

Міністерство освіти і науки України

Луцький національний технічний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет транспорту та механічної інженерії

(повне найменування факультету)

Кафедра прикладної механіки та мехатроніки

(повна найменування кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ЗА СТУПЕНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ «БАКАЛАВР»

ПРОЕКТУВАННЯ ДІЛЬНИЦІ З РОЗРОБКОЮ
ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ
СТОЛУ 6Л463.41.00.012

спеціальність 131 Прикладна механіка

(шифр і назва спеціальності)

освітня програма «Прикладна механіка»

(назва освітньої програми)

Виконав: здобувач вищої освіти
групи ІМС-21
Тетерук Микола Романович

(підпис)

Керівник:
к.т.н., доцент
Божко Тетяна Євгенівна

(підпис)

Кваліфікаційну роботу
допущено до захисту
«__» _____ 2024 р.
Гарант освітньої програми:
к.т.н., доцент
Божко Тетяна Євгенівна

(підпис)

Луцьк – 2024 року

					031Б-24.00.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

ЛУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет транспорту та механічної інженерії

Кафедра прикладної механіки та мехатроніки

Ступінь вищої освіти: бакалавр

Галузь знань: 13 механічна інженерія

Спеціальність: прикладна механіка

Освітня програма: 131 прикладна механіка

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

«___» _____ 2024 р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ

Тетерук Микола Романович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи: Проектування дільниці з розробкою технологічного процесу механічної обробки столу 6Л463.41.00.012

Керівник роботи: Божко Тетяна Євгенівна, к.т.н., доцент.

затверджені наказом закладу вищої освіти від «30» грудня 2023 р. №461/01-02

2. Строк подання здобувачем вищої освіти кваліфікаційної роботи «01» червня 2024 р.

3. Вихідні дані до роботи: Креслення деталі стіл 6Л463.41.00.012, річна програма випуску 80000 шт/рік, нормативні дані

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, що потрібно розробити):

Вступ. Розділ 1. Загальна частина. Розділ 2. Технологічна частина. Розділ 3.

Конструкторська частина. Розділ 4. Проектування механічної дільниці.

Розділ 5. Охорона праці. Висновки і пропозиції. Список використаних

джерел. Додатки

5. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу:

Креслення заготовки – 1 лист (ф.А1), карта налагодження – 2 листа (ф.А2),

складальне креслення верстатного пристрою – 2 листа (ф.А1), складальне

креслення контрольного пристрою – 1 лист (ф.А2), план механообробної

дільниці – 1 лист (ф.А2)

					031Б-24.00.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання «29» листопада 2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи бакалавра	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	<i>Обґрунтування теми</i>	06.12.2023	
2.	<i>Розділ 1</i>	13.02.2024	
3.	<i>Розділ 2</i>	27.02.2024	
4.	<i>Розділ 3</i>	13.03.2024	
5.	<i>Розділ 4</i>	27.03.2024	
6.	<i>Розділ 5</i>	16.04.2024	
7.	<i>Висновки та пропозиції</i>	08.05.2024	
8.	<i>Формування списку використаних джерел</i>	08.05.2024	
9.	<i>Формування додатків</i>	17.05.2024	
10.	<i>Оформлення ілюстративного матеріалу</i>	23.05.2024	
11.	<i>Нормоконтроль</i>	25.05.2024	
12.	<i>Інструментальна перевірка на академічний плагіат</i>	28.05.2024	
13.	<i>Представлення кваліфікаційної роботи бакалавра до захисту</i>	01.06.2024	

Здобувач вищої освіти

_____ (підпис)

(Тетерук Р.М.)
(прізвище, ініціали)

Керівник кваліфікаційної роботи

_____ (підпис)

(Божко Т.С.)
(прізвище, ініціали)

					031Б-24.00.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

АНОТАЦІЯ

Тетерук М.Р. Проектування дільниці з розробкою технологічного процесу механічної обробки столу 6Л463.41.00.012. Рукопис.

Кваліфікаційна робота бакалавра ОП «Прикладна механіка» спеціальності 131 Прикладна механіка. Луцький національний технічний університет. Луцьк, 2024.

Кваліфікаційна робота бакалавра складається з вступу, п'яти розділів, висновків і пропозицій, списку використаних джерел, додатків.

У роботі розроблено технологічний процес механічної обробки столу 6Л463.41.00.012.

В кваліфікаційній роботі бакалавра встановлено тип та організаційну форму виробництва. Відпрацьовано деталь на технологічність. Вибрано спосіб отримання заготовки, економічно обґрунтовано. Вибрано метод обробки поверхонь. Проведено розрахункове обґрунтування баз. Визначено допуски, припуски і операційні розміри. Проведено розрахунок режимів різання, вибір обладнання та оснащення. Проведено нормування технологічного процесу.

Спроектовано пристрій для свердління 4-х отворів $\varnothing 8,2\text{мм}$ та зенкування отворів у ньому одночасно. Спроектовано пристрій для контролю радіального биття поверхні $\varnothing 125\text{мм}$ відносно осі центрів Б.

Спроектовано механічну дільницю для обробки столу 6Л463.41.00.012. Розраховано виробничої площі дільниці. Розроблено технологічне планування дільниці.

В розділі “Охорона праці” розраховано товщину теплоізоляції температура середовищ (t' і t'' , $^{\circ}\text{C}$), що розділяються теплоізоляційною перегородкою, допустима температура на поверхні ізоляції $t_{\text{д}}$, $^{\circ}\text{C}$, і геометричні розміри теплоізоляційної поверхні (площу поверхні F , м^2).

Ключові слова: технологічний процес, корпус, механічна обробка.

					031Б-24.00.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

ABSTRACT

Teteruk M.R. Design of the site with the development of the technological process of mechanical processing of the table 6Л463.41.00.012. Manuscript.

Qualification work of the bachelor's OP "Applied Mechanics " specialty 131 Applied mechanics . Lutskiy national technical university. Lutsk, 2024.

In qualification work consists of an introduction, five sections, conclusions and proposals, list of used sources, applications .

At work the technological process of mechanical processing of the table 6Л463.41.00.012 was developed.

In the bachelor's qualification work, the type and organizational form of production is determined. Worked out the detail for manufacturability. Selected way obtaining a blank, economically justified. The processing method is selected surfaces. Calculated substantiation of bases. Tolerances, allowances and operating rooms are defined dimensions. The calculation has been made modes cutting, selection equipment and equipment. Standardization has been carried out technological process.

A device was designed for drilling 4 holes $\varnothing 8.2\text{mm}$ and countersinking holes in it at the same time. A device was designed to control the radial runout of the $\varnothing 125\text{mm}$ surface relative to the center axis B.

A mechanical station for processing the table was designed. The production area of the site is calculated. Technological planning of the site has been developed.

In the protection section, the thickness of the thermal insulation, the temperature of the media (t' and t'' , 0C) separated by the thermal insulation partition, the permissible temperature on the surface of the insulation t_d , 0C , and the geometric dimensions of the thermally insulated surface (surface area F , m^2) are calculated.

Keywords : technological process, case, mechanical processing.

					031Б-24.00.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

	Вступ.....	
1	Загальна частина.....	
1.1	Службове призначення, характеристика об'єкта виробництва, аналіз технічних умов.....	
1.2	Вибір методу одержання заготовки.....	
1.3	Вибір методу обробки поверхонь.....	
1.4	Визначення типу та організаційної форми виробництва..... ..	
2	Технологічна частина.....	
2.1	Аналіз технологічності конструкції деталі.....	
2.2	Вибір технологічних баз.....	
2.3	Визначення допусків та технологічних розмірів, розрахунок припусків	
2.4	Розрахунок режимів різання, вибір обладнання та оснащення..	
2.5	Нормування технологічного процесу.....	
3	Конструкторська частина.....	
3.1	Верстатний пристрій	
3.2	Пристрій для контролю	
3.3	Розрахунок спеціального ріжучого інструменту.....	
4	Проектування механічної дільниці.....	
4.1	Уточнення типу виробництва.....	
4.2	Розробка технологічного планування дільниці.....	
4.3	Основні техніко-економічні показники дільниці.....	
5	Охорона праці.....	
	Загальні висновки.....	
	Список посилань.....	

ВСТУП

Технологія в значній мірі окреслює стан і розвиток виробництва. Від її рівня розвитку залежить рівень енергетичних ресурсів, виробництва, якість продукції і економічність матеріальних витрат та багато інших показників.

Важлива роль в покращенні старих і розробці нових способів виготовлення і контролю продукції, в прискоренні науково-технологічного процесу в машинобудіванні, належить проектуванні прогресивних технологічних процесів.

При виконанні кваліфікаційної роботи бакалавра прийнято рішення по вибору обладнання, оснастки, варіанту технологічного процесу, методів отримання заготовки на основі техніко-економічних розрахунків, що дає можливість запропонувати оптимальний варіант.

Основним завданням кваліфікаційної роботи бакалавра є розробка нового технологічного процесу механічної обробки стола 6Л463.41.00.012 внаслідок удосконалення існуючого технологічного процесу механічної обробки деталі, який би при використанні вибраного технологічного обладнання дав би мінімальні витрати матеріало- і енергоресурсів та затрат праці на виготовлення даної деталі.

					031Б-24.00.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

1.1 Характеристика об'єкту виробництва, службове призначення, ТУ

Об'єктом виробництва є наклонно-поворотний стіл 6Л463.41.00.012СБ верстату 463ЛФ3 детальним розробленням дільниці механічної обробки столу 6Л463.41.00.012.

Наклонно-поворотний стіл 6Л463.41.00.012 встановлюється на столі верстату 463ЛФ3 і призначений для обробки малогабаритних деталей. Стіл повертається навколо двох осей, що дозволяє проводити обробку з різних сторін. Обертання оброблюваної деталі проводиться вручну через черв'ячну передачу. Точність повороту стала $\pm 10'$. Входить стіл, який встановлюється в корпус пристрою. На нього встановлюють черв'ячне колесо з напресовкою; втулка, яка виконує роль підшипника ковзання. Кріплення стола в корпусі пристрою виконується за допомогою двох шийок. Фіксація столу в певному положенні досягається за допомогою затискача.

Деталь виготовляється з сірого чавуну С420 литвом у землю. Конфігурація деталі дозволяє замінити метод виготовлення заготовки на більш продуктивний.

Основними поверхнями деталі є отвір $\varnothing 20H7$, поверхня $\varnothing 100 \begin{pmatrix} -0.03 \\ -0.05 \end{pmatrix}$, поверхня $\varnothing 24H6$, паз 8H8, $\varnothing 24g6$. Високі вимоги до точності і якості цих поверхонь пояснюється тим, що вони використовуються в якості базових .

Вимоги до геометричних і просторових параметрів: торцеве биття пов. $\varnothing 125$ відносно пов. Б (вісь отвору) не більше 0,016 мм, радіальне биття пов. $\varnothing 125$ не більше 0,01 мм. Допуск паралельності пазів 8H11 відносно пов. Е (осі симетрії стола) не більше 0,05 мм, допуск симетричності паза 8H8 відносно пов. Б не більше 0,06 мм.

Механічні властивості чавуну :

- межа міцності на розтяг 20 кг/мм²;
- межа міцності при згині 4 кг/ мм²;

										Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	031Б-24.00.00.00.000ПЗ					

-твердість Н = 180 НВ;

Хімічний склад чавуну – таблиця 1.1.

Таблиця 1.1 – Хімічний склад чавуну СЧ-20, %

C	S _i	M _n	P	N _i	S
3,1	1,0	1,1	0,15	0,64	0,12

1.2 Вибір методу одержання заготовки

Загальні вихідні дані:

Матеріал деталі: СЧ20.

Маса деталі: q=2,25 кг.

Річна програма: N=80000 шт.

Виробництво: великосерійне

Вибір способу отримання заготовки полягає в економічному порівнянні заготовок отриманих різними методами.

Таблиця 1.2 – Дані по розрахунку вартості заготовки

Назва показників	Методи отримання заготовки		
	Литво у землю	Литво в оболонку форми	Литво в кокіль
1	2	3	4
Клас точності	9	5	4
Група складності	1	2	3
Маса заготовки Q, кг	5,8	4,9	3,2
Вартість 1 тонни заготовок C _i , грн.	7200	7200	7200
Вартість 1 тонни стружки S _{відх} , грн.	49,6	49,6	49,6

Вартість заготовки отриманої литвом у землю:

					031Б-24.00.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

$$S_{заз} = \left(\frac{C_1}{1000} \cdot Q_1 \cdot K_{T1} \cdot K_{C1} \cdot K_{M1} \cdot K_{П1} \right) - (Q - g) \frac{S_{видх}}{1000};$$

де $K_{T1} = 1$ – коефіцієнт залежний від класу точності;

$K_{C1} = 0,7$ – коефіцієнт групи складності;

$K_{B1} = 0,91$ – коефіцієнт залежний від маси;

$K_{M1} = 1,04$ – коефіцієнт, що залежить від марки заготовки;

$K_{П1} = 1$ – коефіцієнт залежний від серійності.

$$S_{заз1} = \left(\frac{7200}{1000} \cdot 5,8 \cdot 1 \cdot 0,7 \cdot 0,91 \cdot 1,04 \cdot 1 \right) - (5,8 - 2,25) \frac{49,6}{1000} = 25,9 \text{ грн.}$$

Аналогічно по другому і третьому варіанту:

$$K_{T2} = 1,05; \quad K_{C2} = 0,83; \quad K_{B2} = 0,91; \quad K_{П2} = 1.$$

$$S_{заз2} = \left(\frac{7200}{1000} \cdot 4,9 \cdot 1,05 \cdot 0,83 \cdot 0,91 \cdot 1,04 \cdot 1 \right) - (4,9 - 2,25) \frac{49,6}{1000} = 27,8 \text{ грн.}$$

$$K_{T3} = 1,2; \quad K_{C3} = 1; \quad K_{B3} = 1; \quad K_{M3} = 1,04; \quad K_{П3} = 0,52.$$

$$S_{заз3} = \left(\frac{7200}{1000} \cdot 3,2 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,04 \cdot 0,52 \right) - (3,2 - 2,25) \frac{49,6}{1000} = 13,6 \text{ грн.}$$

Порівнюючи вартість заготовок, робимо висновок, що найкращим буде виготовлення заготовки методом лиття у кокіль.

1.3. Вибір методу обробки поверхонь

Встановлення можливих методів обробки заготовки виконується по коефіцієнтах уточнення. По них визначаються кількість переходів, необхідна для обробки, далі за рекомендаціями вибираємо можливі методи обробки на кожен перехід.

Визначимо можливі методи обробки та кількість переходів на отвір $\varnothing 20H7$.

Дано:

$\varnothing 18,5^{+0,24}$ заготовка: IT = 12;

$\varnothing 20^{+0,021}$ деталь: IT = 7.

$T_{деталі} = 0,021$ мм – допуск деталі;

$T_{заготовки} = 0,24$ мм – допуск заготовки.

						031Б-24.00.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата			

Загальний коефіцієнт уточнення $E_{заг}$:

$$E_{заг} = \frac{T_{заг}}{T_{дет}};$$

$$E_{заг} = \frac{0,24}{0,021} = 11,4.$$

Визначимо загальну кількість переходів $n_{заг}$:

$$n_{заг} = \frac{\lg E_{заг}}{0,46};$$

$$n_{заг} = \frac{\lg 11,4}{0,46} = 2,3.$$

Приймаю кількість переходів рівною 2. Величина можливих методів обробки ΔT визначається з формули:

$$\Delta T = IT_{заг} - IT_{дет};$$

$$\Delta T = 12 - 7 = 5.$$

Розбиваю число 5 на два переходи: $5=3+2$.

I-й перехід – 9 квалітет (Н9). Досягається чистовим розточуванням, точним розвертанням, шліфуванням.

Коефіцієнт уточнення по першому переходу E_I :

$$E_I = \frac{T_{заг}}{T_{In}};$$

де, T_{In} – допуск на отвір, який залишається після першого переходу, $T_{In} = 0,052$ мм.

$$E_I = \frac{0,24}{0,052} = 4,62.$$

II-й перехід – 7-й квалітет (Н7). Досягається тонким розточуванням, чистовим шліфуванням, точним розвертанням.

Коефіцієнт уточнення по другому переходу $E_{IIн}$:

$$E_{IIн} = \frac{T_{In}}{T_{IIн}} = \frac{0,052}{0,021} = 2,48;$$

Має виконуватися умова правильності визначення переходів: $E_{заг} \leq E_I \cdot E_{IIн}$.

					031Б-24.00.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

$11,4 \leq 4,62 \cdot 2,46 \approx 11,4$, умова виконується.

Визначимо можливі методи досягнення потрібної точності та кількість переходів на зовнішню поверхню $\varnothing 24_{п6} \begin{pmatrix} + 0,028 \\ + 0,015 \end{pmatrix}$.

Дано:

$\varnothing 25,5_{-0,24}$ – заготовка; $IT = 12$.

$\varnothing 24 \begin{pmatrix} + 0,028 \\ + 0,015 \end{pmatrix}$ - деталь; $IT = 6$.

$T_{заготовки} = 0,24$ мм;

$T_{деталі} = 0,013$ мм;

Загальний коефіцієнт уточнення $E_{заг}$:

$$E_{заг} = \frac{T_{заг}}{T_{дет}}$$

$$E_{заг} = \frac{0,24}{0,013} = 18,46.$$

Визначаю загальну кількість переходів n_3 :

$$n_3 = \frac{\lg E_{заг}}{0,46};$$

$$n_{заг} = \frac{\lg 18,46}{0,46} = 2,75.$$

Приймаю кількість переходів рівну 3.

$$\Delta T = IT_{заг} - IT_{дет} = 12 - 6 = 6.$$

Розбиваю 6 на три переходи: $6=3+2+1$.

I-й перехід – 9 квалітет (H9). Досягається чистовим обточуванням, попереднім шліфуванням.

Коефіцієнт уточнення по першому переходу E_I :

$$E_I = \frac{T_{заг}}{T_{In}}$$

$$E_I = \frac{0,24}{0,052} = 4,62.$$

									Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата					

031Б-24.00.00.00.000ПЗ

II-й перехід – 7-й квалітет (H7). Досягається тонким точінням, чистовим шліфуванням.

Коефіцієнт уточнення по II-му переходу E_{II} :

$$E_{II} = \frac{T_{In}}{T_{II}} = \frac{0,052}{0,021} = 2,48.$$

III-й перехід – 6 квалітет (h6). Досягається тонким точінням, чистовим шліфуванням.

Коефіцієнт уточнення E_{III} :

$$E_{III} = \frac{T_{III}}{T_{III}} = \frac{0,021}{0,013} = 1,61.$$

Перевіримо правильність визначення переходів:

$$E_{заг} \leq E_{In} \cdot E_{II} \cdot E_{III}.$$

$$E_{заг} \leq 4,62 \cdot 2,48 \cdot 1,62;$$

$$18,46 \leq 18,46, \text{ умова виконується.}$$

Аналогічний розрахунок проводиться для інших поверхонь.

Результати розрахунків зводимо у таблицю 1.3

Таблиця 1.3 – Встановлення можливих методів обробки заготовки

№ п/п	Назва поверхні і методу обробки	Квалітет	Допуск		Уточнення	
			Позначення	Величина, мм	Формула	Результат
1	2	3	4	5	6	7
1.	Отвір Ø20H7 Заготовка Ø18,5 ^{+0,24}	7	T _д	0,021	$E_{заг} = \frac{T_3}{T_0}$	11,4
		12	T _з	0,24		

					031Б-24.00.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

Продовження таблиці 1.3

	2	3	4	5	6	7
	Чистове розточування	9	T_I	0,052	$E_I = \frac{T_3}{T_I}$	4,62
	Тонке розточування	7	T_{II}	0,021	$E_{II} = \frac{T_I}{T_{II}}$	2,48
Перевірка: $E_{заг} = 11,4 \leq E_I \cdot E_{II} = 11,48$						
2.	Поверхня $\varnothing 24n6$	6	T_d	0,013	$E_{заг} = \frac{T_3}{T_d}$	18,46
	Заготовка $\varnothing 25,5_{-0,24}$	12	T_3	0,24		
	Чистове точіння	9	T_1	0,052	$E_I = \frac{T_3}{T_1}$	4,62
	Точне точіння	7	T_2	0,021	$E_{II} = \frac{T_1}{T_2}$	2,48
	Тонке точіння	6	T_3	0,013	$E_{III} = \frac{T_2}{T_3}$	1,61
	Перевірка: $E_{заг} = 18,46 \leq E_I \cdot E_{II} \cdot E_{III} = 18,462$					
3.	Поверхня $\varnothing 24g6$	6	T_d	0,013	$E_{заг} = \frac{T_3}{T_d}$	18,46
	Заготовка $\varnothing 25,5_{-0,24}$	12	T_3	0,24		
Перевірка: $E_{заг} = 18,46 \leq E_I \cdot E_{II} \cdot E_{III} = 18,462$						
4.	Чистове точіння	9	T_1	0,052	$E_I = \frac{T_{заг}}{T_1}$	4,62
	Точне точіння	7	T_2	0,021	$E_{II} = \frac{T_1}{T_2}$	2,48
	Тонке точіння	6	T_3	0,013	$E_{III} = \frac{T_2}{T_3}$	1,61

Для інших поверхонь призначаю: $\varnothing 100 \begin{pmatrix} -0,03 \\ -0,05 \end{pmatrix}$ чистове, точне, тонке точіння; на пази – чистове фрезерування; канавки – чорнове точіння,

розточування; на торці – чистове та тонке точіння та шліфування; на інші циліндричні поверхні – чистове та тонке точіння.

1.4. Визначення типу та організаційної форми виробництва

Тип виробництва визначається на основі коефіцієнта закріплення операцій K_{30} , який визначається як відношення всіх технологічних операцій до числа робочих місць.

Вихідні дані:

Річна програма випуску $N_p = 80000$ шт

Режим роботи – двозмінний

Дійсний річний фонд роботи обладнання при двозмінному режимі: $F_g = 4029$ год.

«Тип виробництва характеризується коефіцієнтом закріплення операцій:

$$K_{3.0.} = \sum_{i=1}^r O_i / \sum_{i=1}^r C_{pi};$$

де, O_i – кількість операцій закріплених за одним робочим місцем;

r – кількість робочих місць;

C_{pi} - розрахункова кількість технологічного обладнання закріпленого за i -м робочим місцем»[1].

$$O_i = \eta_{з.н.} / \eta_{з.ф.i};$$

де, $\eta_{з.н.} = 0,75 - 0,8$ – нормативний коефіцієнт завантаження обладнання;

$\eta_{з.ф.i}$ – фактичний коефіцієнт завантаження обладнання.

$$\eta_{з.ф.i} = \frac{C_{pi}}{C_{ni}};$$

де, C_{ni} – прийнята кількість технологічного обладнання закріпленого за i -им робочим місцем.

$$C_{pi} = \frac{T_{ум.i} \cdot N}{60 \cdot F_{\partial} \cdot \eta_{з.н.}};$$

де, $T_{ум.i}$ – штучний час i -ої технологічної операції, хв;

									Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	031Б-24.00.00.00.000ПЗ				

$N = 80000$ деталей – програма випуску деталей за рік;

$F_a = 4029$ год. – дійсний річний фонд часу роботи обладнання.

Визначення основного технологічного часу T_o , хв за [3] для кожної операції.

Дані по технологічному процесі зведемо у таблицю 1.4

Таблиця 1.4 – Дані для встановлення типу виробництва

Операція	$T_{шт}$, хв	C_p	C_n	$\eta_{з.ф}$	O_i
005 токарна з ЧПК	3,302	0,87	1	0,87	0,97→1
010 токарна з ЧПК	1,3	0,34	1	0,34	2,5→3
015 токарна з ЧПК	0,94	0,236	1	0,236	3,61→4
020 токарно-гвинторізна	0,72	0,189	1	0,189	4,49→5
025 вертикально-фрезерна	0,772	0,203	1	0,203	4,05→5
030 горизонтально-фрезерна	0,88	0,231	1	0,231	4,19→5
035 горизонтально-фрезерна	0,601	0,18	1	0,18	3,68→4
040 кругло-шліфувальна	0,8	0,21	1	0,21	4,05→4
045 вертикально-свердлильна	0,36	0,1	1	0,1	8,5→9
050 вертикально-свердлильна	0,36	0,1	1	0,1	8,5→9
055 плоско-шліфувальна	1,023	0,27	1	0,27	4,72→5
			$\Sigma 11$		$\Sigma 63$

Визначимо коефіцієнт закріплення операцій:

$$K_{zo} = \frac{\sum O}{\sum P};$$

$$K_{zo} = \frac{63}{11} = 5,8.$$

Величина цього коефіцієнту K_{zo} відповідає великосерійному типу виробництва

Визначимо організаційну форму виробництва:

а) перевіримо можливість впровадження потокової форми виробництва.

										Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	031Б-24.00.00.00.000ПЗ					

Добова програма випуску:

$$N\partial = \frac{N_p}{F};$$

де, N_p – річна програма;

$F = 254$ дні;

$$N\partial = \frac{80000}{254} = 315 \text{шт.}$$

Добова продуктивність потокової лінії при завантаженні 60%:

$$Q_g = \frac{F_c}{T_{сер}} \cdot \eta;$$

де, $F_c = 952$ хв – добовий фонд часу роботи обладнання;

η – коефіцієнт завантаження;

$T_{сер}$ – середній штучний час на основних операціях, хв.

$$T_{сер} = \frac{\sum_{i=1}^{i=11} T_{ум_i}}{n};$$

$$T_{сер} = \frac{19,23}{10} = 1,93 \text{хв}$$

$$Q_g = \frac{952}{1,93} \cdot 0,6 = 295 \text{шт.}$$

Оскільки добова програма випуску більша за добову продуктивність потокової лінії, то виробництво потокове.

					031Б-24.00.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Аналіз технологічності конструкції деталі

Метою аналізу є виявлення недоліків конструкції по даним на кресленні і технічним вимогам, а також можливість поліпшення технологічності розглядуваної конструкції.

Аналіз технологічності складається з аналізу конструкції та технологічного контролю креслення.

Вивчаючи робоче креслення деталі стіл 6Л463.41.00.012 можна зауважити, що всі дані, які дають повну уяву про розміри, форму і конфігурацію деталі наявні. Вказані усі необхідні допуски, точність обробки, чистота поверхонь. Вказані матеріал і вага деталі.

Аналізуючи конструкцію деталі та вузла видно, що деталь вже відпрацьовувалась на технологічність; були відмінені отвори замість яких введені буртик $\varnothing 40$. Канавки під шліфування доцільно зробити однаковими. Матеріал деталі С420 має високі ливарні властивості, отже вибраний вірно. Жорсткість деталі є достатньою для отримання високої точності обробки ($1/d < 10$). Подальший аналіз конструкції деталі на технологічність проводиться за коефіцієнтами технологічності.

Складемо таблицю, куди внесемо дані, що характеризують поверхні деталі.

Таблиця 2.1 – Дані поверхні деталі

Назва і номер поверхні	Кількість елементів, Q_e	Кількість уніфікованих елементів, Q_{ye}	Шорсткість, R_a мкм	Точність квалітет
1	2	3	4	5

					031Б-24.00.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4	5
Торець: ① , ③ ⑤ , ②⑧ ⑥	2 2 1	- - -	0,63 10 1,25	8 14 9
Циліндрична поверхня: ② ④ , ⑦ , ②⑦ ⑩	1 3 1	- - -	0,63 0,63 10	14 6 14
Різь: ⑧ , ③⑩	2	2	2,5	7
Отвір: ⑨ ②①	1 1	1 -	10 1,25	10 7
Фаска: ⑬ , ⑰ ⑪ ⑱ ⑲ ⑳ ㉔ ㉙ ㉓①	2 14	2 11	2,5 10	10 14
Канавка: ⑫ , ⑭ , ⑮ ⑯ , ⑰ , ⑳	3 3	3 3	10 10	14 14
Паз: ㉓ ㉕ ㉖	1 3 1	1 3 1	10 2,5 2,5	11 14 8
-	$\sum Q_e = 41$	$\sum Q_{ye} = 27$	-	-

Визначимо коефіцієнти технологічності:

а) коефіцієнт уніфікації елементів деталі:

$$K_{ye} = \frac{Q_{ye}}{Q_e};$$

$$K_{ye} = \frac{27}{41} = 0,66.$$

б) коефіцієнт точності:

									Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	031Б-24.00.00.00.000ПЗ				

$$K_m = 1 - \frac{1}{A_{cp}};$$

де A_{cp} – середній квалітет точності.

$$A_{cp} = (1 \cdot n_1 + 1 \cdot n_2 + \dots + 14 \cdot n_{14}) / \sum n_i;$$

де n_i – кількість поверхонь даного квалітету.

$$A_{cp} = (6 \cdot 3 + 7 \cdot 3 + 8 \cdot 3 + 9 \cdot 1 + 10 \cdot 2 + 11 \cdot 1 + 14 \cdot 28) / 41 = 12,07;$$

$$K_m = 1 - \frac{1}{12,07} = 0,917.$$

в) коефіцієнт шорсткості:

$$K_{ш} = \frac{1}{B_{cp}};$$

де B_{cp} – середня шорсткість поверхні деталі.

$$B_{cp} = (0,01 \cdot n_{0,01} + \dots + 10 \cdot n_{10}) / \sum n_j;$$

де $n_{0,01} \dots n_{10}$ – кількість поверхонь даної шорсткості.

$$B_{cp} = (0,63 \cdot 6 + 1,25 \cdot 2 + 2,5 \cdot 8 + 10 \cdot 25) / 41 = 6,74;$$

$$K_{ш} = \frac{1}{6,74} = 0,148.$$

Оскільки: $K_{ye} = 0,66 > 0,6$;

$K_m = 0,917 > 0,8$;

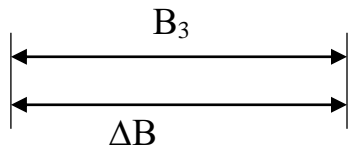
$K_{ш} = 0,148 < 0,32$, то деталь вважається технологічною.

2.2 Вибір технологічних баз

За чорнову базу згідно правила вибору чорнових баз приймаю поверхню з найменшим припуском. Це є поверхня діаметром 125мм.

При цьому виникає наступна схема базування:

					031Б-24.00.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		



При обробці протилежної сторони виникає така схема (рис.2.2) і (рис. 2.3)

При цьому похибка базування на діаметр рівна:

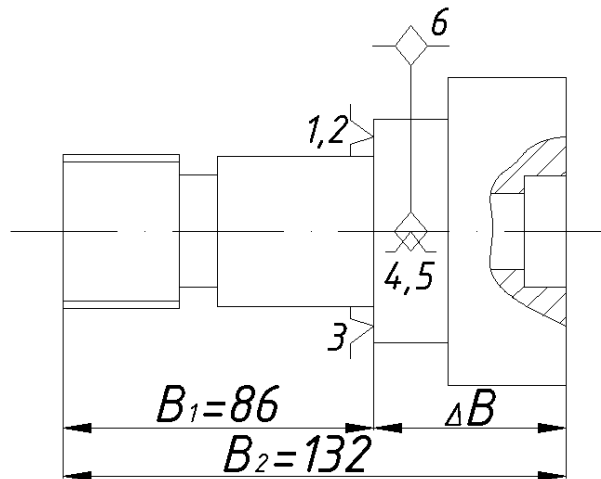


Рисунок 2.2– Похибка базування в патроні

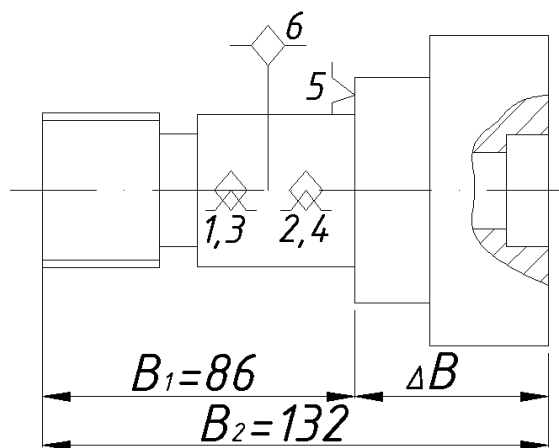


Рисунок 2.3– Похибка базування в в розрізній втулці

Похибка базування в цьому випадку:

$$E\delta = \omega \cdot \Delta B;$$

$$\Delta B = B_1 - B_2;$$

$$\omega \cdot \Delta B = \delta B_2 + \delta B_1;$$

де δB_2 , δB_1 – допуски на розміри B_1 і B_2 .

$$E\delta = \omega \cdot \Delta B = \delta B_2 + \delta B_1;$$

$$E\delta = 1 + 0,87 = 1,87 \text{ мм.}$$

									Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	031Б-24.00.00.00.000ПЗ				

При обробці отвору можливі такі схеми базування: базування в самоцентруючому патроні (рис. 2.2а) та базування у втулці (рис. 2.3).

При базуванні у патроні:

$$E_{\delta a} = \sqrt{\rho_{\text{жор}}^2 + \rho_{\text{зм}}^2};$$

$$\rho_{\text{зм}} = 0,62 \text{ мм.}$$

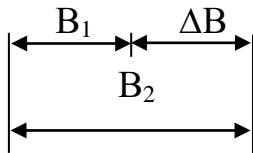
$$\rho_{\text{жор}} = \Delta K d = 0,003 \cdot 18 = 0,054 \text{ мм.}$$

$$E_{\delta a} = \sqrt{0,62^2 + 0,054^2} = 0,622 \text{ мм.}$$

При базуванні у втулці:

$$E_{\delta b} = \rho_{\text{зм}} = 0,62 \text{ мм.}$$

Схема розрахунку:



При обробці 3-х пазів можливі такі схеми базування: в призмі, у втулці (рис. 2.4).

При базуванні у призмі похибка базування:

$$E_{\delta} = l_2 - l_1 = O_1 O_2 = O_2 F - O_1 F;$$

$$O_1 F = \frac{C_1 O_1}{\sin \alpha / 2} = \frac{D_1 / 2}{\sin \alpha / 2};$$

$$O_2 F = \frac{C_2 O_1}{\sin \alpha / 2} = \frac{D_2 / 2}{\sin \alpha / 2};$$

$$E_{\delta} = \frac{D_2 / 2}{\sin \alpha / 2} - \frac{D_1 / 2}{\sin \alpha / 2} = \frac{D_2 - D_1}{2} \left(\frac{1}{\sin \alpha / 2} \right);$$

$$\text{або } E_{\delta} = \frac{\delta D}{2} \left(\frac{1}{\sin \alpha / 2} \right);$$

$$E_{\delta} = \frac{0,02}{2} \left(\frac{1}{\sin 60} \right) = 0,015 \text{ мм.}$$

При базуванні у втулці похибка базування:

					031Б-24.00.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

$$E_{\delta} = \frac{1}{2} \Delta_{\max} = \frac{1}{2} (d_{\text{отв. max}} - d_{\text{дет. min}});$$

де $d_{\text{отв. max}} = 100,022 \text{ мм};$

$d_{\text{дет. min}} = 99,95 \text{ мм};$

$$E_{\delta} = \frac{1}{2} (100,022 - 99,95) = 0,036 \text{ мм}.$$

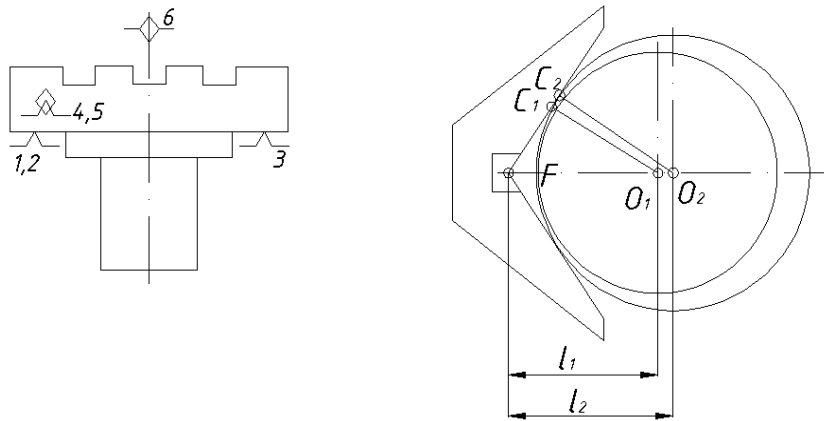


Рисунок 2.4 – Схема базування у призмі

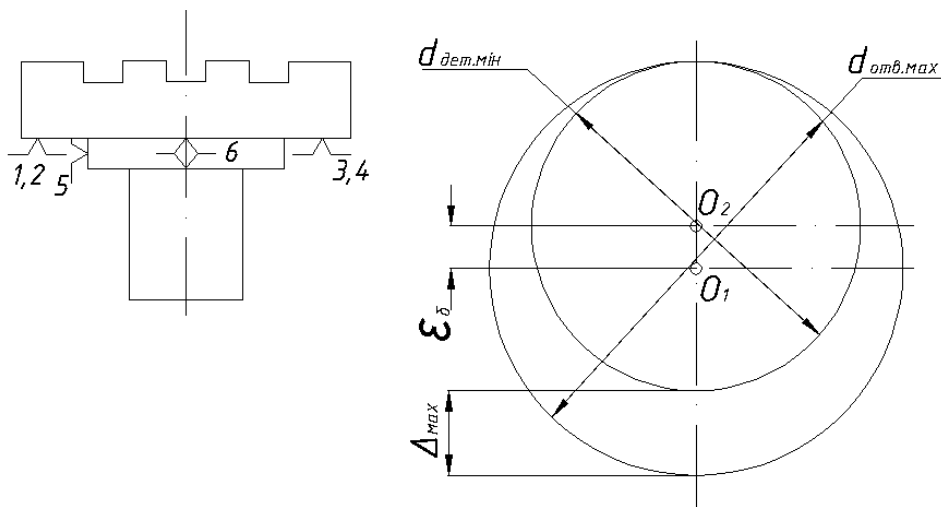


Рисунок 2.5 – Схема базування у втулці

При обробці деталі в центрах виникає така схема базування (рис.2.6).

											Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	031Б-24.00.00.00.000ПЗ						

переходів: чистового, точного і тонкого проточувань, і виконується за дві установки (в патроні, в центрах).

Дані по розрахунку припуску на поверхню Ø24н6 заношу у табл. 2.2, в яку послідовно записую маршрут обробки та значення елементів припуску

Таблиця 2.2 – Розрахунок припусків та граничних розмірів по технологічних переходах на обробку Ø24н6

Перехід	Елементи припуску, мкм				Розрахунковий припуск $2Z_{\min}$, мкм d_{\min}	Розмір др, мм d_{\max}	Допуск δ , мкм	Граничний розмір, мм		Граничне значення припусків, мкм	
	R_z	T	ρ	E				d_{\min}	d_{\max}	$2Z_{\min}^{2P}$	$2Z_{\max}^{2P}$
Заготовка	40	200	301	-	-	26,235	240	26,235	26,48	-	-
Точіння чистове	30	-	9	783	2,1039	24,157	52	24,157	24,209	2,078	2,27
Точіння точне	10	-	6	23	2,55	24,047	21	24,047	24,068	0,11	0,141
Точіння тонке	3	-	-	0	2,16	24,015	13	24,015	24,028	0,032	0,04

Значення R_z та T характеризують якість поверхні заготовки, отримані литвом по виплавлених моделях, беремо з табл. 27 [3], значення R_z та T після механічної обробки беру з табл. 30, стор. 67 [3].

Сумарне значення просторових відхилень для заготовки даного типу визначається по формулі:

$$\rho_z = \sqrt{\rho_{кор}^2 + \rho_{зм}^2};$$

де, $\rho_{кор}$ – величина короблення заготовки;

$\rho_{зм}$ – величина зміщення отвору у заготовці.

$$\rho_{кор} = \sqrt{(\Delta k \cdot l)^2 + (\Delta k \cdot D)^2};$$

де, Δk – величина питомого короблення, мкм;

D – діаметр вала, мм;

					031Б-24.00.00.00.000ПЗ						Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата							

l – довжина вала, мм.

Величину Δk беру з табл. 32 стор. 72 [11].

$$\rho_{кор} = \sqrt{(0,3 \cdot 61)^2 + (0,3 \cdot 25)^2} = 20 \text{ мм.}$$

Величину $\rho_{зм}$ беру з табл. 34 стор. 73 [9]. $\rho_{зм} = 0,3$ мм

$$\rho_3 = \sqrt{0,3^2 + 0,02^2} = 0,301 \text{ мм.}$$

Величина остаточного просторового відхилення:

$$\rho_1 = 0,03 \rho_3 = 0,03 \cdot 0,301 = 0,009 \text{ мм.}$$

$$\rho_2 = 0,02 \rho_3 = 0,02 \cdot 0,301 = 0,006 \text{ мм.}$$

Похибка установки при чистовому точінні:

$$E_1 = \sqrt{E_6^2 + E_3^2};$$

Похибка базування $E_6 = 0,77$ мм (згідно п. 2.4);

Похибка закріплення $E_3 = 0,14$ мм за табл. 4.10 [10].

$$E_1 = \sqrt{0,77^2 + 0,14^2} = 0,783 \text{ мм.}$$

Остаточна похибка установки при точному точінні:

$$E_2 = 0,03 \cdot E_1 + E_{інд};$$

де $E_{інд} = 0$, оскільки обробка ведеться за одну установку.

$$E_2 = 0,03 \cdot 0,783 + 0 = 0,023 \text{ мм.}$$

Похибка установки при тонкому точінні:

$$E_3 = 0,02 \cdot E_2 + E_{інд};$$

$$E_{інд} = \sqrt{E_6^2 + E_3^2};$$

Оскільки обробка ведеться в центрах, то $E_6 = 0$; $E_3 = 0$.

$$E_3 = 0,02 \cdot E_2 + 0 = 0,02 \cdot 0,023 = 0,001 \text{ мм.}$$

На основі записаних у табл. 2.2 даних, виконую розрахунок міжопераційних припусків для чистового і точного точіння.

$$2Z = 2 \left(R_{Z_{i-1}} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + E_i^2} \right)$$

Для тонкого точіння (обробка в центрах):

$$2Z_{мін} = 2 \left(R_{Z_{i-1}} + T_{i-1} + \rho_{-1} \right)$$

									Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата					

031Б-24.00.00.00.000ПЗ

Мінімальний припуск під точіння чистове:

$$2Z_{\text{мін}_1} = 2\left(200 + \sqrt{301^2 + 783^2}\right) = 2 \cdot 1039 \text{ мкм.}$$

Точне точіння:

$$2Z_{\text{мін}_2} = 2\left(30 + \sqrt{9^2 + 23^2}\right) = 2 \cdot 55 \text{ мкм.}$$

Тонке точіння:

$$2Z_{\text{мін}_3} = 2\left(10 + \sqrt{6^2}\right) = 2 \cdot 16 \text{ мкм.}$$

Розрахунковий розмір:

точне точіння:

$$d_{p2} = 24,015 + 0,032 = 24,047 \text{ мм;}$$

чистове точіння:

$$d_{p1} = 24,047 + 0,11 = 24,157 \text{ мм;}$$

заготовка:

$$d_{p3} = 24,137 + 2,078 = 26,235 \text{ мм.}$$

Допуски вибираємо згідно таблиць, в залежності від якості точності, виду обробки (за табл. 18 [6]):

$$\text{допуск тонкого точіння: } \delta = 0,013 \text{ мм;}$$

$$\text{допуск точного точіння: } \delta = 0,021 \text{ мм;}$$

$$\text{допуск чистового точіння: } \delta = 0,052 \text{ мм;}$$

$$\text{допуск на заготовку: } \delta = 0,24 \text{ мм.}$$

Граничні розміри:

$$d_{\text{мін}_3} = 24,015 \text{ мм;}$$

$$d_{\text{мін}_2} = 24,047 \text{ мм;}$$

$$d_{\text{мін}_1} = 24,157 \text{ мм;}$$

$$d_{\text{мін заг}} = 26,235 \text{ мм.}$$

$$d_{\text{мак}_3} = 24,015 + \delta_3 = 24,015 + 0,013 = 24,028 \text{ мм;}$$

$$d_{\text{мак}_2} = 24,047 + 0,021 = 24,068 \text{ мм;}$$

$$d_{\text{мак}_1} = 24,157 + 0,052 = 24,209 \text{ мм;}$$

$$d_{\text{мак заг}} = 26,235 + 0,24 = 26,480 \text{ мм.}$$

Граничні значення припусків:

					031Б-24.00.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

$$2Z_{\min}^{zp} = d_{i-1,\min} - d_{i,\min};$$

$$2Z_{\max}^{zp} = d_{i-1,\max} - d_{i,\max};$$

Для тонкого точіння:

$$2Z_{\min 3}^{zp} = 24,047 - 24,015 = 0,032 \text{ мм};$$

$$2Z_{\max 3}^{zp} = 24,068 - 24,028 = 0,040 \text{ мм}.$$

Для точного точіння:

$$2Z_{\min 2}^{zp} = 24,157 - 24,047 = 0,11 \text{ мм};$$

$$2Z_{\max 2}^{zp} = 24,209 - 24,068 = 0,141 \text{ мм}.$$

Для чистового точіння:

$$2Z_{\min 1}^{zp} = 26,235 - 24,157 = 2,078 \text{ мм};$$

$$2Z_{\max 1}^{zp} = 26,48 - 24,209 = 2,271 \text{ мм}.$$

На основі даних розрахунку будує схему графічного розташування припусків та допусків на обробку поверхні $\varnothing 24\text{h}6$ (рис. 2.8).

Загальні припуски $Z_{0,\min}$ та $Z_{0,\max}$ визначають, складаючи проміжні припуски:

$$2Z_{0,\min} = 2,078 + 0,11 + 0,032 = 2,22 \text{ мм};$$

$$2Z_{0,\max} = 0,04 + 0,141 + 2,27 = 2,452 \text{ мм}.$$

Загальний номінальний припуск і розмір:

$$Z_{\text{ном}} = Z_{0,\min} + H_z - H_\delta = 2220 + 240 - 15 = 2445 \text{ мкм};$$

$$d_{3\text{ном}} = d_{\delta,\min} + Z_{\text{ном}} = 24,015 + 2,445 = 26,46 \text{ мм}.$$

					031Б-24.00.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

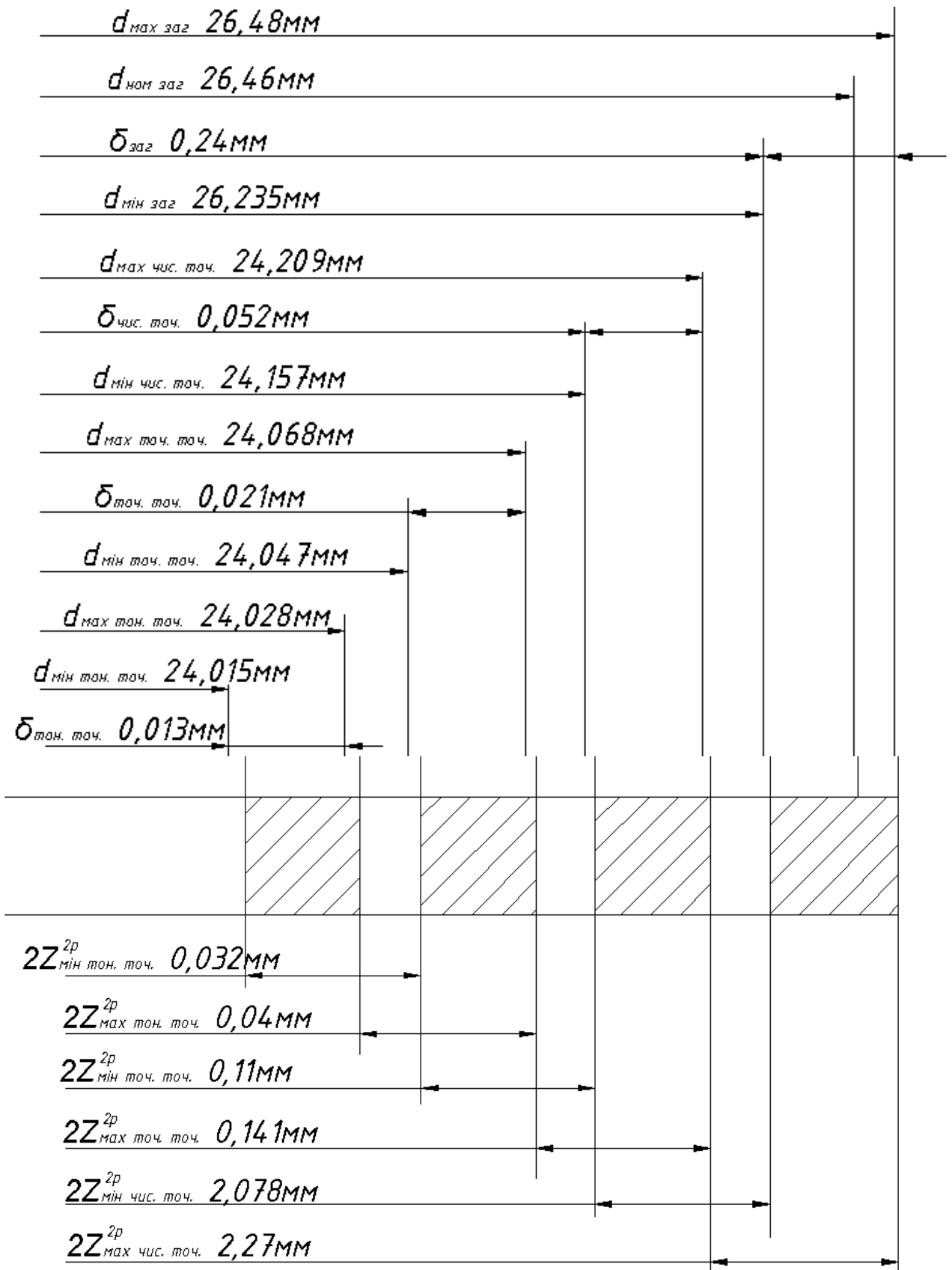


Рисунок 2.8 – Схема графічного розташування припусків та допусків по обробці пов. Ø24h6

						031Б-24.00.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата			

На решту поверхонь припуск призначаємо табличним методом.
Результати зводжу у табл. 2.3

Таблиця 2.3 – Припуски на механічну обробку

Поверхня	Розмір, мм	Основний + дод. припуски, мм	Загальний припуск
Циліндрична поверхня	Ø125	2,8+0,2	3,0
Циліндрична поверхня	Ø100	3,8+0,3	4,1
Поверхня Ø24п6	Ø24	3,8+0,2	4,0
Поверхня Ø24h6	Ø24	3,8+0,2	4,0
Поверхня Ø24H7	Ø20	2,7+0,1	2,8
Довжина	132	3,4+0,4	3,8

На кожен перехід призначаємо:

чистове точіння і розточування: - 1мм;

точне точіння і розточування: - 0,05 мм;

тонке точіння: - 0,016мм;

чистове підрізання торців: - 1 мм;

точне підрізання торців: - 0,1 мм;

тонке підрізання торців: - 0,05 мм;

фрезерування чистове: - 1мм;

фрезерування тонке: - 0,1мм.

2.4 Розрахунок режимів різання, вибір обладнання та оснащення

Проведемо детальніший розрахунок режимів різання операції по фрезеруванню пазу 8Н8.

а) глибина різання:

$$t = 0,15 \text{ мм};$$

					031Б-24.00.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

б) подача: за табл. 37 стор. 285 [11] вибираємо подачу при чистовому фрезеруванні $S = 0,15 \text{ мм/об}$, тоді подача на зуб S_z :

$$S_z = \frac{S}{z};$$

де, z - кількість зубців фрези.

Вибираємо фрезу із швидкорізальної сталі $\varnothing 63 \text{ мм}$, $z = 12 \text{ шт}$

$$S_z = \frac{0,15}{12} = 0,0125 \text{ мм/зуб}.$$

в) швидкість різання:

Окружна швидкість фрези, м/хв.:

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

де, C_v - коефіцієнт;

q, m, x, y, p - показники (за табл. 39 ст. 288 [7])

K_v - поправочний коефіцієнт;

$$C_v = 72; \quad q = 0,2; \quad x = 0,5; \quad y = 0,4; \quad u = 0,1; \quad p = 0,1;$$

$$m = 0,15.$$

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

де, K_{mv} - коефіцієнт що враховує якість оброблюваного матеріалу.

$$K_{mv} = \left(\frac{190}{HB} \right)^{nv};$$

де, HB - твердість чавуну;

nv - показник степеня;

$$K_{mv} = \left(\frac{190}{170} \right)^{0,95} = 1,11.$$

$K_{nv} = 1$ - коефіцієнт що враховує стан поверхні;

$K_{uv} = 1$ - коефіцієнт матеріалу інструменту;

$$K_v = 1,11 \cdot 1 \cdot 1 = 1,11.$$

										Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	031Б-24.00.00.00.000ПЗ					

$$V = \frac{72 \cdot 63^{0,2}}{120^{0,15} \cdot 0,15^{0,5} \cdot 0,017^{0,4} \cdot 8^{0,1} \cdot 12^{0,1}} \cdot 1,11 = 745 \text{хв}^{-1}.$$

г) сила різання:

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

де, z - число зубів фрези;

n - швидкість обертання фрези, хв^{-1} :

$$n = \frac{1000V}{\pi D}$$

$$n = \frac{1000 \cdot 745}{3,14 \cdot 63} = 3764 \text{хв}^{-1}.$$

Значення показників C_p і K_{mp} беремо згідно табл. 41 ст. 291 [11]:

$$K_{mp} = 0,94; \quad C_p = 30; \quad x = 0,85; \quad y = 0,65; \quad u = 1; \quad q = 0,83; \quad \omega = 0.$$

$$P_z = \frac{10 \cdot 30 \cdot 0,15^{0,83} \cdot 0,017^{0,65} \cdot 8^1 \cdot 12}{63^{0,83} \cdot 3764^0} \cdot 0,94 = 28 \text{Н}.$$

д) крутний момент:

$$M_{кр} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 100};$$

де, D - діаметр фрези, мм.

$$M_{кр} = \frac{28 \cdot 63}{2 \cdot 100} = 26,46 (\text{Н} \cdot \text{м}).$$

е) потужність різання:

$$N_e = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} \cdot 3 = \frac{28 \cdot 745}{1020 \cdot 60} \cdot 3 = 1 (\text{кВт}).$$

Необхідна потужність двигуна:

$$N_\delta = N_e / \eta;$$

де η - ККД двигуна;

$$N_\delta = 1 / 0,83 = 1,23 \text{кВт};$$

Вибираю модель 6P81 потужністю 5,5 кВт.

										Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	031Б-24.00.00.00.000ПЗ					

Для інших операцій режими різання вибираю за рекомендаціями.

Результати зводимо у таблицю 2.5

Таблиця 2.5 – Режими різання

№ опер	Назва і зміст операції	Прийняті режими			Зкоректовані режими			Обладнання, потужність
		<i>S</i> мм/хв; мм/об	<i>n</i> , хв ⁻¹	<i>V</i> м/хв	<i>S</i> мм/хв; мм/об	<i>n</i> , хв ⁻¹	<i>V</i> м/хв	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Токарна з ЧПК а) чистове точіння поверхонь							16К20Ф3 11кВт
	28	0,1/13840	13840	1000	0,1/200	2000	144,5	
	29	0,1/1326	13260	1000	0,1/200	2000	151	
	8	0,1/1326	13260	1000	0,1/200	2000	151	
	27	0,1/1326	13263	1000	0,1/200	2000	151	
	7	0,1/1326	13263	1000	0,1/200	2000	151	
	6	1010	10105	1000	0,1/200	2000	198	
	10	796	7958	1000	0,1/200	2000	251	
	18	455	4547	1000	0,1/200	2000	440	
	4	318	3183	1000	0,1/200	2000	628	
	3	283	2829	1000	0,1/200	2000	703	
	б) точити канавку:							
	12	0,2/255	1273	88	255	1270	88	
	14	0,2/255	1273	88	255	1270	88	
	17	0,2/56,5	282	88	50	250	78	
	15	0,2/56,4	282	88	50	250	78	
	16	0,2/50	250	88	50	250	88	

Продовження таблиці 2.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9
	в) точити поверхні точно: 27 7 6 4 3 г) точити фаску 13 д) нарізати різь 8	0,05/663 0,05/663 0,05/605 0,05/160 0,05/283 0,05/796 795	13263 13263 10105 3183 2829 15915 530	1000 1000 1000 1000 1000 1000 40	0,05/100 0,05/100 0,05/100 0,05/100 0,05/100 0,1/200 1,5/750	2000 2000 2000 2000 2000 2000 500	151 151 198 628 703 75 37,7	
2	Токарна з ЧПК а) точити начисто 1 20 2 б) точити точно 1 2 в) точити начисто канавку 22 отвір 21	178 178 178 289 289 0,05/796 0,05/796	1783 1783 1783 1783 1783 15915 15915	700 700 700 700 700 1000 1000	0,1/160 0,1/160 0,1/160 0,05/80 0,05/80 0,05/100 0,05/100	1600 1600 1600 1600 1600 2000 2000	628 628 628 628 628 151 151	16К20Ф3 11кВт

Продовження таблиці 2.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9
3	Токарна з ЧПК точити тонко 27 7 4 3	0,03/398 0,03/398 0,03/303 0,03/96	13263 13263 10105 3183	1000 1000 1000 1000	0,03/60 0,03/60 0,03/60 0,03/60	2000 2000 2000 2000	151 151 628 703	16К20Ф3 11кВт
4	Токарно- гвинторізна розточити точно отвір 21	0,05	15915	1000	0,04	2000	151	16Т04А 0,9кВт
5	Вертикально- фрезерна Фрезерувати три паза 25	78	650	28	70	560	24	6Р10 3,8кВт
6	Горизонтал ьно- фрезерна Фрезерувати три паза одночасно напівчисто	480	960	190	400	800	158	6Р81 5,5кВт
7	Горизонтально- фрезерна Фрезерувати паз 8Н8 начисто	564	3764	745	335	2240	443	6Р81 5,5кВт

Продовження таблиці 2.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9
8	Вертикально-свердильна свердлити 4 отв. 30 і 4 фаски 31 одночасно	само-подача	384	10	само-подача	355	9,1	2Н135 4кВт
10	Плоско-шліфувальна шліфувати пов.1 тонко	0,005	2680	35	0,003	2680	3	3Г71М 2,2кВт

Контроль розмірів на токарних операціях:

Штангенциркуль, мікрометр МК25 ГОСТ6507-78

Різьбовий корок М24х1,5-7Н

Скоби $\varnothing 24n6$, $\varnothing 24g6$, $\varnothing 100_{-0,05}^{-0,03}$

Корок $\varnothing 20H7$

Контроль на фрезерних операціях:

Штангенциркуль ШЦ-I-125 ГОСТ166-81;

Спецшаблони.

Контроль на свердильних операціях;

Штангенциркуль ШЦ-I-125 ГОСТ166-81;

Прохідна і непрохідна пробки $\varnothing 8,2H11$ ГОСТ17758-82

При різанарізанні – пробка М10-7Н.

Для визначення просторових відхилень використовують:

- для контролю шорсткості – зразки шорсткості ГОСТ9378-85.
- для відхилень площинності, паралельності, торцевого биття використовуються спеціальні пристрої.

					031Б-24.00.00.00.000ПЗ			Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата				

2.5 Нормування технологічного процесу

Розрахую норми часу на операції 030 по обробці стола 6Л463.41.00.012

Операція 030 Горизонтально-фрезерна

$$T_{шт-к} = \frac{T_{нз}}{n} + T_{шт};$$

де, $T_{нз}$ - підготівельно заключний час, хв.;

n - кількість деталей у партії, шт.;

$T_{шт}$ - штучний час, хв..

$$T_{шт} = T_o + T_\delta + T_{об.від};$$

де, T_o, T_δ - основний та допоміжний час, хв.;

$T_{об.від}$ - час на відпочинок та обслуговування робочого місця, хв..

$$T_o = \frac{L}{S_m};$$

де, L - розрахунковий робочий хід інструменту, мм;

S_m - хвилинна подача, мм/хв.

$$L = l + l_1 + l_2;$$

де l - довжина оброблюваної поверхні, мм; $l = 125\text{мм}$;

l_1, l_2 - величина врізання та перебігу інструмента.

За табл.. 6. стор. 622 [1] $l_1 + l_2 = 18\text{мм}$ (для фрези Ø63)

$$L = 125 + 18 = 143\text{мм}.$$

Величину S_m беру за табл.. 2.7 $S_m = 400\text{мм/хв}$;

$$T_o = \frac{143}{400} = 0,325\text{хв}.$$

$$T_\delta = (T_{в.з} + T_{зв.} + T_{кер} + T_{вим}) \cdot K;$$

де, $T_{в.з}$ - час на встановлення і зняття деталі, хв.;

$T_{зв.}$ - закріплення – відкріплення деталі, хв.;

$T_{вим}$ - час на вимірювання деталі, хв.;

$T_{кер}$ - час на прийом керування деталі, хв.;

					031Б-24.00.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

$K = 1,5$ - коефіцієнт.

За таблицею 5.6 стор. 199 [7]:

$$T_{в.з} = 0,069хв; \quad T_{зв.} = 0,024хв.$$

$$T_{кер} = T_{вим} + T_{викл} + T_{підв.фрези} + T_{перем.столу};$$

$$T_{кер} = 0,01 + 0,01 + 0,04 + 0,14 = 0,2хв;$$

Час на вимірювання деталі при 20% вимірюваних деталей: $T_{вим} = 0,044хв$.

$$T_{\delta} = (0,069 + 0,024 + 0,2 + 0,044) \cdot 1,5 = 0,404хв;$$

Час на обслуговування робочого місця визначаємо в % від операційного (за табл. 6.1 стор. 214 [7]) $T_{об.від} = 7\%T_{он}$;

$$T_{он} = T_{o} + T_{\delta};$$

$$T_{он} = 0,325 + 0,404 = 0,729хв.$$

$$T_{об.від} = 0,07 \cdot 0,729 = 0,043хв.$$

$$T_{шт} = 0,325 + 0,404 + 0,043 = 0,772хв.$$

$T_{нз}$ включає час на встановлення фрези 4 хв, час на встановлення консолі 2 хв, час на отримання інструменту 7 хв.

$$T_{нз} = 16 + 4 + 2 + 7 = 29хв;$$

$$T_{шт.к} = \frac{29}{1042} + 0,772 = 0,8хв;$$

Аналогічно проводиться розрахунок по інших операціях, результати зводжу у таблицю 2.6

Таблиця 2.6 – Зведена таблиця технічних норм часу по операціях

№ оп	Назва операції	T_o , хв	T_{δ} , хв				$T_{он}$	$T_{об.від}$	$T_{шт}$	$T_{н.з}$	n	$T_{шт-к}$
			$T_{вз} + T_{зв}$	$T_{кер}$	$T_{вим}$	T_{δ}						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
005	Токарна з ЧПК	1,833	0,1	0,85	0,16	1,221	3,054	0,305	3,359	33	1042	3,391
010	Токарна з ЧПК	1,57	0,1	0,3	0,045	0,709	2,279	0,288	2,507	26,6	1042	2,532

					031Б-24.00.00.00.000ПЗ						Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата							

Продовження таблиці 2.6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
015	Токарна з ЧПК	1,29	0,2	0,3	0,16	0,726	2,016	0,204	2,217	26,6	1042	2,243
020	Токарно- гвинто- різна	0,3	0,12	0,13	0,055	0,38	0,68	0,04	0,72	19	1042	0,738
025	Вертик.- фрезерна	4,81	0,093	0,34	0,015	0,537	5,347	0,32	5,667	28	1042	5,694
030	Гориз.- фрезерна	0,325	0,093	0,2	0,044	0,404	0,729	0,043	0,772	29	1042	0,8
035	Гориз.- фрезерна	0,427	0,093	0,2	0,044	0,404	0,831	0,049	0,88	29	1042	0,908
040	Вертик.- свердл.	0,074	0,08	0,135	0,007	0,266	0,34	0,02	0,36	36	1042	0,395
045	Вертик.- свердл.	0,216	0,078	0,155	0,06	0,351	0,567	0,034	0,601	16	1042	0,616
050	Плоско- шліфув.	0,705	0,08	0,055	0,08	0,268	0,963	0,057	1,023	7,5	1042	1,03
	Σ	11,69										18,347

3 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

3.1. Верстатний пристрій

3.1.1 Вибір і обґрунтування принципу дії, структурної схеми

Необхідно спроектувати пристрій для свердління 4-х отворів $\varnothing 8,2\text{мм}$ та зенкування отворів у ньому одночасно. Необхідно забезпечити позиційний допуск відносно осі $0,4\text{ мм}$.

За технологічну базу приймаю поверхні 3, 4, 26 тобто установка ведеться на площину та втулку з упором. Розраховуємо допуски на них.

$$TB = \frac{TA}{4};$$

$$TB = \frac{0,4}{4} = 0,1\text{мм};$$

Отже $B = 50 \pm 0,05\text{мм}$.

Приймаю для втулки: $d_B = 100Js10$.

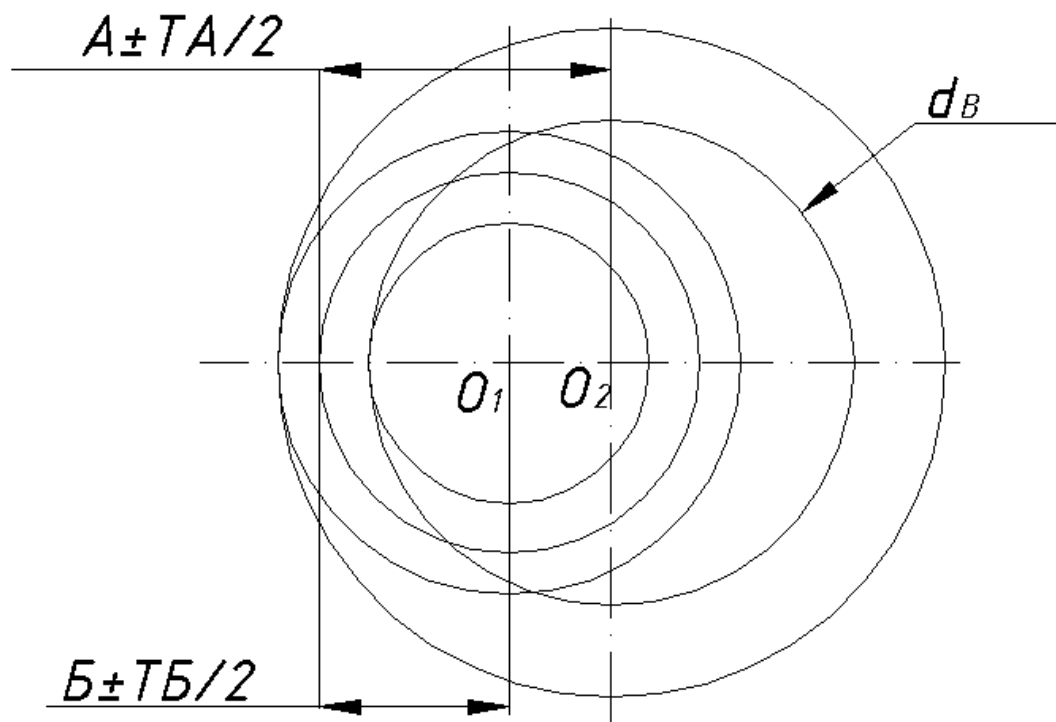
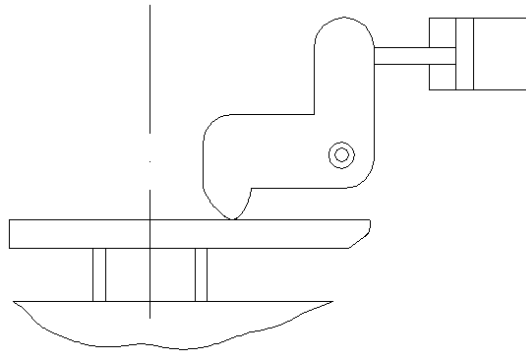


Рисунок 3.1- Схема розрахунку допуску

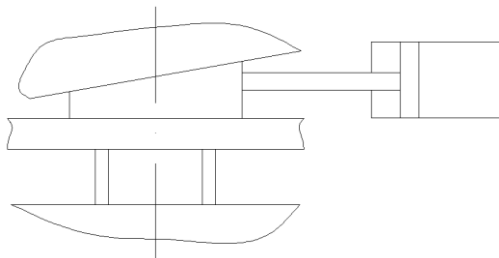
					031Б-24.00.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

Можливі схеми компоновок зображені на рисунку 3.2.

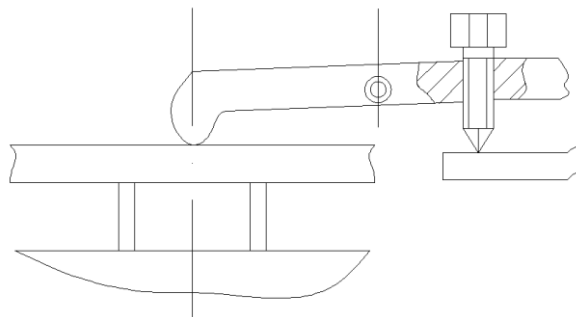
а) затиск деталі пневмоциліндром через важіль.



б) затиск пневмоциліндром через клин.



в) різьбовий затиск.



г) затиск кондукторною плитою через зажими.

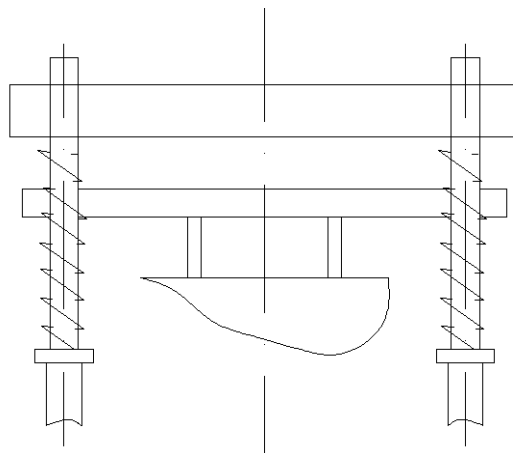


Рисунок 3.2 – Схеми компоновок

					031Б-24.00.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

Щоб вибрати раціональну схему компоновки складу таблицю, куди занесу критерії по яких оцінюю схеми.

Таблиця 3.1– Вибір раціонального варіанту компоновки

Критерії оцінки	Коефіцієнт підсилення	Властивість самогальмування	Складність конструкції	Наявність проміжної ланки	Сумарний $K_{\Sigma} = \sum_{i=1}^4 K_i$
№ схеми	K_1	K_2	K_3	K_4	K_5
1	1	0	-2	-2	-3
2	2	1	-2	-2	-1
3	5	1	-2	-4	-1
4	1	0	1	0	2

Отже найбільш раціональною є схема 4.

3.1.2 Силевий розрахунок параметрів приводу

Розрахуємо силу затиску (див. рис. 3.3)

Сила затиску:

$$P_z = \frac{2 \cdot K \cdot M_{кр\Sigma}}{n \cdot D \cdot f};$$

де, $K = 2$ - коефіцієнт запасу;

$M_{кр\Sigma}$ - сумарний крутний момент при свердлінні, Н·м;

n - кількість точок затиску;

$f = 0,1$ - коефіцієнт тертя.

$$M_{кр\Sigma} = 4 \cdot M_{кр};$$

де, $M_{кр}$ - крутний момент.

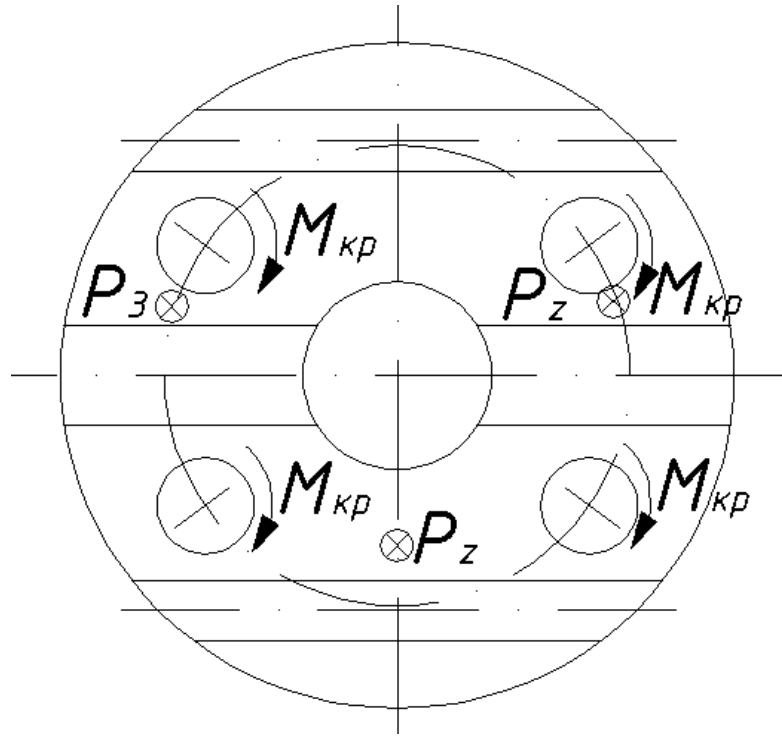


Рисунок 3.3 - Розрахунок сили затиску.

$$M_{кр} = 10C_m \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p;$$

де, C_m, D, S, K_p - коефіцієнти за [11]

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,021 \cdot 8,2^2 \cdot 0,22^{0,8} \cdot 0,7 = 2,8 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$M_{кр\Sigma} = 4 \cdot 2,8 = 11,2 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$P_3 = \frac{2 \cdot 1,5 \cdot 11,2}{3 \cdot 0,112 \cdot 0,1} = 500 \text{ Н}.$$

Сумарна сила затиску:

$$P_{3\Sigma} = 3 \cdot P_3;$$

$$P_{3\Sigma} = 3 \cdot 500 = 1500 \text{ Н}.$$

Розрахунок пружин для затиску деталі.

Сила пружини при робочому переміщенні:

$$P_{пр} = \frac{P_{3\Sigma}}{2} = 1500 / 2 = 750 \text{ Н}.$$

Гранична сила пружини:

$$P_{зр} = \frac{\pi d^3 [\tau]}{8 D_{ср} \cdot K};$$

					031Б-24.00.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

де, $[\tau]$ - допустиме напруження, $[\tau] = 13,0 \text{ МПа} / \text{мм}^2$;

d і D_{cp} - вибираю конструктивно;

K - коефіцієнт;

$$K = \frac{4C - 1}{4C - 4} + \frac{0,615}{C};$$

де, C - індекс пружини:

$$C = \frac{D_{cp}}{d};$$

$$C = \frac{34}{6} = 5,6;$$

$$K = \frac{4 \cdot 5,6 - 1}{4 \cdot 5,6 - 4} + \frac{0,615}{5,6} = 1,05;$$

$$P_{cp} = \frac{\pi \cdot 6 \cdot 130}{8 \cdot 34 \cdot 1,05} = 85 \text{ кгс} = 850 \text{ Н};$$

Розрахунок на спрацювання.

Найбільшому зносу підлягає отвір втулки, у який встановлюється деталь, тому допуск потрібно розділити на допуск на зношування та допуск на виготовлення.

$$T = T_{zn} + T_{виг};$$

$$T_{виг} = \frac{1}{3} T;$$

$$T_{виг} = \frac{1}{3} 0,14 = 0,046 \text{ мм}.$$

Вибираю поле допуску h6, тоді допуск на зношування:

$$T_{zn} = T - T_{виг};$$

$$T_{zn} = 0,14 - 0,046 = 0,094 \text{ мм};$$

Кількість установок деталі при якому T_{zn} досягає значення $0,094 \text{ мм} = 94 \text{ мкм}$.

$$N_{\partial} = C \cdot T_{zn};$$

					031Б-24.00.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

де, C - зносостійкість, $C = 850 \cdot 94 = 79900$ деталей.

Кількість втулок необхідна для виконання річної програми:

$$n = \frac{N}{N_{\delta}};$$

$$n = \frac{80000}{79900} = 1,001.$$

Отже необхідна одна втулка.

Розрахунок свердлильної головки.

Вихідні дані:

Частота обертання свердла: $n = 1240 \text{ хв}^{-1}$;

Крутний момент на одному свердлі: $M_{кр} = 2,8 \text{ Н} \cdot \text{м}$;

Подача: $S = 0,22 \text{ мм} / \text{об}$.

Потужність:

$$N_e = \frac{M_{кр} \cdot n}{9750};$$

$$N_e = \frac{2,8 \cdot 1240}{9750} = 0,356 \text{ кВт};$$

Сумарна потужність:

$$N_{\Sigma} = 4 \cdot N_e = 1,4 \text{ кВт};$$

$$N_{\delta\delta} = 1,4 \cdot \eta = 1,4 \cdot 0,7 = 2 \text{ кВт};$$

Кінематичну схему головки вибираю виходячи з наступних міркувань:

1. Необхідне праве обертання шпинделів.
2. Міжцентрова віддаль 90мм
3. Діаметр отворів 8,2мм

Забезпечити виконання цих вимог може 4-х шпиндельна головка з зубчатими колесами, що мають внутрішнє зачеплення. Схему головки показано на рис. 3.5.

					031Б-24.00.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

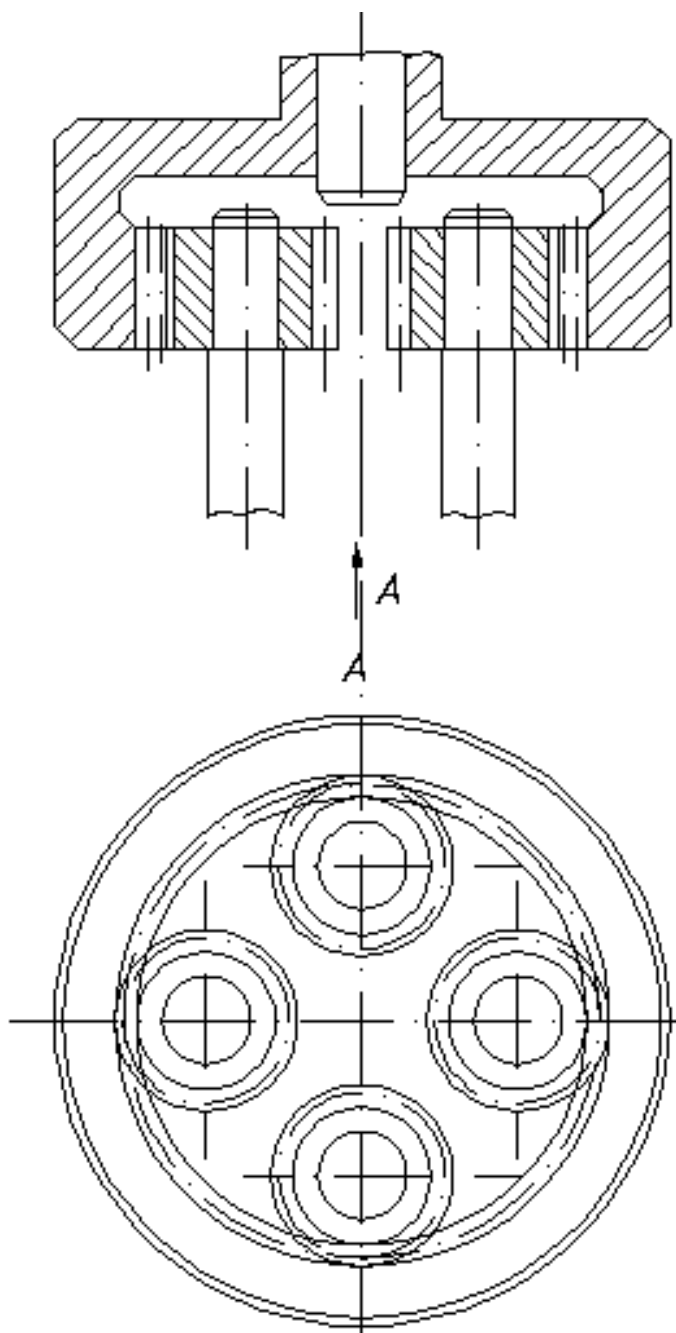


Рисунок 3.5- Схема 4-х шпинделів свердильної головки

Ведучий вал є найбільш навантажений. Тому модуль визначаємо виходячи з навантаження на ведучому валі.

Діаметр ведучого вала:

$$d_1 = \sqrt{\frac{16M_{кр}}{\pi[\tau]}}$$

де $[\tau]$ - допустиме напруження кручення; $[\tau] = 1500 \text{ кгс} / \text{см}^2$;

$$M_{кр} = 2,8 \text{ Н} \cdot \text{м} = 28 \text{ кгс} / \text{см}^2 = 2,8 \text{ МПа} / \text{мм}^2$$

									Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	031Б-24.00.00.00.000ПЗ				

Тоді:

$$d_1 = \sqrt{\frac{16 \cdot 28}{3,14 \cdot 1500}} \approx 20 \text{ мм};$$

Оскільки шестерня з'єднана з шпинделем за допомогою шпонки, то збільшуємо діаметр валика на глибину шпон очного пазу

$$d_2 = d_1 + b;$$

$$d_2 = 20 + 5 = 25 \text{ мм}.$$

Діаметр ведених валиків приймаю 20 мм.

Модуль зубчатого зачеплення приймаю 2 мм

Тоді число зубців на шестерні:

$$z_1 = 63 \text{ шт}, \text{ на колесі } z_2 = 18 \text{ шт}.$$

Ширина зубчатих коліс $b = 15 \text{ мм}$.

Розрахунок зубців на міцність.

а) Розрахунок модуля зуба з умови втоми поверхневого шару металу:

$$m_{нов} = \sqrt[3]{\frac{i+1}{i\psi} \left(\frac{180000}{z[\sigma]_K} \right)^2 \cdot \frac{N}{n} \cdot \frac{K}{K_v}};$$

де, z - число зубців;

i - передавальне відношення;

ψ - відношення ширини зубчатого колеса до модуля $\psi = 8 \div 12$.

$[\sigma]_K$ - допустиме напруження кручення;

K, K_v - коефіцієнти.

$$m_{нов} = \sqrt[3]{\frac{3,5+1}{3,5 \cdot 8} \left(\frac{180000}{18 \cdot 85} \right)^2 \cdot \frac{0,36}{1240} \cdot \frac{1}{0,85}} = 0,2 \text{ мм}.$$

б) Розрахунок модуля з умови міцності на згин:

$$m_{згин} = 10 \cdot \sqrt[3]{\frac{455}{z\psi Y[\sigma_{32}]} \cdot \frac{N}{n} \cdot \frac{K_u}{K_v}};$$

									Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	031Б-24.00.00.00.000ПЗ				

$$m_{згин} = 10 \cdot \sqrt[3]{\frac{455}{18 \cdot 8 \cdot 0,102 \cdot 18} \cdot \frac{0,36}{1240} \cdot \frac{1}{0,85}} = 0,83 \text{ мм.}$$

Отже прийняте значення модуля $m = 2 \text{ мм}$ повністю забезпечує міцність зубців.

3.1.3 Розрахунок пристрою на точність

Сумарна похибка технологічної операції

$$\varepsilon_{\Sigma} = K \cdot \sqrt{\varepsilon_{\theta}^2 + \varepsilon_{pn}^2 + \varepsilon_{py}^2 + \varepsilon_{\theta}^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{pn.e}^2 + \varepsilon_i^2 + \varepsilon_{pi}^2 + \varepsilon_{pz}^2 + \varepsilon^2 + \varepsilon_{nd}^2};$$

де, $\varepsilon_{\theta} = 0,1$ - похибка верстату;

$\varepsilon_{pn} = 0$ - похибка розташування пристрою;

$\varepsilon_{py} = 0,1$ - похибка установних елементів пристрою відносно кріпильних елементів;

ε_3 - похибка закріплення [4 том 1 ст. 530]:

$$\varepsilon_3 = \sqrt{\varepsilon_{3I}^2 + \varepsilon_{3II}^2 + \varepsilon_{3III}^2};$$

де, $\varepsilon_{3I} = 0,01 \text{ мм}$ - похибка внаслідок непостійності сили закріплення;

$\varepsilon_{3II} = 0,03 \text{ мм}$ - похибка внаслідок неоднорідності жорсткості бази;

$\varepsilon_{3III} = 0,04 \text{ мм}$ - похибка внаслідок неоднорідності хвилястості бази;

$$\varepsilon_3 = \sqrt{0,01^2 + 0,03^2 + 0,04^2} = 0,05 \text{ мм};$$

$\varepsilon_{pn.e}$ - похибка розташування напрямних елементів пристрою;

$$\varepsilon_{pn.e} = \varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \varepsilon_3 + \varepsilon_{np};$$

де, $\varepsilon_1 = IT11(8,2) = 0,09 \text{ мм}$ - допуск на розмір;

$\varepsilon_2 = 0,007 \text{ мм}$ - максимальний зазор між зовнішнім діаметром втулки і внутрішнім діаметром пристрою для насадки H8/p7

$\varepsilon_3 = 0,02 \text{ мм}$ - допуск на неспіввісність зовнішнього та внутрішнього

						031Б-24.00.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата			

діаметрів втулки;

$\varepsilon_{np} = 0,02\text{мм}$ - похибка перекосу інструменту в кондукторній втулці:

$\varepsilon_{pn.e} = 0,09 + 0,007 + 0,02 + 0,02 = 0,137\text{мм}$;

$\varepsilon_i = 0,005\text{мм}$ - похибка інструменту;

$\varepsilon_{pi} = 0\text{мм}$;

$\varepsilon_n = 0,07\text{мм}$ - похибка налагоджування;

$\varepsilon_{pz} = 0,03\text{мм}$ - похибка розмірного зношування;

$\varepsilon_T = 0,003\text{мм}$ - температурна похибка;

$\varepsilon_{nd} = 0,005\text{мм}$ - похибка від пружних деформацій;

$K = 1,1$ - коефіцієнт величини розсіювання похибок.

$$\varepsilon_{\Sigma} = \sqrt{0,1^2 + 0,1^2 + 0,05^2 + 0,137^2 + 0,005^2 + 0,07^2 + 0,03^2 + 0,003^2 + 0,005^2} \cdot 1,1 = 0,239\text{мм};$$

3.1.4. Загальний опис конструкції, принцип дії, економічне обґрунтування

Деталь у кондукторі базується зовнішньою циліндричною поверхнею $\varnothing 100$ і торцем $\varnothing 125/\varnothing 100$ по втулці. Для точної фіксації пазів передбачені упори. Сумісно з кондуктором працює чотиришпіндельна головка з передавальним відношенням $i = 3,5$.

Економічне обґрунтування використання свердлильної головки

Економічний ефект від використання головки визначається за формулою:

$$E = (C_1 - C_o)N;$$

де, C_1 - собівартість операцій з використанням свердлильної головки, грн..

C_o - собівартість виконання операції без головки, грн..

$$C_1 = C_I + C_{II};$$

$$C_I = \frac{C_2}{N};$$

									Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	031Б-24.00.00.00.000ПЗ				

де, C_2 - вартість заготовок; $C_2 = 3500\text{грн}$;

$$C_{II} = \frac{C_2 \cdot T_{шт}}{78};$$

де, C_6 - вартість роботи верстату, крб./год; $C_6 = 2,68\text{грн}$.

Сумарна собівартість операції свердління:

$$C_1 = \frac{C_2}{N} + \frac{T_{шт} \cdot C_6}{60 \cdot K};$$

$$C_1 = \frac{3500}{80000} + \frac{0,8 \cdot 2,68}{60 \cdot 1,3} = 0,71\text{грн};$$

$$C_o = \frac{T_{шт_o} \cdot C_6}{78};$$

де, $T_{шт_o}$ - час свердління отворів по-черзі, хв.;

$$C_o = \frac{3,2 \cdot 2,68}{60 \cdot 1,3} = 1,09\text{грн}.$$

У результаті застосування пристрою отримаємо річну економію у розмірі:

$$E = (1,09 - 0,71)80000 = 30400\text{грн}.$$

3.2 Пристрій контрольний

Пристрій контрольний використовується для контролю радіального биття поверхні $\varnothing 125\text{мм}$ відносно осі центрів Б.

Розрахунок на точність включає в себе визначення точності вимірювання пристроєм, заданого відхилення. Точність вимірювання повинна бути не менше 0,1 від вимірюваної величини ($T_{зад} = 0,1\text{мм}$)

Точність пристрою:

$$T = T_1 + T_2 + T_3$$

де, $T_1 = 0,001\text{мм}$ - похибка індикатора;

$T_2 = 0,003\text{мм}$ - похибка виготовлення установних елементів;

$T_3 = 0,005\text{мм}$ - похибка закріплення;

$$T = 0,001 + 0,003 + 0,005 = 0,009\text{мм}.$$

					031Б-24.00.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

$T_{зад} = 0,1\text{мм}$ (радіальне биття згідно креслення)

$$T_{зад} \cdot 0,1 = 0,1 \cdot 0,1 = 0,01\text{мм} > T = 0,009\text{мм}.$$

Точність пристрою достатня для вимірювання відхилення.

3.3 Розрахунок спеціального ріжучого інструменту

Вихідні дані:

- тип фрези – фреза торцева;
- ширина фрезерування $B = 180$ мм;
- припуск $t = 2$ мм;
- оброблюваний матеріал – латунь марки ЛЦ40СД ГОСТ 17711-90.

1. Розрахуємо зовнішній діаметр фрези:

$$D = 0,2 \cdot B^{0,26} \cdot t^{0,09} \cdot S_z^{0,06} \cdot l^{0,78} \cdot y^{-0,26}$$

$$D = 0,2 \cdot 180^{0,26} \cdot 2^{0,09} \cdot 0,15^{0,06} \cdot 240^{0,78} \cdot 0,4^{-0,26} = 280,1 \text{ мм}.$$

Приймаємо стандартне значення $D = 280$ мм.

2. Діаметр приєднувальної частини:

$$d = \frac{D}{2,5} = 25,2 \text{ мм}.$$

Приймаємо стандартне значення $d = 27$ мм.

3. Розраховуємо кількість зубів:

$$Z = \frac{360^\circ \cdot \xi}{\psi^\circ},$$

$$\text{де } \psi = \arccos\left(1 - \frac{2 \cdot t}{D}\right) = \arccos\left(1 - \frac{2 \cdot 4}{63}\right) = 29,2^\circ \text{ тоді}$$

$$Z = \frac{360^\circ \cdot 2}{29,2^\circ} = 24,7$$

Округлюємо до цілого парного числа $Z = 24$.

4. Розрахуємо кут нахилу зубів:

$$\omega = \text{arcctg} \frac{B \cdot Z}{\pi \cdot D \cdot \xi_1} = \text{arcctg} \frac{100 \cdot 24}{3,14 \cdot 63 \cdot 3} = 19,5^\circ$$

5. Форма зуба та його параметри

									Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	031Б-24.00.00.00.000ПЗ				

- призначаємо зуб з заокругленою спинкою;
- крок по колу $t_{\text{по колу}} = \frac{\pi \cdot D}{Z} = \frac{3,14 \cdot 63}{24} = 8,24$ мм;
- кут кроку $\varepsilon = \frac{360^0}{Z} = \frac{360^0}{24} = 15^0$;
- висота зуба $h = 8,24 \cdot 0,45 = 3,7$ мм;
- радіус заокруглення $r = 3,7 \cdot 0,4 = 1,5$ мм;
- радіус дуги кола $R = 63 \cdot 0,4 = 25,2$ мм

6. Довжина фрези.

Відповідно до стандартного ряду та залежно від діаметру фрезерування призначаємо $L = 85$ мм.

7. Довжина приєднувальної частини та діаметр виточки:

- довжина приєднувальної частини $l = 0,22 \cdot L + 1 = 28,5$ мм.

Округлимо до 29 мм;

- діаметр виточки $d_1 = d + 2 = 27 + 2 = 29$ мм.

8. Геометрія зуба:

- задній кут $\alpha = 16^0$
- передній кут $\gamma = 10^0$

9. Отвір фрези та шпоночний паз виконуємо згідно ГОСТ 9472-93.

					031Б-24.00.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

4 ПРОЕКТУВАННЯ МЕХАНІЧНОЇ ДІЛЬНИЦІ

4.1 Уточнення типу виробництва, організаційної форми

Уточнюємо тип виробництва та організаційну форму роботи.

Дані і результати розрахунків зводимо у таблицю 4.1

Таблиця 4.1 – Уточнення типу виробництва

№ п/п	Операція	$T_{шт-к.}, \text{хв}$	m_p	p	$\eta_{з.ф.}$	Q
1	2	3	4	5	6	7
005	Токарна з ЧПК	3,359	1,11	2	0,56	1,34 → 2
010	Токарна з ЧПК	2,507	0,832	2	0,41	1,8 → 2
015	Токарна з ЧПК	2,217	0,73	1	0,73	1,02 → 1
020	Токарно-гвинторізна	0,72	0,23	1	0,23	3,26 → 4
025	Вертик.-фрез	5,667	1,88	3	0,62	1,2 → 2
030	Гориз.-фрез	0,772	0,256	1	0,256	2,9 → 3
035	Гориз.-фрез	0,88	0,29	1	0,29	2,5 → 3
040	Вертик.-свердл.	0,36	0,11	1	0,11	6,8 → 7
045	Вертик.-свердл.	0,601	0,19	1	0,19	3,9 → 4
050	Плоскошліфувальна	1,203	0,39	1	0,39	1,92 → 2
		18,279		14		30

$$K_{zo} = \frac{\sum Q}{\sum P},$$

$$K_{zo} = \frac{30}{14} = 2,14 - \text{виробництво багатосерійне.}$$

Визначаємо організаційну форму виробництва:

$$N_d = \frac{80000}{254} = 315 \text{шт};$$

$$T_{сер} = \frac{21,762}{10} = 2,176 \text{хв};$$

$$Q_d = \frac{952}{1,827} \cdot 0,6 = 315 \text{шт}.$$

Тому, що добова програма випуску менша продуктивності потокової лінії визначаємо, що у нас групова форма.

					031Б-24.00.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

4.1.2 Визначення кількості працівників на дільниці

1) Розрахунок кількості виробничих робітників основних. Для дільниці їх кількість визначається виходячи з кількості виробничого устаткування основного:

$$\eta = \frac{\sum_{i=1}^n T_{ш.к.i} \cdot N}{F\partial \cdot m \cdot Snp} - \text{величина завантаження верстатів};$$

де, $m = 2$ - кількість змін;

$Snp = 14$ - прийнята кількість верстатів.

$$\eta = \frac{59,9 \cdot 25000}{60 \cdot 4015 \cdot 14} = 0,32.$$

Кількість виробничих робітників основних:

$$R_{вер.} = \frac{F\partial \cdot m \cdot Snp \cdot \eta}{F\partial.p. \cdot Sp};$$

де, $Sp = 1$ - кількість верстатів на яких одночасно може працювати один робітник – верстатник;

$F\partial.p. = Fp \cdot kp$ - річний фонд часу робітника дійсний;

$Fp = 2070 год$ - річний фонд часу робітника номінальний;

$kp = 0,87$ - коефіцієнт, який бере до уваги час на відпуск і невихід робітника на роботу; (при відпуску 24 робочих дня).

$$F\partial.p. = 2070 \cdot 0,87 = 1800(год);$$

$$R_{вер.} = \frac{4015 \cdot 14 \cdot 0,39}{1800 \cdot 1} = 12,5 \approx 13(\text{робітників}).$$

2) Розрахунок кількості виробничих робочих – слюсарів на дільниці береться у відсотках від кількості робітників верстатників основних.

$$R_{сл.} = R_{вер.} \cdot 3\% = 13 \cdot 0,03 = 0,037 \approx 1(\text{роб.} - \text{слюсар}).$$

3) Кількість допоміжних робітників (у % від кількості робітників основних)

$$R_0 = R_{вер.} \cdot 25\% = 13 \cdot 0,25 = 3(\text{роб.}).$$

(з них 2 контролери).

									Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	031Б-24.00.00.00.000ПЗ				

б) Загальна кількість працюючих на дільниці:

$$R = R_{вер.} + R_{сл.} + R_{д} = 13 + 1 + 3 = 17 (\text{працівники});$$

I зміна – 10 чол., II зміна – 7 чол.

4.1.2 Розрахунок виробничої площі дільниці

Площа дільниці для виготовлення стола залежить від розмірів та маси верстатів і приймається для легких верстатів в межах 14...18 м², для середніх – 18...22 м², для важких – 22...30 м² [2].

Таблиця 4.2 – Площа дільниці для виготовлення стола

Обладнання (верстат)	Кількість	Модель	Габарити, мм	Тип	Прийнята питома площа, м ²
1	2	3	4	5	6
Горизонтально-фрезерний	6	6P10	3000×1600	середній	120
Токарна з ЧПК	2	1Ф42К	3000×1600	середній	40
Радіально-свердлильний	3	2К52	910×550	легкий	51
Токарний	1	16К20	3000×1600	середній	20
Вертикально-фрезерний	1	6М55	3000×1600	середній	20
Плоско-шліфувальний	1	3615	3000×1600	середній	20
Слюсарний верстак		—	1500×1000	—	6
Промивочна машина		—	1500×1000	—	6
Контрольний стіл		—	2000×1000	—	6
Місця склад. заг. і дет.		—	—	—	19
Загальна площа дільниці механічної обробки					308

4.2 Розробка технічного планування дільниці

Планування дільниці повинно забезпечувати найбільш сприятливі умови виробництва і разом з тим, щодо санітарії, пожежним вимогам та безпеки. Спроектована дільниця має форму прямокутника в одноповерховій будівлі.

									Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	031Б-24.00.00.00.000ПЗ				

Технологічне обладнання на ділянці розташоване у відповідності за ходом технологічного процесу. Деталь затискується за допомогою спеціальних пневмопристроїв. Всі робочі місця забезпечено необхідним стелажамі і оснащенням. Для безпечного руху людей і переміщення вантажів в цеху наявні окремі виходи і входи, виїзди і в'їзди для транспорту і людей. Всі ворота і двері відкриваються назовні.

На випадок пожежі, обладнано додатковий евакуаційний вихід.

В зовнішніх виходах (виїздах) встановлено повітряну теплову завісу з двома дверима, котрі стоять одні від других на відстані, не меншої ніж на ширину дверного полотна + 0,2м. Ворота цеху мають розміри 3х3,5м, для забезпечення безперешкодного заїзду автомашин з вантажем.

4.3 Основні техніко-економічні показники ділянки

Основні техніко-економічні показники ділянки занесемо в таблицю 4.3.

Таблиця 4.3 – Основні техніко-економічні показники ділянки

№ п/п	Показник	Одиниці виміру	По ділянці
1	Найменування виробу		стіл
2	Річна програма випуску	шт.	80000
3	Кількість верстатів	шт	14
4	Тип виробництва		великосерійне
5	Кількість робітників:	чол.	
	- основних		13
	- допоміжних		3
	всього		16
6	Виробничі площі:	М ²	
	- основного виробництва		171
	- допоміжного виробництва		37
	всього		308
7	Питома площа на одного основного робітника	М ²	17

					031Б-24.00.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1. Розрахунок конструкцій захисних пристроїв

При технологічному процесі механічної обробки у загальній дільниці термообробки потрібно створити захист від теплового випромінювання на постах керування подачі заготовок. При цьому будуть використовуватись теплозахисні екрани біля пультів керування. Вони містять в собі оглядовий отвір, який захищений подвійною сталлю сіткою, а також подвійний алюмінієвий екран. Про те, лише цього недостатньо. Потрібна також теплоізоляція стін та стелі. Для цього використовують теплоізоляційні матеріали. Наприклад, стіна з використанням алюмінієвих листів містить в собі алюмінієвий лист (3 мм), суху штукатурку (5 мм), повітряний прошарок (50 мм), листи азбошиферу, що встановлюються один до одного з протилежним напрямком хвиль (8 мм), дерев'яно-волокниста плита ДВП (8 мм), декоративний паперово-прошарковий пластик (5 мм).

Вихідними даними для розрахунку товщини теплоізоляції температура середовищ (t' і t'' , °C), що розділяються теплоізоляційною перегородкою, допустима температура на поверхні ізоляції t_d , °C, і геометричні розміри теплоізолюваної поверхні (площу поверхні F , м²).

При розрахунку теплоізоляції потрібно притримуватись наступного порядку. Спочатку встановлюють допустимі теплові втрати об'єкту при наявності ізоляції. Потім вибирають матеріал ізоляції і, задавшись температурою ізолюваної поверхні, визначають значення теплопровідності $\lambda_{із}$ (табл.2.1, [1]). Знаючи температури на внутрішній і зовнішній поверхні ізоляції і значення теплопровідності, визначають потрібну товщину ізоляції. Після цього проводять перевірочний розрахунок і визначають значення середньої температури ізоляційного шару і температури на розділі поверхонь. Теплові втрати Q , Вт, умовах стаціонарного теплового потоку в багат шаровій плоскій теплоізоляції:

					031Б-24.00.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

$$Q = \frac{(t' - t'')F}{\frac{1}{\alpha'} + \frac{1}{\alpha''} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_{Bi}}{\lambda_i}},$$

де α' і α'' – коефіцієнти тепловіддачі відповідно від теплоносія до стінки і від зовнішньої поверхні ізоляції до навколишнього середовища, Вт/(м²*К); δ_{Bi} – товщина i -го шару теплоізоляції, м; λ_i – теплопровідність i -го шару теплоізоляції, Вт/(м*К).

Температура t_m в стиці шарів $m-1$ і m :

$$t_m = t' - \frac{Q}{F} \left[\frac{1}{\alpha'} + \sum_{i=1}^m \left(\frac{\lambda_i}{\delta_{Bi}} \right)^{-1} \right].$$

Для умов стаціонарного потоку в циліндричній теплоізоляції довжиною l_d , м, із n шарів:

$$Q = \frac{(t' - t'')l_u}{\frac{1}{\alpha' \pi d_1} + \sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{2\pi\lambda_i} \ln \frac{d_{i+1}}{d_i} \right) + \frac{1}{\alpha'' \pi d_{n+1}}};$$

$$t_m = t' - \frac{Q}{l_u} \left(\frac{1}{\alpha' \pi d_1} + \sum_{i=1}^m \frac{1}{2\pi\lambda_i} \ln \frac{d_{i+1}}{d_i} \right),$$

де d_i – діаметр i -го шару теплоізоляції, м.

Визначення коефіцієнтів тепловіддачі зв'язано з рядом труднощів. Для точних розрахунків α потрібно застосовувати формули, що приведені в довіднику (табл. 2.4, [1]). При орієнтовних розрахунках термічним опором тепловіддачі від гарячої рідини до стінки і самої стінки можна знехтувати. Тоді температуру поверхні, що ізолюється, можна прийняти рівною температурі гарячої рідини і теплообмін буде визначатися тільки термічним опором і тепловіддачею від зовнішньої поверхні ізоляції до навколишнього середовища. Значення коефіцієнта α'' можна визначити за формулою:

$$\alpha'' = \alpha_n + \alpha_k,$$

де α_n і α_k – коефіцієнти тепловіддачі випромінювання і конвекцією, Вт/(м²*К), при значенні комплексу $GrPr > 2 \cdot 10^7$, що визначаються рівняннями:

										Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата						

031Б-24.00.00.00.000ПЗ

$$\alpha_{л} = 10^{-8} c_{np} \frac{(T_n^4 + T_e^4)}{t_n - t_e};$$

$$\alpha_{к} = a^3 \sqrt{t_n - t_e},$$

де c_{np} – приведений коефіцієнта випромінювання тіл в приміщенні, який приймають рівним 4,9 Вт/(м²*К) (табл. 2.22, [1]); a – коефіцієнт пропорційності; для розрахунку коефіцієнта віддачі від вертикальних плит в залежності від середньої температури граничного шару $t = (t_n + t_e)/0,5$ коефіцієнт пропорційності рівний:

$t \dots 0 \quad 50 \quad 100 \quad 200 \quad 300 \quad 500 \quad 1000$

$a \dots 1,48 \quad 1,4 \quad 1,38 \quad 1,21 \quad 1,13 \quad 1,03 \quad 0,85$

При розрахунку тепловіддачі від горизонтальних плит значення коефіцієнта тепловіддачі необхідно збільшити на 30%, якщо поверхня тепловіддачі по вернена до низу.

При вимушеному русі повітря повздовж нагрітої поверхні коефіцієнт тепловіддачі конвекцією $\alpha_{к} = 5,8v_B^{0,8} l^{0,2}$, де l – характерний розмір поверхні.

Для розрахунку коефіцієнта тепловіддачі при лобовому обладнанні плоскої нагрітої поверхні рекомендується користуватись формулою:

$$\alpha_{к} = 11,6 \sqrt{v_B}.$$

Значення коефіцієнта тепловіддачі від неізолюваних трубопроводів визначають за формулою:

$$\alpha_{к} = 9,3 + 0,047t_n + 7 \sqrt{v_B}.$$

Для одношарових плоских і циліндричних поверхонь діаметром 2м і більше товщина шару теплоізоляції визначається по формулі:

$$\delta_{із} = \frac{\lambda_{із}(t' - t_{\delta})}{\alpha''(t_{\delta} - t'')};$$

для циліндричних поверхонь діаметром d_n менше 2 м $\delta_{із} = \frac{d_n}{2(y - 1)}$, де y

визначається із рівняння:

$$\ln y = \frac{2\lambda_{із}(t' - t_{\delta})}{\alpha'' d_n (t_{\delta} - t'')}.$$

										Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	031Б-24.00.00.00.000ПЗ					

При тепловіддачі в умовах вільної конвекції, температурі навколишнього середовища $t'' = 20^{\circ}\text{C}$ і відомій лінійній густині теплового потоку q_l , Вт/м, товщину шару теплоізоляції трубопроводів з точністю до 3-5% можна визначити по формулі М.А. Міхеєва:

$$\delta_{із} = 2,75 \frac{d_T^{1,2} \lambda_{із}^{1,35} t_{СТ}^{1,73}}{q_l^{1,5}},$$

де d_T – діаметри трубопровода, м; $t_{СТ}$ – температура ізольованої поверхні, $^{\circ}\text{C}$.

Норми втрат теплоти ізольованими поверхнями в приміщеннях при середньорічній температурі навколишнього повітря 5 і 25°C . (табл.2.2 і 2.3,[1]).

На малюнку приведений графік, по якому без підрахунків можна визначити значення $d^{1,2}$, $t^{1,73}$, $q_l^{1,5}$, $\lambda^{1,35}$. Якщо температура навколишнього середовища вище 20°C , то теплові втрати зменшуються: на кожні 5°C підвищення температури теплові втрати знижуються приблизно на 1,5%. Матеріал теплоізоляції на трубопровід потрібно вибрати із умови збереження нерівності $\lambda < 0,5\alpha'' d_2$, де d_2 – зовнішній діаметр трубопровода, м. Це зв'язано з тим, що теплові втрати при накладенні теплоізоляції на трубопровід зменшуються не пропорційно збільшенню товщини ізоляції. Більше того, при неправильному виборі матеріалу ізоляції теплові втрати зростуть, так як зовнішня поверхня ізольованого проводу збільшується і умови тепловідводу покращуються. Найбільші теплові втрати при неправильному виборі матеріалу ізоляції має місце при значенні діаметра ізоляції $d_2 = 2\lambda_{із} / \alpha''$.

Розрахунок екранів. Температуру внутрішньої (поверненої до джерела) поверхні екрана $T_{э1}$ розраховують за формулою:

$$T_{э1} = \sqrt[4]{\frac{\varepsilon_{Н.э} T_{Л.П}^4 + T_B^4}{1 + \varepsilon_{Н.э}}} = \sqrt[4]{\frac{1,1(308)^4 + 295^4}{1 + 1,1}} = 302,$$

де $\varepsilon_{Н.э}$ – приведена степінь чорноти зовнішньої поверхні джерела і екрана; $T_{Л.П}$ – температура поверхні джерела, що екранується, К; T_B – середнє значення температури повітря в робочій зоні, К.

										Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	031Б-24.00.00.00.000ПЗ					

Ця формула справедлива при умові, що поступання тепла на екран із цехового простору мале і ним можна знехтувати. При розрахунку температури екрана необхідно звертати увагу на визначення приведеної степені чорноти, яка залежить від степені чорноти кожного матеріалу і може внести в формулу найбільшу помилку.

Цю формулу можна застосовувати для розрахунку температури екрана тільки для металічних листів без теплоізоляції. Якщо металічні екрани будуть використовуватись з теплоізоляцією, то температура їх зовнішньої поверхні буде нижча.

Конструкція екрана повинна забезпечувати вільний потік повітря, що піднімається в міжекранному середовищі, щоб максимально використати охолоджуючу дію конвективних потоків. Температура зовнішньої поверхні екрана, згідно вимогам ГОСТ 12.4.123-83, не повинна перевищувати 45⁰С (318 К). Виходячи з цієї умови, необхідне число екранів визначають по формулі:

$$n = \frac{1 - (T_B / T_{H.П})^4}{(T_{Э1} / T_{H.П})^4 - (T_B / T_{H.П})^4} \frac{\varepsilon_{Э.В}}{\varepsilon_{H.В}} - 1 = \frac{1 - (295/308)^4}{(302/308)^4 - (295/308)^4} \times \frac{1,1}{1,07} - 1 = 1,06l,$$

де $\varepsilon_{Э.В}$ і $\varepsilon_{H.В}$ – приведена степінь чорноти відповідно екрана і робочого місця та джерела і робочого місця.

Екранування джерела теплового випромінювання приводить до деякого підвищення температури останнього внаслідок відбиваючої властивості екрана. Це підвищення записується емпіричною формулою $\Delta t = 2,1t_{H.П}^{0,65}$, де $t_{H.П}$ – температура неекранованої поверхні, ⁰С.

Витрати води на охолодження тепловідвідних екранів визначається із теплового балансу екрана:

$$G = 0,93 \frac{c_0 \varepsilon_{H.В} (T_{H.В}^4 - T_{Э}^4) F}{(t_{ВХ} - t_{ВЛХ})} 10^{-8},$$

де 0,93 – коефіцієнт, що враховує неповноту поглинання теплового опромінення, що падає на екран; $T_{Э}$ – температура поверхні екрана; $t_{ВХ}$ і $t_{ВЛХ}$

									Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	031Б-24.00.00.00.000ПЗ				

– температура води, що входить і виходить, °С, температура води, що входить, не повинна перевищувати 35-50°С (в залежності від жорсткості).

Конструктивна схема екрана і місце його встановлення визначаються технологічним процесом. Найкращими є екрани, які складають частину конструкції агрегата.

					031Б-24.00.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

ВИСНОВКИ І ПРОПОЗИЦІЇ

В кваліфікаційній роботі бакалавра розроблено технологічний процес механічної обробки стола 6Л463.41.00.012. В загальній частині розглянуто службове призначення корпусу та аналіз технічних умов. Проведено розрахунок методу одержання заготовки. Вибрано метод обробки поверхонь.

В технологічній частині проведено аналіз технологічності конструкції деталі, вибрано технологічні бази, визначено допуски та технологічні розміри, розраховано припуски. Проведено розрахунок режимів різання, вибрано обладнання та оснащення.

В конструкторській частині спроектовано верстатний пристрій, пристрій для контролю. Спроектовано механічну дільницю. Розраховані основні техніко-економічні показники дільниці.

В розділі “Охорона праці” розраховано товщину теплоізоляції температура середовищ (t' і t'' , °C), що розділяються теплоізоляційною перегородкою, допустима температура на поверхні ізоляції t_d , °C, і геометричні розміри теплоізолюваної поверхні (площу поверхні F , м²).

					031Б-24.00.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Методологія підготовки випускної роботи за спеціальністю 131 - Прикладна механіка (освітній рівень – бакалавр; спеціалізація – технології машинобудування): Навчальний посібник / В.Д. Рудь, Т.Є. Божко, Т.Н. Гальчук. - Луцьк: РВВ Луцького НТУ, – 2017. – 487 с.
2. Якімов О.В. Технологія машино- та приладобудування: навчальне видання / О.В. Якімов, В.І. Марчук. - Луцьк, 2005. – 710с.
3. Божидарнік В., Григорєва Н., Шабайкович В. Технологія виготовлення виробів: навчальний посібник / В. Божидарнік, Н. Григорєва, В. Шабайкович. – Л.: Надстиря, 2006. – 592с.
4. Гарнець В. М. Механічна обробка заготовок різанням: навч. посібник / В. М. Гарнець [та ін.]. – К. : КНУБА, 2008. – 164 с.
5. Мельничук П.П., Боровик А.І., Лінчевський П.А. Технологія машинобудування : підручник / Мельничук П.П., А.І. Боровик, П.А. Лінчевський. – Житомир: ЖДТУ, 2005.
6. Металорізальні інструменти: навч. посібник. Ч. 2 / П. Р. Родін [та ін.] ; Київський політехнічний ін-т. — К. : ІСДО, 1993. — 180 с.
7. Металообробне обладнання. Кінематичний аналіз металорізальних верстатів. Навч. Посіб. / Ю.М. Данильченко, О.В. Шевченко, В.А. Ковальов, В.Н. Волошин. – К: НТУУ «КПІ», 2007. – 57 с.
8. Основи охорони праці: підручник / В.І. Голінько; М-во освіти і науки України; Нац. гірн. ун-т. – 2-ге вид. – Д.: НГУ, 2014. – 271 с.
9. Zabolotnyi, O., Bozhko, T., Machado, J., Yarmoliuk, S., Zaleta, O. (2021). Influence of the Cutting Temperature on the Surface Layer Quality When Grinding Sintered Porous Materials. In: Tonkonogyi, V., Ivanov, V., Trojanowska, J., Oborskyi, G., Pavlenko, I. (eds) Advanced Manufacturing Processes III. InterPartner 2021. Lecture Notes in Mechanical Engineering. Springer, Cham / URL: https://doi.org/10.1007/978-3-030-91327-4_45.

									031Б-24.00.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата						

10.Zabolotnyi, O., Bozhko, T., Halchuk, T., Zaleta, O., Cagáňová, D. (2022). Investigation of the Surface Layer Hardness When Grinding Sintered Porous Workpieces. In: Ivanov, V., Trojanowska, J., Pavlenko, I., Rauch, E., Peraković, D. (eds) Advances in Design, Simulation and Manufacturing V. DSMIE 2022. Lecture Notes in Mechanical Engineering. Springer, Cham / URL: https://doi.org/10.1007/978-3-031-06025-0_35

					031Б-24.00.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		