}.$$

$$2Z_{max 2}^{np} - 2Z_{min 2}^{np} = 360 - 1270 = 90_{мкм};$$

$$T_2 - T_1 = 120 - 30 = 90_{мкм};$$

$$2Z_{max 1}^{np} - 2Z_{min 1}^{np} = 140 - 130 = 10_{мкм};$$

$$T_3 - T_1 = 30 - 20 = 10_{мкм}$$

На решту оброблюваних поверхонь деталі припуски та допуски приймаємо за таблицею (ГОСТ 7505-95) та записуємо їх значення до таблиці Розрахунок припусків та граничних розмірів за технологічними переходами

Таблиця 1.8

Технологічні переходи обробки поверхні $\varnothing 75m6^{+0.03}_{+0.01}$	Елементи припуску, мкм			Розрахунковий припуск	Розрахунковий розмір d_p мм	Допуск Т, мкм	Граничний розмір, мм		Граничні значення припусків, мкм	
	Rz	h	$\Delta\Sigma$				dmin	dmax	$2Z_{min}^{np}$	$2Z_{max}^{np}$
Заготівля	150	250	182 0		80,27	3000	80,3	83,3		

Точіння										
Попереднє	50	50	109	2×2220	75,83	400	75,9	76,3	4400	7000
Остаточне	30	30	73	2×209	75,41	120	75,41	75,53	490	770
Шліфування										
Попереднє	10	20	36	2×133	75,14	30	75,14	75,17	270	360
Остаточне	5	15		2×66	75,01	20	75,01	75,03	130	140
Усього									5290	8270

Припуски та допуски на оброблювані поверхні

Таблиця 1.9

Розмір, мм	Припуск на бік, мм		Допуск, мм
	Табличний	Розрахунковий	
Ø82.9	2.5	-	$3.6^{+2.4}_{-1.2}$
59.5	2.5	-	$3.6^{+2.4}_{-1.2}$
Ø130.814	2.7	-	$4^{+2.7}_{-1.3}$
Ø100	2.7	-	$4^{+2.7}_{-1.3}$
Ø75	2,7	2,628	$4^{+2.7}_{-1.3}$
52	2.7	-	$3,6^{+2.4}_{-1.2}$
60	2.7	-	$3,6^{+2.4}_{-1.2}$
Ø62	2,7	2,562	$3,6^{+2.4}_{-1.2}$

1.9 Розрахунок режимів різання

Режими різання визначають продуктивність обробки, точність та стійкість різального інструменту.

Розрахунок режимів проводимо за $\varnothing 75 m 6^{+0.03}_{+0.01}$

Чорне точення поверхні $\varnothing 75 m6^{+0.03}_{+0.01}$

Глибина різання 3,5 мм

Матеріал різальної частини інструменту – Т15К6

Головний кут у плані $\varphi^0 = 90^0$

Допоміжний кут у плані $\varphi_1^0 = 55^0$

Передній кут $\gamma^0 = 10^0$

Задній кут $\alpha^0 = 15^0$

Вибираємо подачу $S = 0,6 \text{ мм/об}$

Період стійкості інструменту $T = 45 \text{ хв}$

Визначаємо швидкість різання

$$V_T = \frac{C_v}{T^{m_t} x v_{Sv}^{y_v}} \cdot K_v \quad (1.21)$$

де: - Швидкість різання при обраному періоді стійкості інструменту; V_T

– глибина різання у мм; t

– подача в мм/про; S

i -показники ступеня відповідно при глибині різання та подачі; xv_{uv}

– постійна величина; C_v

–поправочний коефіцієнт. K_v

$$K_v = K_{mv} K_{nv} K_{uv}, \quad (1.22)$$

де: - Коефіцієнт, що враховує якість оброблюваного матеріалу; K_{mv}

– коефіцієнт, що відображає стан поверхні заготовлі; K_{nv}

– коефіцієнт, що враховує якість матеріалу інструменту. K_{uv}

$$K_v = 1, \cdot 0,8 \cdot 1,9 = 1,52$$

$$V_T = \frac{350}{45^{0,20} 3,5^{0,15} 0,6^{0,20}} \cdot 1,52 = 157,155 \text{ м/мин}$$

Визначаємо частоту обертання шпинделя

$$n_p = \frac{1000 V_m}{\pi D}, \quad (1.23)$$

де: V_m – розрахункова швидкість різання;

D – діаметр отвору мм.

$$n_p = \frac{1000 \cdot 157,155}{3,14 \cdot 80,3} = 623,281 \text{ мин}^{-1}$$

Приймаємо частоту обертання шпинделя за паспортом верстата

$$n_n = 630 \text{ мин}^{-1}$$

Швидкість різання з урахуванням прийнятої частоти обертання

$$V_n = \frac{\pi D n_n}{1000}, \quad (1.24)$$

$$V_n = \frac{3,14 \cdot 80,3 \cdot 630}{1000} = 158,85 \text{ м/мин}$$

Вертикальна (тангенціальна) складова сили різання

$$P_z = 10 C_{pz} t^{x_{pz}} S^{y_{pz}} V^n K_p \quad (1.25)$$

Радіальна складова сили різання

$$P_y = 10 C_{py} t^{x_{py}} S^{y_{py}} V^n K_p \quad (1.26)$$

Осьова складова сили різання

$$P_x = 10 C_{px} t^{x_{px}} S^{y_{px}} V^n K_p \quad (1.27)$$

де: C_{pz} , C_{py} , C_{px} K_p

– глибина різання у мм; t

– подача в мм/про; S

x , y , z – показники ступеня відповідно при глибині різання та подачі; x , y , z

n – показник ступеня при швидкості різання.

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 3,5^{1,0} \cdot 0,6^{0,75} 158,85^0 \cdot 0,7743 = 3069,826 \text{ Н}$$

$$P_y = 10 \cdot 243 \cdot 3,5^{1,0} \cdot 0,6^{0,9} 158,85^0 \cdot 0,561 = 802,37 \text{ Н}$$

$$P_x = 10 \cdot 339 \cdot 3,5^{1,0} \cdot 0,6^{1,0} 158,85^0 \cdot 0,7605 = 1090,42 \text{ Н}$$

Крутний момент

$$M_{кр} = P_z \frac{D}{2} 10^{-3} \quad (1.28)$$

де: P_z – вертикальна (тангенціальна) складова сили різання; P_z

D – діаметр деталі мм.

$$M_{кр} = 3069,826 \cdot 40,15 \cdot 10^{-3} = 123,253 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Ефективна потужність

$$N_e = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} \quad (1.29)$$

де: P_z – вертикальна (тангенціальна) складова сили різання; P_z

V – швидкість різання м/с.

$$N_e = \frac{3069,826 \cdot 158,85}{1020 \cdot 60} = 7,968 \text{ кВт}$$

Необхідна потужність на приводі верстата

$$N_{np} = \frac{N_e}{\eta} \quad (1.30)$$

де: – ефективна потужність N_e

η – к.п.д. верстата

$$N_{np} = \frac{7,968}{0,85} = 9,37 \text{ кВт}$$

Коефіцієнт використання верстата за потужністю

$$\eta_n = \frac{N_{np}}{N_{cm}} \quad (1.31)$$

де: - Необхідна потужність на приводі верстата; N_{np}

– потужність електродвигуна обраного верстата. N_{cm}

$$\eta_n = \frac{9,37}{22} = 0,42$$

Основний (технологічний) час

$$t_0 = \frac{l_i}{n \cdot S} \cdot i \quad (1.32)$$

де: - Число оборотів шпинделя; n

– подача за один оборот шпинделя, мм/об; S

– число проходів; i

– розрахункова довжина оброблюваної поверхні l_i

$$l_i = l_{det} + l_{ep} + l_{nep} \quad (1.33)$$

де: - Довжина деталі, мм; l_{det}

– довжина врізання, мм; l_{ep}

– довжина перебігу, мм. l_{nep}

$$l_{ep} = 4 \text{ мм}$$

$$l_{nep} = 4 \text{ мм}$$

$$l_i = 315 + 4 + 4 = 323 \text{ мм}$$

$$t_0 = \frac{323}{630 \cdot 0,6} \cdot 1 = 0,85 \text{ мин}$$

Чистове точення

Глибина різання 0,385 мм

Матеріал різальної частини інструменту -Т15К6

Головний кут у плані $\varphi^0 = 90^0$

Допоміжний кут у плані $\varphi_1^0 = 55^0$

Передній кут $\gamma^0 = 10^0$

Задній кут $\alpha^0 = 15^0$

Вибираємо подачу $S_d = 0,5 \text{ мм/об}$

Період стійкості інструменту $T = 45 \text{ хв}$

Визначаємо швидкість різання

$$K_v = 1,0 \cdot 0,85 \cdot 1,0 = 0,85$$

$$V_T = \frac{350}{45^{0,20} 0,385^{0,15} 0,5^{0,20}} \cdot 0,85 \cdot 0,9 = 233,256 \text{ м/мин}$$

Визначаємо частоту обертання шпинделя

$$n_p = \frac{1000 \cdot 233,256}{3,14 \cdot 75,9} = 978,72 \text{ мин}^{-1}$$

Приймаємо частоту обертання шпинделя

$$n_n = 1000 \text{ мин}^{-1}$$

Швидкість різання з урахуванням прийнятої частоти обертання

$$V_n = \frac{3,14 \cdot 75,9 \cdot 1000}{1000} = 238,326 \text{ м/мин}$$

Вертикальна (тангенціальна) складова сили різання

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 0,385^{1,0} \cdot 0,5^{0,75} 238,326^0 \cdot 0,77 = 277,136 \text{ Н}$$

Радіальна складова сили різання

$$P_y = 10 \cdot 243 \cdot 0,385^{1,0} \cdot 0,5^{0,9} 238,326^0 \cdot 0,561 = 87,35 \text{ Н}$$

Осьова складова сили різання

$$P_x = 10 \cdot 339 \cdot 0,385^{1,0} \cdot 0,5^{1,0} 238,326^0 \cdot 0,76 = 93,034 \text{ Н}$$

Крутний момент

$$M_{кр} = 277,136 \cdot 35,45 \cdot 10^{-3} = 10,517 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Ефективна потужність

$$N_e = \frac{277,136 \cdot 238,326}{1020 \cdot 60} = 1,079 \text{ кВт}$$

Необхідна потужність на приводі верстата

$$N_{np} = \frac{1,079}{0,85} = 1,269 \text{ кВт}$$

Коефіцієнт використання верстата за потужністю

$$\eta_n = \frac{1,269}{11} = 0,115$$

Розрахункова довжина оброблюваної поверхні

$$l_{ep} = 4 \text{ мм}$$

$$l_{nep} = 4 \text{ мм}$$

$$l_i = 142 + 4 + 4 = 150 \text{ мм}$$

Основний (технологічний) час

$$t_0 = \frac{150}{1000 \cdot 0,5} \cdot 1 = 0,3 \text{ мин}$$

Шліфувати поверхню попередньо.

Виходячи з умов обробки вибираємо шліфувальне коло –
24A16-25C1K.

За паспортними даними верстата вибираємо розміри шліфувального круга

$$D_k = 600 \text{ мм}; ; B_k = 63 \text{ мм} V_k = 35 \text{ м/с}$$

Визначаємо частоту обертання шліфувального круга

$$n_k = \frac{1000 \cdot V_k \cdot 60}{\pi \cdot D_k}, \text{ об/мин}$$

$$n_k = \frac{1000 \cdot 35 \cdot 60}{3,14 \cdot 600} = 1114,66 \text{ об/мин.}$$

За паспортними даними верстата коригуємо значення у менший

$$\text{бік.} n_k n_k = 1112 \text{ об/мин}$$

За довідковими даними знаходимо швидкість обертання заготівлі

$$V_3 = 30 \text{ м/мин.}$$

Розраховуємо частоту обертання заготівлі

$$n_3 = \frac{1000 \cdot V_3}{\pi \cdot d}, \text{ об/мин,}$$

$$n_3 = \frac{1000 \cdot 30}{3,14 \cdot 75} = 127,38 \approx 120 \text{ об/мин.}$$

За довідковими таблицями визначаємо глибину шліфування.

$$t = 0,005 \text{ мм.}$$

За довідковими таблицями визначаємо поздовжню подачу

$$S_{\text{прод}} = 0,3 \cdot B = 0,3 \cdot 63 = 18,9 \text{ мм/об.}$$

Визначаємо швидкість поздовжнього ходу столу

$$V_c = \frac{S_{\text{прод}} \cdot n_3}{100}, \text{ м/мин,}$$

$$V_c = \frac{18,9 \cdot 120}{100} = 22,68 \approx 22,7 \text{ м/мин.}$$

Визначаємо потужність різання

$$N = C_N \cdot V_3^R \cdot t^x \cdot S_{\text{прод}}^y \cdot d^z,$$

$$C_N = 2,65, , , , R = 0,5 x = 0,5 y = 0,55 z = 0$$

$$N = 2,65 \cdot 30^{0,5} \cdot 0,005^{0,5} \cdot 18,9^{0,55} \cdot 75^0 = 5,2 \text{ кВт.}$$

Перевіряємо чи достатня потужність верстата для проведення даної операції

$$N \leq [N_{cm}] \cdot \eta, , ; N_{cm} = 7,5 \eta = 0,8$$

$$5,2 \leq 6$$

Визначаємо час обробки

$$t_0 = \frac{l \cdot h}{n_3 \cdot t \cdot S_{\text{прод}}},$$

$$t_0 = \frac{75 \cdot 0,18}{120 \cdot 18,9 \cdot 0,005} = 1,19 \text{ мин.}$$

Шліфувати поверхню повністю.

Виходячи з умов обробки вибираємо шліфувальне коло –

24A16-25C1K.

За паспортними даними верстата вибираємо розміри шліфувального круга

$$D_k = 600 \text{ мм}; ; B_k = 63 \text{ мм } V_k = 35 \text{ м/с}$$

Визначаємо частоту обертання шліфувального круга

$$n_k = \frac{1000 \cdot V_k \cdot 60}{\pi \cdot D_k}, \text{ об/мин}$$

$$n_k = \frac{1000 \cdot 35 \cdot 60}{3,14 \cdot 600} = 1114,66 \text{ об/мин.}$$

За паспортними даними верстата коригуємо значення у менший бік. $n_k n_k = 1112 \text{ об/мин}$

За довідковими даними знаходимо швидкість обертання заготівлі

$$V_3 = 30 \text{ м/мин.}$$

Розраховуємо частоту обертання заготівлі

$$n_3 = \frac{1000 \cdot V_3}{\pi \cdot d}, \text{ об/мин,}$$

$$n_3 = \frac{1000 \cdot 30}{3,14 \cdot 75} = 127,38 \approx 120 \text{ об/мин.}$$

За довідковими таблицями визначаємо глибину шліфування.

$$t = 0,005 \text{ мм.}$$

За довідковими таблицями визначаємо поздовжню подачу

$$S_{\text{прод}} = 0,3 \cdot B = 0,3 \cdot 63 = 18,9 \text{ мм/об.}$$

Визначаємо швидкість поздовжнього ходу столу

$$V_c = \frac{S_{\text{прод}} \cdot n_3}{100}, \text{ м/мин,}$$

$$V_c = \frac{18,9 \cdot 120}{100} = 22,68 \approx 22,7 \text{ м/мин.}$$

Визначаємо потужність різання

$$N = C_N \cdot V_3^R \cdot t^x \cdot S_{\text{прод}}^y \cdot d^z,$$

$$C_N = 2,65, , , , R = 0,5x = 0,5y = 0,55z = 0$$

$$N = 2,65 \cdot 30^{0,5} \cdot 0,005^{0,5} \cdot 18,9^{0,55} \cdot 75^0 = 5,2 \text{ кВт.}$$

Перевіряємо чи достатня потужність верстата для проведення даної операції

$$N \leq [N_{\text{см}}] \cdot \eta, , ; N_{\text{см}} = 7,5\eta = 0,8$$

$$5,2 \leq 6$$

Визначаємо час обробки

$$t_0 = \frac{l \cdot h}{n_3 \cdot t \cdot S_{\text{прод}}},$$

$$t_0 = \frac{75 \cdot 0,07}{120 \cdot 18,9 \cdot 0,005} = 0,46 \text{ мин.}$$

Режими різання при механічній обробці

Таблиця 1.10

Найменування операції, переходу, моделі, найменування верстата	Глибина різання (мм) $t_{рез}$	Довжина різання (мм) $l_{рез}$	Стійкість інструменту T,(хв)	Подача мм/об, розрахункова	V, швидкість різання	n, частота обертання	Потужність, кВт		t_o , хв
							N_e	N_{np}	
Фрезерно-центрувальна, фрезерувати торці, МР-71	3,5	100	100	0,9	50,24	160	4,6	5,41	0,28
Фрезерно-центрувальна, свердлити отвори, МР-71	1,57	12	6	0,04	22	600	1,2	1,41	0,15
Токарно-гвинторізна з ЧПУ, точити на чорно, 16K20Ф3	3,5	315	45	0,6	158,157	630	7,9	9,29	1,85
Токарно-гвинторізна з ЧПУ, точити на чорно, 16K20Ф3	0,385	273	45	0,19	117,48	1000	3,3	3,88	0,843
Токарно-гвинторізна з ЧПУ, точити одноразово, 16K20Ф3	3,5	60	45	0,5	233,326	630	1,07	1,258	0,3

Шпонково-фрезерна, фрезерувати шпонковий паз, 6930	1	48	64	0,2	20,096	400	0,14	0,164	1,25
Горизонтально- фрезерна, фрезерувати паз, 6P82	3,5	100	80	2	30,42	160	3,2	3,764	0,25
Вертикально- свердлильна, свердлити отвір, 2H125	3,15	42	6	0,4	17,43	830	0,58	0,68	0,25
Вертикально- свердлильна, свердлити отвір, 2H125	3,15	42	6	0,4	1743	830	0,58	0,68	0,25
Токарно-гвинторізна, нарізати різьблення, 16K20	2	20	45	1,5	15	63	0,43	0,5	0,84
Токарно-гвинторізна, нарізати різьблення, 16K20	2	20	45	1,5	15	63	0,43	0,5	0,84
Круглошліфувальна, шліфувати заздалегідь, 3M151	0,005	138		18,9	22,7	1112	5,2	6,11	2,19
Круглошліфувальна, шліфувати конус попередньо, 3M151	0,005	70		18,9	22,7	1112	5,2	6,11	1,35
Зуборезна, нарізати зуби, 5C270B	5			0,08	55		4,4	5,17	12

Круглошліфувальна, шліфувати начисто, 3М151	0,005	113		18,9	22,7	1112	5,2	6,11	0,46
Круглошліфувальна, шліфувати конус начисто, 3М151	0,005	70		18,9	22,7	1112	5,2	6,11	0,32
Круглошліфувальна, шліфувати торець начисто, 3М151	0,005	89,5		18,9	22,7	1112	5,2	6,11	0,43
Круглошліфувальна, шліфувати конус начисто, 3М151	0,005	59,5		18,9	22,7	1112	5,2	6,11	0,28
Зубошліфувальна, шліфувати зуби, 5А870В	0,005			0,1	55		2,2	2,764	9,46
Полірувальна, полірована, 3М151В		25				1112	0,134	0,157	2,6

1.10. Нормування технологічного процесу

Під нормуванням технологічних процесів розуміють призначення технічно обґрунтованих норм часу тривалість виконання операцій.

Технічно обґрунтованою нормою часу називають час виконання технологічної операції у певних організаційно-технічних умовах, найбільш сприятливих для даного типу виробництва.

На основі технічно обґрунтованих норм часу встановлюють розцінки, визначають продуктивність праці, здійснюють планування виробництва тощо.

Норма штучного часу при серійному та масовому виробництві визначається:

$$T_{ш} = T_o + T_e + T_{обсл} + T_{отд} \quad (1.34)$$

де: - Основний (машинний) час; T_o

– допоміжний час; T_e

– час на обслуговування робочого місця; $T_{обсл}$

– час відпочинку. $T_{отд}$

При серійному виробництві також розраховується підготовчо-заключний та штучно-калькуляційний час:

$$T_{шк} = T_{ш} + \frac{T_{п.з}}{n} \quad (1.35)$$

де: – штучний час, хв; $T_{ш}$

– підготовчо-заключний час. $T_{п.з}$

Розраховуємо норму штучного часу для чистового точення, що виконується на верстаті 16K20. Основний час становить. $T_o = 2,457 \text{ мин}$

Повний допоміжний час з урахуванням всіх можливих перекриттів складатиметься з часу на переходи робітника з вантажем і без нього встановлення та зняття заготовки, її закріплення та відкріплення. Також необхідно враховувати поправочний коефіцієнт на допоміжний час залежно від розміру партії деталі, що обробляється, і серійності виробництва.

$$T_B = (0,05 + 0,36 + 0,90 + 0,03) \cdot 1,07 = 1,438 \text{ мин}$$

Оперативний час є сумою основного та допоміжного часу:

$$T_{он} = T_o + T_e \quad (1.36)$$

$$T_{он} = 2,457 + 1,438 = 3,895 \text{ мин}$$

Час на обслуговування робочого місця робочого місця та час відпочинку приймаємо 12% та 2% відповідно від оперативного часу. $T_{обсл} T_{отд} T_o$

$$T_{обсл} = \frac{3,895 \cdot 12}{100} = 0,389 \text{ мин}$$

$$T_{отд} = \frac{3,895 \cdot 2}{100} = 0,078 \text{ мин}$$

Штучний час:

$$T_{ш} = 2,457 + 1,438 + 0,389 + 0,078 = 4,362 \text{ мин}$$

Підготовчо-заключний час:

$$T_{п.з} = 10 + 4 + 13 + 2,2 + 0,6 + 0,2 + 1,1 = 31,1 \text{ мин}$$

Штучно-калькуляційний час:

$$T_{шк} = 4,362 + \frac{31,1}{48} = 5 \text{ мин}$$

Розрахунок норм часу інші операції наведено в табл. 1.11

Елементи норми часу технологічного процесу механічної обробки деталі Вал-шестірні РК.

Результати з технічного нормування

Таблиця 1.11

Номер та найменування операції	Основний час	Допоміжний час			Оперативний час	Час на обслуговування		Час на відпочинок	Штучний час	Підготовчо-заключне	Величина партії, прим.	Штучно-калькуляційне
		Встановлення та зняття деталей	Управління верстатом	Вимірювання деталі		Технічне	Організаційне					
005 Фрезерно-центрувальна	1,57	0,57	0,84	0,26	2,212	0,07	0,309	0,085	2,614	31,2	48	3,287
010 Токарно-гвинторізна з ЧПУ	2,993	0,57	3,3	0,26	1,535	0,006	0,215	0,03	1,78	31,2	48	4,453

015 Шпонково-фрезерна	1,25	1,63	3,3	0,09	1,88	0,02	0,263	0,032	2,348	31,2	48	4,02
020 Горизонтально-фрезерна	0,168	1,63	3,3	0,50	1,798	0,021	0,25	0,035	2,1	31,2	48	2,75
025 Вертикальна-свелічна	2,457	1,63	0,84	0,21	4,087	0,045	0,408	0,081	4,621	31,2	48	5,274
030 Токарно-гвинторізна	1,08	1,63	0,84	0,21	2,71	0,019	0,271	0,054	3,54	31,2	48	4,19
035 Кругло-шліфувальна	1,84	1,63	0,84	0,21	3,47	0,033	0,347	0,07	3,92	31,2	48	4,57
040 Зубонарізна	0,598	1,63	0,84	0,21	2,228	0,01	0,222	0,044	2,5	31,2	48	3,15
045 Кругло-шліфувальна	0,032	1,63	0,84	0,21	1,662	0,0006	0,166	0,033	1,86	31,2	48	2,511
055 Зубошліфувальна	2,13	1,613	0,84	0,21	3,76	0,04	0,376	0,075	4,251	31,2	48	4,901
060 Полірувальна	0,695	1,63	0,84	0,21	2,325	0,012	0,232	0,046	2,61	31,2	48	3,26

Уточнення типу виробництва

Для механічного та механозбірного цехів необхідно вибрати такі транспортні засоби: доставки заготовок до цеху; навантаження та вивантаження заготовок; необхідна тара для транспортування та зберігання; передача деталей від верстата до верстата; підйомні засоби та пристрої для встановлення та зняття деталі на верстаті; транспортування готових деталей

на збирання чи склад; методи та засоби прибирання стружки від верстата та транспортування її по відділенню ділянки до цеху.

Внутрішньоцехова транспортна система призначена для своєчасної доставки заготовок, напівфабрикатів, готових виробів, матеріалів та інших вантажів зі складів на необхідну виробничу ділянку та на склад із дільниць, а також транспортуванням їх між ділянками. Широко використовуються в механозбірному виробництві такі види колісного підлогового транспорту: електронавантажувачі, електрокари, електротягачі, каретки-оператори, приводні та ручні візки.

Однією з основних характеристик виробництва є коефіцієнт закріплення. $K_{3.0}$)

$K_{3.0}$ показує відношення числа всіх різних технологічних операцій, які полежать виконанню протягом місяця до робочих місць. характеризує кількість різних технологічних операцій, які припадають на одне робоче місце: $K_{3.0}$

$$K_{3.0} = \frac{\sum_{i=1}^n ОП_i}{\sum_{j=1}^m РМ_j}, \quad (1.37)$$

де: - Сумарне число різних операцій; $\sum_{i=1}^n ОП_i$

-Сумарне число різних робочих місць. $\sum_{i=1}^n ОП_i$

$$K_{3.0} = \frac{18+48+66}{12} = 9$$

Середньосерійне виробництво

1.11 Визначення необхідної кількості верстатів

Коефіцієнт завантаженості верстата η_3

$$\eta_3 = \frac{m_p}{m_n} \quad (1.38)$$

де: - Розрахункова кількість верстатів; m_p

– прийнята кількість верстатів. m_n

$$m_p = \frac{T_{um}}{t_g} \quad (1.39)$$

де: -штучний час, хв; $T_{шт}$

– такт випуску деталей мін/шт. t_g

Коефіцієнт використання верстата за основним часом η_o

$$\eta_o = \frac{T_o}{T_{шт}} \quad (1.40)$$

де: основний (машинний) час, хв; T_o

$T_{шт}$ – штучно-калькуючий час, хв.

Використання верстата за потужністю приводу

$$\eta_n = \frac{N_{np}}{N_{cm}} \quad (1.41)$$

де: - Потужність на приводі верстата; N_{np}

– потужність верстата. N_{cm}

Розрахунок кількості верстатів та коефіцієнтів завантаження



Рис 1.2 Графік завантаження верстатів за потужністю

2. Конструкторський розділ

2.1 Вихідні дані

2.1 Вихідні дані.

Матеріал заготівлі - Сталь 20Х2Н4А ГОСТ4543-71. Металорізальний верстат вибираємо в залежності від схеми встановлення заготовки. Своєю чергою схема установки визначається величиною похибки базування, яка має перевищувати половини допуску розмір, тобто . величину 0,1 мм. $\varepsilon_{\delta} 22,5_{-0,2}$

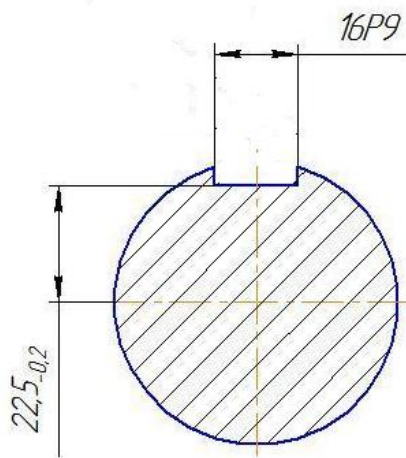


Рис 2.1 Вихідні дані

Похибка базування визначаємо за такою формулою:

$$\varepsilon_{\delta} = 0,5Td \cdot \left(\frac{1}{\sin \alpha} - 1 \right)$$

де - Допуск діаметра, яким вал базується на призму. $Td = 0,1$

α – половина робочого кута призми. Т.к. робочий кут стандартної призми становить 90° , то . Отримуємо: $\alpha = 45^{\circ}$

$$\varepsilon_{\delta} = 0,5 \cdot 0,1 \cdot \left(\frac{1}{\sin 45^{\circ}} - 1 \right) = 0,021 \text{ мм}$$

Оскільки , отже, застосовуємо вертикальну схему обробки на вертикально-фрезерному верстаті 6930. $\varepsilon_{\delta} < 0,1 \text{ мм}$

Технічні характеристики шпоночно-фрезерного верстата 6930

Таблиця 2.1

Розміри робочої частини столу, мм	Частота обертання шпинделя, об/хв	Число подач столу	Вертикальна подача стола, мм/хв.	Потужність електродвигуна приводу головного руху, кВт
400 x 1600	31,5 – 1600	18	8,3 – 416,6	2,2

Ріжучий інструмент вибираємо за необхідною точністю обробки. При допуску на ширину пазів шпонок 0,033 мм вибираємо фрезу шпоночну циліндричну фрезу ГОСТ 9140-78 [1], виготовлену з швидкорізальної сталі Р6М5.Ø16

Подання на зуб $S_z = 0,001$ мм/зуб

Глибина різання $t = 7.4$ мм

Допоміжний інструмент: цанговий патрон 191113050 ТУ 2-035-986-85 [2].Ø5 – 25

2.2 Базування

Базування- надання заготівлі необхідного положення щодо системи координат.

База- Поверхня або поєднання поверхонь, вісь, точка, що належить заготівлі і використовується для базування.

Проектна база- база, вибрана під час проектування виробу, технологічного процесу виготовлення.

Дійсна база- база, що фактично використовується в конструкції, при виготовленні.

Комплект баз- Сукупність трьох баз, що утворюють систему координат заготівлі або виробу.

Опорна точка- точка, що символізує один із зв'язків заготовки з обраною системою координат.

Схема базування- Схема розташування опорних точок на базах.

Похибка базування- відхилення фактично досягнутого положення заготовки або виробу під час базування від необхідного.

Закріплення- Додаток сил до заготівлі для забезпечення сталості їх становища, досягнутого під час базування.

Похибка встановлення- відхилення від фактичного досягнутого положення заготівлі під час базування та закріплення від необхідного.

При базуванні деталі по зовнішніх циліндричних поверхнях на фрезерних операціях найчастіше здійснюється призмах. Застосовуємо схему базування на опорні призми з упором у торець та притиском заготовки між ними.

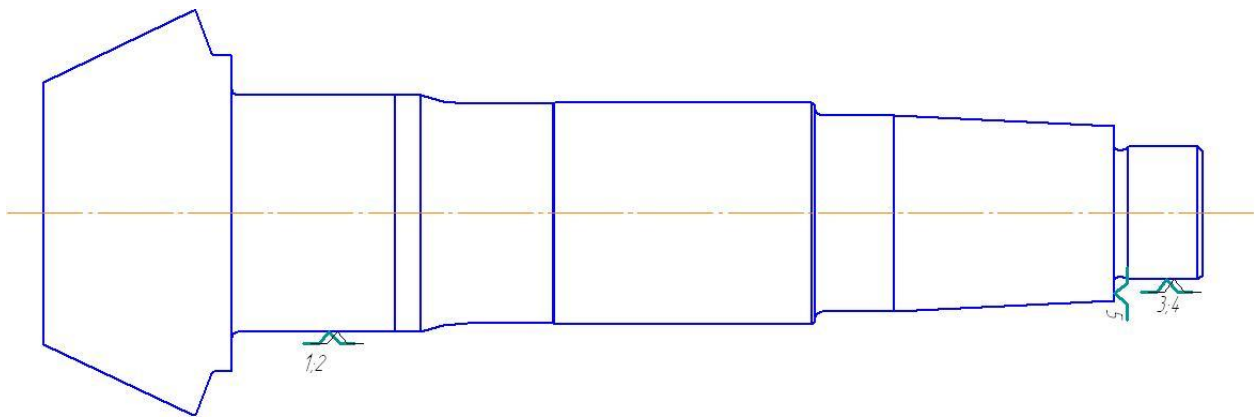


Рис2.2 схема базування

1; 2- подвійна опорна.

3; 4- подвійна опорна

5- опорна

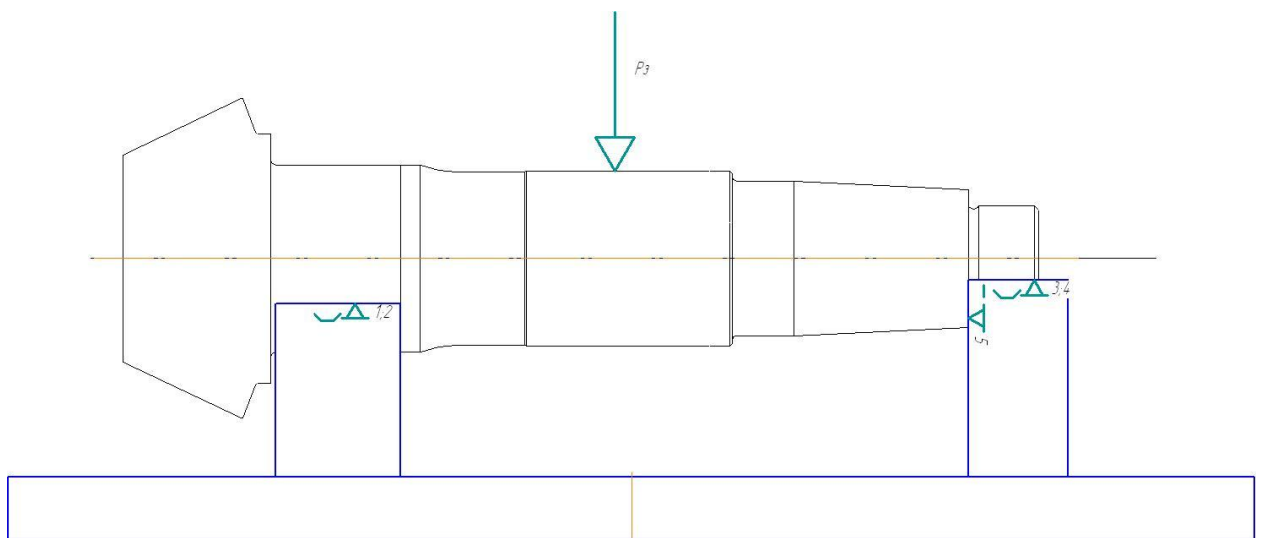


Рис 2.3 Схема установки

2.3 Опис роботи пристосування.

Пристосування – спеціалізоване універсально-безналаджувальне з пневмопривідним призначене для базування та кріплення заготовок валів при фрезеруванні шпонкових пазів на шпоночно-фрезерному верстаті 6930.

Пристрій містить корпус, дві призми та плиту. З боків призми розташовані прихвати, до яких за допомогою гвинтів прикріплені притискачі. На нижній частині корпусу закріплюються напрямні шпонки, за допомогою яких пристрій базується на плиті верстата. Закріплення пристосування на столі здійснюється за допомогою болтів.

Пристрій працює в такий спосіб. Заготівлю встановлюють на призми та кріплять прихватами. При подачі повітря під тиском у порожнину пневмоциліндра поршень разом зі штоком рухається вправо, тиснуть на правий прихват, який притискає з необхідним зусиллям заготівлю до призми. Зусилля кріплення на правий прихват передається від шток-поршня пневмоциліндра через вухо і вісь. Таким чином, здійснюється затискач заготовки. Для розтискання тиск повітря зменшується, штовхач відходить назад, тягне за собою прихват і віджимає вал.

2.4 Силевий розрахунок пристосування.

Розраховуємо швидкість різання за формулою:

$$v = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z^p} \cdot K_v$$

де

D - Діаметр фрези;

T - Період стійкості;

t - Глибина фрезерування;

S_z - Подача на зуб;

U - Ширина фрезерування;

Z - Число зубів фрези;

K_v – загальний поправочний коефіцієнт, що враховує фактичні умови різання, знаходимо за такою формулою:

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv}$$

де

K_{mv} – коефіцієнт, що враховує якість оброблюваного матеріалу [1];

K_{nv} – Коефіцієнт, що враховує стан поверхні заготовлі;

K_{uv} – Коефіцієнт, що враховує матеріал інструменту.

Використовуючи табл. 1, 5, 6 [1, стор 262-263] отримаємо:

$$K_v = 1,2 \cdot 0,9 \cdot 1,0 = 1,08$$

Використовуючи табл. 39 і 40 [1, стор.286-290] знайдемо значення коефіцієнтів та показники ступеня у формулі:

$$v = \frac{12 \cdot 16^{0,3}}{80^{0,26} \cdot 2,8^{0,3} \cdot 0,2^{0,25} \cdot 16^0 \cdot 2^0} \cdot 1,08 = 7,36 \text{ м/мин}$$

Частоту обертання фрези знайдемо за формулою:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 7,36}{3,14 \cdot 16} = 337,26 \text{ об/мин}$$

Найближча стандартна частота за паспортом верстата, тому скоригуємо значення швидкості: $n_{ст} = 400 \text{ об/мин}$

$$v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 16 \cdot 400}{1000} = 20,096 \text{ м/мин}$$

Визначимо окружну силу при фрезеруванні за такою формулою:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{mp}$$

За табл. 9 [1, стор 264] визначимо, що $K_{mp} = 0,93$

Використовуючи табл. 41 [1, стор 291] знайдемо значення коефіцієнтів та показники ступеня у формулі:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{mp} = \frac{10 \cdot 82 \cdot 1^{0,86} \cdot 0,1^{0,72} \cdot 16^1 \cdot 2}{16^{0,86} \cdot 125^0} \cdot 0,93 =$$

$$= 427.22 \text{ Н}$$

Величини решти складових сили різання знайдемо через окружну силу, використовуючи табл. 42.

$$\text{Горизонтальна сила (подання). } P_h = 0,4 \cdot P_z = 0,4 \cdot 162.51 = 65.004 \text{ Н}$$

$$\text{Вертикальна сила. } P_v = 0,9 \cdot P_z = 0,9 \cdot 162.51 = 146.259 \text{ Н}$$

$$\text{Радіальна сила } P_y = 0,4 \cdot P_z = 0,4 \cdot 162.51 = 65.004 \text{ Н.}$$

$$\text{Осьова сила. } P_x = 0,55 \cdot P_z = 0,55 \cdot 162.51 = 89.38 \text{ Н}$$

2.5 Розрахунок силового приводу.

Вибір типу затискного механізму.

Затискні пристрої служать для затиску (закріплення) і розтиску (розкріплення) деталей, що обробляються на верстатах. Ці пристрої не повинні змінювати положення деталі в пристрої при її закріпленні і не допускати її зміщення при обробці на верстаті.

Затискні пристрої поділяються на прості та комбіновані. Прості затискні пристрої складаються з одного елементарного затискача; вони бувають клинові, гвинтові, ексцентрикові тощо. Комбіновані затискні механізми складаються з кількох простих пристроїв, з'єднаних разом; вони бувають гвинто-ексцентрико-важільний і т.д.

Залежно від джерела сили необхідної для затискання деталі затискні пристрої поділяються на ручні, механізовані та автоматизовані. Ручний затискний пристрій приводить у дію безпосередньо робітник за рахунок м'язової сили. Механізовані затискні пристрої працюють від гідравлічного та іншого приводу. Автоматизовані пристрої переміщуються від вузлів верстата, що рухаються.

В даному випадку затискний механізм пневматичний.

В умовах дрібносерійного типу виробництва пневмо затискачі знаходять більше застосування внаслідок їх простоти та надійного закріплення оброблюваних деталей та відносно дешеві у виробництві.

Для закріплення заготовки використовується затискний механізм. У затискних механізмах зазвичай застосовуються пневматичні, гідравлічні та змішані типи приводів.

У даному пристосуванні був обраний пневмопривод.

Складемо схему затискного механізму.

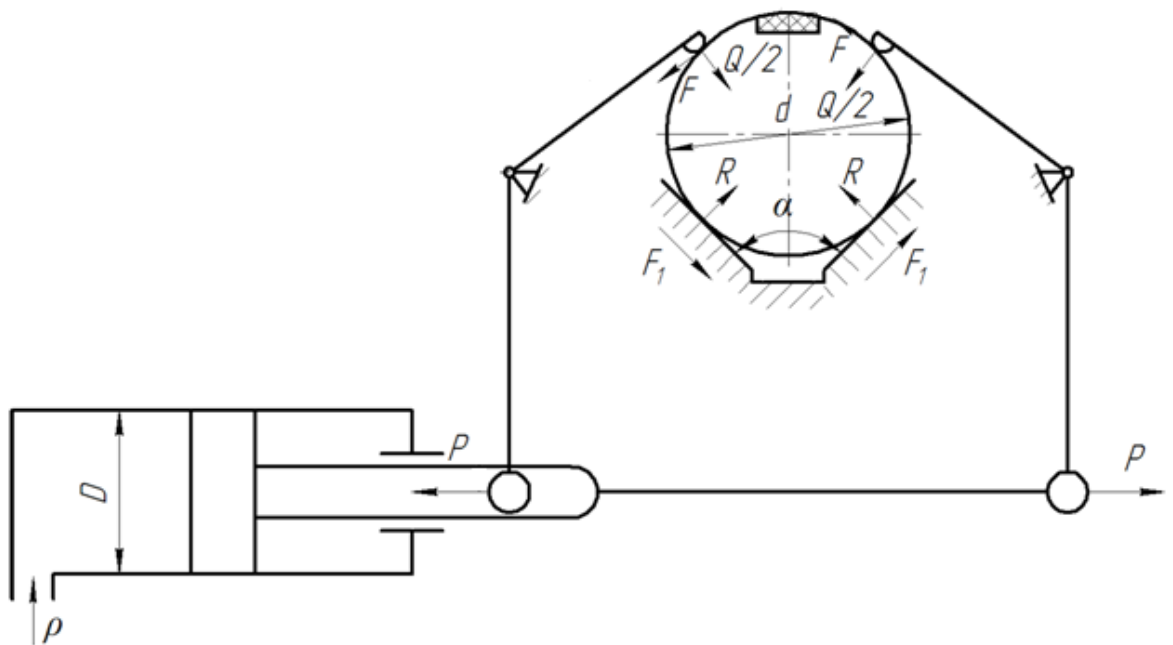


Рис 2.4 схема механізму

Необхідну силу кріплення заготовки визначаємо за рівнянням: Q

$$Q = \frac{K_3 P_z}{(f + f_1)}$$

Повна сила кріплення заготовки:

Приймаємо за табл. 3 [10 стор. 384] – коефіцієнти тертя у місцях контакту заготовки з опорами та затискним механізмом відповідно. $f = f_1 = 0,16$

У свою чергу коефіцієнт запасу, що враховує нестабільність силових впливів на заготівлю, знаходимо за такою формулою:

$$K_3 = K_0 K_1 K_2 K_3 K_4 K_5 K_6$$

де

$K_0 = 1,5$ - Гарантований коефіцієнт запасу;

$K_1 = 1$ - Коефіцієнт, що враховує вид технологічної бази;

$K_2 = 1,3$ - Коефіцієнт, що враховує збільшення сил різання внаслідок затуплення ріжучого інструменту;

$K_3 = 1,2$ - Коефіцієнт, що враховує переривчастість різання;

$K_4 = 1$ - Коефіцієнт, що характеризує сталість сили розвивається затискним механізмом.

$K_5 = 1$ - Коефіцієнт, що характеризує ергономіку затискного механізму.

$K_6 = 1$ - коефіцієнт, що характеризує встановлення заготівлі.

$$K_3 = 1,5 \cdot 1 \cdot 1,3 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 2,34$$

Так як в результаті розрахунку, то приймаємо $K_3 < 2,5$ $K_3 = 2,5$

$$Q = \frac{2,5 \cdot 65.004}{0,32} = 507.84 \text{ Н}$$

Сила силового циліндра, необхідна для закріплення заготовки, дорівнює тоді діаметр поршня циліндра може бути розрахований за формулою: $P P = 0,25 \pi D^2 \rho \eta D$

$$D = 0.7 \sqrt{Q}$$

Вирішуючи це рівняння щодо , отримуємо: D

де - Робочий тиск повітря, що приймається в розрахунках рівним 0.39 МПа; ρ
 $\eta = 0,9$ - ККД.

Визначаємо діаметр поршня гідроциліндра:

$$D = 0.7 \sqrt{50.784} = 4.988 \text{ см}$$

Як привод фрезерного пристосування вибираємо пневмоциліндр за ГОСТ 19899-74 з діаметром поршня 63 мм.

Т.к. дійсна сила затиску перевищує необхідну силу кріплення заготовки, то розрахунок виконаний правильно. $P = 0,25\pi D^2 \rho \eta = 2350 \text{ HQ} = 507.84 \text{ H}$

2.6 Розрахунок пристосування на точність одержуваних розмірів.

Складання шпонкових з'єднань проводиться за методом повної взаємозамінності без додаткового доопрацювання шпонки або паза.

Точність паза визначається точністю розмірів.

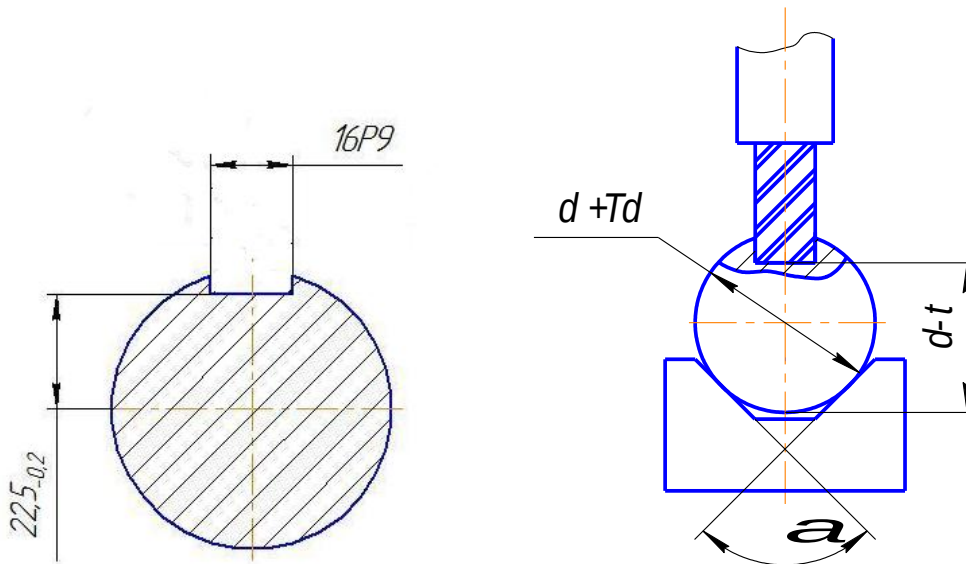


Рис 2.5 Похибка базування

При роботі на налаштованому обладнанні точність розмірів залежить від точності налаштування ріжучого інструменту і від точності виконання елементів пристосування. $d - t$

Точність елементів пристосування у напрямку розміру розраховуємо за такою формулою: $d - t$

$$\varepsilon_{np}^{d-t} = T_{d-t} - K_T \cdot \sqrt{(K_{T1} \cdot \varepsilon_0)^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{y.з.}^2 + \varepsilon_u^2 + (K_{T2} \cdot \omega)^2}$$

де

T_{d-t} - Операційний допуск на розмір, $d - t$; $T_{d-t} = 0,2 \text{ мм}$

K_T - Коефіцієнт, що враховує відхилення розсіювання значень складових величин від закону нормального розподілу; $K_T = 1$

K_{T1} - Коефіцієнт, що враховує зменшення похибки базування при роботі на налаштованому устаткуванні; $K_{T1} = 0,8$

ε_{δ} - Похибка базування в напрямку операційного розміру;

ε_3 - Похибка закріплення;

$\varepsilon_{y.з.}$ - Похибка, яка залежить від точності виготовлення настановного елемента (призми);

ε_u - Похибка зносу настановного елемента;

ω - Економічна точність обробки, ; $\omega = 0,09$

K_{T2} - Коефіцієнт, що враховує частку похибки обробки в сумарній похибці методу, що викликається факторами, що не залежать від пристосування. $K_{T2} = 0,6$

При встановленні в призму порушується принцип єдності баз і за розміром утворюється похибка: $d - t$

$$\varepsilon_{\delta} = 0,5 \cdot 0,1 \cdot \left(\frac{1}{\sin 45^{\circ}} - 1 \right) = 0,021 \text{ мм}$$

Величину розраховуємо за такою формулою: ε_3

$$\varepsilon_3 = \frac{0,1 \cdot C_M \cdot \Delta W}{\sin \alpha}$$

де

C_M - Поправочний коефіцієнт, що враховує вид матеріалу заготівлі, для сталі. $C_M = 0,026$

ΔW - Нестабільність сили затиску визначаємо, використовуючи формулу:

$$\Delta W = 0,2 \cdot W_3 = 0,2 \cdot 15 = 3$$
$$\varepsilon_3 = \frac{0,1 \cdot 0,026 \cdot 3}{\sin 45^{\circ}} = 0,011 \text{ мм}$$

Враховуючи, що визначаємо похибку за формулою: $\Delta B = 0,05 \text{ мм}$ $\varepsilon_{y.з.}$

$$\varepsilon_{y.з.} = \frac{\Delta B}{\operatorname{tg} \alpha} = \frac{0,05}{\operatorname{tg} 45^{\circ}} = 0,05 \text{ мм}$$

Похибка зношування настановного елемента розраховуємо за формулою:

$$\varepsilon_u = I_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot \frac{N_\phi}{N}$$

де

I_0 – середнє знос установочного елемента при базовому числі установок.

$$;N = 100000I_0 = 115 \text{ мкм}$$

K_1 - Коефіцієнт, що враховує вплив матеріалу заготівлі, $;K_1 = 0,97$

K_2 - Коефіцієнт, що враховує вид обладнання, $;K_2 = 1$

K_3 - Коефіцієнт, що враховує умови обробки, $;K_3 = 0,94$

K_4 - Коефіцієнт, що враховує число установок заготівлі, відрізняється від прийнятого N , $.N_\phi K_4 = 2,4$

$$\varepsilon_u = 115 \cdot 0,97 \cdot 1 \cdot 0,94 \cdot 2,4 \cdot 0,1 = 25,17 \text{ мкм} \approx 0,025 \text{ мм}$$

Визначаємо похибку:

$$\varepsilon_{np}^{d-t} = 0,2 - 1 \cdot \sqrt{(0,8 \cdot 0,021)^2 + 0,011^2 + 0,05^2 + 0,025^2 + (0,6 \cdot 0,09)^2} = 0,12 \text{ мм}$$

Оскільки, тобто. – спроектований пристрій забезпечує необхідну точність отримання заданого розміру. $\varepsilon_{np}^{d-t} < T_{d-t} 0,12 < 0,2$

Запас точності:

$$\Delta T = T_3 - \varepsilon_3 = 0,2 - 0,12 = 0,08 \text{ мм}$$

Міжремонтний період:

$$A = \frac{\Delta T}{U} = \frac{0,08}{0,025} = 3,2 \text{ года}$$

2.7 Розрахунок слабкої ланки

2.7 Розрахунок слабкої ланки.

Найслабшою ланкою пристосування є вісь, тому що на неї діє велика сила при затисканні заготовки. Для того, щоб бути впевненим у надійності даного з'єднання необхідно зробити розрахунки за умовами міцності:

$$\tau_{\text{срез}} = \frac{4Q}{\sigma D^2} \leq [\tau]$$

де: - Сила зрізу; $\tau_{\text{срез}}$

$[\tau]$ – максимальна сила зрізу;

σ_m – Плинність матеріалу гвинта;

Q - сила затиску;

D-діаметр осі.

Підставляючи значення розрахункову формулу, отримаємо:

$$\tau_{\text{срез}} = \frac{4 \cdot 2370}{3,14 \cdot 6^2} = 84$$

$$[\tau] = 0,2\sigma_m = 0,2 \cdot 1125 = 225$$

$$\tau_{\text{срез}} = 84 \leq [\tau] = 225$$

3.ПРОЕКТУВАННЯ РІЖЧОГО ІНСТРУМЕНТУ

3.1. Визначення типу виробництва

Тип виробництва визначається за коефіцієнтом закріплення операцій (К.з.о., ГОСТ 3.1108-74).

Проте за відсутності даних трудомісткості, тип виробництва визначається після розробки технологічного процесу. Тому в початковій стадії проектування тип виробництва встановлюється орієнтовно в залежності від річної програми запуску деталей та їх ваги таблиці 1.

Таблиця 3.1

Визначення типу виробництва за програмою запуску ваги деталі

Маса деталі і кг	Тип виробництва				
	Одиничний	Дрібносерійний	Середньoserійний	Великосерійний	Масовий
До 1	Менше 10	10-2000	1500-100000	75000- 200000	Більше 200т
1-2,5	Менше 10	10-1000	1000-50000	50000- 100000	Більше 100т
2,5-5	Менше 10	10-500	500-35000	35000- 75000	Більше 75т
5-10	Менше 10	10-300	300-25000	25000- 50000	Більше 50т
Понад 10	Менше 10	10-200	200-10000	10000- 25000	Більше 25т

Для 50 деталей масою $m=2.35\text{кг}$ орієнтовно приймаємо дрібносерійне виробництво.

3.2. Аналіз технологічності деталі

Деталь в цілому технологічна, так як є зручні поверхні для установки в пристосування закріплення на верстаті, є вільний доступ до оброблюваних

поверхонь різальним і вимірювальним інструментом, що частково забезпечується вихід інструменту при обробці елементарних поверхонь, допускається обробка декількох поверхонь за один прохід.

Однак є такі відхилення від технологічності:

- немає можливості обробити деталь з однієї установки, оскільки оброблювані поверхні розташовані в різних сторонах;
- неможливо зменшити довжину оброблюваних поверхонь;
- деякі розміри неможливо виміряти без складних пристроїв, такі як кути між різьбовими отворами щодо осі корпусу.

Після аналізу деталі можна дійти невтішного висновку, що деталь є технологічною.

3.3. Техніко-економічне обґрунтування виду та методу отримання заготівлі

З аналізу можливих методів отримання заготовки вибирають з них з урахуванням конструкції деталі і типу виробництва. Вибрані методи одержання заготівлі оцінюють:

- за вартістю заготівлі;

Вартість виливків визначають за такою формулою:

- при штампуванні

$$C = \left(\frac{Ci}{1000} \times Q \times K_T \times K_M \times K_C \times K_B \times K_{\Pi} \right) - (Q - q) \frac{S_{отх}}{1000}, \text{ грн} \quad (1)$$

де – базова вартість 1 т. заготовок, грн; $Ci = 7200$

коефіцієнти, які залежать від класу точності, марки матеріалу, складності, маси заготівлі та обсягу виробництва, вибираємо в за таблицями [3, с.37]: $K_T, K_M, K_C, K_B, K_{\Pi}$ –

Базова вартість, встановлена прејскурантом 25-01 в залежності від методу та способу отримання заготівлі. Ci

$$K_m = 1 \quad K_M = 1.13 \quad K_C = 0.87 \quad K_B = 1 \quad K_{\Pi} = 1$$

$S_{відх.} = 200$ – ціна 1 т відходів, грн. [19, с.32]:

$$C = \left(\frac{7200}{1000} \times 2.58 \times 1 \times 1.13 \times 0.87 \times 1 \times 1 \right) - (2.58 - 2.35) \frac{200}{1000} = 18.22 \text{ грн}$$

- при куванні

$$C = \left(\frac{7800}{1000} \times 2.9 \times 1 \times 1.2 \times 1 \times 1 \times 1 \right) - (2.9 - 2.35) \frac{200}{1000} = 27.1 \text{ грн}$$

де $C_i = 7800$ – базова вартість 1т. заготовель, грн.;

K_T, K_M, K_C, K_B, K_n – коефіцієнти, які залежать від класу точності, марки матеріалу, складності, маси заготівлі та обсягу виробництва, вибираємо в за таблицями [12 с.37]:

$$K_T = 1, K_M = 1, K_C = 1.2, K_B = 1, K_n = 1$$

Коефіцієнт використання металу визначається ставленням:

$$\eta_{mi} = \frac{q}{Q_i}, \quad (2)$$

де q – маса готової деталі, кг

Q_i – маса заготівлі за i -м варіантом, кг.

При штампуванні коефіцієнт використання металу:

$$\eta_{mi} = \frac{2.35}{2.58} = 0.91$$

При куванні коефіцієнт використання металу:

$$\eta_{mi} = \frac{2.35}{2.9} = 0.81$$

Якщо один із зіставних методів отримання заготовки забезпечують меншу вартість, то йому віддають перевагу та визначають:

- річну економію за вартістю заготовок:

$$\mathcal{E}_{\text{заг}} = (C_1 - C_2)N, \text{ грн} \quad (3)$$

$$\mathcal{E}_{\text{заг}} = (27.1 - 18.22) \cdot 50 = 444 \text{ грн}$$

Очевидно, економія досягається при штампуванні, тому приймаємо виробництво заготовок методом штампування.

3.4. Розробка маршрутної технології

При розробці технологічного процесу механічної обробки перед технологом завжди виникає завдання: вибрати із кількох варіантів обробки один, що забезпечує найбільш економічне рішення.

При проектуванні технологічного маршруту обробки деталі варто дотримуватися наступних правил:

- Використовувати типові процеси обробки поверхонь деталей;
- не проектувати обробку на унікальних верстатах;
- використовувати по можливості тільки стандартний різальний та вимірювальний інструмент;
- прагнути застосовувати найсучасніші форми організації виробництва;
- обробляти найбільшу кількість поверхонь даної деталі за одну установку.

3.4.1. Обґрунтування послідовності операцій технологічного процесу

Послідовність технологічного процесу спроектована відповідно до наступних рекомендацій [19, с.25]:

1. На першій операції, проводимо обробку поверхонь, що становлять комплект чистових баз з пов. 4, 6, 11. Оскільки у заготівлі ще немає оброблених поверхонь, то на цій стадії проектування вибираємо комплект чорнових технологічних баз з пов. 5. (див. рис. 1)
2. Потім проектуємо операції для чорнової обробки пов. 5, 7, 9, 10.
3. На наступних операціях плануємо чистову обробку поверхонь 6, 4, 10 (див. рис. 1).
4. Проектуємо обробку поверхонь 7,8 та нарізування різьблення.
5. Так як при обробці нашої деталі виконується термічна обробка, то виконуються наступні шліфування. Розробка маршрутної технології у зазначеній послідовності представлена у Таблиці 2.

3.4.2. Обґрунтування вибору технологічних баз

Чорнову технологічну базу обирають відповідно до таких вимог [19, с.29]:

- у комплект чорнових технологічних баз включають поверхні 5, 7 (див. рис. 1), деталі, що залишаються після обробки в чорному вигляді;
- у комплект чистових технологічних баз включають поверхні 4,6 (див. рис. 1), з яких при подальшій обробці повинен бути знятий рівномірний припуск.

Вибираючи чистові технологічні бази, керуються двома такими принципами [19, с.26]:

- принципом поєднання баз;
- принципом сталості баз.

3.4.3.Обґрунтування методів обробки та обладнання

Вибір методів обробки та обладнання може бути обґрунтований:

- тип виробництва;
- порівняльні аналізом існуючих методів обробки елементарних поверхонь;
- прагненням підвищити продуктивність праці шляхом використання методу концентрації операцій, одночасної обробки кількох деталей;
- конструктивними особливостями деталі, які визначають метод обробки та необхідність використання певного обладнання.

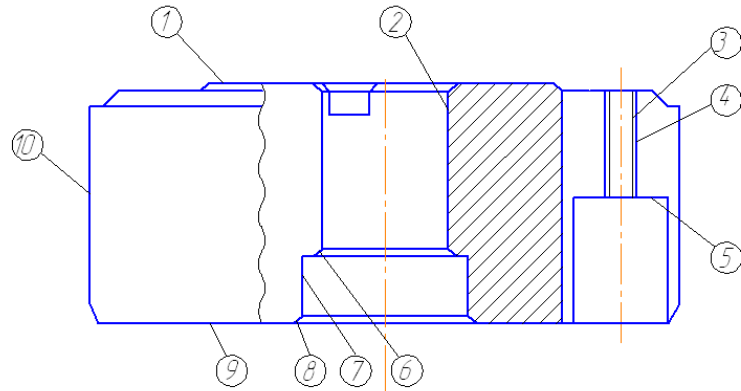
Виходячи дрібносерійного типу виробництва можна, вибрати верстати: горизонтально-розточувальний, токарний напівавтоматичний верстат, вертикально свердлильний та радіально-свердлильний.

Виходячи з виду та габаритів деталі вибираємо:

- універсальний токарно-гвинторізний верстат моделі 1М61
- горизонтально-фрезерний верстат моделі 678А
- вертикально-свердлильний верстат моделі 2Г125
- шліфувальний верстат моделі 3М225В
- Плоскошліфувальний верстат моделі 3Е71

3.5. Проектування технологічного процесу

Виходячи з перерахованих вище обраних баз і обладнання, а також послідовності операцій процесу складаємо один варіант технологічного процесу.



Мал. 3.1. Ескіз деталі до складання маршрутного технологічного процесу

Таблиця 3.2

Технологічний процес виготовлення корпусу фрези

№ Операції	Найменування операції чи переходу	Умовне позначення баз	Модель верстата	Примітка
005	<u>Токарно-гвинторізна</u> 1. Встановити, закріпити 2. Підрізати торець пов. ① 3. Розточити пов. ② 4. Зняти деталь	⑩, ⑨	1М61	
010	<u>Токарно-гвинторізна</u> 1. Встановити, закріпити 2. Точити пов. ⑩ дворазово. 3. Зняти деталь	②, ①	1М61	

015	<u>Токарно-гвинторізна</u> 1. Встановити, закріпити 2. Підрізати торець пов. ① начисто. 3. Розточити пов. ② начисто 4. Зняти деталь	⑩, ⑨	1М61	
020	<u>Токарно-гвинторізна</u> 1. Встановити, закріпити 2. Точити пов. ⑥, ⑦, ⑧, ⑨. 3. Зняти деталь	⑩, ①	1М61	
025	<u>Горизонтально-фрезерна</u> 1. Встановити, закріпити 2. Фрезерувати пов. ⑤ 3. Зняти деталь	②, ①	678А	
030	<u>Вертикально-свердлильна</u> 1. Встановити, закріпити 2. Свердлити 8 відп. пов. ④ 3. Зенкерувати 8 відп. пов. ④ 4. Розгорнути 8 відп. пов. ④ 5. Нарізати 8 різьблень пов. ③ 6. Зняти деталь	⑩, ⑨	2Г125	
035	<u>Термічна обробка</u> 1. Поверхневе загартування 2. Середня відпустка		-	
040	<u>Внутрішньошліфувальна</u> 1. Встановити, закріпити 2. Шліфувати пов. ② 3. Зняти деталь	⑩, ⑨	3К228В	
045	<u>Плоскошліфувальна</u> 1. Встановити, закріпити 2. Шліфувати пов. ⑤ під 8 пластин. 3. Зняти деталь	②, ①	3Е71	

050	<u>Слюсарна</u> 1.Зачистити задирки		Верстак	
055	<u>Мийна</u>			
060	<u>Контрольна</u>		Стіл ВТК	

3.6.Розрахунок припусків на механічну обробку

Розрахуємо припуски для обробки отвору $\phi 42H7$.

Заготівля є штампуванням, масою 2.58 кг. Технологічний маршрут обробки отвору $\phi 42H7$ складається з 3 операцій: чорнове та чистове розточування, шліфування, що виконуються при одній установці оброблюваної деталі. Основами для заготівлі є зовнішня (пов. ⑩) та торцева (пов. ⑨) площині.

Розрахунок припусків на обробку отвору $\phi 42H7$ наведено в табл.3, в якій послідовно записується технологічний маршрут обробки отвору та всі значення елементів припуску [10].

Таблиця 3.3

Розрахунок припусків та граничних розмірів за технологічними переходами на обробку отвору фрези торцевої $\phi 42H7+0,025$

Технічні переходи обробки поверхні $\phi 42H7+0,025$	Елементи припуску				Розрахунковий припуск $2z_{min}$, мкм	Розрахунковий розмір d_p , мм	Допуск δ , мкм	Граничний розмір, мм		Граничні значення припусків, мкм	
	R_z	T	ρ	ε				d_{min}	d_{max}	$2z_{min}^{пр}$	$2z_{max}^{пр}$
Заготівля	400		120			40.641	1000	39.641	40.641		
Чорнове розточування	50	50	120 100		2556	41.753	120	41.633	41.753	1112	1992

Чистове розточування	30 30	6 5	2108·	41.969	50	41.919 41.969	216 286
Шліфування	5 15	6 5	228·	42.025	25	42 42.025	56 81
РАЗОМ							1384 2359

$$\epsilon_{\text{общ}} = \frac{T_{\text{заг}}}{T_{\text{дет}}} = \frac{250}{15} = 16,6$$

(12)

Чорнове розточування: $(13)\epsilon_1 = \frac{250}{50} = 5n = \frac{\lg 5}{0.5} = 1.4 \Rightarrow 1$

Чистове розточування: $\epsilon_2 = \frac{50}{30} = 1.6n = \frac{\lg 1.6}{0.5} = 0.4 \Rightarrow 1$

Шліфування: $\epsilon_3 = \frac{30}{15} = 2n = \frac{\lg 2}{0.5} = 0.6 \Rightarrow 1$

На інші оброблювані поверхні фрези торцевої припуски та допуски вибираємо по таблицях та заносимо до таблиці 4 .

Таблиця 3.4

Припуски та допуски на оброблюваних поверхнях фрези торцевої

Поверхня	Розмір	Припуск, мм		Допуск, мм
		Табличний	Розрахунковий	
①	∅120	22,4×	-	±0.8
⑦	∅42	22,2×	20,7×	±0.55
⑩	61	3,4	-	±0.7

3.7. Операційні технологічні розрахунки

3.7.1. Розрахунок режимів різання

Режими різання поверхонь розраховані табличним методом [24]:

Таблиця 3.5

Зведена таблиця за режимами різання

№ оп.	Найменування операції, переходу	Глибина різання $t_{(мм)}$	Довжина різання $l_{(мм)}$	Стійкість інструменту T (хв)	Подача, мм/об, розрахункова	Подача, мм/хв	Швидкість різання (м/хв, м/с), частота обертів шпинделя				Потужність, кВт	to, хв
							Розраху нкова		Прийнят а			
							V,м/хв	n, про/хв	V,м/хв	n, про/хв	Ne	
005	<u>Токарно-гвинторізна</u> 1.Підрізати торець пов. ①	2	95	60	0.6		161	407	158.3	400	1.7	0.367
	2. Розточити пов. ②	1.5	43	60	0.2		192.4	1570	195.9	1600	4	0.134
	0.501											
010	<u>Токарно-гвинторізна</u> 1. Точити пов. ⑩ дворазово	3	67	60	0.6		146.5	389	150.7	400	4.1	0.534
015	<u>Токарно-гвинторізна</u> 1.Підрізати торець пов. ① начисто.	0.5	95	60	0.4		208.7	554	188.4	500	0.9	0.44
	2. Розточити пов. ② начисто.	0.5	43	60	0.2		210.4	1965	213.5	2000	0.77	0.1
	0.54											
020	<u>Токарно-гвинторізна</u> 1.Точити пов. ⑥.	0.5	2	60	0.6		177.2	1660	170.8	1600	0.6	0.004

	2. Точити пов. ⑦.	2	22	60	0.6		161.1	1221	164.9	1250	1.9	0.027
	3.Точити пов. ⑧.	0.5	2	60	0.6		177.2	1660	170.8	1600	0.8	0.004
	3.Точити пов. ⑨.	2.5	124	60	0.6		161.1	428	150.7	400	2.9	0.5
	0.535											
025	Горизонтально-фрезерна 1. Фрезерувати пов. ⑤	2	40	120	0.25		29.7	126	33	140	0.5	1.14
030	Вертикально-свердлильна 1. Свердлити 8 відп. пов. ④	3	46	60	0.1		19.87	1055	20.72	1100	0.22	2.76
	2. Зенкерувати 8 відп. пов. ④	0.7	40	60	0.25		21.53	927	25.56	1100	0.36	1.104
	3. Розгорнути 8 відп. пов. ④	0.3	41	60	0.35		7	279	6.9	275	0.3	3.16
	4.Нарізати 8 різьблень пов. ③		46	60	0.06		6.3	250	6.9	275	0.34	2.43
	9.454											
040	Внутрішньошліфувальна 1.Шліфувати пов. ②	0.1	45	-	0.04	8	35	3500	20	2500	0.12	0.1

04 5	Плоскошліфув альна 1.Шліфувати пов. ⑤	0.0 15	30	-	0.1 5	6	30	22 50	15	11 00	0.2	1.84
---------	--	-----------	----	---	----------	---	----	----------	----	----------	-----	------

3.7.2. Технічне нормування

Розрахунок штучно-калькуляційного часу для токарно-гвинторізного операції визначається за формулою [10, стор.102]:

$$T_{\text{шт}} = \frac{\dot{O}_{i.\text{с}}}{n} + T_o + (T_{\text{о.н.}} + \dot{O}_{\text{с.і.}} + \dot{O}_{\text{оі}} + \dot{O}_{\text{еці}}) \cdot k + \dot{O}_{\text{іа.од}} \quad (23)$$

За вищевикладеною методикою ведемо розрахунок та отримані дані записуємо до таблиці 6.

У серійному виробництві для всіх операцій (крім шліфувальних) Тоб. і той окремо не визначається. У нормативах надається сума цих складових у відсотках від оперативного часу.

Таблиця 3.6

Розрахунок штучного часу за операціями технологічного процесу

Номер та найменування операції	Основний час, хв	Допоміжне час, хв			Оперативний час, хв	Час обслуговування, хв		Час на обслуговування, відпочинок, %	Штучний час, хв	Підготовчо-заключний час, хв	Величина партії, прим.	Штучно-калькуляційний час
		Встановлення та зняття деталі	Управління верстатом	Вимірювання деталей		Технічне	Організаційне					
005 Токарно-гвинторізна	0.50 1	0.1	0.1	0.3	1.43	-	-	6	1.52	18	3	7.52
010 Токарно-гвинторізна	0.53 4	0.12	0.07	0.2 1	1.27	-	-	6	1.35	18	3	7.35
015 Токарно-гвинторізна	0.54	0.1	0.1	0.3	1.47	-	-	6	1.56	18	3	7.56
020 Токарно-гвинторізна	0.53 5	0.1	0.18	0.3 4	1.68	-	-	6	1.78	18	3	7.78
025 Горизонтальн о-фрезерна	1.14	0.05 8	0.06	0.1 2	1.58	-	-	8	1.71	23	3	9.38

030 Вертикально- свердлильна	9.45 4	0.05 8	0.4	0.5 4	11.3	-	-	5.5	11.9 2	14	3	16.58
040 Внутрішньош ліфувальна	0.1	0.05 8	0.06	0.2 2	0.73	0.0 1	0.0 2	6	0.79	8	3	3.45
045 Плоскошліфу вальна	1.84	0.05 8	0.06	0.2 2	2.47	0.0 2	0.0 15	6	2.64	6	3	4.64

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі бакалавра виконано комплексне проєктування технологічного процесу виготовлення деталі Вал -шестерня та розроблено необхідне технологічне оснащення для забезпечення заданих вимог щодо точності, якості та продуктивності виробництва.

У результаті виконання роботи проведено аналіз призначення деталі, умов її експлуатації та технологічності конструкції. Визначено тип виробництва та обґрунтовано найбільш доцільний спосіб отримання заготовки з урахуванням технічних і економічних показників.

Розроблено маршрутний технологічний процес механічної обробки деталі, обґрунтовано вибір технологічних баз, методів обробки, технологічного обладнання та засобів оснащення. Виконано розрахунки припусків на механічну обробку, режимів різання та норм часу, що забезпечують отримання виробу необхідної якості при раціональному використанні виробничих ресурсів.

Проведено розрахунок трудомісткості виготовлення деталі, визначено потребу в основному та допоміжному обладнанні, транспортних засобах, а також розраховано коефіцієнти завантаження устаткування. Отримані результати підтверджують можливість ефективної організації виробничої ділянки для виконання заданої виробничої програми.

У конструкторській частині розроблено спеціальне пристосування для виконання технологічної операції. Виконані розрахунки на точність, визначено необхідне зусилля закріплення, обрано привід та встановлено основні параметри роботи пристосування, що забезпечують надійне базування і закріплення заготовки.

Для реалізації технологічного процесу обрано різальний інструмент, характеристики якого відповідають умовам обробки та вимогам до продуктивності й точності виготовлення деталі.

У роботі також розроблено інструкцію з охорони праці на робочому місці, що враховує вимоги нормативних документів та спрямована на забезпечення безпечних умов праці під час виконання технологічних операцій.

Отримані результати свідчать про досягнення поставленої мети роботи та можливість практичного впровадження розроблених технологічних і конструкторських рішень у виробничих умовах для підвищення ефективності виготовлення деталі.

Список використаної літератури

1. Довідник технолога-машинобудівника. У 2-х т. за ред. А.Г. Косилової та Р.К.Мещерякова -4-е вид., перераб. І дод. - М.- Машинобудування, 1986. 496с., іл.
2. Яковенко І. Е., Пермяков О. А., Фесенко А. В. Технологічні основи машинобудування: навчальний посібник для студентів спеціальностей 131-Прикладна механіка, 133 -Галузеве машинобудування /І. Е. Яковенко, О. А. Пермяков, А. В. Фесенко - Харків: НТУ «ХПІ», 2022. - 421с.
3. Основи наукових досліджень. Моделювання процесів обробки металів різанням: навчальний посібник для студентів спеціальності 131 – Прикладна механіка /І. Е. Яковенко, О. А. Пермяков, Ю.В. Петраков, О.І. Драчев - Харків: НТУ «ХПІ», 2021. – 145 с.
4. Основи обробки матеріалів різанням та інструмент: Навчальний посібник для підготовки молодших спеціалістів та бакалаврів машинобудівних спеціальностей / Ю. Ф. Лебеденко, С. Є. Сліпченко. Харків: Факт, 2020.-344 с.
5. Ванін В. В. Оформлення конструкторської документації : навч. посіб./ В. В. Ванін, А. В. Бліок, Г. О. Гнітецька. – К. : Каравела, 2018. – 200 с
6. Орловський Б. В. Мехатроніка в галузевому машинобудуванні: навчальний посібник / Б. В. Орловський. – К.: КНУТД. – 2018. – 416 с.
7. Захаркін О.У. Технологічні основи машинобудування (основні способи обробки поверхонь та технологічні обробляючі системи для їх реалізації): навч. посібник / О.У. Захаркін. – Суми: Сумський державний університет, 2011. – 137 с.