

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
КОРПУСУ 14.151.05.010

спеціальність 131 Прикладна механіка

(шифр і назва спеціальності)

освітня програма «Прикладна механіка»

(назва освітньої програми)

Виконав: здобувач вищої освіти
групи ІМ-41
Саєнко Володимир Віталійович

(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

						012Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата			

АНОТАЦІЯ

Саєнко В.В. Проектування дільниці з розробкою технологічного процесу механічної обробки корпусу 14.151.05.010. 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 корпусу 14.151.05.010.

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 верстатний. Вибрано і обґрунтовано принципу дії, структурні схеми. Проведено силовий розрахунок параметрів приводу. Проведено розрахунок на точність. Дано загальний опис конструкції, принцип дії. Спроектовано контрольний пристрій, який застосовується для контролю радіального биття.

Спроектовано механічну дільницю для обробки корпусу 14.151.05.010. Розраховано виробничої площі дільниці. Розроблено технологічне планування дільниці.

В розділі охорона праці розглянуто санітарно-гігієнічна характеристика умов праці на дільниці цеху. Проведено розрахунок місцевого освітлення зони на верстаті. Розглянуто пожежну характеристику виробничої будівлі.

Ключові слова: технологічний процес, корпус, механічна обробка.

					012Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

ABSTRACT

Sayenko V.V. Design of the site with the development of the technological process of mechanical processing of the hull 14.151.05.010. 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 case 14.151.05.010 was developed.

In the bachelor's qualification work, the type and organizational form of production is established. 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 machine tool is designed. The choice is early and justified on the principle of action, structural and schemes. Conducted with silt calculation drive parameters. An accuracy calculation was carried out. Given with agaly description design, principle of action. A control device is designed, which is used to control radial runout.

A mechanical section for processing the case 14.151.05.010 was designed. The production area of the site is calculated. Technological planning of the site has been developed.

In the section on labor protection, the sanitary and hygienic characteristics of working conditions in the workshop section are considered. The local lighting of the area on the machine was calculated. The fire characteristics of the industrial building were considered .

Keywords : technological process, case, mechanical processing.

					012Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

ЗМІСТ

стр.

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 Визначення кількості працівників на дільниці.....

4.3 Розрахунок виробничої площі дільниці.....

4.4 Розробка технологічного планування дільниці.....

4.5 Основні техніко-економічні показники дільниці.....

5 Охорона праці.....

Висновок.....

Список посилань.....

					012Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

ВСТУП

Швидкий розвиток техніки призвів до ускладнення геометричної форми заготовок. Також підвищилась точність виконавчих розмірів деталей машин. Основні експлуатаційні властивості деталей машин – зносостійкість, міцність, надійність в значній мірі визначаються станом поверхневого шару, який залежить від технології виготовлення. В сучасному виробництві технологічне забезпечення параметрів стану поверхонь деталей в залежності від марки матеріалу недостатньо обґрунтовано, що приводить до завищення вимог та подорожчання машин. Якість виготовлення деталей машин суттєво залежить від методу їх обробки, так як на цій стадії формується поверхневий шар деталі, який визначає основні експлуатаційні властивості.

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

Основним завданням кваліфікаційної роботи бакалавра є розробка нового технологічного процесу механічної обробки корпусу, який би при прийнятих оптимальних значеннях режимів різання та використанні вибраного технологічного обладнання та, дав би мінімальні витрати затрат праці, матеріало- і енергоресурсів та на виготовлення даної деталі.

					012Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

1.1 Характеристика об'єкту виробництва, службове призначення, ТУ

Об'єктом виробництва є редуктор 14.151.00.000 СК який служить для перетворення обертового руху електродвигуна в різні види рухів виконавчих механізмів та пристроїв верстата: механізм подачі матеріалу; механізм відрізки і формування пазових коробів; механізму досипання коробів і повороту статорної оправки.

Корпус 14.151.05.010 служить для розміщення в ньому валів, пів-муфт, а відтак і зубчастих коліс і забезпечує точність їх взаємного розташування в процесі збирання і експлуатації. Дана деталь відноситься до корпусних деталей 1-ї групи, тобто корпусна деталь габарити якої мають однаковий порядок.

Заготовка корпусу виготовляється зварюванням сортового листового прокату зі сталі 20. Заготовки деталей корпусу одержуються на машині плазмової різки «Комета-2».

Ще згадаємо, що корпус редуктора змонтований безпосередньо на основі верстату і служить опорою для механізму подачі і механізмів штампу і досипання.

Об'єктом виробництва – корпус редуктора 14.151.05.010 виготовляють на ВАТ «Оснастка» м. Нововолинськ за відомим маршрутом виготовлення.

До корпусних деталей ставиться комплекс технічних вимог, що визначаються в кожному конкретному випадку, виходячи зі службового призначення деталі

Корпус в редукторі є базовою одиницею і служить для поєднання всіх основних і допоміжних деталей і вузлів.

Корпус має ряд поверхонь виконаних з високим класом шорсткості і квалітетом точності. Це поверхні базових отворів позицій 13, 14, 15, 16, 17, 19, 21, 22 які призначені для встановлення опор валів, а тому повинні бути виконані в межах 7-8 квалітету точності із параметрами шорсткості Ra=2,5-3,2 МКМ.

					012Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

До цих поверхонь поставлені високі вимоги щодо правильності геометричних форм і взаємного розташування поверхонь.

Базова площа 3 корпусу призначена для встановлення і закріплення вузла на основу верстата. Просторова орієнтація забезпечується штифтами встановленими в отвори 24.

Торці позицій 1, 7, 10 корпусу мають високу шорсткість ($Ra=2,5$ мкм) і достатньо високі вимоги їх функціональним призначенням – забезпечення герметичності і кінематичної точності.

Різеви і гладкі отвори призначені для кріплення деталей і вузлів, виконуються з достатньою точністю (різеви зі степінню точності 7Н, гладкі – по Н12) і з допуском на взаємне розташування $\pm 0,2$ мм, що не вимагає застосування спеціальних методів обробки.

Корпус виготовляється звареним з листового сортового прокату і перевіряється на герметичність.

1.2 Вибір способу одержання заготовки, економічне обґрунтування

Згідно рекомендацій заготовку даної деталі можна отримати методами:

- литвом в піщані форми при машинній формовці по металевих моделях;
- зварюванням листового сортового прокату напівавтоматичною зваркою в вуглекислому газі.

Таблиця 1.1- Порівняльні характеристики заготовок

Найменування показників	Перший варіант	Другий варіант
Вид заготовки	Литво в піщані форми	Зварний варіант
Клас точності	9-10 т	-
Група серійності	3	2
Група складності	III	IVa – II
Вартість 1 т. заготовок, грн.	1850	1550
Вартість 1т. відходів, грн.	250	250
Маса заготовки Q, кг	248	254

					012Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

Загальні вихідні дані:

- маса деталі – 210 кг;
- річна програма випуску – 1000 шт;
- тип виробництва – великосерійний.

«Вартість литої заготовки визначається по формулі:

$$S_{\text{загл}} = \left(\frac{C_i}{1000} \cdot Q \cdot K_T \cdot K_C \cdot K_B \cdot K_M \cdot K_{II} \right) - (Q - g) \frac{S_{\text{відх}}}{1000},$$

де C_i - базова вартість 1 т заготовки, грн.;

Q - маса заготовки;

g - маса готової деталі;

$S_{\text{відх}}$ - ціна 1 т відходів, грн.;

K_T - коефіцієнт, який показує на залежить від точності відливки;

K_C - коефіцієнт, який вказує на залежить від групи складності відливки;

K_B - коефіцієнт, який вказує на залежить від маси відливки;

K_M - коефіцієнт, який вказує на залежить від марки матеріалу;

K_{II} - коефіцієнт, який вказує на залежить від об'єму виробництва» [1].

$$S_{\text{загл}} = \left(\frac{1850}{1000} \cdot 248 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,75 \cdot 1,22 \cdot 1 \right) - (248 - 210) \frac{250}{1000} = 430,32 \text{ грн.}$$

Вартість заготовки одержаної з сортового прокату буде:

$$S_{\text{загл}} = M_{\text{заг}} + \sum C_{\text{о.з.}},$$

де $M_{\text{заг}}$ - затрати на матеріал заготовок;

$\sum C_{\text{о.з.}}$ - приведені затрати на порізку листового прокату на плазморізальній машині і зварювання на півавтоматичній зварці в середовищі вуглекислого газу.

$$M_{\text{заг}} = Q \cdot \frac{S}{1000} - (Q - g) \frac{S_{\text{відх}}}{1000} = 1550 \cdot \frac{254}{1000} - (254 - 210) \frac{250}{1000} = 382,7 \text{ грн.},$$

$$C_{\text{о.з. різки}} = \frac{C_{\text{п.з.}} \cdot T_{\text{шт.к.}}}{60 \cdot 100} = \frac{1664 \cdot 20,2}{60 \cdot 100} = 5,6 \text{ грн.};$$

									Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	012Б-24.00.00.00.000 ПЗ				

$$C_{\text{о.з.зварки}} = \frac{2090 \cdot 87,5}{60 \cdot 100} = 30,4 \text{ грн};$$

$$S_{\text{загII}} = 382,7 + 5,6 + 30,48 = 419,7 \text{ грн}.$$

В нашому випадку раціональним способом одержання заготовки буде зварювання з листового сортового прокату.

Економічний ефект в порівнянні з литвом в піщані форми:

$$E = (S_{\text{загI}} - S_{\text{загII}}) \cdot N = (430,32 - 419,7) \cdot 1000 = 10620 \text{ грн}.$$

1.3 Вибір методів обробки поверхонь (за коефіцієнтами уточнень)

З рівності визначаємо методи обробки поверхонь за коефіцієнтами уточнень:

$$\varepsilon_p = \frac{T_z}{T_d},$$

де $T_z; T_d$ - допуски заготовки відповідно та деталі.

Рівність є показником того, що кількість методів обробки поверхні заготовки визначена правильно:

$$\varepsilon_p \leq \varepsilon_n$$

де $\varepsilon_n = \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 \cdot \varepsilon_3 \cdot \dots \cdot \varepsilon_m = \prod_{i=1}^m \varepsilon_i$ - загальне уточнення.

Кількість методів обробки n визначається:

$$n = \frac{\lg \varepsilon_p}{0,46}.$$

«Уточнення ε_i методу обробки визначається наближено:

$$\varepsilon_i = \frac{T_{i-1}}{T_i},$$

де T_{i-1} - допуск на розмір на попередньому переході;

T_i - допуск на розмір на поточному переході» [1].

1. Для поверхонь 26, 49, 54

$$\varepsilon_y = \frac{150}{15} = 10,$$

										Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	012Б-24.00.00.00.000 ПЗ					

$$n = \frac{\lg 10}{0,46} = 2,18.$$

Приймаємо $n_{np} = 3$.

а) свердління $\varepsilon_{y1} = 1,84$;

б) зенкерування $\varepsilon_{y2} = \frac{150}{36} = 4,16$;

в) розвертання $\varepsilon_{y3} = \frac{36}{15} = 2,4$.

Отвори 24 також обробляються за три проходи.

$$\varepsilon_{y.ф.} = 1,84 \cdot 4,16 \cdot 2,4 = 18,37 > \varepsilon_y.$$

2. Для поверхонь 2, 3

$$\varepsilon_y = \frac{2800}{440} = 6,36,$$

$$n = \frac{\lg 6,36}{0,46} = 1,75.$$

Приймаємо $n_{np} = 2$.

а) чорнове фрезерування $\varepsilon_{y1} = \frac{2800}{1100} = 2,55$;

б) чистове фрезерування $\varepsilon_{y2} = \frac{1100}{440} = 2,5$;

$$\varepsilon_{y.ф.} = 2,55 \cdot 2,5 = 6,375 > \varepsilon_y.$$

3. Для поверхонь 13, 21, 16

$$\varepsilon_y = \frac{1200}{35} = 34,28,$$

$$n = \frac{\lg 34,28}{0,46} = 3,34.$$

Приймаємо $n_{np} = 3$.

а) чорнове розточування $\varepsilon_{y1} = \frac{1200}{220} = 5,46$;

б) чистове розточування $\varepsilon_{y2} = \frac{220}{87} = 2,54$;

									Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	012Б-24.00.00.00.000 ПЗ				

в) тонке розточування $\varepsilon_{y3} = \frac{87}{35} = 2,49;$

$$\varepsilon_{y.ф.} = 5,46 \cdot 2,54 \cdot 2,49 = 34,53 > \varepsilon_y.$$

4. Для поверхні 15

$$\varepsilon_y = \frac{1200}{40} = 30,$$

$$n = \frac{\lg 30}{0,46} = 3,21.$$

Приймаємо $n_{np} = 3.$

а) чорнове розточування $\varepsilon_{y1} = \frac{1200}{250} = 4,8;$

б) чистове розточування $\varepsilon_{y2} = \frac{220}{100} = 2,5;$

в) тонке розточування $\varepsilon_{y3} = \frac{100}{40} = 2,59;$

$$\varepsilon_{y.ф.} = 4,8 \cdot 2,5 \cdot 2,5 = 30 = \varepsilon_y.$$

5. Для поверхонь 1, 7

$$\varepsilon_y = \frac{2800}{700} = 4,$$

$$n = \frac{\lg 4}{0,46} = 1,31.$$

Приймаємо $n_{np} = 2.$

а) чорнове фрезерування $\varepsilon_{y1} = \frac{2800}{1100} = 2,55;$

б) чистове фрезерування $\varepsilon_{y2} = \frac{1100}{700} = 1,57;$

$$\varepsilon_{y.ф.} = 2,55 \cdot 1,57 = 4,004 > \varepsilon_y.$$

Інші поверхні корпусу, крім різевих, обробляються за один перехід. Для формування різі в відповідних отворах вводиться перехід нарізання різі мітчиком.

					012Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

1.4 Встановлення типу та організаційної форми виробництва

Тип виробництва встановлюємо за коефіцієнтом закріплення операцій

$K_{з.о.}$

Вихідні дані:

- річна програма випуску – 1000 шт;
- номінальний річний фонд часу роботи у дві зміни $\Phi_{ном} = 4120$ год;
- дійсний річний фонд часу роботи $\Phi_o = 4030$ год.

Коефіцієнт закріплення операцій визначається за формулою:

$$K_{з.о.} = \frac{\sum O}{\sum C_{пр}};$$

де $\sum O$ – кількість всіх операцій, які підлягають виконанню;

$\sum C_{пр}$ – прийнята кількість робочих місць на ділянці.

$$O = \frac{\eta_{з.норм}}{\eta_{з.факт}};$$

де $\eta_{з.норм}$ – нормативний коефіцієнт завантаження обладнання (приймаємо

$\eta_{з.норм} = 0,75$);

$\eta_{з.факт}$ – коефіцієнт завантаження устаткування фактичний.

$$\eta_{з.факт} = \frac{m_p}{C_{пр}};$$

де m_p – кількість устаткування розрахункова;

Розрахункова кількість устаткування:

$$m_p = \frac{T_{шт.к.} \cdot N}{60 \cdot \Phi_o \cdot \eta_{з.норм}};$$

де $T_{шт.к.}$ - штучно-калькуляційний час оброблення, який залежить від основного часу оброблення T_o і коефіцієнта приведення ψ_k :

$$T_{шт.к.} = T_o \cdot \psi_k ;$$

Основний час оброблення визначається за формулами:

- однократне фрезерування торцевою фрезою:

									Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	012Б-24.00.00.00.000 ПЗ				

$$T_o = 0,0059 \cdot l;$$

- чорнове розточування:

$$T_o = 0,000134 \cdot D \cdot l;$$

- чистове розточування:

$$T_o = 0,00018 \cdot D \cdot l;$$

- свердління отворів:

$$T_o = 0,00056 \cdot D \cdot l;$$

- зенкування:

$$T_o = 0,00021 \cdot D \cdot l;$$

- нарізування різі машинним мітчиком:

$$T_o = 0,000319 \cdot D \cdot l;$$

Коефіцієнт приведення рівний:

- для фрезерних верстатів – 1,51;
- для розточувальних верстатів – 3,0;
- для радіально-свердлильних – 1,41;
- для вертикально-свердлильних – 1,3.

Результати розрахунків зводимо в таблицю 1.2.

Таблиця 1.2.- Встановлення типу виробництва

Назва і зміст операції	T_o , хв	$T_{шт.к.}$, хв	m_p	P	$\eta_{з.факт}$	O
1	2	3	4	5	6	7
1. Поздовжньо-фрезерна Фрезерувати пов. 1, 2, 6	2,97	4,48	0,24	1	0,24	3,125
2. Поздовжньо-фрезерна Фрезерувати пов. 1, 3	3,48	5,25	0,29	1	0,29	2,41

Продовження таблиці 1.2

1	2	3	4	5	6	7
3. Вертикально-фрезерна Фрезерувати пов. 4	3,42	5,16	0,27	1	0,27	2,78
4. Вертикально-фрезерна Фрезерувати пов. 5	3,07	4,63	0,25	1	0,25	3
5. Вертикально-фрезерна Фрезерувати пов. 7 начорно	2,76	4,16	0,20	1	0,20	3,7
6. Вертикально-фрезерна Фрезерувати пов. 7 начисто	2,29	3,46	0,17	1	0,17	4,4
7. Радіально-свердлильна Свердлити 5 отв. 25 Свердлити 2 отв. 24 Зенкерувати 2 отв. 24 Розвернути 2 отв. 24	0,7 0,26 0,16 0,11	1,58	0,1	1	0,1	7,5
8. Радіально-свердлильна Свердлити 10 отв. 28 Свердлити отв. 26, 29 Свердлити отв. 27 Зенкерувати отв. 26, 29 Розвернути отв. 26, 29 Нарізати різь 28 Нарізати різь 27	0,952 0,448 0,54 0,18 0,13 0,82 0,512	5,05	0,26	1	0,26	2,9
9. Свердлильно-фрезерна з ЧПК Фрезерувати по контуру пов. 8 Свердлити 10 отв. 55 Свердлити 2 отв. 54 Зенкерувати 2 отв. 54 Розвернути 2 отв. 54 Свердлити 2 отв. 49 Зенкерувати 2 отв. 49 Розвернути 2 отв. 49 Свердлити 3 отв. 50 Нарізати різь 55	5,64 1,12 0,16 0,07 0,05 0,224 0,09 0,07 0,27 0,81	17,39	1,06	2	0,53	1,38

Продовження таблиці 1.2.

1	2	3	4	5	6	7
12. Горизонтально-розточна						
Розточити отв. 22, 22А начорно	0,603	4,239	0,23	1	0,23	3,26
Розточити отв. 22, 22А начисто	0,81					
13. Радіально-свердлильна						
Свердлити 4 отв. 39	0,448					
Свердлити отв. 38, 40	1,201	4,228	0,23	1	0,23	3,26
Свердлити 3 отв. 56	0,47					
Нарізати різь 39	0,24					
Нарізати різь 40	0,64					
14. Радіально-свердлильна						
Свердлити 12 отв. 41	1,801	4,902	0,27	1	0,27	2,8
Зенкувати фаски	0,14					
Нарізати різь в 12 отв. 41	1,536					
15. Радіально-свердлильна						
Свердлити 8 отв. 46	1,201					
Свердлити 5 отв. 45	0,952					
Свердлити 2 отв. 44	0,448					
Свердлити 2 отв. 51	0,224	7,51	0,37	1	0,37	2,05
Нарізати різь 46	1,024					
Нарізати різь 45	0,8					
Нарізати різь 51	0,192					
Зенкерувати отв. 44	0,268					
Розвернути отв. 44	0,207					
Разом		119,049		18		44,86

За табличними даними підрахуємо коефіцієнт закріплення операцій:

$$K_{з.о.} = \frac{44,86}{18} = 2,49;$$

Так як $K_{з.о.} > 1$, то маємо велико серійне виробництво.

Визначимо організаційну форму виробництва:

$$R = \frac{T_{ум.сер.}}{t_g};$$

									Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	012Б-24.00.00.00.000 ПЗ				

де $T_{шт.сер.}$ - середній штучний час оброблення деталі, хв.;

t_s - такт випуску, в хв., який визначається за формулою:

$$t_s = \frac{60 \cdot \Phi_d}{N} = \frac{60 \cdot 4030}{1000} = 241,32 \text{ хв};$$

$$R = \frac{7,93}{241,32} = 0,04.$$

Оскільки $R < 0,6$, то маємо групову форму виробництва.

Визначимо кількість деталей в партії:

$$n_{np} = \frac{476 \cdot 0,75 \cdot C_p}{T_{шт.сер.}};$$

де 476 – дійсний фонд часу роботи обладнання в одну зміну, хв.;

0,75 – нормативний коефіцієнт завантаження обладнання;

C_p - розрахункова кількість змін:

$$C_p = \frac{T_{шт.сер.} \cdot n}{476 \cdot 0,75};$$

де n - орієнтовна кількість деталей в партії:

$$n = \frac{N \cdot a}{254};$$

де a - періодичність запуску деталей, дні;

254 – річний фонд робочого часу, дні;

$$n = \frac{1000 \cdot 24}{254} = 95 \text{ дет};$$

Звідси C_p буде:

$$C_p = \frac{7,93 \cdot 95}{476 \cdot 0,75} = 2,1;$$

Приймаємо $C_{np} = 2$ зміни.

$$n_p = \frac{476 \cdot 0,75 \cdot 2}{7,93} = 90,01 \approx 90 \text{ дет}.$$

					012Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1. Відпрацювання деталі на технологічність

Конструкція даної деталі корпус редуктора 14.151.05.010 складається із стандартних і уніфікованих конструктивних елементів, за винятком "глухих" різевих отворів, які не можуть бути замінені наскрізними.

Заготовка корпусу виготовляється зварюванням сортового листового прокату. Заготовки деталей корпуса одержуються на машині плазмової різки "Комета-2" по програмі. Дана машина забезпечує точність лінійних і діаметральних розмірів в межах 0,3мм і шорсткістю поверхонь Ra=12,5мкм. Розміри оброблюваних поверхонь корпусу мають відповідно оптимальний ступінь точності і шорсткості, фізико-механічні властивості матеріалу, жорсткість деталі, її форма і розміри відповідають вимогам технології виробництва.

Показники базових поверхонь (точність шорсткість) деталі забезпечують точність встановлення, обробки і контролю.

Конструкція деталі забезпечує можливість застосування типового технологічного процесу її виготовлення.

Кількісна оцінка рівня технологічності проводиться за наступними показниками:

- коефіцієнт точності:

$$K_m = 1 - \frac{1}{T_{cp}}$$

де T_{cp} – середній квалітет точності оброблюваних поверхонь.

$$T_{cp} = \frac{\sum T_i \cdot n_i}{\sum n_i}$$

де T_i - квалітет точності і-тої поверхні;

n_i - кількість поверхонь даного квалітету.

$$T_{cp} = \frac{7 \cdot 18 + 8 \cdot 3 + 9 \cdot 4 + 11 \cdot 3 + 12 \cdot 29 + 13 \cdot 6 + 14 \cdot 72}{135} = 8,46.$$

									Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	012Б-24.00.00.00.000 ПЗ				

Отже коефіцієнт точності буде:

$$K_m = 1 - \frac{1}{8,46} = 0,89.$$

Оскільки $K_m > 0,88$ - то деталь технологічна за точністю

Так як $T_m \geq T_{m.норм}$ - деталь технологічна ($T_{m.норм} = 0,8$).

- коефіцієнт шорсткості:

$$K_{ш} = 1 - \frac{1}{Ш_{ср}};$$

де $Ш_{ср}$ - середня шорсткість оброблюваних поверхонь

$$Ш_{ср} = \frac{\sum Ш_i \cdot n_i}{\sum n_i};$$

де $Ш_i$ - шорсткість і-тої поверхні;

n_i - кількість поверхонь даної шорсткості.

$$Ш_{ср} = \frac{0,63 \cdot 4 + 1,25 \cdot 4 + 2,5 \cdot 9 + 3,2 \cdot 12 + 6,3 \cdot 77 + 12,5 \cdot 92}{198} = 8,58.$$

Визначаємо коефіцієнт шорсткості:

$$K_{ш} = 1 - \frac{1}{8,58} = 0,89.$$

$K_{ш} > 0,8$ - отже деталь технологічна за шорсткістю.

- коефіцієнт уніфікації:

$$Y_{ср} = \frac{Q_{уніф}}{Q_{заг}}.$$

де $Q_{уніф}$ - кількість уніфікованих розмірів;

$Q_{заг}$ - загальна кількість розмірів.

$$Y_{ср} = \frac{123}{148} = 0,83.$$

Оскільки $Y_{ср} < 0,85$ - то деталь технологічна за ступенем уніфікації.

- коефіцієнт використання матеріалу:

										Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	012Б-24.00.00.00.000 ПЗ					

Варіант 1: $A_{\Delta} = A_1 - A_3;$

$$\omega A_{\Delta} = \omega A_1 + \omega A_3 = 0,44 + 0,06 + 0,012 = 0,52 \text{ мм};$$

$$B_{\Delta} = B_3 - B_2;$$

$$\omega B_{\Delta} = \omega B_3 + \omega B_2 = 0,06 + 0,08 + 0,012 + 0,25 = 0,402 \text{ мм}.$$

Варіант 2: $A_{\Delta} = A_4 - A_5;$

$$\omega A_{\Delta} = \omega A_4 + \omega A_5 = 0,86 + 0,06 + 0,03 + 0,07 = 1,02 \text{ мм};$$

$$B_{\Delta} = B_1 - B_4;$$

$$\omega B_{\Delta} = \omega B_1 + \omega B_4 = 0,54 + 0,06 + 0,03 + 0,07 = 0,7 \text{ мм}.$$

Для виготовлення основних отворів приймаємо схему базування по варіанту 1 (рисунок 2.1. б)

Установочна база - поверхня 3; напрямна у упорна – отвори 24.

2.3. Встановлення припусків на проектування заготовки

Аналітичний розрахунок виконуємо для отвору $\varnothing 120^{+0,03}$. Всі результати розрахунків зводимо в таблицю 2.1.

Таблиця 2.1 - Розрахунок припусків і граничних розмірів по технологічних переходах на оброблення отвору $\varnothing 120^{+0,03}$.

Технологічні переходи оброблення отвору $\varnothing 120^{+0,03}$	Елементи припуску, мкм				Розрахунковий припуск $2Z_{min}$, мкм	Розрахунковий розмір d_p , мм	Допуск δ , мкм	Граничне значення розміру, мм		Граничне значення припуску, мм	
	R_z	T	ρ	ε				d_{min}	d_{max}	$2Z_{min}^{np}$	$2Z_{max}^{np}$
1. Листовий прокат	40	260	270			118,456	870	117,60	118,456		
2. Розточування:											
- чорнове	50	50	16	110	2·590	119,636	250	119,40	119,636	1180	1800
- пів чистове	30	40	10	7	2·117	119,87	87	119,78	119,87	230	380
- тонке	5	10	5	4	2·80	120,03	30	120,00	120,03	160	230
Разом										1570	2410

$$2Z_{\min i-1} = 2\left(R_{z_{i-1}} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}\right),$$

де $Z_{\min i-1}$ - мінімальний припуск і-того переходу;

$R_{z_{i-1}}$ - висота нерівностей на (i-1)-му переході;

					012Б-24.00.00.00.000 ПЗ						Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата							

T_{1i-1} - глибина дефектного шару, отримана на (i-1)-му переході;

ρ_{i-1} - просторове відхилення, отримане на (i-1)-му переході;

ε_i - похибки базування, закріплення, встановлення на i – му переході;

$$\rho_{заг} = \sqrt{\rho_{кор}^2 + \rho_{зм}^2},$$

де $\rho_{кор}$ - короблення заготовки;

$$\rho_{кор} = \sqrt{(\Delta_{\kappa} \cdot D)^2 + (\Delta_{\kappa} \cdot L)^2} = \sqrt{(0,7 \cdot 120)^2 + (0,5 \cdot 30)^2} = 78 \text{ мкм},$$

де Δ_{κ} - питома кривизна заготовки;

$\rho_{зм}$ - величина зміщення осі отвору відносно поверхонь зовнішнього контуру деталі прийнятого за базу на першій операції

$$\rho_{зм} = \delta_{\sigma} = 260 \text{ мкм}.$$

$$\rho_{заг} = \sqrt{78^2 + 260^2} = 270 \text{ мкм}.$$

Похибка установки для чорнового розточування буде:

$$\varepsilon_1 = \sqrt{\varepsilon_{\sigma}^2 + \varepsilon_{закр}^2};$$

Так як вимірні і установочні бази не співпадають, то похибка базування буде $\varepsilon_{\sigma} = 0,07$, тоді:

$$\varepsilon_1 = \sqrt{70^2 + 80^2} = 110 \text{ мкм};$$

Величина залишкових просторових відхилень буде:

- після чорнового розточування $\rho_1 = 0,06 \cdot 270 = 16 \text{ мкм}$;

- після півчистового розточування $\rho_2 = 0,04 \cdot 270 = 10 \text{ мкм}$;

- після тонкого розточування $\rho_3 = 0,02 \cdot 270 = 5 \text{ мкм}$.

Залишкова похибка установки:

- при півчистовому розточування $\varepsilon_2 = 0,06 \cdot 110 \approx 7 \text{ мкм}$;

- при тонкому розточування $\varepsilon_3 = 0,04 \cdot 110 \approx 4 \text{ мкм}$.

На основі приведених в таблиці 2.4. даних, виконаємо розрахунок мінімальних значень міжопераційних припусків:

									Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	012Б-24.00.00.00.000 ПЗ				

$$2Z_{\min 1} = 2 \cdot (40 + 260 + \sqrt{270^2 + 110^2}) = 5 \cdot 590 \text{ мкм};$$

$$2Z_{\min 2} = 2 \cdot (50 + 50 + \sqrt{16^2 + 7^2}) = 5 \cdot 117 \text{ мкм};$$

$$2Z_{\min 3} = 2 \cdot (30 + 40 + \sqrt{10^2 + 4^2}) = 5 \cdot 80 \text{ мкм}.$$

а) Розрахунковий розмір

$$d_{p3} = 120,03 \text{ мм};$$

$$d_{p2} = d_{p3} - 2Z_{\min 3} = 120,03 - 2 \cdot 0,08 = 119,87 \text{ мм};$$

$$d_{p1} = d_{p2} - 2Z_{\min 2} = 119,87 - 2 \cdot 0,117 = 119,636 \text{ мм};$$

$$d_{pзаг} = d_{p1} - 2Z_{\min 1} = 119,636 - 2 \cdot 0,590 = 118,456 \text{ мм}.$$

б) Мінімальний розмір

$$d_{\min} = d_{\max i} - \delta_i;$$

$$d_{\min заг} = 118,456 - 0,870 = 117,586 \approx 117,60 \text{ мм};$$

$$d_{\min 1} = 119,636 - 0,250 = 119,386 \approx 119,40 \text{ мм};$$

$$d_{\min 2} = 119,87 - 0,087 = 119,783 \approx 119,78 \text{ мм};$$

$$d_{\min 3} = 120,03 - 0,030 = 120,00 \text{ мм}.$$

в) Граничні припуски

$$2Z_{\min}^{np} = d_{\max i} - d_{\max i-1};$$

$$2Z_{\max}^{np} = d_{\min i} - d_{\min i-1};$$

$$2Z_{\min 3}^{np} = 120,03 - 119,87 = 0,16 \text{ мм} = 160 \text{ мкм};$$

$$2Z_{\min 2}^{np} = 119,87 - 119,636 = 0,234 \text{ мм} = 230 \text{ мкм};$$

$$2Z_{\min 1}^{np} = 119,636 - 118,456 = 1,18 \text{ мм} = 1180 \text{ мкм};$$

$$2Z_{\max 3}^{np} = 120,00 - 119,78 = 0,22 \text{ мм} = 220 \text{ мкм};$$

$$2Z_{\max 2}^{np} = 119,78 - 119,40 = 0,38 \text{ мм} = 380 \text{ мкм};$$

$$2Z_{\max 1}^{np} = 119,40 - 117,60 = 1,80 \text{ мм} = 1800 \text{ мкм};$$

$$2Z_{\min}^{np} = \sum_{i=1}^n 2Z_{\min i}^{np} = 1570 \text{ мкм};$$

$$2Z_{\max}^{np} = \sum_{i=1}^n 2Z_{\max i}^{np} = 2410 \text{ мкм}.$$

									012Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата						

г) перевірка правильності виконаних розрахунків

$$2Z_{\max 3}^{np} - 2Z_{\min 3}^{np} = 220 - 160 = 60 \text{ мкм};$$

$$\delta_2 - \delta_3 = 90 - 30 = 60 \text{ мкм};$$

$$2Z_{\max 2}^{np} - 2Z_{\min 2}^{np} = 380 - 230 = 150 \text{ мкм};$$

$$\delta_1 - \delta_2 = 237 - 87 = 150 \text{ мкм};$$

$$2Z_{\max 1}^{np} - 2Z_{\min 1}^{np} = 1800 - 1180 = 620 \text{ мкм};$$

$$\delta_3 - \delta_1 = 870 - 250 = 620 \text{ мкм};$$

д) номінальний розрахунковий припуск

$$2Z_{\text{ном}} = 2Z_{\min}^{np} + ES_{\text{заг}} - ES_{\text{дет}} = 1,570 + 0,435 - 0,03 = 1,97 \text{ мм} = 1970 \text{ мкм}$$

е) номінальний розмір заготовки

$$d_{\text{заг.ном.}} = d_{\text{дет.ном.}} - 2Z_{\text{ном}} = 120 - 1,97 = 118,03 \text{ мм}.$$

На інші оброблювані поверхні корпусу припуски і допуски вибираємо по таблицях ГОСТ 26645-95.

Таблиця 2.2 - Припуски і допуски на оброблювані поверхні корпусу
14.151.05.010

Поверхня	Розмір	Припуск, мм		Допуск, мм
		Табличний	Розрахований	
2, 3	610±0,22	2.3,5	—	±1,4
1, 7	555	2.3,5	—	±1,4
6	570 _{-0,5}	3,0	—	±1,4
4	263	3,0	—	±1,05
5	255	3,0	—	±1,05
21	120 ^{+0,03}	2.2,5	2.0,985	±0,7
15	160 ^{+0,04}	2.2,5	—	±0,8
13	85 ^{+0,035}	2.2,5	—	±0,7
16	95 ^{+0,035}	2.2,5	—	±0,7
22, 22А	90 ^{+0,035}	2.2,5	—	±0,7

										Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	012Б-24.00.00.00.000 ПЗ					

d_{\max} розточування тонкого = 120,03

d_{\min} розточування тонкого = 120,00

δ розточування тонкого = 30 мкм

d_{\max} розточування чистового = 119,87

d_{\min} розточування чистового = 119,78

δ розточування тонкого = 87 мкм

d_{\max} розточування чорного = 119,636

d_{\min} розточування чорного = 119,40

δ розточування чорного = 250 мкм

d_{\max} заготовки = 118,456

d_{\min} заготовки = 118,03

d_{\min} заготовки = 117,60

δ заготовки = 870 мкм

$2Z_{\max 1}^{pr} = 1800$ мкм

$2Z_{\min 1}^{pr} = 1180$ мкм

$2Z_{\max 2}^{pr} = 380$ мкм

$2Z_{\min 2}^{pr} = 230$ мкм

$2Z_{\max 3}^{pr} = 220$ мкм

$2Z_{\min 3}^{pr} = 160$ мкм

Рисунок 2.2- Схема графічного розташування припусків і допусків на обробку отвору $\varnothing 120^{+0,03}$.

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

012Б-24.00.00.00.000 ПЗ

Арк.

2.4 Визначення режимів різання та технологічного обладнання

Розрахуємо режими різання за емпіричними формулами для операцій:

015 Вертикально-фрезерна

На даній операції виконується фрезерування поверхні 4 в розмір $263 \pm 0,7$.

1. Фреза торцева насадна зі вставними ножами оснащеними пластинками з твердого сплаву Т15К6 згідно з ГОСТ 24359-82.

$D=400$ мм, $Z=20$ (число зубів).

2. Глибина різання $t=3,5$ мм.

Ширина фрезерування $B=280$ мм.

3. Подача $S=0,15$ мм/зуб.

4. Швидкість різання:

Швидкість різання:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^X \cdot S_z^Y \cdot B^u \cdot Z^p} \cdot K_v;$$

де K_v - поправочний коефіцієнт.

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

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

$$K_{mv} = K_r \left(\frac{750}{\sigma} \right)^{n_v} = 1,0 \left(\frac{750}{650} \right)^1 = 1,15;$$

K_{nv} - коефіцієнт, який залежить від стану поверхні заготовки.

Приймаємо $K_{nv} = 0,9$.

K_{uv} - коефіцієнт, який залежить від інструментального матеріалу.

Приймаємо $K_{uv} = 1,0$.

$$K_v = 1,15 \cdot 0,9 \cdot 1,0 = 1,03.$$

Прийmemo, що:

$$C_v = 332; \quad q = 0,2; \quad X = 0,1; \quad Y = 0,4; \quad u = 0,2; \quad p = 0; \quad m = 0,2;$$

$$V = \frac{332 \cdot 400^{0,2}}{400^{0,2} \cdot 3,5^{0,1} \cdot 0,15^{0,4} \cdot 280^{0,2} \cdot 20^0} \cdot 1,03 = 128,8 \text{ м/хв.}$$

Звідси частота обертання шпинделя буде:

									Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	012Б-24.00.00.00.000 ПЗ				

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 176}{\pi \cdot 119} = 470 \text{ хв}^{-1}.$$

5. Сила різання:

$$P_z = 10C_p \cdot t^X \cdot S^Y \cdot V^n \cdot K_p;$$

де K_p - поправочний коефіцієнт.

$$K_p = K_{M_p} \cdot K_{\text{оп}} \cdot K_{\eta} \cdot K_{\lambda_p} \cdot K_{\eta_p} = 1 \cdot 0,89 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,93 = 0,83.$$

Приймаємо: $C_p = 180$; $X = 1,0$; $Y = 0,75$; $n = 0$.

$$P_z = 10 \cdot 180 \cdot 1,5^{1,0} \cdot 0,15^{0,75} \cdot 176^0 \cdot 1 \cdot 0,83 = 1190.$$

6. Потужність різання:

$$N_e = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60};$$

$$N_e = \frac{1190 \cdot 176}{1020 \cdot 60} = 3,4 \text{ кВт}.$$

Даний перехід виконується на свердлильно-фрезерно-розточувальному верстаті моделі IP 800 ВМФ4 з безступеневим регулюванням частот, обертів і подач.

7. Основний машинний час:

$$T_0 = \frac{L_{p.x.}}{S_0 \cdot n} = \frac{40 + 1,5 + 1}{0,15 \cdot 470} = 0,602 \text{ хв}.$$

На інші технологічні операції і переходи, режими різання встановлюємо аналогічно і дані розрахунків заносимо в таблицю 2.3.

Таблиця 2.3- Режими різання

Операція	Зміст переходу	Глибина різання t , мм	Подача, мм/об		Частота обертання n , хв ⁻¹		Швидкість різання, м/хв		Розрахункова потужність різання N , кВт
			Розрахункове	Прийняте	Розрахункове	Прийняте	Розрахункове	Прийняте	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
005	Поздовжньо-фрезерна Фрезерувати пов. 1, 2, 6	2,5	308,8	250	66,6	63	128,8	125,6	8,4

					012Б-24.00.00.00.000 ПЗ				Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата					

Продовження таблиці 2.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
010	Поздовжньо-фрезерна Фрезерувати пов. 1, 3	1	302	250	66,6	63	132,1	125,6	6,42
015	Вертикально-фрезерна Фрезерувати пов. 4	3,5	308,8	250	106,6	100	128,8	125,6	6,4
020	Вертикально-фрезерна Фрезерувати пов. 5	3,5	308,8	250	106,6	100	128,8	125,6	7,8
025	Вертикально-фрезерна Фрезерувати пов. 7 начорно	2,5	308,8	250	406,8	400	128,8	125,6	5,8
030	Вертикально-фрезерна Фрезерувати пов. 7 начисто	1	308,8	250	406,6	400	128,8	125,6	4,7
035	Радіально-свердлильна Свердлити 5 отв. 25	6,25	0,195	0,18	491	475	19,3	18,6	1,63
	Свердлити 2 отв. 24	5,6	0,195	0,18	473	475	17,4	16,6	1,37
	Зенкерувати 2 отв. 24	0,35	0,37	0,315	695	630	26	23,5	1,69
	Розвернути 2 отв. 24	0,05	0,7	0,63	185,5	160	7	6,03	1,21
040	Радіально-свердлильна Свердлити 10 отв. 28	4,25	0,185	0,18	495	475	16,4	14,7	1,2
	Свердлити отв. 27	3,4	0,180	0,18	548	475	12,3	10,1	1,04
	Свердлити отв. 26, 29	4,6	0,195	0,18	503	500	15,6	14,7	1,33
	Зенкерувати отв. 26, 29	0,35	0,37	0,315	667	630	21,3	19,58	1,51
	Нарізати різь 28	0,75	1,5	1,5	277	250	7,5	6,28	1,42
	Нарізати різь 27	0,6	1,25	1,25	294	250	7,3	5,08	1,20
	Розвернути отв. 26, 29	0,05	0,7	0,63	191	160	5,98	5,02	1,03

Продовження таблиці 2.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
045	Свердлильно-фрезерно-розточувальна з ЧПК Фрезерувати по контуру пов.8	2,5	305	305	667	667	88	88	4,6
	Свердлити 10 отв. 55	4,25	0,195	0,195	495	495	16,4	16,4	1,3
	Свердлити 2 отв. 54	3,6	0,175	0,175	564	564	15,1	15,1	1,01
	Зенкерувати 2 отв. 54	0,35	0,34	0,34	648	648	14,3	14,3	1,4
	Розвернути 2 отв. 54	0,15	0,55	0,55	180	180	5,4	5,4	0,87
	Свердлити 2 отв. 49	4,6	0,195	0,195	503	503	15,6	15,6	1,33
	Зенкерувати 2 отв. 49	0,35	0,37	0,37	667	667	21,3	21,3	1,61
	Розвернути 2 отв. 49	0,05	0,7	0,7	191	191	5,98	5,98	1,03
	Свердлити 3 отв. 50	3,4	0,18	0,18	548	548	12,3	12,3	1,2
	Нарізати різь 55	0,75	1,5	1,5	277	277	7,5	7,5	1,42
	Нарізати різь 50	0,625	1,25	1,25	294	294	7,3	7,3	1,2
050	Свердлильно-фрезерно-розточувальна з ЧПК Фрезерувати по контуру пов.52	2,0	305	305	667	667	88	88	4,6
	Свердлити 10 отв. 9	3,4	0,18	0,18	548	548	12,3	12,3	1,2
	Свердлити 6 отв. 10	2,5	0,18	0,18	500	500	8,5	8,5	0,8
	Свердлити 3 отв. 11	18,75	0,32	0,32	545	545	21,4	21,4	2,95
	Свердлити отв. 53	0,625	1,25	1,25	294	294	7,3	7,3	1,20
	Нарізати різь 10	0,625	1,25	1,25	294	294	7,3	7,3	1,20
	Нарізати різь 11	0,5	1,0	1,0	250	250	5,1	5,1	0,9
	Нарізати різь 53	0,75	1,25	1,25	45	45	5,2	5,2	2,3

Продовження таблиці 2.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
055	Свердлильно-фрезерно-розточувальна з ЧПК								
	Свердлити отв. 18	23	0,35	0,35	180	180	26	26	6,8
	Зенкерувати отв. 17, 32	1	0,4	0,4	160	160	30	30	7,9
	Розвернути отв. 17, 32	0,2	2,3	2,3	48	48	9	9	4,1
	Розточити отв. 13, 16 начорно	1,5	0,15	0,15	420	420	163	163	3,2
	Розточити отв. 13, 16 начисто	0,7	0,10	0,10	520	520	165	165	2,1
	Цекувати отв. 35	2,55	0,55	0,55	57	57	16	16	4,6
	Свердлити отв. 14, 19	7,5	0,35	0,35	180	180	26	26	6,8
	Зенкерувати отв. 14, 19	2,2	0,4	0,4	160	160	30	30	8,1
	Розвернути отв. 14, 19	0,3	1,5	1,5	38	38	7	7	3,75
	Розточити отв. 21 начорно	1,5	0,15	0,15	100	100	125,6	125,6	3,4
	Розточити отв. 21 начисто	0,7	0,12	0,12	100	100	125,6	125,6	2,2
	Цекувати отв. 37	2,55	0,55	0,55	40	40	19,4	19,4	5,2
	Розточити отв. 15 начорно	1,5	0,15	0,15	255	255	128	128	3,9
	Розточити отв. 15 начисто	0,7	0,1	0,1	255	255	128	128	2,6
	Свердлити отв. 20	27,5	0,35	0,35	185	185	30	30	6,8
	Зенкерувати отв. 20	1,0	0,4	0,4	40	40	7	7	8,1
	Цекувати отв. 36	2,55	0,55	0,55	62	62	16	16	4,2
060	Горизонтально-розточувальна	1,5	0,17	0,14	581	575	163	155	3,9
	Розточити отв. 22, 22А начорно	0,7	0,12	0,12	581	575	164,	158	2,4
	Розточити отв. 22, 22А начисто	0,3	0,09	0,08	581	575	7	160	1,9
	Розточити отв. 22, 22А тонко						169		

Арк.

012Б-24.00.00.00.000 ПЗ

Зм. Лист № докум. Підп. Дата

Продовження таблиці 2.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
065	Радіально-свердлильна								
	Свердлити 4 отв. 39	2,5	0,2	0,18	530	500	9,1	8,5	0,8
	Свердлити отв. 38, 40	3,4	0,21	0,18	548	500	13,1	12,3	1,2
	Свердлити 3 отв. 56	3,5	0,21	0,18	548	500	13,1	12,6	1,2
	Нарізати різь 39	0,5	1,0	1,0	263	250	5,7	5,1	0,9
	Нарізати різь 40, 38	0,62	1,25	1,25	294	250	7,3	5,8	1,1
		5							
070	Радіально-свердлильна								
	Свердлити 12 отв. 41	3,4	0,21	0,18	548	500	13,1	12,3	1,2
	Зенкувати фаски	1,6	0,12	0,12	520	500	16,1	14,2	0,8
	Нарізати різь в 12 отв. 41	0,62	1,25	1,25	294	250	7,3	5,8	1,1
		5							
075	Радіально-свердлильна								
	Свердлити 8 отв. 46	3,4	0,21	0,18	548	500	13,1	12,3	1,2
	Свердлити 5 отв. 45	4,25	0,19	0,18	505	500	15,6	16,7	1,17
	Свердлити 2 отв. 44	4,6	5	0,18	503	500	16,9	17	1,38
	Свердлити 2 отв. 51	2,5	0,19	0,18	530	500	9,1	8,5	0,8
	Нарізати різь 46	0,62	5	1,25	294	250	7,3	5,8	1,1
	Нарізати різь 45	5	0,2	1,5	277	250	7,5	6,28	1,42
	Нарізати різь 51	0,75	1,25	1,0	263	250	5,7	5,1	0,9
	Зенкерувати отв. 44	0,5	1,5	0,31	667	630	21,3	19,5	1,51
	Розвернути отв. 44	0,35	1,0	5	191	160	5,91	8	1,03
		0,05	0,37	0,63				5,02	
			0,7						

2.5 Нормування технологічного процесу

Технічні норми часу в умовах великосерійного виробництва встановлюються розрахунково аналітичним методом.

Штучний час визначаємо з залежності:

$$T_{шт} = T_o + T_o + T_{об} + T_e$$

де, T_o - основний час, хв.;

T_o - допоміжний час, хв.;

					012Б-24.00.00.00.000 ПЗ				Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата					

$T_{об}$ - час на обслуговування робочого місця, хв.;

$T_{в}$ - час на відпочинок та фізичні потреби, хв.

$$T_{д} = T_{ус} + T_{зак} + T_{уп} + T_{від}$$

де, $T_{ус}$ - час на установку та зняття деталі;

$T_{зак}$ - час на закріплення і відкріплення деталі;

$T_{уп}$ - час на управління верстатом;

$T_{від}$ - час на обслуговування робочого місця.

Основний час розраховується на основі прийнятих загальних формул які безпосередньо впливають з типу операцій та прийнятих режимів різання

В загальному випадку цей час можна визначити по формулі:

$$T_0 = L / (S \cdot n);$$

де L - довжина оброблюваної поверхні;

S - подачі, в мм/об;

n - частина обертання, в об/хв..

Допоміжний час та його складові визначаються з довідкової літератури та нормативних даних.

Час на обслуговування робочого місця $T_{об}$ для великосерійного виробництва включає в себе і час на відпочинок і у відповідності з нормативними даними визначається в процентах від оперативного часу:

$$T_{он} = T_o + T_{д};$$

Таким чином загальний час на обслуговування робочого місця визначається по формулі:

$$T_{об} = T_{он} \cdot П / 100;$$

де $П$ - затрати часу на відпочинок в процентному співвідношенні до оперативного часу. Відповідні значення приведені в довідковій літературі.

Операція 015 Вертикально-фрезерна

Вихідні дані: маса деталі – 210 кг;

Верстат вертикально-фрезерний мод. 6550 20% партії контролюється шаблоном.

					012Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

$T_o = 2,896 \text{ хв}$ - основний час на операції;

$T_{уз.} + T_{з.в.} = 0,358 + 0,024 = 0,372 \text{ хв}$ - час на установку і зняття деталі.

Час на прийом управління:

- включити і виключити верстат кнопкою – 0,01 хв;
- підвести деталь до фрези в поздовжньому напрямі – 0,04 хв;
- перемістити стіл в зворотньому напрямі на 750мм – 0,34 хв.

$T_{ун} = 0,01 + 0,04 + 0,34 = 0,39 \text{ хв}$.

Час затрачений на вимір деталі складає 0,22 хв. При 20% контролюємих деталей одержимо:

$$T_{вим} = \frac{0,22 \cdot 20}{100} = 0,044 \text{ хв};$$

Поправочний коефіцієнт для великосерійного виробництва $K=1,5$.

Звідси допоміжний час буде:

$$T_o = (0,372 + 0,39 + 0,044) \cdot 1,5 = 1,209 \text{ хв}.$$

Оперативний час:

$$T_{он} = 2,896 + 1,209 = 4,569 \text{ хв}.$$

Час на обслуговування робочого місяця

$$T_{тех} = \frac{T_o \cdot t_{см}}{T_{ст}} = \frac{2,896 \cdot 4,5}{300} = 0,05 \text{ хв}.$$

Час на організаційне обслуговування робочого місяця складає 1,4% від оперативного часу:

$$T_{орг} = \frac{4,569 \cdot 1,4}{100} = 0,06 \text{ хв}.$$

Час перерв на відпочинок складає $\Pi_{від} = 5\%$ від оперативного часу:

$$T_{від} = \frac{4,569 \cdot 5}{100} = 0,228 \text{ хв}.$$

Штучний час:

$$T_{шт} = 4,569 + 0,05 + 0,06 + 0,228 = 4,967 \text{ хв}.$$

Для інших технологічних операцій норми часу зводимо в таблицю 2.4.

					012Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

Таблиця 2.4.- Технічні норми часу по операціях технологічного процесу

Номер і назва операції	T_o	$T_{дон}$			$T_{он}$	$T_{об}$		$T_{відн.}$	$T_{шт.}$
		$T_{у.з.} + T_{в.з.}$	$T_{уп}$	$T_{вим}$		$T_{тех}$	$T_{орг}$		
005 Поздовжньо-фрезерна	2,78	0,372	0,39	0,44	3,882	0,04	0,05	0,192	4,164
010 Поздовжньо-фрезерна	3,50	0,372	0,349	0,44	4,719	0,05	0,06	0,228	5,057
015 Вертикально-фрезерна	2,896	0,372	0,39	0,44	4,569	0,05	0,06	0,228	4,967
020 Вертикально-фрезерна	3,12	0,372	0,39	0,44	4,329	0,05	0,06	0,212	4,641
025 Вертикально-фрезерна	2,54	0,372	0,39	0,44	3,749	0,04	0,05	0,185	4,024
030 Вертикально-фрезерна	2,38	0,372	0,39	0,52	3,662	0,04	0,05	0,178	3,93
035 Радіально-свердлильна	1,34	0,372	0,48	0,618	2,810	0,02	0,03	0,121	2,971
040 Радіально-свердлильна	3,89	0,412	0,44	0,510	4,33	0,08	0,05	0,243	4,706
045 Свердлильно-фрезерна з ЧПК	12,3	0,412	2,605	1,504	16,821	0,234	0,12	0,312	17,487
050 Свердлильно-фрезерна з ЧПК	14,93	0,412	2,307	1,208	18,857	0,302	0,13	0,321	19,61
055 Свердлильно-фрезерно-розточувальна ЧПК	17,41	0,412	2,83	1,619	22,321	0,384	0,15	0,339	23,194
060 Горизонтально-розточувальна	1,94	0,412	0,46	0,612	3,424	0,15	0,06	0,208	3,842
065 Радіально-свердлильна	2,73	0,412	0,38	0,12	3,642	0,07	0,05	0,201	4,063
070 Радіально-свердлильна	2,96	0,412	0,36	0,14	3,872	0,07	0,05	0,213	4,305
075 Радіально-свердлильна	5,39	0,412	0,43	0,17	6,402	0,11	0,07	0,317	6,899

					012Б-24.00.00.00.000 ПЗ				Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата					

3 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

3.1 Верстатний пристрій для фрезерування

3.1.1 Вибір і обґрунтування принципу дії та структурної схеми

Оскільки маємо великосерійний тип виробництва, то виникає необхідність в застосуванні спеціального верстатного пристрою.

Пристрій використовується при виконанні операції 015, де виконується однократне фрезерування поверхні 4. Для скорочення штучного часу привід пристрою (силовий затиск) необхідно виконати автоматизованим з використанням засобів механізації (гідро-, пневмопривід).

При значних зусиллях різання перевагу слід надавати використанню гідроприводу, що зменшує габарити пристрою, відповідно його масу і забезпечує постійний силовий затиск. Пристрій повинен забезпечувати необхідну точність обробки, бути надійним в роботі і забезпечувати зручність при налагоджуванні і ремонті.

Переваги використання верстатних пристроїв:

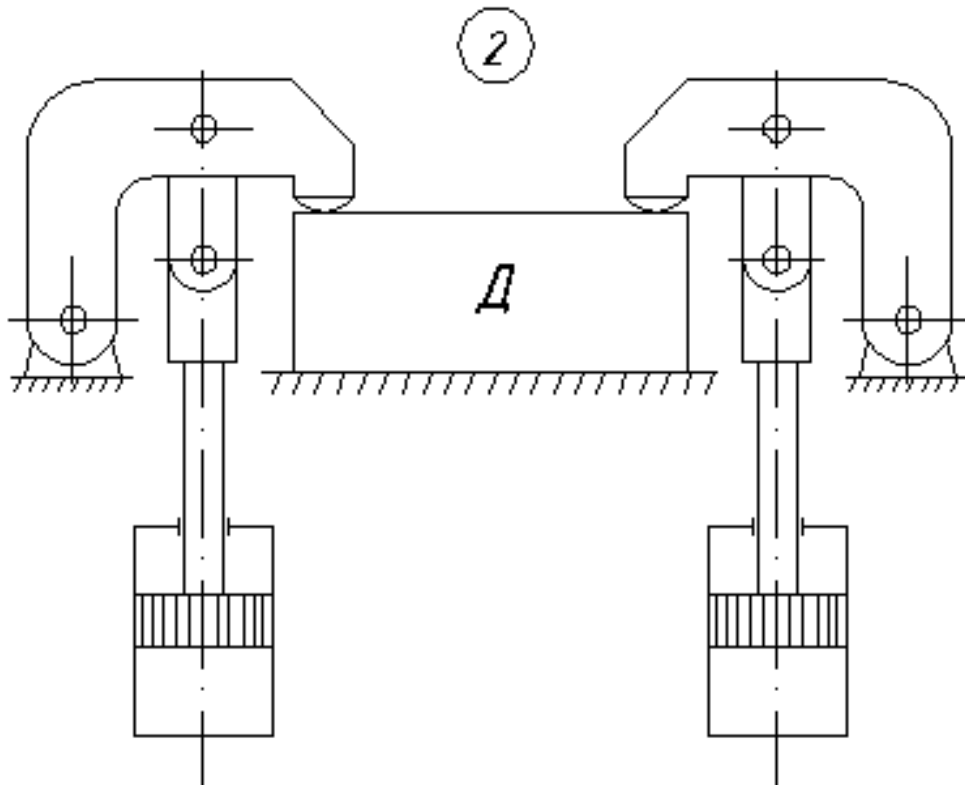
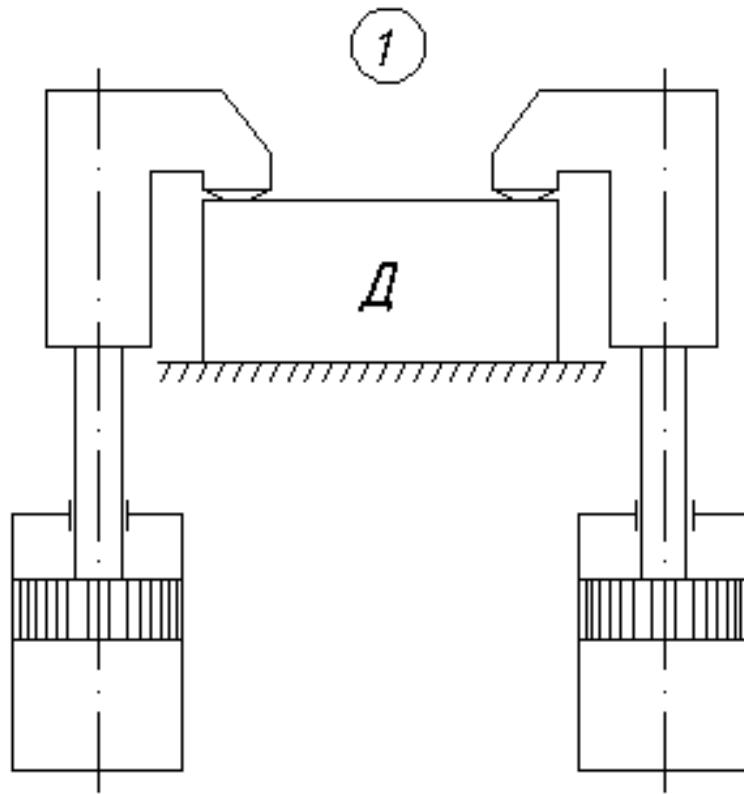
- спрощення установки заготовки;
- спрощення штучного часу за рахунок зменшення допоміжного часу;
- постійність силового затиску.

Для вибору раціональної схеми компоновки пристрою нижче наведено можливі варіанти схем (дивитись рисунок 3.1.).

Для визначення найбільш раціональної схеми установки і затиску деталі в даному пристрої проводимо аналіз і синтез кількох схем. Можливі схеми закріплення заготовки представлені на рис. 3.1. У всіх випадках для підвищення силового ефекту приводу використовуються механізми підсилювачі шарнірно-важільного типу. Найбільша компактність досягається при використанні вмонтованого безпосередньо в корпус пристрою силового приводу.

Вибір оптимальної схеми компоновки приводу здійснюється по коефіцієнтах вагомості:

					012Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		



Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

012Б-24.00.00.00.000 ПЗ

Арк.

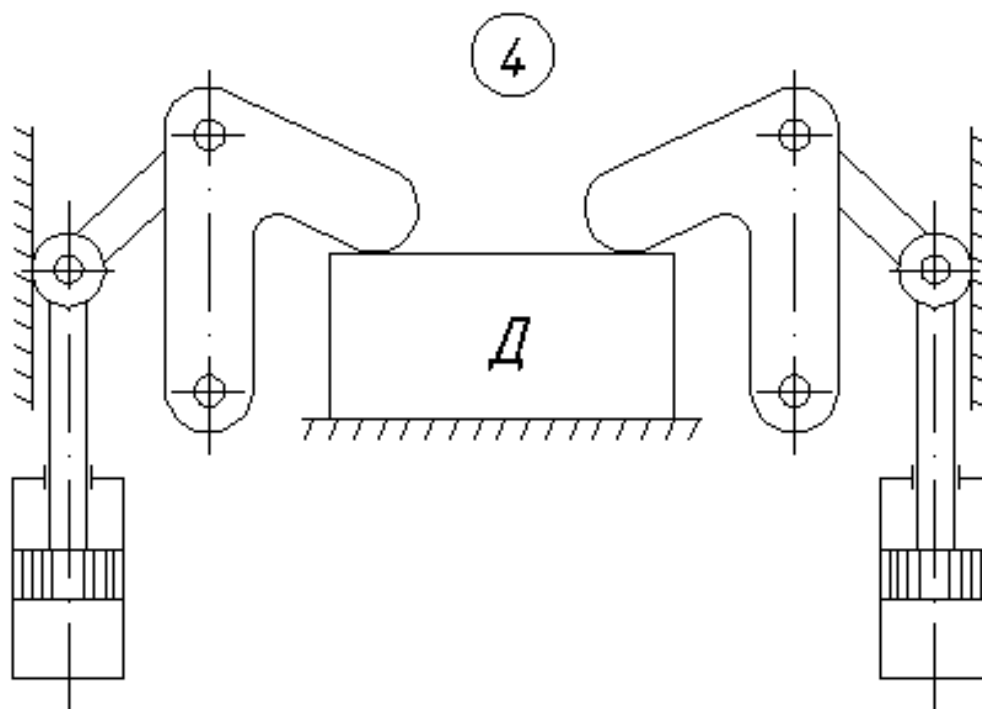
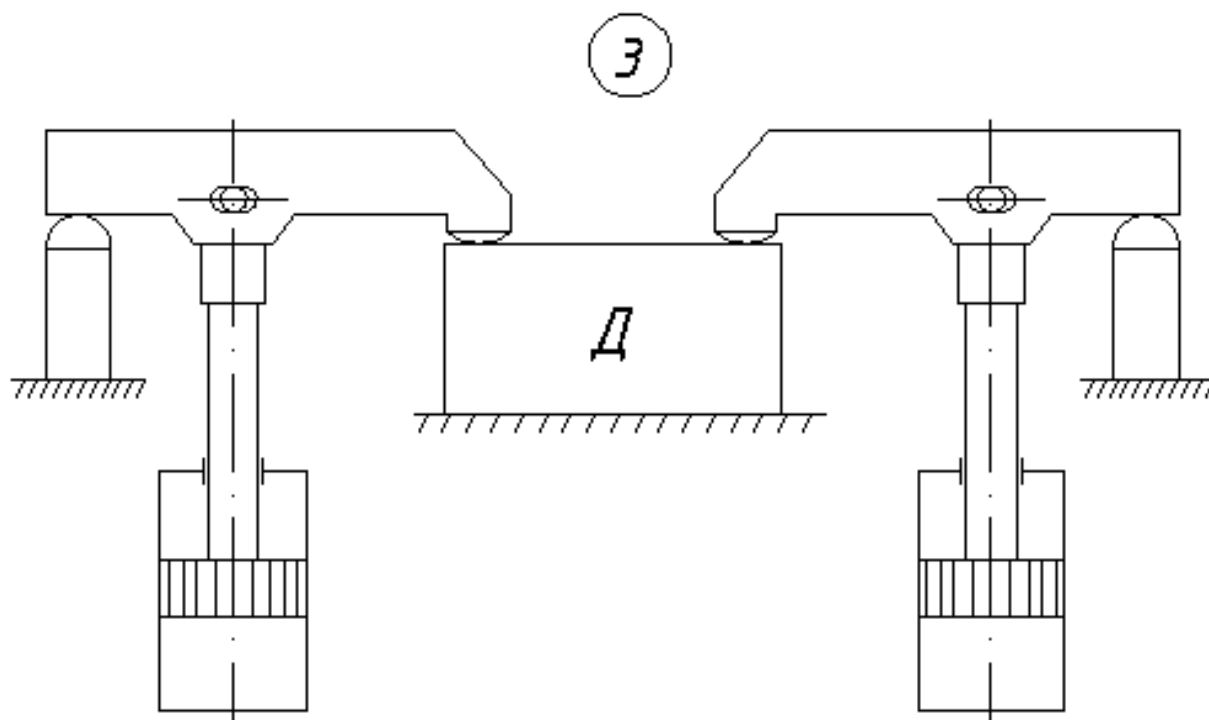


Рисунок 3.1- Схеми компоновок пристроїв

$$K_{\Sigma} = \sum K_i \cdot n_i;$$

де K_i - критерій оцінки;

n_i - критерій вагомості.

					012Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

Критерії оцінки зводимо в таблицю 3.1.

Таблиця 3.1- Критерії оцінки

№ схеми	Оптимальний коефіцієнт підсилення	Володіння властивістю самогальмування	Кількість передавальних механізмів	Наявність проміжної ланки	Критерій оцінки
1	1	–	0	–	0,4
2	1	–	2	1	0,1
3	1	–	1	–	0,4
4	2,8	–	1	1	1,1
Вага критерію	0,5	0,3	-0,1	-0,2	

Найбільший сумарний критерій оцінки має схема 4 і тому вона приймається для подальшого детального розроблення як найраціональніша.

3.1.2 Розрахунок пристрою на точність

Для визначення точності пристрою необхідно виходити з нерівності:

$$\delta \geq \sum_{i=1}^n \Delta_i ;$$

де δ - величина допуску на оброблюваний розмір;

$\sum \Delta_i$ - сумарна похибка пристрою.

Ця похибка складається з похибки базування Δ_{δ} , похибки установки Δ_y , похибки закріплення Δ_z , похибки обробки $\Delta_{обр}$ і похибки пристрою $\Delta_{пр}$:

$$\delta \geq \Delta_{\delta} + \Delta_y + \Delta_z + \Delta_{обр} + \Delta_{пр} .$$

Враховуючи векторний характер похибок, можна записати формулу для визначення сумарної похибки пристрою:

$$\Delta_{пр} \leq \delta - K \cdot \sqrt{\Delta_{\delta}^2 + \Delta_y^2 + \Delta_n^2 + \Delta_{обр}^2 + \Delta_{пр}^2 + \Delta_{уст}^2} ;$$

$\Delta_{\delta} = 0$ - похибка базування, так як суміщені вимірні і установочні бази;

									Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	012Б-24.00.00.00.000 ПЗ				

$\Delta_z = 0,05\text{мм}$ - похибка закріплення;

$\Delta_{zn} = 0,04\text{мм}$ - похибка зношування установочних елементів;

$\Delta_n = 0,02\text{мм}$ - похибка поповнення;

$\Delta_{np} = 0$ - похибка зміщення різального інструменту, так як відсутні направляючі елементи пристрою.

Економічна точність рівна 0,1. Приймаємо $K_1 = 0,7$, одержимо $\Delta_{обр} = 0,12\text{мм}$.

Підставивши одержані значення в формулу, одержимо:

$$\Delta'_{np} \leq 0,52 - 1,2 \cdot \sqrt{0^2 + 0,05^2 + 0,04^2 + 0,02^2 + 0^2 + 0,12^2} = 0,185;$$

Точність пристрою вища від допуску на оброблюваний розмір в 2,8 рази.

3.1.3 Силовий розрахунок параметрів приводу

Силу затиску W , яка створюється затискачем, можна визначити, розв'язуючи систему рівнянь:

$$\frac{T}{\cos \alpha} \cdot l_2 - W \cdot l_1 - f' \cdot R \cdot r = 0;$$

$$W^2 + \left(\frac{T}{\cos \alpha}\right)^2 = R^2;$$

де f' - приведений коефіцієнт тертя в опорі Б;

R - реакція в опорі Б;

r - радіус осі Б;

T - сила на штоці гідроциліндра.

Піднесемо перше рівняння до квадрату, а друге помножимо на $(f' \cdot r)^2$, а потім вирахуємо другий результат з першого і отримаємо наступне рівняння:

$$W^2 [l_1^2 - (f' \cdot r)^2] - W \left(\frac{2T}{\sin \alpha} \cdot l_1 \cdot l_2 \right) + \frac{T^2}{\sin \alpha} [l_2^2 - (f \cdot r)^2] = 0;$$

									Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	012Б-24.00.00.00.000 ПЗ				

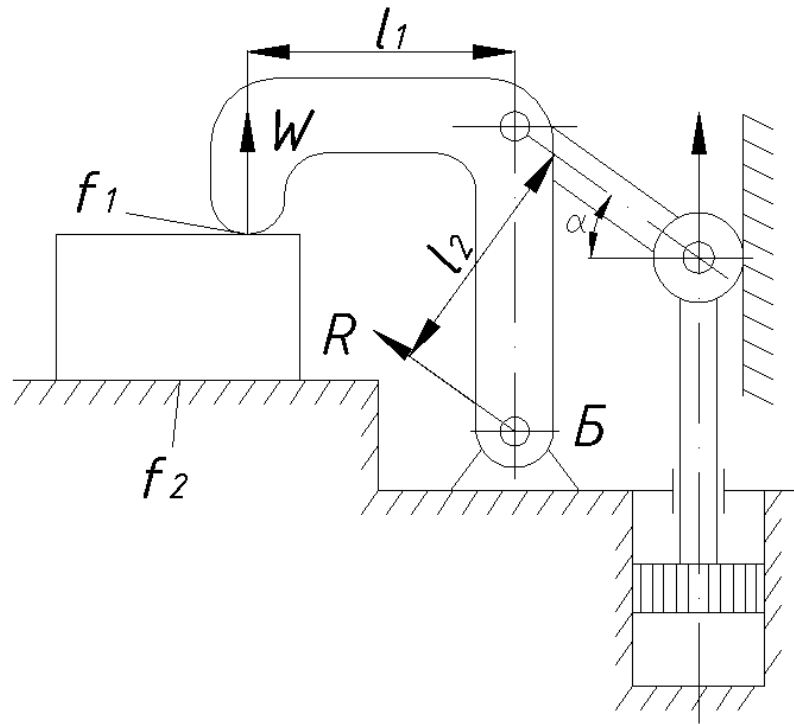


Рисунок 3.2- Схема для розрахунку степені підсилення з допомогою шарнірного підсилювача.

Так як квадрат величини $(f'r) < 1$ і $f' = 0,127$, а r в 3-4 рази менший за l_1 , то коефіцієнт при невідомому в другій степені без великої похибки можна рахувати рівним l_1^2 , а коефіцієнт при T^2 - рівним l_2^2 .

$$\text{Тоді: } l_1^2 W^2 - \frac{2T}{\sin \alpha} \cdot l_1 \cdot l_2 \cdot W + l_2^2 \cdot \frac{T^2}{\sin \alpha} = 0;$$

$$\text{Звідси } W = \frac{\frac{2T}{\sin \alpha} \cdot l_1 \cdot l_2 + \sqrt{4 \left(\frac{T}{\sin \alpha} \right)^2 \cdot l_1^2 \cdot l_2^2 - 4T^2 \cdot l_1^2 \cdot l_2^2}}{2l_1^2} = \frac{T \cdot l_2}{\sin \alpha \cdot l_1};$$

Внаслідок цього коефіцієнт підсилення такого типу можна визначити не враховуючи похибки на тертя, тобто за формулою:

$$K_c = \frac{W}{T} = \frac{l_2}{\cos \alpha \cdot l_1};$$

В нашому випадку $K_c = 2,8$.

Необхідна сила затиску буде:

$$W = \frac{K \cdot P_z}{f_1 + f_2};$$

						012Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата			

де $K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 = 1,5 \cdot 1 \cdot 1,05 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,5 = 2,83$ - коефіцієнт затиску сили затиску;

f_1, f_2 - коефіцієнти тертя відповідно в місцях контакту заготовки з опорами і з затискним механізмом.

$$W = \frac{2,83 \cdot 3765}{0,16 + 0,7} = 14020,4 \text{ Н}.$$

Так як в пристрої задані два механізми затиску, то кожен з них розвиває зусилля $7010,2 \text{ Н}$.

Необхідна сила на штоці буде:

$$P_c = \frac{Q}{K_c} = \frac{7010,2}{2,8} = 2530,8 \text{ Н}.$$

Визначимо параметри силового приводу:

Діаметр гідроциліндра буде:

$$D = 1,13 \cdot \sqrt{P_c / (p \cdot \eta_{\text{мех}})} = 1,13 \cdot \sqrt{25308 / (6,3 \cdot 0,9)} = 78,5 \text{ мм};$$

де $p = 6,3 \text{ МПа}$ - тиск мастила;

$\eta_{\text{мех}} \leq 0,93$ - механічний ККД.

Приймаємо діаметр гідроциліндра $D_{\text{пр}} = 80 \text{ мм}$.

3.1.4 Опис конструкції та роботи пристрою

Даний пристрій складається зі зварного корпусу 1 на якому встановлюється і монтуються базуючі і затискні елементи пристрою. Оброблювана деталь встановлюється на опорні планки 11 і орієнтується в пристрої 9 і зрізаним 10 пальцями.

Затиск деталей здійснюється затискачами 3 встановленими в корпусі 7. Зусилля затиску передається від штоку гідроциліндра 20 через шарнірну планку 4 на затискачі. Для забезпечення нормальної роботи пристрою, радіальні навантаження сприймає протилежна планка 6.

										Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	012Б-24.00.00.00.000 ПЗ					

Пристрій встановлюється на стіл вертикально-фрезерного верстату моделі 6550 і кріпиться до нього верстатними болтами. Орієнтація пристрою на столі верстату забезпечується шпонками.

3.2 Контрольний пристрій

Пристрій призначений для контролю співвісності отворів $\varnothing 160^{+0,04}$ відносно отвору $\varnothing 120^{+0,03}$.

На стержні 1 монтується корпуси 2, 3 з встановленими на них жорсткими 5 і підпружиненими 4 пальцями.

Виставлення на «0» індикатора 15 здійснюється по еталонній деталі. Пристрій встановлюється в контрольовані отвори. Підпружинені пальці 4 забезпечують постійний контакт з контрольованими поверхнями. Вимірний стержень накопичує постійно з контрольованою поверхнею за допомогою пружини 6.

Зміна показів індикатора 15 за оберт пристрою в контрольованих отворах визначає допуск співвісності контрольованого отвору відносно базового.

Аналогічні конструкції пристроїв використовуються для контролю співвісності інших основних отворів деталі.

3.3 Розрахунок спеціального різального інструмента

Для обробки отвору $\varnothing 48^{+0,17}$ мм з підрізкою торця та фаски в отворі використовуємо комбінований інструмент.

Використовуємо спеціальне свердло з циліндричним хвостовиком для кріплення в оправці та насадний зенкер з вставними пластинами з твердого сплаву ВК6.

Обертовий момент передається за допомогою пазу. Зенкер разом з свердлом кріпиться в оправі за допомогою гвинта. Оправка має стандартний хвостовик з конусом Морзе № 4, за допомогою якого вона кріпиться в шпинделі силової головки верстата.

					012Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

Розрахунок свердла не виконуємо, у зв'язку з малим розмірами фаски 1×300. Кут при вершині свердла $2\varphi=60^0$. Матеріал свердла – сталь Р6М5.

Діаметр зенкера $D=48\text{мм}$.

Геометричні та конструктивні параметри робочої частини зенкера:

$\alpha=80^0$, $\alpha_l=100^0$ – задній кут;

$\omega=10^0$ – кут нахилу гвинтової канавки.

$\lambda=+12^0$ – кут нахилу різальної кромки.

$\gamma=0^0$ – передній кут.

$\varphi=60^0$ – головний кут в плані.

$\varphi_0=30^0$ – кут в плані перехідної кромки.

$H=\pi \cdot D \cdot \text{ctg}10^0 = \pi \cdot 48 \cdot \text{ctg}10^0 = 232,6\text{мм}$ – крок гвинтової канавки.

Комбінований інструмент збірної конструкції вимагає розрахунку на жорсткість та точність.

«Найбільше переміщення різальної кромки буде мати місце у випадку, що відповідає початку входження зенкера для обробки отвору:

$$\delta_e = \frac{P \cdot (l_1 + l_2)^3}{3 \cdot E \cdot J_1} + \frac{P \cdot l_2^3}{3 \cdot E \cdot J_2} + P \frac{Q_1}{M} (l_1 + l_2)^2 + P \frac{Q_2}{M} l_2.$$

де $\frac{Q_1}{M}$ – податливість в конусі, 7:24

$\frac{Q_2}{M}$ – податливість в циліндричному з'єднанні;

P – сила різання;

J – осьовий момент опору перерізу;

E – модуль повздовжньої пружності ($E= 2,1 \cdot 10^2\text{ГПа}$);

$l_1=40\text{мм}$, $l_2=30\text{мм}$ – довжина елементів допоміжного інструменту»[1].

«За формулою визначаємо радіальну складову сили різання:

$$P_y = 10 \cdot C_{py} \cdot t^{x_{py}} \cdot S^{y_{py}} \cdot V^{n_{py}} \cdot K_{py}.$$

де $C_{py}=54$; $x_{py}=0,9$; $y_{py}=0,75$; $n_{py}=0$ – коефіцієнт та показники степенів;

$K_{py}=K_{mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{\gamma p}=0,86$ – поправочний коефіцієнт»[1];

$t=2,0$ мм – глибина різання;

										Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	012Б-24.00.00.00.000 ПЗ					

$S=0,15$ мм/об – подача.

$$P_y=10 \cdot 54 \cdot 2^{0,9} \cdot 0,15^{0,75} \cdot 0,86=208,9 \text{ Н.}$$

За формулою визначаємо осьовий момент:

$$J=0,05 \cdot d^4.$$

де d – діаметр перетину.

$$J_1=0,05 \cdot 19^4=0,65 \cdot 10^4 \text{ мм}^4;$$

$$J_2=0,05 \cdot 484=26,54 \cdot 10^4 \text{ мм}^4;$$

$$\frac{Q_1}{M} = 0,00142 \frac{1}{\text{кН} \cdot \text{м}};$$

$$\frac{Q_2}{M} = 0,037 \frac{1}{\text{кН} \cdot \text{м}}.$$

Підставивши отримані значення отримаємо:

$$\delta_g = 0,86 \text{ мм.}$$

Тоді відносне переміщення вершини свердла з регульованим вильотом

$$\Delta = \frac{\delta_g}{P} = \frac{0,86}{208,9} = 0,004 \text{ мм/Н.}$$

Розрахунок биття оправки для обробки отвору, биття конічного отвору верстату Н класу точності на вильоті складає 0,001 мм на 300 мм довжини. Похибка виготовлення конічних поверхонь з конусністю 7:24 приймаємо за ГОСТ 19880-94 IT7, що відповідає максимальній різниці кутів внутрішнього та зовнішнього конусів 16' і значенню перекосу в конічному з'єднанні 0,0025 мм на вильоті 100 мм.

«За формулою знаходимо биття оправки:

$$2e = \frac{2}{K_\Sigma} \sqrt{A_i^2 \cdot K_i^2 \cdot e_i^2 + \sum A_{xi}^2 \cdot K_{xi}^2 \cdot e_{xi}^2}.$$

де K_Σ – коефіцієнт, який вказує відносне розсіювання замикаючої ланки

$$K_\Sigma = 1 + \frac{0,55}{\sum e_i} \left(\sqrt{K_i^2 \cdot e_i^2} - \sqrt{e_i^2} \right).$$

$A_i \cdot K_i \cdot e_i$ – прийнятий найбільший добуток однієї із векторних величин e_i на її передавальне відношення A_i і коефіцієнт відносного розсіювання K_i » [1].

Отже,

										Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	012Б-24.00.00.00.000 ПЗ					

$$K_{\Sigma} = 1 + \frac{0,55}{0,004} \left(\sqrt{1,14^2 \cdot 0,004^2} - \sqrt{0,004^2} \right) = 1,077.$$

де $e_i=4$ мкм; $K_i=1,14$; $A_i=1$.

Тоді:

$$2e = \frac{2}{1,077} \sqrt{1^2 \cdot 1,14^2 \cdot 0,004^2 + 1^2 \cdot 0,63^2 \cdot 1,1^2} = 8,56 \text{ мкм.}$$

Отже биття $2e$ складає 0,008 мм на вильоті 50 мм.

					012Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

4 ПРОЕКТУВАННЯ МЕХАНІЧНОЇ ДІЛЬНИЦІ

4.1 Уточнення типу виробництва, організаційної форми

Основними даними для уточнення типу виробництва є працемісткість і річна програма виготовлення деталі. Кількість основного технологічного обладнання:

$$C_p = \frac{T_{ум} \cdot N}{60 \cdot \Phi_\delta};$$

де C_p - кількість верстатів розрахункова, яка необхідна для виконання річної програми.

$T_{ум}$ - працемісткість виконання операції, хв.;

Φ_δ - річний фонд часу роботи обладнання дійсний. Прийmemo 4055 год при двозмінному режимі роботи.

Коефіцієнт завантаження $\eta_{з.факт.}$:

$$\eta_{з.факт.} = \frac{C_p}{C_{пр}};$$

де $C_{пр}$ - кількість верстатів прийнята [1].

Всі розрахунки зводимо у таблицю 4.1.

Таблиця 4.1- Розрахунок необхідної кількості верстатів

№ операції	Назва операції	Норма часу на одну операцію, хв	Необхідність у верстатах		Фактичний коефіцієнт завантаження	Кількість операцій закріплення за робочим місцем
			C_p	$C_{пр}$		
1	2	3	4	5	6	7
005	Поздовжньо-фрезерна	4,48	0,24	1	0,24	4
010	Поздовжньо-фрезерна	5,25	0,29	1	0,29	3
015	Вертикально-фрезерна	5,16	0,27	1	0,27	3
020	Вертикально-фрезерна	4,63	0,25	1	0,25	3
025	Вертикально-фрезерна	4,16	0,20	1	0,20	4

					012Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

Продовження таблиці 4.1

1	2	3	4	5	6	7
030	Вертикально-фрезерна	3,46	0,17	1	0,17	5
035	Радіально-свердлильна	1,58	0,10	1	0,10	8
040	Радіально-свердлильна	5,05	0,26	1	0,26	3
045	Свердлильно-фрезерно-розточувальна	17,39	1,06	2	0,53	2
050	Свердлильно-фрезерно-розточувальна	22,56	1,24	2	0,62	2
055	Свердлильно-фрезерна	24,45	1,34	2	0,67	2
060	Горизонтально-розточувальна	4,24	0,23	1	0,23	3
065	Радіально-свердлильна	4,23	0,23	1	0,23	3
070	Радіально-свердлильна	4,90	0,27	1	0,27	3
075	Радіально-свердлильна	7,51	0,37	1	0,37	2
	Разом	119,05		18		50

Коефіцієнт закріплення операції $K_{з.о.}$

$$K_{з.о.} = \frac{\sum K_o}{\sum K_{р.м.}} = \frac{50}{19} = 2,63;$$

де $\sum K_o$ - кількість всіх операцій які виконуються на дільниці.

$\sum K_{р.м.}$ - кількість робочих місць на дільниці.

Згідно з ГОСТ 3.1108-94 встановлено, що тип нашого виробництва – великосерійний.

$$R = \frac{T_{ум.сер}}{t_g};$$

де $T_{ум.сер}$ - середній штучний час оброблення;

t_g - такт випуску, який визначається за формулою:

$$t_g = \frac{60 \cdot \Phi_o}{N} = \frac{60 \cdot 4015}{1000} = 240,9 \text{ хв};$$

$$R = \frac{7,93}{240,9} \approx 0,04.$$

Так як $R < 0,6$, то бачимо, що доцільно застосувати групову форму виробництва.

									Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	012Б-24.00.00.00.000 ПЗ				

4.1.2 Визначення кількості працівників на дільниці

1) Розрахунок кількості основних виробничих робітників.

Для дільниці величина завантаження верстатів:

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

де, $m = 2$ - кількість змін;

$Snp = 6$ - кількість верстатів прийнята.

$$\eta = \frac{119,85 \cdot 1000}{60 \cdot 4015 \cdot 18} = 0,39 .$$

Кількість виробничих основних робітників:

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

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

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

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

$kp = 0,87$ - коефіцієнт, який корегує час на відпуск і невихід робітника на роботу.

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

$$R_{вер.} = \frac{4015 \cdot 18 \cdot 0,39}{1800 \cdot 1} = 15,5 \approx 16(робітників) .$$

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

$$R_{сл.} = R_{вер.} \cdot 3\% = 16 \cdot 0,03 = 0,48 \approx 1(роб.-слюсар) .$$

3) Розрахунок кількості допоміжних робітників На дільниці береться у відсотках від кількості основних робітників.

$$R_0 = R_{вер.} \cdot 25\% = 16 \cdot 0,25 = 4(роб.) .$$

(з них 2 контролери).

4) Загальна кількість працюючих на дільниці:

					012Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

$$R = R_{\text{вер.}} + R_{\text{сл.}} + R_{\text{о}} = 16 + 1 + 4 = 21 (\text{працівники});$$

I зміна – 11 чол., II зміна – 10 чол.

4.1.2 Розрахунок виробничої площі дільниці

Виробнича площа дільниці, визначається за площею питомою на один верстат:

для малих верстатів – 10-15 м²;

для середніх – 15-30 м²;

для великих – 30-45 м²;

для особливо великих – 50-150 м²;

Приймаємо: верстати мод.: Р6М83, 6М614 - 30 м²; 2Н150, 2Н125, 2256 - 10 м²; 3П722 - 45 м².

Виробнича площа дільниці:

$$S_{\text{в}} = 3 \cdot 10 + 11 \cdot 30 + 4 \cdot 45 = 540 (\text{м}^2);$$

Площа допоміжних дільниць, складів:

Відділення контрольне: площа визначається з розрахунку 5-6 м² на одного контролера з врахуванням коефіцієнта інтервалу 1,5 ÷ 1,75; кількість контролерів – 2.

$$S_{\text{к}} = 4 \cdot 2 \cdot 1,75 = 14 (\text{м}^2)$$

Загальна площа:

$$\text{- дільниці: } S_{\text{заг.д.}} = S_{\text{в}} + S_{\text{к}} = 540 + 14 = 554 (\text{м}^2);$$

4.1.3 Розробка технічного планування дільниці

Планування дільниці повинна забезпечувати найбільш сприятливі умови виробництва і разом з тим, всі вимоги безпеки, санітарії, та пожежні вимоги.

Технологічне обладнання на дільниці 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 на дільниці

					012Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

наявні окремі входи і виходи, в'їзди і виїзди для транспорту і людей. Всі ворота і двері відкриваються назовні.

На випадок пожежі в цеху, 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 + 0,2. Ворота цеху мають розміри 3х3,5м, для безперешкодного заїзду автомашин з вантажем.

Основний принцип розташування обладнання на ділянці є забезпечення найкоротшого шляху руху деталі, з врахуванням розташування проходів і проїздів. Відстань між верстатами рівна $A=1200\text{мм}$ по фронту. Ширину проїздів Б приймаємо $B=3400\text{мм}$; проходів $V=1400\text{мм}$. Ширину стелажного обладнання приймаємо рівною 0,47м. Відстань між тильними сторонами верстату $\Gamma=900\text{мм}$. Відстань від бокової сторони верстату до колон складає $D=1300\text{мм}$.

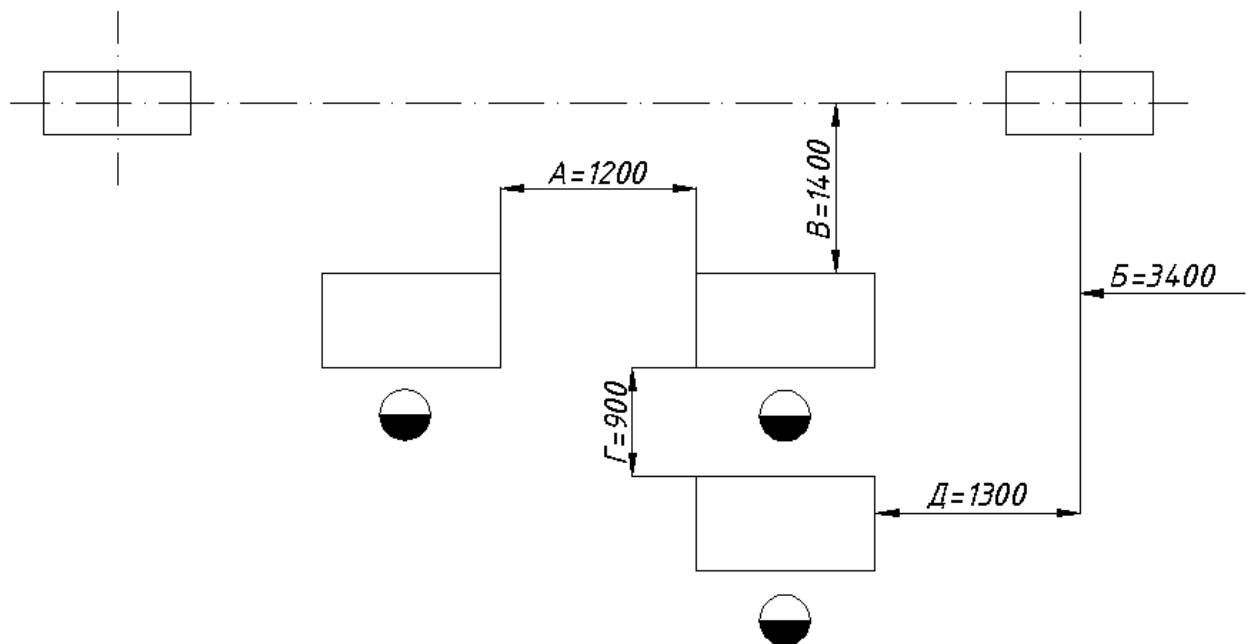


Рисунок 4.1- Схема розташування верстатів.

4.1.4 Основні техніко-економічні показники ділянки

Основні техніко-економічні показники ділянки зведемо в таблицю 4.2.

					012Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

Таблиця 4.2 – Основні техніко-економічні показники дільниці

№ п/п	Показник	Одиниці виміру	По дільниці
1	Найменування виробу		корпус
2	Річна програма випуску	шт.	1000
3	Кількість верстатів	шт	18
4	Тип виробництва		великосерійне
5	Кількість робітників: - основних - допоміжних всього	чол.	16 5 21
6	Виробничі площі: - основного виробництва - допоміжного виробництва всього	М ²	540 14 554
7	Питома площа на одного основного робітника	М ²	34

					012Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Розрахунок загальної обмінної вентиляції на дільниці

Оскільки, дане приміщення (механічний цех), в якому розміщені дільниці механічної обробки, має шкідливі виділення надлишкової явної теплоти, кількість повітря визначають із умови асиміляції надлишків цієї теплоти. Розрахункова схема наведена на рисунку 5.1.

Кількість приточного повітря (м³/год):

$$L_{np} = Q_{над} / C \cdot \rho_{np} (t_{вих} - t_{np});$$

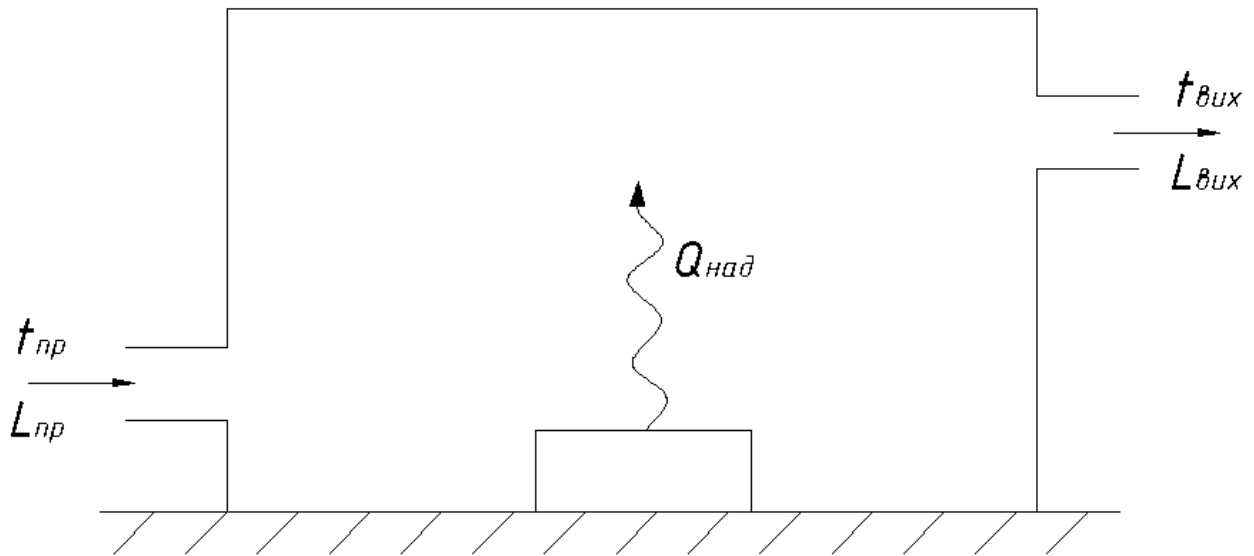


Рисунок 5.1- Розрахункова схема для визначення загальної обмінної вентиляції

де $Q_{над}$ - надлишкове виділення явної теплоти;

C - питома теплоємність повітря, при постійному тиску,
 $C = 1 \text{кДж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$;

$t_{вих}$ - температура повітря, що виходить, °С;

t_{np} - температура прихідного повітря.

В механічному цеху надлишкове виділення явної теплоти складає
 $Q_{над} = 23,2 \text{Дж}/(\text{м}^3 \cdot \text{С})$.

Температуру повітря, що виходить з приміщення розрахуємо за формулою:

$$t_{вих} = t_{p.з.} + \Delta t(H - 2);$$

					012Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

де $t_{p.з.}$ - температура в робочій зоні;

Δt - температурний коефіцієнт по висоті приміщення, $\Delta t = 0,5 \dots 1,5 \text{ } ^\circ\text{C} / \text{м}$;

H - відстань від підлоги до центра витяжних проїомів, $H = 6 \text{ м}$;

2 – висота робочої зони.

$$t_{вих1} = 19 + 0,5(6 - 2) = 21^\circ\text{C};$$

$$t_{вих2} = 22 + 0,5(6 - 2) = 24^\circ\text{C};$$

де $t_{вих1}$, $t_{вих2}$ - температура вихідного повітря відповідно в холодний і теплий період року при оптимальній температурі в робочих зонах у відповідних періодах року.

Отже, температура прихідного повітря повинна бути на $5 \div 8^\circ$ нижча за температуру вихідного повітря. Приймаємо $t_{np1} = 21^\circ - 7^\circ = 14^\circ\text{C}$;

$$t_{np2} = 24^\circ - 7^\circ = 17^\circ\text{C}.$$

Кількість прихідного повітря:

$$L_{np1} = \frac{23,2}{1 \cdot 0,1(21 - 14)} = 20 \text{ м}^3 / \text{год};$$

$$L_{np2} = \frac{23,2}{1 \cdot 0,1(24 - 14)} = 23,2 \text{ м}^3 / \text{год};$$

Отже, кількість припливного повітря на одного робітника дільниці буде становити в холодний і теплий періоди відповідно $L_{np1} = 20 \text{ м}^3 / \text{год}$, $L_{np2} = 23,2 \text{ м}^3 / \text{год}$, а оскільки на дільниці механічної обробки деталі працюють 33 робітники, то необхідна кількість повітря становитиме:

$$L_{np1} = 20 \cdot 33 = 660 \text{ м}^3 / \text{год};$$

$$L_{np2} = 23,2 \cdot 33 = 765,6 \text{ м}^3 / \text{год}.$$

5.2. Розрахунок місцевого освітлення зони на верстаті

Розрахунок місцевого освітлення зони на верстаті проведемо точковим методом.

В основу точкового методу покладено рівняння:

					012Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

$$E = I_{\alpha} \cos \alpha / r^2;$$

де I_{α} - сила світла в напрямку від джерела світла в дану точку робочої поверхні, $I_{\alpha} = 250 \text{кд}$, згідно рис. 28, праці [8];

r - відстань від світильника до розрахункової точки;

α - кут між нормаллю робочої поверхні і напрямком світлового потоку від джерела світла, $\alpha = 30^{\circ}$.

Для практичного використання вводимо в формулу коефіцієнт запасу K і замінюємо r на $H_p / \cos \alpha$;

$$E = I_{\alpha} \cos^3 \alpha / (K \cdot H_p)^2;$$

де $K = 1,3$ », згідно таблиці 3, праці [8];

$H_p = 800 \text{мм}$ - висота від світильника до розрахункової точки.

$$E = 250 \cdot \cos^3 30 / (1,3 \cdot 0,8)^2 = 150 \text{лк}.$$

5.3 Пожежна профілактика

Пожежна характеристика виробничої будівлі наведена в таблиці 5.1

Таблиця 5.1- Пожежна характеристика виробничої будівлі.

Категорія виробництва			Площа поверху в межах пожежного відсіку, м ²		
Категорія	Кількість поверхів	Степінь вогнестійкості будівель	Одноповерхові	Багатоповерхові	
				2-во поверхові	3-и поверхові
Д	І	ІІ	2000	-	-

Дані, щодо вогнестійкості приміщень цеху зведені в таблицю 5.2

Стіни – бетонні, дерев'яні конструкції на ділянці відсутні, віконні рами металеві. Стальні конструкції пофарбовані вогнетривкою фарбою.

					012Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

Таблиця 5.2-

Характеристика вогнестійкості будівлі.

Степінь вогнестійкості	Мінімальні граничні вогнестійкості будівельних конструкцій (чисельник) і максимальні граничні розповсюдження вогню (знаменник)									
	Стіни					Сходи	Плити	Колони	Елементи покриття	
	Несучі і коридорні Самонесучі	Зовнішньо-несучі	Внутрішньо-несучі	Плити	Балки					
II	2/0	1/0	0,25/0	0,25/0	1/0	0,15/0	2/0	м.м./ м.м.	м.м./ м.м.	

На випадок пожежі для евакуації людей передбачено шляхи евакуації, які ведуть до евакуаційних виходів. В приміщеннях для будівель категорії виробництва "Д" і категорії II, максимальна відстань до евакуаційного виходу приміщення не обмежується.

Двоє воріт для в'їзду і виїзду транспорту служать в якості евакуаційних виходів. Ширина дверей не повинна бути меншою 0,2м – однієї половини для входу і виходу.

Схема евакуації людей з цеху зображена на рисунку 5.3.

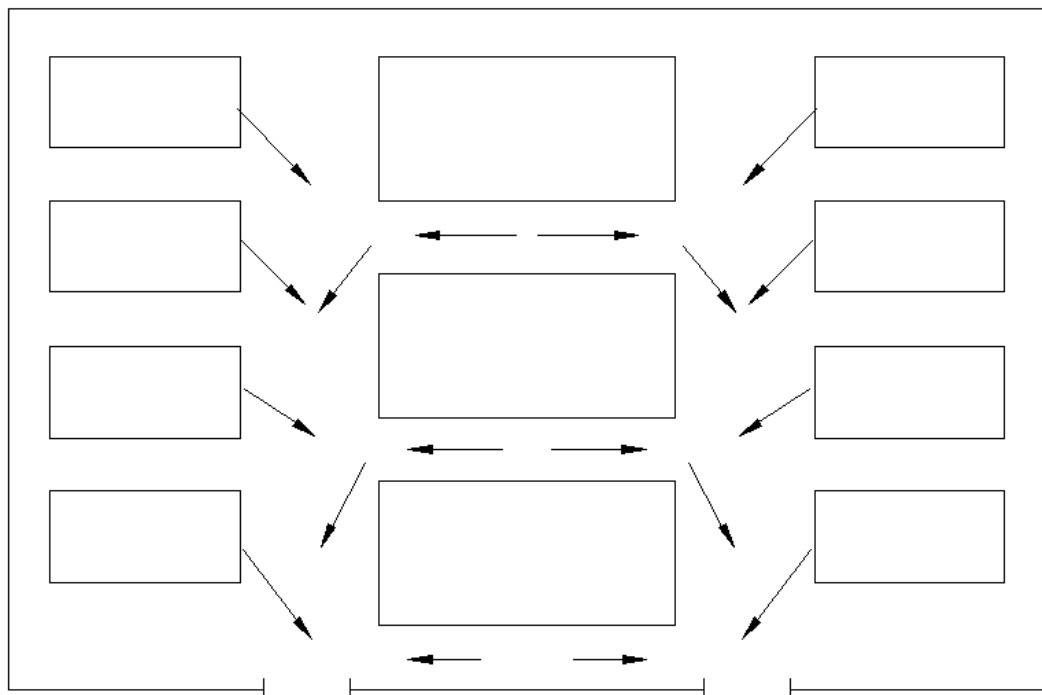


Рисунок 5.3- Схема евакуації людей з цеху.

										Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	012Б-24.00.00.00.000 ПЗ					

Згідно СНиП-II-31-94 розхід води для зовнішнього пожежогасіння наведено в таблиці 5.3.

Таблиця 5.3- Розхід води для зовнішнього пожежогасіння.

Степінь вогнестійкості	Категорія виробництва	Витрати води для гасіння пожежі, м/с			
		до 3,0	3 ÷ 5	5 ÷ 20	20 ÷ 50
II	"Д"	15	15	20	-

Цех оснащується вогнегасником, які розміщені рівномірно на території цеху з розрахунку 1 штука на 600м,. На ділянці механічної обробки необхідно встановити вогнегасники ОУ-2 і ОХП-10.

Оскільки площа будівлі цеху складає 3888 м², то необхідна кількість вогнегасників буде становити:

$$n_{\text{в}} = \frac{S}{600};$$

$$n_{\text{в}} = \frac{3888}{600} = 6,48.$$

Приймаємо 7 вогнегасників.

					012Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

ВИСНОВКИ І ПРОПОЗИЦІЇ

В кваліфікаційній роботі бакалавра розроблено технологічний процес механічної обробки корпусу 14.151.05.010. 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 співвісності отворів $\text{Ø}160^{+0,04}$ відносно отвору $\text{Ø}120^{+0,03}$. Для обробки отвору $\text{Ø}48^{+0,17}$ мм з підрізкою торця та фаски в отворі спроектовано комбінований інструмент. Спроектовано механічну дільницю.

В розділі “Охорона праці” розраховано загальну обмінну вентиляцію на дільниці, проведено розрахунок місцевого освітлення верстата та розглянуто пожежну характеристику виробничої будівлі.

					012Б-24.00.00.00.000 ПЗ	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

					012Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		