

**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 6520Ф3-36.21.00.016**

спеціальність 131 Прикладна механіка

(шифр і назва спеціальності)

освітня програма «Прикладна механіка»

(назва освітньої програми)

Виконав: здобувач вищої освіти  
групи ІМ-41  
Троханенко Максим Петрович

\_\_\_\_\_  
(підпис)

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

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Кваліфікаційну роботу  
допущено до захисту  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 2023 р.  
Гарант освітньої програми:  
к.т.н., доцент  
Божко Тетяна Євгенівна

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Луцьк – 2023 року

# 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

«  »    2023 р.

## *ЗАВДАННЯ*

### НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ

Троханенко Максим Петрович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи: Проектування дільниці з розробкою технологічного процесу механічної обробки столу 6520Ф3-36.21.00.016

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від «28» грудня 2023 р. №986/01-02

2. Строк подання здобувачем вищої освіти кваліфікаційної роботи «01» червня 2023 р.

3. Вихідні дані до роботи: Креслення деталі стіл 6520Ф3-36.21.00.016, річна програма випуску 20000 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)

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання «29» листопада 2022 р.

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи бакалавра	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	<i>Обґрунтування теми</i>	06.12.2022	
2.	<i>Розділ 1</i>	14.02.2023	
3.	<i>Розділ 2</i>	28.02.2023	
4.	<i>Розділ 3</i>	14.03.2023	
5.	<i>Розділ 4</i>	28.03.2023	
6.	<i>Розділ 5</i>	18.04.2023	
7.	<i>Висновки та пропозиції</i>	09.05.2023	
8.	<i>Формування списку використаних джерел</i>	09.05.2023	
9.	<i>Формування додатків</i>	18.05.2023	
10.	<i>Оформлення ілюстративного матеріалу</i>	24.05.2023	
11.	<i>Нормоконтроль</i>	26.05.2023	
12.	<i>Інструментальна перевірка на академічний плагіат</i>	29.05.2023	
13.	<i>Представлення кваліфікаційної роботи бакалавра до захисту</i>	01.06.2023	

Здобувач вищої освіти  
М.П.)

\_\_\_\_\_ (підпис)

(Троханенко  
(прізвище, ініціали)

Керівник кваліфікаційної роботи

\_\_\_\_\_ (підпис)

(Божко Т.Є.)  
(прізвище, ініціали)

## АНОТАЦІЯ

Троханенко М. П. Проектування дільниці з розробкою технологічного процесу механічної обробки столу 6520ФЗ-36.21.00.016. Рукопис.

Кваліфікаційна робота бакалавра ОП «Прикладна механіка» спеціальності 131 Прикладна механіка. Луцький національний технічний університет. Луцьк, 2023.

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

У роботі розроблено технологічний процес механічної обробки столу 6520ФЗ-36.21.00.016.

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 фрезерування площин. Вибрано і обґрунтовано принципу дії, структурні схеми. Проведено силовий розрахунок параметрів приводу. Проведено розрахунок на точність. Дано загальний опис конструкції, принцип дії. Спроектовано пристрій агрегатний, який призначений для оброблення пазу та різцевих отворів на операції 065. Спроектовано пристрій для контролю паралельності напрямних.

Спроектовано механічну дільницю для обробки столу 6520ФЗ-36.21.00.016. Розраховано виробничої площі дільниці. Розроблено технологічне планування дільниці.

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

Ключові слова: технологічний процес, корпус, механічна обробка.

## ABSTRACT

Trokhaneiko M. P. Design of the site with the development of the technological process of mechanical processing of the table 6520FZ-36.21.00.016. Manuscript.

Qualification work of the bachelor's OP "Applied Mechanics " specialty 131 Applied mechanics . Lutskiy national technical university. Lutsk, 2023.

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 6520FZ-36.21.00.016 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 for milling planes has been 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 agalyan description design, principle of action. An aggregate device has been designed, which is intended for processing a groove and cutting holes for operation 065. A device has been designed to control the parallelism of the guides.

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 section on labor protection, the sanitary and hygienic characteristics of working conditions in the workshop section are considered. The calculation of artificial lighting of the precinct has been carried out. Considered fire characteristics of the industrial building.

Keywords : technological process, case, mechanical processing.

## ВСТУП

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

В умовах масового і серійного виробництва використовуються заготовки, близькі за формою і розмірами до готового виробу, і спеціальний і сортовий прокат, що дозволить знизити трудомісткість обробки на верстатах. У самих методах різання використовується заміна однолопатевої настройки на багатолезову обробку. У зв'язку з отриманням нових абразивних матеріалів стало можливим їх подальше використання в механічних процесах. При масовому і серійному виробництві обладнання механічних відділень повинно складатися з багатоінструментальних і багатопозиційних напівавтоматів, оснащених швидкодіючими пристроями і спецмашинами. У машинобудуванні виділяють три основні компоненти спеціалізації, а саме проектування, технологію та експлуатацію.

При виконанні кваліфікаційної роботи бакалавра прийняття рішення про вибір варіанту технологічного процесу, обладнання, оснащення, способів отримання заготовки приймається на основі техніко-економічних розрахунків, що дає можливість запропонувати оптимальний варіант.

Основним завданням кваліфікаційної роботи є розробка нового технологічного процесу механічної обробки столу 6520ФЗ -36.21.00.016, який би при використанні обраного технологічного обладнання забезпечував мінімальну витрату енергетичних і матеріальних ресурсів і трудових затрат на виробництво цієї частини.

## РОЗДІЛ 1

### ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

#### 1.1. Характеристика об'єкту виробництва, службове призначення, ТУ

Об'єктом виробництва є деталь "Стіл 6520Ф3-36.21.00.016", яка призначена для монтування верстатних пристроїв. Закріплення цих пристроїв здійснюється за допомогою трьох Т-подібних пазів у верхній частині ("дзеркалі") стола. Рух стола по координатах "x", "y", "z" відбувається за рахунок переміщення салазок до яких кріпиться сам стіл. Базування стола у салазках забезпечується за рахунок напрямної типу – "ластівчин хвіст". Кріплення відбувається за допомогою різцевих отворів на площинах стола.

Матеріал для виготовлення деталі - сірий чавун СЧ 20 ГОСТ 1412-95.  
Хімічний склад:

- вуглець – 2,5...4%;
- кремній – 0,5...4,5%;
- марганець – 0,4...0,6%;
- сірка – до 0,15%;
- фосфор – до 1%.

Механічні властивості:

- межа міцності на розтяг  $\sigma_{np.} = 198 \text{ Н/мм}^2$  ;
- межа міцності на згин  $\sigma_{зг.} = 392 \text{ Н/мм}^2$ ;
- твердість за Брінелем  $HB = 170...241$ .

Проаналізувавши технічні вимоги на деталь "Стіл 6520Ф3-36.21.00.016", можна зробити висновок, що вони повністю відповідають службовому призначенню даної деталі.

Робоча поверхня стола виконує основне призначення, як деталі зокрема, так і вузла в цілому. Тому технологічний процес виготовлення передбачає підвищенні вимоги до якості оброблення деталі:

- 1) поверхні типу "ластівчин хвіст" оброблюються до шорсткості 1,25 мкм;

- 2) відхилення від площинності поверхонь напрямних - не більше 0,01 мм на 1000 мм довжини напрямних;
- 3) відхилення від паралельності поверхонь напрямних - не більше 0,016мм;
- 4) відхилення від прямолінійності робочої поверхні стола - не більше 0,01мм; у поперечному напрямі - не більше 0,007 мм.
- 5) відхилення від прямолінійності Т-подібних пазів - не більше 0,04 мм.

## 1.2. Вибір способу одержання заготовки, економічне обґрунтування

Заготовку даної деталі можна отримати такими способами:

- 1) литво в піщанисті форми;
- 2) литво в кокіль.

Загальні вихідні дані:

- матеріал деталі – СЧ20 ГОСТ 1412-95
- маса деталі – 245 кг
- тип виробництва – великосерійний.

«Вартість штучної заготовки визначимо за формулою [1] :

$$S_{заг} = \left( \frac{S}{1000} \cdot Q \cdot K_T \cdot K_C \cdot K_B \cdot K_M \cdot K_{II} \right) - (Q - q) \frac{S_{відх}}{1000},$$

де  $S$  - базова вартість 1 тонни заготовки, грн.;  $Q$  - маса заготовки;  $q$  - маса готової деталі;  $S_{відх}$  - ціна 1 тонни відходів, грн.;  $K_T$  - коефіцієнт, що залежить від точності відливки;  $K_C$  - коефіцієнт, що залежить від групи складності лиття;  $K_B$  - коефіцієнт, що залежить від маси вилівка;  $K_M$  - коефіцієнт, що залежить від марки матеріалу;  $K_{II}$  - коефіцієнт, що залежить від обсягу виробництва» [1]

Для першого варіанту:

$$S_{заг1} = \left( \frac{3800}{1000} \cdot 298 \cdot 1,15 \cdot 0,82 \cdot 0,9 \cdot 1,04 \cdot 1 \right) - (298 - 245) \frac{800}{1000} = 957,1 \text{ грн} ;$$

Для другого варіанту:

$$S_{заг2} = \left( \frac{3950}{1000} \cdot 272 \cdot 1,07 \cdot 0,82 \cdot 0,9 \cdot 1,04 \cdot 1 \right) - (272 - 245) \frac{800}{1000} = 860,7 \text{ грн} .$$

Таблиця 1.1.- Вибір способу отримання заготовки

Назва показника	1 варіант	2 варіант
1. Вид заготовки	Литво в піщано-глиняні форми	Литво в кокіль
2. Клас точності розмірів і мас.	8	8
3. Група серійності	3	3
4. Група складності	2	2
5. Вартість 1т заготовок S, грн./т	3800	3950
6. Вартість 1т заготовок S <sub>відх</sub> , грн./т	800	800
7. Маса заготовки Q, кг	17,5	15,3

Таким чином, оптимальним варіантом буде литво в кокіль, як більш раціональний метод отримання заготовки. Економічний ефект отриманий при цьому визначається за формулою:

$$E = (S_{заг.2} - S_{заг.1}) \cdot N = (957,1 - 860,7) \cdot 20000 = 1928000 \text{ грн.}$$

### 1.3. Вибір методів обробки поверхонь

Методика вибору методу обробки поверхні базується на гіпотезі - послідовного уточнення розміру поверхні заготовки економічно доцільними методами до точності розміру поверхні деталі і здійснюється згідно з методикою [1, с. 51].

Порядок вибору методів оброблення покажемо на прикладі.

Необхідно обробити паз 9'. Розмір пазу 14Н8 (<sup>+0,027</sup>), шорсткість - 2,5 мкм; допуск паралельності – 0,61 мм на довжині 500 мм.

Метод отримання заготовки - литво у кокіль - дозволяє отримати даний паз на заготівельній операції з допуском по 14-15 квалітету і шорсткістю в межах 80-120 мкм.

Загальне уточнення складе:

$$\varepsilon_{узаг.} = \frac{600}{27} = 22,22;$$

Кількість переходів оброблення :

$$n = \frac{\lg 22,22}{0,46} = 2,93.$$

Приймаємо  $n=3$ .

Приймаємо :

1) фрезерування чорнове - 11 квалітет точності (допуск - 110 мкм), шорсткість – 6,3 мкм:

2) фрезерування чистове - 9 квалітет точності (допуск - 43 мкм), шорсткість – 1,6 мкм;

3) калібрування - 8 квалітет точності (допуск - 27 мкм), шорсткість - 0,8 мкм.

Відповідні уточнення:

$$\varepsilon_1 = \frac{600}{110} = 5,45; \quad \varepsilon_2 = \frac{110}{43} = 2,56; \quad \varepsilon_3 = \frac{43}{27} = 1,59;$$

Умова  $\varepsilon_{узз} \geq \varepsilon_y$  виконується, отже методи оброблення вибрано правильно.

Цей та всі інші розрахунки зводимо у таблицю 1.2.

Таблиця 1.2. - Встановлення методів оброблення

Поверхня	Розмір, мм	Квалітет	Допуск, мкм	Ra, мкм	Допуск заготовки, мкм	$\varepsilon_{yi}$	$n_i$	$n_{np}$	Методи оброблення	Точність обробки по довіднику $T_{\text{дв}}$ , мкм	Шорсткість обробки по довіднику Ra, мкм	Уточнення	Загальне уточнення
9	14	8	27	2,5	600	22,2	2,93	3	Фрезерування чорнове	110	6,3	5,45	22,22
									Фрезерування чистове	43	1,6	2,56	
									Калібрування	27	0,8	1,59	
9'	14	11	110	2,5	600	5,45	1,60	2	Фрезерування чорнове	180	6,3	3,33	5,45
									Фрезерування чистове	110	1,6	1,64	

Крім поверхонь з високим ступенем точності, деталь має ряд поверхонь з високим ступенем шорсткості при відносно низькій точності. Для таких поверхонь призначаємо:

1) пов. 6 - шорсткість 1,25 мкм - однократне фрезерування і двократне шліфування;

2) пов. 2, 3, 4, 5 - шорсткість 1,25 мкм, допуск паралельності - 0,01 мм на довжині 1000 мм; допуск площинності - 0,01 мм на довжині 1000 мм - двократне фрезерування і однократне шліфування.

На всі інші поверхні призначаємо однократне оброблення.

#### 1.4 Попереднє встановлення типу та організаційної форми виробництва

Тип виробництва встановлюється за коефіцієнтом закріпленості операцій  $K_{з.о.}$  і здійснюється за методикою [1, с. 55]. Результати розрахунків зведені в таблицю 1.3.

$$K_{з.о.} = \frac{41}{27} = 1,52;$$

За умови  $1 < K_{з.о.} \leq 10$ , маємо великосерійний тип виробництва.

Таблиця 1.3 - Попереднє встановлення типу виробництва

№ оп.	Назва операції	$T_{ум.}, \text{хв}$	$m_p$	$C_{пр}$	$\eta_{з.факт}$	$O$
05	Вертикально-фрезерна	9,2	0,38	1	0,38	2
10	Вертикально-фрезерна	12,0	0,49	1	0,49	2
15	Вертикально-фрезерна	24,0	0,9	1	0,9	1
20	Горизонтально-фрезерна	8,6	0,35	1	0,35	3
25	Горизонтально-фрезерна	8,6	0,35	1	0,35	3
30	Вертикально-фрезерна	15,2	0,62	1	0,62	1
35	Вертикально-фрезерна	16,1	0,66	1	0,66	1
40	Плоскошліфувальна	8,7	0,36	1	0,36	3
45	Горизонтально-розточна	32,2	1,32	2	0,66	1
50	Горизонтально-розточна	22,0	0,9	1	0,90	1
55	Токарно-гвинторізна	10,6	0,43	1	0,43	2
60	Вертикально-свердлильна	50,0	2,1	3	0,7	1
65	Вертикально-свердлильна	26,0	1,06	2	0,53	2
70	Вертикально-свердлильна	18,0	0,74	1	0,74	1
75	Притирочна	42,0	1,72	2	0,86	1
	Всього	303	12,38	20	0,62	25

Визначаємо організаційну форму виробництва

Організаційна форма виробництва, визначається за коефіцієнтом поточності  $R$ , при  $R \geq 0,6$  маємо потокову форму, при  $R < 0,6$  - групову.

$$R = \frac{T_{шт.с}}{\tau_{с.}}$$

де  $T_{шт.с}$  - середній штучний час на операцію, хв.;  $\tau_{с.}$  - такт випуску, хв.

$$\tau_{с.} = \frac{\Phi_{д.} \cdot 60}{N};$$

$$\tau_{с.} = \frac{4055 \cdot 60}{20000} = 12,165 \text{ хв.}$$

Штучний час, згідно з табл. 1.3, рівний:

$$T_{шт.с} = \frac{18/2 + 8,2 + 12,2/2 + 6,4 + 12,2/2 + 11,4/2 + 9,4 + 6,2 + 5,1 + 12,3/2}{20} + \frac{+ 6,4 + 9,9 + 5,5 + 5,6 + 5,6 + 3,6 + 9,2 + 16,4/2 + 14,4/2}{20} = 6,79 \text{ хв.}$$

$$\text{Тоді: } R = \frac{6,79}{12,165} = 0,56,$$

Так, як  $R = 0,56 < 0,6$ , отримаємо групову форму організації виробництва.

Попередньо підраховуємо розмір партії запуску  $\Pi_0$ . Добове завдання:

$$\Pi_{д.} = \frac{N}{\Phi_{д.дн.}}$$

де  $\Phi_{д.дн.}$  - дійсний річний фонд часу роботи устаткування у днях.

$$\Pi_{д.} = \frac{20000}{254} = 78,7.$$

Приймаємо  $\Pi_{д.} = 79 \text{ дет}$

Розмір партії деталей:

$$\Pi_0 = \Pi_{д.} \cdot a = 79 \cdot 6 = 474 \text{ дет},$$

## РОЗДІЛ 2

### ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

#### 2.1. Відпрацювання деталі на технологічність

Розробка конструкції виробу на технологічність включає оцінку технологічності та конструкції на якісному та кількісному рівнях.

##### Якісні показники технологічності

1. Деталь має просту і правильну геометричну форму, що полегшує її базування в процесі механічної обробки, а також спрощує процес отримання заготовки.

2. Фізико-хімічні та механічні властивості матеріалу деталі, її форма і розміри відповідають вимогам технології виготовлення.

3. Показники основних поверхонь (точність, шорсткість) деталі забезпечують можливість використання типового технологічного процесу її виготовлення.

4. Обробка основних поверхонь забезпечена і дозволяє використовувати високопродуктивне обладнання.

5. Деталь має стандартні базові поверхні для початкової обробки, а також чистові основи.

6. Конструкція деталі допускає використання граничних калібрів для контролю поверхні: не вимагає використання унікальних вимірювальних приладів та інструментів.

7. Для канавки 9 14Н8 на настільному дзеркалі передбачено одноразове фрезерування та одноразове калібрування. Щоб забезпечити належну точність поверхні, зазначену канавку необхідно обробити одноразовим фрезеруванням і подвійним калібруванням.

##### Кількісні показники технологічності

Для розрахунків кількісних показників технологічності скористаємося даними, наведеними у таблиці 2.1 та методикою [1, с.55].

1) Коефіцієнт точності:

$$K_m = 1 - \frac{1}{13,27} = 0,92.$$

$$K_{m.норм} = 0,88.$$

$K_m > K_{m.норм}$  - деталь технологічна за точністю.

Таблиця 2.1.-Дані для розрахунків кількісних показників технологічності

Повер	Кількість	Квалітет	Шорсткість	Уніфікованість
1	2	3	4	5
1	1	14	12,5	+
2	1	14	1,25	+
3	1	14	1,25	-
4	1	14	1,25	+
5	1	14	1,25	-
6	1	14	1,25	+
7	1	14	12,5	+
8	1	14	12,5	+
9	2	11	2,5	+
9'	1	8	2,5	+
10	1	14	12,5	+
11	1	14	12,5	+
12	1	14	12,5	+
13	1	14	12,5	+
14	3	14	12,5	-
15	1	14	12,5	+
1	1	14	12,5	+
18	1	14	12,5	+
19	1	14	12,5	+
20	i	14	12,5	+
21	1	14	12,5	+
22	1	14	12,5	+
23	1	14	12,5	+
24	I	14	12,5	-
25	1	14	12,5	-
26	1	14	12,5	+
28	2	12	12,5	+
29	2	14	12,5	+
33	1	14	12,5	+
39	1	14	12,5	+
40	7	12	12,5	+
41	7	14	12,5	+
42	7	12	12,5	+
43	7	14	12,5	+
44	4	12	12,5	+
45	4	14	12,5	+

2) Коефіцієнт шорсткості:

$$Ш_{cp} = \frac{1,25 \cdot 5 + 2,5 \cdot 3 + 12,5 + 63}{71} = 11,29.$$

Визначаємо коефіцієнт шорсткості:

$$K_{ш} = 1 - \frac{1}{11,29} = 0,91.$$

$$K_{ш.норм} = 0,86$$

$K_{ш} > K_{ш.норм}$  - деталь технологічна за шорсткістю.

3) Коефіцієнт уніфікації:

$$K_{у.} = \frac{64}{71} = 0,90.$$

$$K_{у.норм} = 0,86$$

Оскільки  $K_{у.} > K_{у.норм}$  - деталь технологічна за ступенем уніфікації.

4) Коефіцієнт використання матеріалу:

$$K_{в.м.} = \frac{245}{298} = 0,82.$$

$$K_{в.м.норм} = 0,75$$

$K_{в.м.} > K_{в.м.норм}$  - деталь технологічна за коефіцієнтом використання матеріалу.

## 2.2. Вибір і розрахункове обґрунтування технологічних баз

При виборі технологічних баз ми керуємося правилом «шести точок» та принципами єдності, сталості та спадковості баз.

Вибір технологічних основ включає три етапи:

- 1) аналіз призначення різних поверхонь деталі;
- 2) вибір оздоблювальних основ;
- 3) вибір чорнових баз.

1 етап. Аналіз функціонального призначення різних поверхонь деталі.

У результаті аналізу виділяємо основні та допоміжні основи частини. Поверхні, що визначають положення деталі відносно інших деталей у зборі, - вважаються основними базами. У цьому випадку це поверхня типу ластівчин хвіст (рівні 1, 2, 3, 4, 5).

Допоміжні основи - це поверхні, які визначають положення всіх інших частин, які прикріплюються до даної, займаючи певне положення відносно основних баз. В даному випадку це пази 9, 9', 16, 39, а також отвори 40, 42, 44.

Решта поверхонь (оброблені та необроблені) вільні.

2 етап. Підбір очисних основ.

Виходячи з службового призначення деталі, аналізу технічних вимог, для досягнення необхідної точності деталі, підбираємо поверхні, з яких задається положення виконавчих поверхонь для чистових технологічних основ.

Оскільки основна база (поверхня типу "ластівчин хвіст" - пов. 2, 3, 4, 5) та пов. 6 ("дзеркало стола") оброблюються трикратно (фрезерування і двократне шліфування), то в якості чистових баз необхідно вибирати саме їх, поперемінне чергуючи для забезпечення принципу спадковості баз. Відповідні схеми базування у цьому випадку матимуть вигляд:

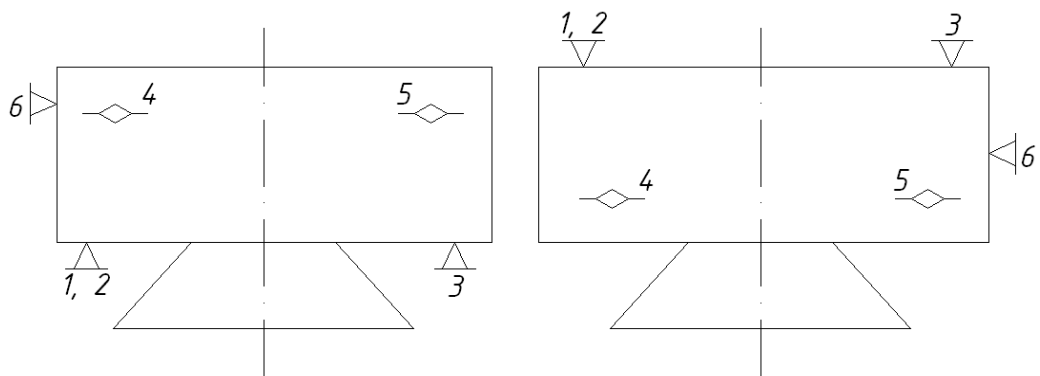


Рисунок 2.1. Теоретичні схеми базування при обробленні поверхонь типу «ластівчин хвіст» та «дзеркало стола».

Для оброблення пазів 9 і 9' можливою схемою базування заготовки буде така.

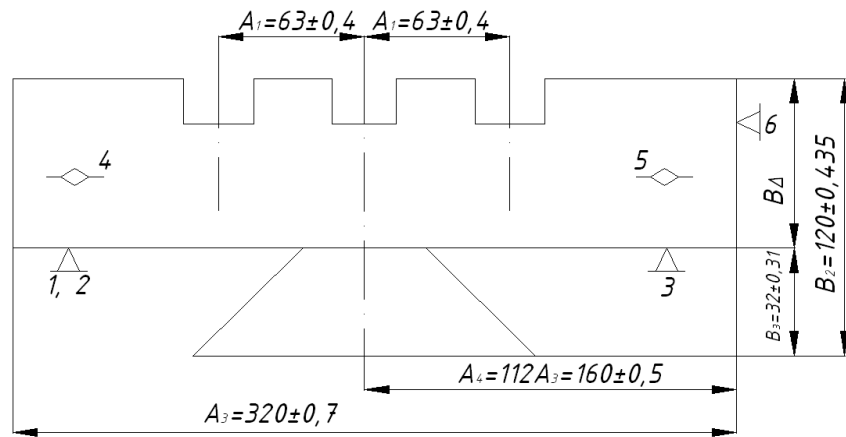


Рисунок 2.2 Теоретична схема базування при обробці Т-подібних пазів

Розміри  $A_1$ ,  $A_2$  і  $A_4$  забезпечуються, оскільки досягаються обробленням набором фрез, попередньо встановленим на дані розміри. Похибка базування при досягненні розміру  $B_1$  становитиме:

$$\varepsilon_{\delta} = \varepsilon_{B\Delta} = \varepsilon_{B_1} + \varepsilon_{B_2} + \varepsilon_{B_3} = TB_1 + TB_2 + TB_3;$$

Технологічні допуски після оброблення відповідних поверхонь складуть:

$$TB_1 \approx IT 11 = 130 \text{ мкм};$$

$$TB_2 \approx IT 12 = 175 \text{ мкм};$$

$$TB_3 \approx IT 12 = 125 \text{ мкм};$$

$$\varepsilon_{\delta} = 130 + 175 + 125 = 430 \text{ мкм} = 0,43 \text{ мм}.$$

Конструкторський допуск на розмір  $B_1$  складає 0,52мм; таким чином розмір  $B_1$  отримується при застосуванні даної схеми базування.

Для оброблення шпонкового паза можливими схемами базування є наступне:

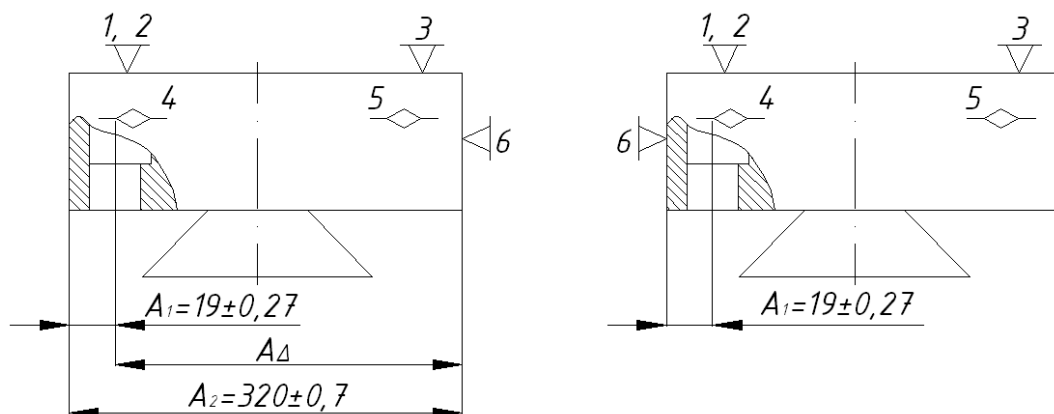


Рисунок 2.3 Теоретична схема базування при обробленні шпонкового паза 16

Згідно з першим варіантом:

$$\varepsilon_{\delta} = \varepsilon_{A\Delta} = \varepsilon_{A1} + \varepsilon_{A2} = TA_1 + TA_2 = 0,54 + 1,4 = 1,94 \text{ мм};$$

Згідно з другим варіантом,  $\varepsilon_{\delta} = 0$ , оскільки конструкторська і технологічна бази співпадають.

Схеми базування для оброблення різевих отворів 44 наведено на рис. 2.4.

Згідно з варіантом 1) конструкторська і технологічна бази співпадають, тому:

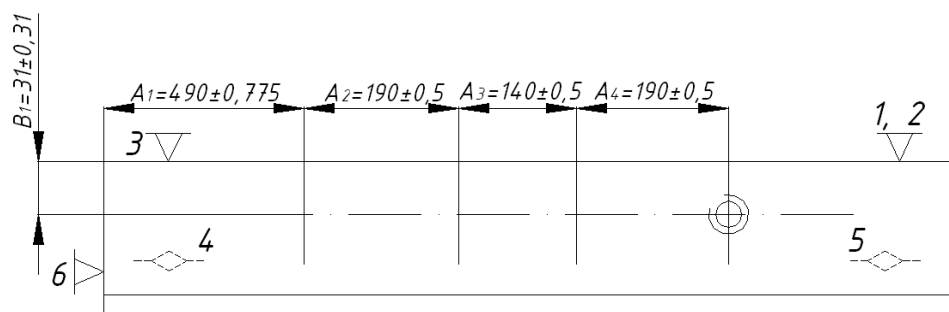
$$\varepsilon_{\delta A} = 0; \varepsilon_{\delta B} = 0.$$

Згідно з варіантом 2):

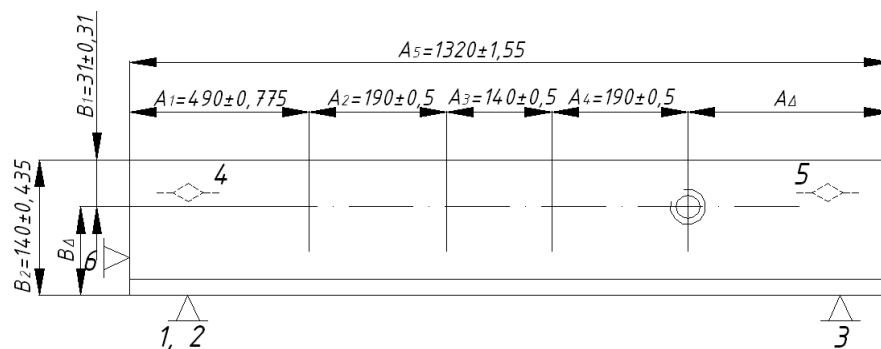
$$\varepsilon_{\delta} = \varepsilon_{A\Delta} = \varepsilon_{A1} + \varepsilon_{A2} + \varepsilon_{A3} + \varepsilon_{A4} + \varepsilon_{A5} = TA_1 + TA_2 + TA_3 + TA_4 + TA_5 = 1,55 + 1,0 + 1,0 + 1,0 + 3,1 = 7,65 \text{ мм};$$

$$\varepsilon_{\delta} = \varepsilon_{B\Delta} = \varepsilon_{B1} + \varepsilon_{B2} = TB_1 + TB_2 = 0,62 + 0,87 = 1,49 \text{ мм}.$$

За аналогією з рис. 2.4., схемами базування для оброблення отворів 40 і 42 буде такий вигляд (на прикладі отв. 40 – отв. 42 розташовані у дзеркальному відображенні).



Варіант 1



Варіант 2

Рисунок 2.4. Теоретичні схеми базування при обробленні отворів 44.

Згідно з рис. 2.5:

$$\varepsilon_{\delta A} = 0; \varepsilon_{\delta B} = 0.$$

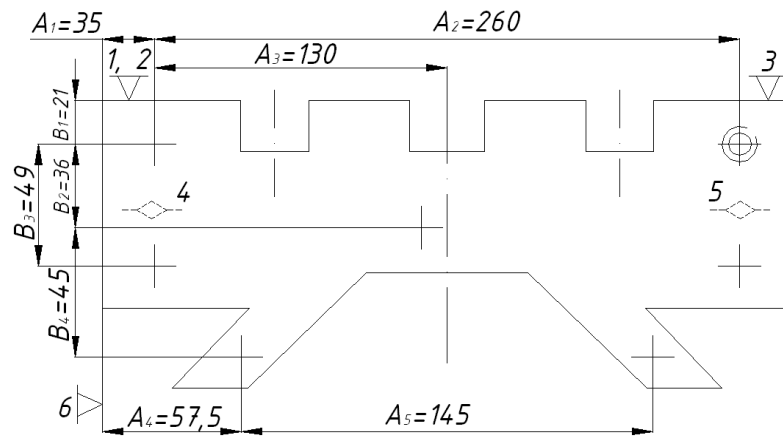


Рисунок 2.5 Схеми базування для оброблення отворів 40 і 42

3 етап. Вибір чорнових баз.

Для оброблення чорнових баз (поверхонь 1, 2, 3, 4, 5) схемою базування вибираємо наступну:

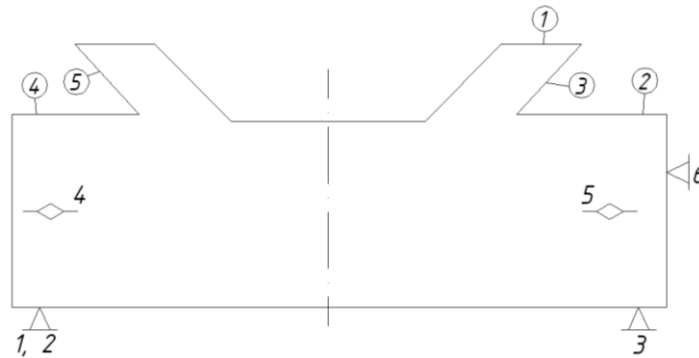


Рисунок 2.6 Теоретична схема базування при обробці чорнових баз

### 2.3. Визначення допусків, припусків і операційних розмірів

«Величину мінімальної величини надбавки визначають за формулою:

$$Z_{\min i} = R_{Z_{i-1}} + h_{i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i ,$$

де  $R_{Z_{i-1}}$  – шорсткість, мкм, досягнута в попередньому переході;  $h_{i-1}$  – глибина дефектного шару, отриманого на попередньому переході;  $\rho_{i-1}$  – сумарне відхилення в мкм, отримане на попередньому переході;  $\varepsilon_i$  – похибки монтажу, мкм, на струмовому переході» [1].

Підготовка даної деталі - лиття у форму, 8-й клас точності розмірів і мас; вага - 272 кг.

Технологічний маршрут обробки поверху 6 складається з наступних переходів:

- чорнове фрезерування;
- чистове фрезерування;
- шліфування.

Переходи виконуються на різних операціях. Схема базування заготовки наведена на рис. 2.7.

Розрахунок припусків на оброблення пов.6 наведено у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 - Розрахунок припусків на оброблення поверхні 6

Технологічні переходи оброблення отвору $\varnothing 80^{+0,06}$	Елементи припуску, мкм				Розрахунковий припуск $2Z_{min}$ , мкм	Розрахунковий розмір $D_p$ , мм	Допуск $\delta$ , мкм	Граничне значення розміру, мм		Граничне значення припуску, мм	
	$R_Z$	$T$	$\rho$	$\varepsilon$				$D_{min}$	$D_{max}$	$2Z_{min}^{np}$	$2Z_{max}^{np}$
Заготовка	400	500	2904	-	-	92,433	1400	92,43	93,83	-	-
Фрезерування чорнове	40	50	174	510	4314	88,119	350	88,12	88,47	4,31	5,36
Фрезерування чистове	10	-	116	118	382	87,737	140	87,74	87,88	0,38	0,59
Шліфування попереднє	5	-	44	55	172	87,565	54	87,56	87,61	0,18	0,27
Всього:	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,87	6,22

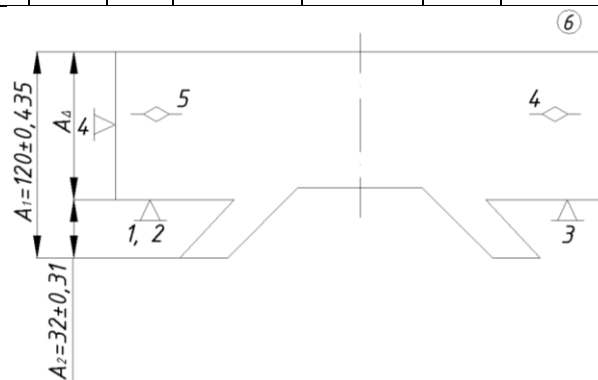


Рисунок 2.7 Схема базування заготовки при обробленні пов.6

Значення просторового відхилення для заготовки даного типу:

$$\rho_{заг} = \Delta_k \cdot A,$$

де  $\Delta_k$  - питома кривизна заготовки, мкм, на 1 мм довжини;

$A$  - найбільший розмір заготовки, мм.

$$\rho_{заг} = 2,2 \cdot 1320 = 2904 \text{ мкм.}$$

Для переходів механічного оброблення просторове відхилення приймаємо рівним:

- чорнове фрезерування - 6% від  $\rho_{\text{заг}}$ ;
- числове фрезерування - 4% від  $\rho_{\text{заг}}$ ;
- шліфування - 0,5% від  $\rho_{\text{заг}}$ .

$$\rho_1 = 2904 \cdot 0,06 = 174 \text{ мкм};$$

$$\rho_2 = 2904 \cdot 0,04 = 116 \text{ мкм};$$

$$\rho_3 = 2904 \cdot 0,005 = 44 \text{ мкм}.$$

«Похибку встановлення приймаємо рівною:

$$\varepsilon = \sqrt{\varepsilon_{\text{б}}^2 + \varepsilon_{\text{закр.}}^2 + \varepsilon_{\text{пр.}}^2}$$

де  $\varepsilon_{\text{б}}$  - похибка базування;  $\varepsilon_{\text{закр.}}$  - похибка закріплення;  $\varepsilon_{\text{пр.}}$  - похибка положення заготовки у пристрої» [1].

Похибка базування, згідно з рис.2.9, визначимо як :

$$\varepsilon_{\text{б}} = \varepsilon_{A\Delta} = \varepsilon_{A1} + \varepsilon_{A2} = TA_1 + TA_2;$$

На операції чорнового фрезерування:

$$\varepsilon_{\text{б}1} = 740 + 520 = 1260 \text{ мкм}.$$

На операції чистового фрезерування:

$$\varepsilon_{\text{б}2} = 190 + 130 = 320 \text{ мкм}.$$

На операції шліфування:

$$\varepsilon_{\text{б}3} = 30 + 21 = 51 \text{ мкм}.$$

Похибку закріплення заготовки у пристрої при автоматизованому закріпленні приймаємо рівною 0.

Похибку положення заготовки у пристрою приймаємо рівною 20 мкм.

$$\varepsilon_1 = \sqrt{510^2 + 0^2 + 20^2} = 510 \text{ мкм}.$$

$$\varepsilon_2 = \sqrt{116^2 + 0^2 + 20^2} = 118 \text{ мкм}.$$

$$\varepsilon_3 = \sqrt{51^2 + 0^2 + 20^2} = 55 \text{ мкм}.$$

Визначаємо мінімальні припуски:

$$Z_{\text{min1}} = 400 + 500 + 2904 + 510 = 4314 \text{ мкм};$$

$$Z_{\min 2} = 40 + 50 + 174 + 118 = 382 \text{ мкм};$$

$$Z_{\min 3} = 10 + 116 + 55 = 172 \text{ мкм}.$$

Розрахунковий розмір після останнього переходу (шліфування)  
(див.рис.2.9):

$$A_{p3} = A_{p3\min} = 87,565 \text{ мкм};$$

$$A_{p3} = A_{pi+1} + Z_{mini+1};$$

$$A_{p2} = 87,565 + 0,172 = 87,737 \text{ мм};$$

$$A_{p1} = 87,737 + 0,382 = 88,119 \text{ мм};$$

$$A_{p\text{заг.}} = 88,119 + 4,314 = 92,433 \text{ мм};$$

Розміри допусків приймаємо рівними:

- для заготовки:  $T_{\text{заг.}} = IT15 = 1400 \text{ мкм};$

- для чорнового фрезерування:  $T_1 = IT12 = 350 \text{ мкм};$

- для чистового фрезерування:  $T_2 = IT10 = 140 \text{ мкм};$

- для шліфування:  $T_3 = IT8 = 54 \text{ мкм}.$

Максимальні розміри визначимо як:

$$A_{\max i} = A_{\min i} + \delta_i;$$

де  $A_{\min i}$  - мінімальні розміри по переходах, які приймаємо рівними  
розрахунковим розмірам, заокругленим до 0,01 мм.

$$A_{\max \text{заг.}} = 92,43 + 1,4 = 93,83 \text{ мм};$$

$$A_{\max 1} = 88,12 + 0,35 = 88,47 \text{ мм};$$

$$A_{\max 2} = 87,74 + 0,14 = 87,88 \text{ мм};$$

$$A_{\max 3} = 87,56 + 0,054 = 87,61 \text{ мм}.$$

Граничні припуски  $Z_{\max}^{zp}$  і  $Z_{\min}^{zp}$  визначимо як:

$$Z_{\max}^{zp} = A_{\max i-1} - A_{\max i};$$

$$Z_{\min}^{zp} = A_{\min i-1} - A_{\min i};$$

$$Z_{\max 1}^{zp} = 93,83 - 88,47 = 5,36;$$

$$Z_{\min 1}^{zp} = 92,43 - 88,12 = 4,31;$$

$$Z_{\max 2}^{zp} = 88,47 - 87,88 = 0,59;$$

$$Z_{\min 2}^{zp} = 88,12 - 87,74 = 0,38;$$

$$Z_{\max 3}^{zp} = 87,88 - 87,61 = 0,27;$$

$$Z_{\min 3}^{zp} = 87,74 - 87,56 = 0,18;$$

$$Z_{\max \Sigma}^{zp} = \sum Z_{\max i}^{zp} = 6,22;$$

$$Z_{\min \Sigma}^{zp} = \sum Z_{\min i}^{zp} = 4,87.$$

Перевірка правильності розрахунку:

$$Z_{\min}^{zp} - Z_{\max}^{zp} = \delta_{заг} - \delta_1$$

$$5,36 - 4,31 = 1,400 - 0,35;$$

$$1,05 = 1,05$$

Номинальний розрахунковий припуск:

$$Z_{ном} = Z_{\min \Sigma}^{zp} + ES_{заг} - EI_{дет};$$

$$Z_{ном} = 4,87 + 1,0 - 0,435 \approx 5,44 \text{ мм}.$$

Номинальний розмір заготовки:

$$A_{заг.ном.} = A_{дет.ном.} + Z_{ном};$$

$$A_{заг.ном.} = 88 + 5,44 = 93,44 \text{ мм}.$$

Припуски і допуски на інші оброблювані поверхні призначаємо, згідно з ГОСТ 26645-85.

Для вилівка заданої деталі приймаємо :

- клас точності розмірів і мас - 8;
- ряд припусків - 3.

Таблиця 2.3-Припуски і допуски на оброблювані поверхні

Поверхня	Розмір, мм	Припуск, мм	Допуск, мм
1	2	3	4
1-6	120	2,4	±0,8
2-6	88	3,2	±0,7
3-6	88	3,2	±0,7
4-5	160±0,2	2·2,4	±0,8
7-8	320	2·2,8	±1,0
9	14 Н11	2·2,0	±0,45
9'	14 Н18	2·2,8	+0,2 -0,7
12	26	2·2,2	±0,55
13	26	2·2,2	±0,55

15-26	1320	2·3,6	±1,4
22	20	2·2,0	±0,5
23	320	2·2,0	±0,5

На поверхні, не вказаній в таблиці 2.3, призначаємо напуски.

Схему розташування припусків і допусків на оброблення поверхні 6 наведено на рис. 2.8.

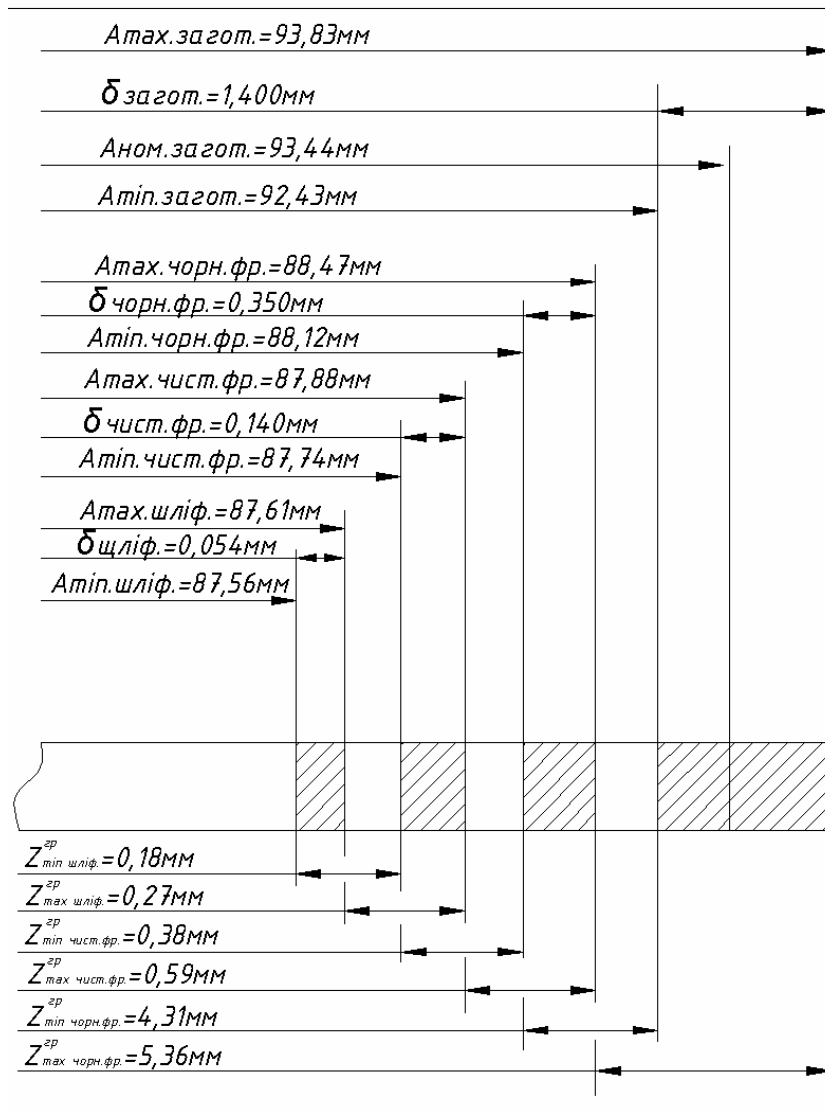


Рисунок 2.8 Схема графічного розташування припусків і допусків на оброблення поверхні 6.

#### 2.4. Розрахунок режимів різання, вибір обладнання та оснащення

Призначення режимів різання і вибір верстата аналітичним способом покажемо на прикладі операції фрезерування.

Операція 015. Поздовжньо-фрезерна. Фрезерувати пов.6, 7, 8 начорно одночасно.

1. Характер оброблення - чорновий.

2. Інструмент:

- для оброблення поверхні основи – пов.б – фреза торцева насадна з насадними ножами ГОСТ 24359-80 (пластини з твердого сплаву ВК8 ГОСТ 5348-90),  $D=400$  мм,  $d=125$ мм,  $z=24$ ;

- для бокових поверхонь 7, 8 - фрези торцеві насадні д вставними ножами ГОСТ 25359-80 (пластини з твердого сплаву ВК8 ГОСТ 5348-90),  $D=125$  мм,  $d=40$ мм,  $z=12$  (2шт.).

4. Максимальна глибина різання  $t = 4$  мм.

5. Подача на зуб  $S_z = 0,5$  мм/зуб.

6. Середнє значення стійкості фрези  $T = 240$  хв.

7.« 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  $D$  – діаметр фрези, мм;  $T$  - стійкість інструменту, хв;  $t$  - глибина різання, мм;  $S_z$  - годування на зуб;  $B$  - ширина фрезерування;  $Z$  - кількість зубів фрези;  $C_v$  - коефіцієнт, що дає поправку на швидкість різання;  $q, m, x, y, u, p$  - показники ступенів.

Загальний поправочний коефіцієнт для швидкості різання, який враховує фактичні умови різання,  $K_v$  можна знайти за формулою:

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

де  $K_{mv}$  - коефіцієнт, що залежить від якості оброблюваного матеріалу.

$$K_{mv} = \left( \frac{190}{HB} \right)^{n_v} = \left( \frac{190}{190} \right)^{1,25} = 1;$$

$K_{nv}$  - коефіцієнт, що враховує стан поверхні заготовки, прийmemo  $K_{nv} = 1,0$ .

$K_{uv}$  - приймаємо коефіцієнт, що враховує інструментальний матеріал  $K_{uv} = 1,4$  » [1].

$$K_v = 1,0 \cdot 0,8 \cdot 0,83 = 0,66.$$

Отже:

$$V = \frac{445 \cdot 400^{0,2}}{400^{0,32} \cdot 3,2^{0,15} \cdot 0,2^{0,35} \cdot 320^{0,2} \cdot 24^0} \cdot 0,66 = 98,1 \text{ м/хв}.$$

8. Частота обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 66,6}{3,14 \cdot 400} = 53,0 \text{ хв}^{-1}.$$

Приймаємо  $n = 53,0 \text{ хв}^{-1}$ .

9. «Сила різання:

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

де  $C_p$  - поправочний коефіцієнт на силу різання;  $K_{mp}$  - коефіцієнт, що враховує якість оброблюваного матеріалу»[1].

$$K_{mp} = 1;$$

Приймаємо:  $C_p = 54,5$ ;  $X = 0,9$ ;  $Y = 0,74$ ;  $u = 1,0$ ;  $q = 1,0$ ;  $w = 0$ ;

$$P_z = \frac{10 \cdot 54,5 \cdot 4^{0,9} \cdot 3,2^{0,74} \cdot 0,20^1 \cdot 24}{400^1 \cdot 53,0^0} \cdot 1 = 9,059 \text{ кН}.$$

10. Ефективна потужність різання:

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

$$N_{ef} = \frac{9059,3 \cdot 66,6}{1020 \cdot 60} = 9,86 \text{ кВт}.$$

Для бокових фрез:

$$n_{\sigma} = \frac{S}{S_z \cdot S_{\sigma}} = \frac{254,4}{0,20 \cdot 12} = 106 \text{ хв}^{-1};$$

де  $S = 254,4 \text{ мм/хв}$  - дійсна хвилинна подача

( $S = S_z \cdot z \cdot n = 0,20 \cdot 24 \cdot 53,0 = 254,4 \text{ хв}^{-1}$ ).

$$V_{\sigma} = \frac{\pi \cdot 125 \cdot 106}{1000} = 41,6 \text{ хв}^{-1};$$

$$P_{z\sigma} = \frac{10 \cdot 54,5 \cdot 3,2^{0,9} \cdot 0,20^{0,74} \cdot 88^1 \cdot 12}{125^1 \cdot 106^0} \cdot 1 = 7972,2 \text{ Н};$$

$$N_{ef.б.} = 2 \cdot \frac{7972,2 \cdot 41,6}{1020 \cdot 60} = 10,84 \text{ кВт}.$$

Сумарна ефективна потужність:

$$N_{ef.Σ} = 9,86 + 10,84 = 20,70 \text{ кВт}.$$

Сумарна дійсна необхідна потужність:

$$N_{д.Σ} = \frac{N_{ef.Σ}}{\eta};$$

де  $\eta = 0,83$  - ККД верстата.

$$N_{д.Σ} = \frac{20,70}{0,83} = 24,94 \text{ кВт}.$$

Вибираємо поздовжньо-фрезерний верстат мод. 6Г610 з потужністю головного приводу 28,5 кВт.

Згідно з паспортними даними верстата, приймаємо:  $S=250$  мм/хв.;  
 $n_{очн.}=50$  хв<sup>-1</sup>;  $n_б.=100$  хв<sup>-1</sup>.

Оскільки паспортні режими верстата виявились меншими за розрахункові, проводити перевірку правильності вибору верстата за потужністю нема потреби.

На всі інші операції режими різання призначаємо табличним способом. Усі розрахунки зводимо у табл.2.4.

Таблиця 2.4. - Призначення режимів різання табличним способом

Назва і зміст операції	Розрахункові значення				Верстат	
	t, мм	n, хв. <sup>-1</sup>	v, м/хв	S, мм/хв	Модель	Потужність приводу, кВт
1	2	3	4	5	6	7
005. Поздовжньо-фрезерна. Фрезерувати пов. 1, 2, 3, 4, 5 начорно	3,2	100	67,2	250	6Г610	28,5
010. Поздовжньо-фрезерна. Фрезерувати пов. 15, 26 одночасно	2,8	100	66,4	200	6605	22,0
015. Поздовжньо-фрезерна. Фрезерувати пов. 6, 7, 8 начорно	2,8	50; 100	63; 40	250	6Г610	28,5
020. Поздовжньо-фрезерна. Фрезерувати пов. 2, 3, 4, 5 начисто	0,5	125	87	315	6Г608	13,0
025. Поздовжньо-стругальна Стругати пази 24, 25	3	---	90	---	7212Г	26,0

Продовження таблиці 2.4.

1	2	3	4	5	6	7
030. Поздовжньо-фрезерна. Фрезерувати пази 10, 11, фаски 20, 21	2	200 200	103 72	315	6Г608	13,0
035. Поздовжньо-фрезерна. Фрезерувати пази 12, 13 одночасно	4,2	250	64	500	6606	11,0
040. Поздовжньо-фрезерна. Фрезерувати пази 9, паз 9' начорно	6,5	200	68	250	6Г610	28,5
045. Поздовжньо-фрезерна. Фрезерувати пази 14 одночасно	4,5	100	62	250	6606	11,0
045. Поздовжньо-фрезерна. Фрезерувати пази 14 одночасно	4,5	100	62	250	6606	11,0
045. Поздовжньо-фрезерна. Фрезерувати пази 14 одночасно	4,5	100	62	250	6606	11,0
050. Поздовжньо-фрезерна. Фрезерувати пази 9, паз 9' начисто	0,4	300	85	630	6606	11,0
055. Поздовжньо-фрезерна. Калібрувати пази 9, паз 9' одночасно	0,1	350	97	680	6606	11,0
060. Поздовжньо-фрезерна. Фрезерувати пази 22, 23, фаски 18, 19	1 2	250 200	80 72	400	6604	8,0
065. Агрегатна						
1. Фрезерувати пов. 33	2	250	64	315	спец.	12,5
2. Фрезерувати паз. 16	10	380	18	260		
3. Свердлити 2 отв. 28	2,5	900	15	0,4 мм/об		
4. Зенкувати 2 фаски 29	0,5	900	15	0,4 мм/об		
5. Нарізати різь в 2 отв. 28	0,5	480	9	1 мм/об		
070. Вертикально-фрезерна. Фрезерувати паз. 39	2	500	19	420	6P13	11,0

Продовження таблиці 2.4.

1	2	3	4	5	6	7
075. Агрегатна						
Поз. 1. 1. Свердлити 7 отв. 40.	2,5	900	15	0,4 мм/об	спец.	16,0
2. Свердлити 7 отв. 42.	2,5	900	15	0,4 мм/об		
3. Свердлити 7 отв. 44.	2,5	900	15	0,4 мм/об		
Поз. 2. 1. Зенкувати 7 фасок 41.	0,5	900	15	0,4 мм/об		
2. Зенкувати 7 фасок 43.	0,5	900	15	0,4 мм/об		
3. Зенкувати 7 фасок 45.	0,5	900	15	0,4 мм/об		
Поз. 3. 1. Нарізати різь в 7 отв. 40.	2,5	480	9	1 мм/об		
2. Нарізати різь в 7 отв. 42.	2,5	480	9	1 мм/об		
3. Нарізати різь в 7 отв. 44.	2,5	480	9	1 мм/об		
080. Поздовжньо-шліфувальна. Шліфувати пов. 2, 3, 4, 5 одночасно.	0,05	1200	25,1 м/с	600	3508	41,8
080. Поздовжньо-шліфувальна. Шліфувати пов. 6.	0,05	1200	25,1 м/с	600	3508	41,8

### 2.5. Нормування технологічного процесу

Технічна норма часу в умовах великосерійного виробництва визначається штучно-калькуляційним часом  $T_{шт.к}$  та проводиться згідно методики [1, с.127].

Нормування технологічного процесу показано на прикладі операції 015.

Операція 015 - поздовжньо-фрезерна. Фрезерувати пов. 6, 7, 8 начорнео одночасно.

Основний час оброблення:

$$T_{осн} = L / S_{хв} ;$$

де  $L$  - розрахункова довжина робочого ходу визначається з рис. 2.10.;

$L = l + l_{сп.} + l_{пр.} + D_{фр.}$  - розрахункова величина робочого ходу, мм;

де  $l$  - довжина оброблювальної поверхні;

$l_{вр.}$  - довжина врізання;

$l_{пр.}$  - довжина перебігу;

$D_{фр.}$  - діаметр фрези.

$$L = 1320 + 12 + 14 + 400 = 1746 \text{ мм};$$

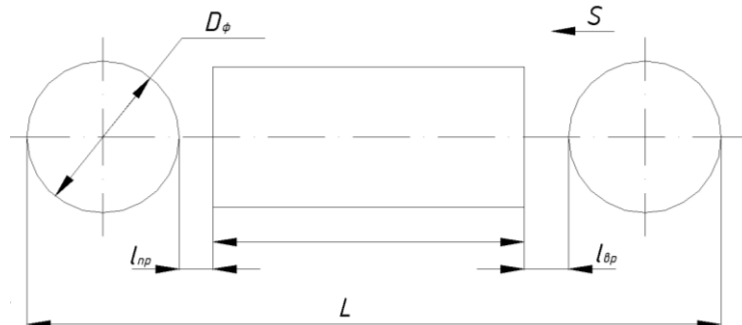


Рисунок 2.10 Схема для визначення розрахункової довжини робочого ходу  $L$ .

$$T_0 = 1746 / 250 = 6,77 \text{ хв.}$$

Час на встановлення і зняття обробленої деталі за допомогою вантажопідіймального механізму:

$$T_{в.з.} = 2 \cdot 2,14 = 4,28 \text{ хв.}$$

Час на закріплення і відкріплення обробленої деталі за допомогою автоматизованого пристрою:

$$T_{з.в.} = 2 \cdot 0,05 = 0,10 \text{ хв.}$$

Час на вимірювання деталі шаблоном:

$$T_{вим} = 0,16 \text{ хв.}$$

Час на прийом керування верстатом:

- ввімкнути і вимкнути верстат кнопкою:

$$T_{к.1} = 2 \cdot 0,02 = 0,04 \text{ хв.};$$

- підвести і відвести стіл:

$$T_{к.2} = 2 \cdot 0,24 = 0,48 \text{ хв.};$$

$$T_k = 0,04 + 0,48 = 0,52 \text{ хв.}$$

Загальний допоміжний час:

$$T_0 = 4,28 + 0,10 + 0,16 + 0,52 = 5,06 \text{ хв.}$$

Операційний час:

$$T_{on} = 6,77 + 5,06 = 11,83 \text{ хв.}$$

Сумарний час на обслуговування робочого місця, відпочинок та природні потреби:

$$T_{об} + T_{с} = 0,08 \cdot 11,83 = 0,95 \text{ хв.}$$

Загальний штучний час:

$$T_{шт} = 11,83 + 0,95 = 12,78 \text{ хв.}$$

Норми часу на цю та всі інші операції зводимо в табл.2.5.

Таблиця 2.5 - Технічні норми часу, хв.

Назва та зміст операції	T <sub>о</sub>	T <sub>д</sub>					T <sub>оп.</sub>	T <sub>обол.+ +T<sub>в.</sub></sub>	T <sub>шт.</sub>
		T <sub>в.з.</sub>	T <sub>з.в.</sub>	T <sub>к.</sub>	T <sub>вим</sub>	T <sub>дс</sub>			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
005. Поздовжньо-фрезерна. Фрезерувати пов. 1, 2, 3, 4, 5 начорно	6,77	4,28	0,10	0,52	0,32	5,22	11,99	0,96	12,95
010. Поздовжньо-фрезерна. Фрезерувати пов. 15, 26 одночасно	2,35	4,28	0,10	0,52	0,16	5,06	7,41	0,59	8,0
015. Поздовжньо-фрезерна. Фрезерувати пов. 6, 7, 8 начорно	6,77	4,28	0,10	0,52	0,16	5,06	11,83	0,95	12,78
020. Поздовжньо-фрезерна. Фрезерувати пов. 2, 3, 4, 5 начисто	5,54	4,28	0,10	0,52	0,16	5,06	10,60	0,85	11,45
025. Поздовжньо-стругальна Стругати пази 24, 25	2,30	4,28	0,10	0,52	0,16	5,06	7,36	0,59	7,95
030. Поздовжньо-фрезерна. Фрезерувати пази 10, 11, фаски 20, 21	5,38	4,28	0,10	0,52	0,32	5,22	10,60	0,85	11,45
035. Поздовжньо-фрезерна. Фрезерувати пази 12, 13 одночасно	2,69	4,28	0,10	0,52	0,32	5,22	7,91	0,63	8,54
040. Поздовжньо-фрезерна. Фрезерувати пази 9, паз 9' начорно	5,88	4,28	0,10	0,52	0,16	5,06	10,94	0,88	11,82
045. Поздовжньо-фрезерна. Фрезерувати пази 14 одночасно	5,38	4,28	0,10	0,52	0,48	5,38	10,76	0,86	11,62

Продовження табл. 2.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
050. Поздовжньо-фрезерна. Фрезерувати пази 9, паз 9' начисто	2,22	4,28	0,10	0,52	0,16	5,06	7,28	0,58	7,86
055. Поздовжньо-фрезерна. Калібрувати пази 9, паз 9' одночасно	2,06	4,28	0,10	0,52	0,48	5,38	7,44	0,60	8,04
060. Поздовжньо-фрезерна. Фрезерувати пази 22, 23, фаски 18, 19	3,37	4,28	0,10	0,52	0,32	5,22	8,59	0,69	9,28
065. Агрегатна. 1. Фрезерувати пов. 33. 2. Фрезерувати паз 16. 3. Свердлити 2 отв. 28. 4. Зенкувати 2 фаски 29. 5. Нарізати різь в 2 отв. 28.	0,95 1,82 0,12 0,06 0,06	2,14 2,14	0,005 0,05	0,07 0,12 0,12 0,12 0,19	0,16 0,16 0,12	2,42 0,38 0,12 0,12 2,50			
Разом по операції 065	1,82	4,28	0,10	0,62	0,44	5,64	7,46	0,60	8,06
070. Вертикально-фрезерна. Фрезерувати паз 39.	2,17	4,48	0,10	0,52	0,16	5,26	7,43	0,59	8,02
075. Агрегатна Поз. 1. 1. Свердлити 7 отв. 40. 2. Свердлити 7 отв. 42. 3. Свердлити 7 отв. 44.	0,68 0,68 0,33	2,14 ---	0,05 ---	0,07 0,12 0,12	---	2,26 0,12 0,12			
Разом по позиції 1	1,69	2,14	0,05	0,31	---	2,50	4,19	0,34	4,53
Поз. 2. 1. Зенкувати 7 фасок 41. 2. Зенкувати 7 фасок 43. 3. Зенкувати 7 фасок 45.	0,21 0,21 0,12	---	---	0,12 0,12 0,12	---	0,12 0,12 0,12			
Разом по позиції 2	0,54	---	---	0,36	---	0,36	0,90	0,07	0,97
Поз. 3. 1. Нарізати різь в 7 отв. 40. 2. Нарізати різь в 7 отв. 42. 3. Нарізати різь в 7 отв. 44.	0,44 0,44 0,21	2,14	0,05	0,12 0,12 0,19	0,12 0,12	0,24 0,24 2,50			
Разом по позиції 3	1,09	2,14	0,05	0,43	0,36	2,98	4,07	0,33	4,40
Разом по операції 075	1,69	4,28	0,10	1,01	0,36	5,84	7,53	0,60	8,13
080. Поздовжньо- шліфувальна. Шліфувати пов. 2, 3, 4, 5.	2,91	4,28	0,10	0,52	0,16	5,06	7,97	0,64	8,61
085. Поздовжньо- шліфувальна. Шліфувати пов. 6	2,91	4,28	0,10	0,52	0,16	5,06	7,97	0,64	8,61
Разом по технологічному процесу	62,91	72,76	1,70	9,52	4,48	88,46	150,6 7	12,05	162,72

## РОЗДІЛ 3

### КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

#### 3.1. Верстатний пристрій для фрезерування

##### 3.1.1 Вибір і обґрунтування принципу дії та структурної схеми

За розрахунками розділів 1 і 2 вид виробництва є великосерійним, а тому немає необхідності проектувати спеціальні верстати.

Цей пристрій використовується при виконанні операції 040 - поздовжнє фрезерування для обробки пазів 9, 9'.

Відповідно до пп. 2.5, оптимальною буде схема базування, при якій заготовка встановлюється в координатний кут. Схема базування заготовки на операції 040 наведена на рисунку 2.2.

Як силовий елемент використовується пневмоциліндр, встановлений в корпусі пристрою, що дозволяє зменшити габарити і вагу самого пристрою. Пневмоциліндр має просту конструкцію, не складний у виготовленні і має низьку вартість. Це значно здешевлює процес виготовлення пристрою.

«Переваги цього пристрою:

- просте і зручне базування заготовки;
- скорочення штучного часу за рахунок скорочення допоміжного часу;
- постійність зусилля притиску, що забезпечує мінімальну похибку монтажу;
- зниження вартості отримання деталі.

Недоліки пристрою:

- необхідність обладнання робочого місця пневматичною мережею;
- необхідність використання допоміжного працівника - налагоджувача» [1]

Точність, що забезпечується даним пристроєм, повинна бути не нижчою, ніж допуск на розмір від базової до оброблюваної поверхні - 520 мкм (при виконавчих розмірах  $2 \pm 0,26$  мм).

#### 3.1.2 Розрахунок пристрою на точність

«На точність обробки впливає низка факторів, які спричиняють загальну помилку  $\Delta_{\Sigma}$  :

$$\Delta_{\Sigma} = \frac{1}{K} \sqrt{(K_1 \Delta_{ey})^2 + (K_2 \Delta_y)^2 + (K_3 \Delta_u)^2 + (K_4 \Delta_i)^2 + (K_5 \sum \Delta_e)^2 + (K_6 \sum \Delta_t)^2} ;$$

де  $K$  – коефіцієнт відносної дисперсії початкового параметра (коефіцієнт ризику); із заданою гарантованою надійністю пристрою  $K = 0,683$ ;

$K_1 - K_6$  - коефіцієнти, що враховують відповідні закони розподілу похибок;

$$K_1 = K_2 = K_3 = 1,0;$$

$$K_4 = K_5 = K_6 = 1,73.$$

$\Delta_{ey}$  - помилка установки заготовки;  $\Delta_y$  - похибка обробки заготовки, яка виникає внаслідок зміщення елементів технологічної системи під дією сил різання;  $\Delta_u$  - помилка налаштування технологічної системи;  $\Delta_i$  - помилка, яка виникає внаслідок зносу ріжучого інструменту;  $\sum \Delta_e$  - сумарна похибка верстата, яка виникає внаслідок його зношення за період експлуатації;  $\sum \Delta_t$  - температура сумарної похибки» [1].

«Помилка монтажу  $\Delta_{ey}$  - це відхилення фактичного положення кріплення деталі від необхідного теоретичного:

$$\Delta_{ey} = \sqrt{\varepsilon_0^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{np}^2} ;$$

де  $\varepsilon_0$  похибка позиціонування заготовки в пристрої;  $\varepsilon_3$  - похибка кріплення заготовки;  $\varepsilon_{np}$  - помилка положення заготовки в пристрої» [1] .

Похибка базування визначається з наступної схеми.

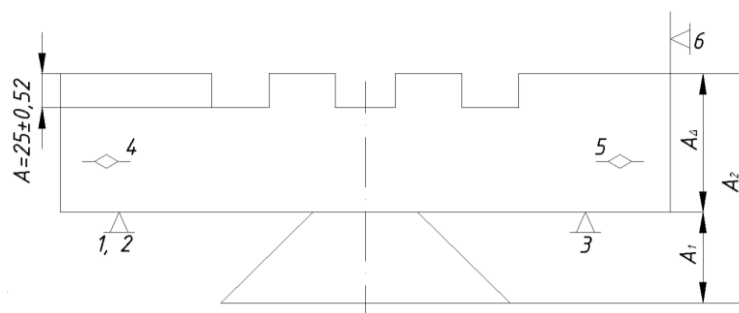


Рисунок 3.1 Схема базування при обробленні Т-подібних пазів

Похибка базування  $\varepsilon_0$  при досягненні розміру  $A$  визначиться як:

$$\varepsilon_{\sigma} = \varepsilon_{AA} = \varepsilon_{A1} + \varepsilon_{A2} = TA_1 + TA_2.$$

Технологічні допуски після оброблення (чистового фрезерування) відповідних поверхонь складуть:

$$TA_1 \approx IT10(32\text{мм}) = 100\text{мкм};$$

$$TA_2 \approx IT10(120\text{мм}) = 140\text{мкм};$$

$$\varepsilon_{\sigma} = 100 + 140 = 240\text{мкм} = 0,24\text{мм}$$

Похибка фіксації  $\varepsilon_s = 0$ , так як даний пристрій передбачається оснащений пневматичним затискним механізмом, який забезпечить постійність зусилля затиску.

«Помилка в положенні заготовки в пристосуванні  $\varepsilon_{np}$  є наслідком неточності виготовлення пристосування  $\varepsilon_{\sigma}$ , зносу елементів його установки  $\varepsilon_{zn}$  і помилки установки самого пристосування на верстат  $\varepsilon_{вст}$  :

$$\overline{\varepsilon_{np}} = \overline{\varepsilon_{\sigma}} + \overline{\varepsilon_{zn}} + \overline{\varepsilon_{вст}} \gg [1].$$

Технологічні можливості виготовлення приладів забезпечують похибку  $\varepsilon_{\sigma}$  в межах 10-15 мкм. Ми приймаємо  $\varepsilon_{\sigma} = 10\text{мкм}$ .

«Ступінь зносу елементів установки  $\varepsilon_{zn}$  :

$$\varepsilon_{zn} = \beta \cdot N^n;$$

де  $N$  - кількість контактів заготовки з установочними елементами пристрою;  $\beta$  - константа, яка залежить від типу складових елементів» [1].

$$\varepsilon_{zn} = 0,021 \cdot 200000^{0,78} \approx 48\text{мкм}.$$

Похибку встановлення пристрою на верстаті приймаємо рівною  $\varepsilon_{вст} = 10\text{мкм}$ .

«В абсолютній формі рівняння запишеться як:

$$\varepsilon_{np} = t \sqrt{\lambda_1 \varepsilon_{\sigma}^2 + \lambda_2 \varepsilon_{zn}^2} + \varepsilon_{вст};$$

де  $t$  - коефіцієнт, який визначає частку можливого браку;  $\lambda_1, \lambda_2$  - коефіцієнти, які залежать від закону розподілу випадкових величин» [1].

$$\varepsilon_{np} = 3 \sqrt{\frac{1}{3} \cdot 10^2 + \frac{1}{9} \cdot 48^2} + 10 \approx 61\text{мкм};$$

$$\Delta \varepsilon_y = \sqrt{240^2 + 0^2 + 61^2} = 248 \text{ мкм}.$$

Похибку оброблення заготовки  $\Delta_y$  приймаємо рівною 15 мкм.

«Похибку налагодження технологічної системи  $\Delta_n$  визначимо як:

$$\Delta_n = \sqrt{(K_p \Delta_p)^2 + (K_{вим} \Delta_{вим})^2};$$

де  $K_p, K_{вим}$  - коефіцієнти, які враховують закони розподілу випадкових величин;  $\Delta_p$  - похибка регулювання;  $\Delta_{вим}$  - похибка вимірювання»[1].

Згідно, приймаємо:  $\Delta_p = 20 \text{ мкм}$ ;  $\Delta_{вим} = 16 \text{ мкм}$ ;  $K_p = 1,14$ ;  $K_{вим} = 1,0$ .

$$\Delta_n = \sqrt{(1,14 \cdot 20)^2 + (1,0 \cdot 16)^2} \approx 28 \text{ мкм}.$$

Похибку, яка виникає внаслідок зношення різального інструменту  $\Delta_i$ , приймаємо рівною 25 мкм.

Сумарну похибку верстата  $\sum \Delta_s$ , яка виникає внаслідок його зношення за період експлуатації, приймаємо рівною 12 мкм.

Сумарну температурну похибку  $\sum \Delta_t$ , приймаємо рівною 10...15% від  $\Delta_\Sigma$ .

Сумарна похибка (без врахування температурної похибки):

$$\Delta_\Sigma = \frac{1}{0,683} \sqrt{(248)^2 + (15)^2 + (28)^2 + (1,73 \cdot 25)^2 + (1,73 \cdot 12)^2} = 373 \text{ мкм};$$

$$\sum \Delta_t = 373 \cdot 0,15 = 56 \text{ мкм}.$$

Загальна похибка:

$$\Delta_\Sigma = \frac{1}{0,683} \sqrt{(0,683 \cdot 373)^2 + (1,73 \cdot 56)^2} = 399 \text{ мкм}.$$

Мінімальний допуск на оброблення заданої поверхні, згідно з кресленням, становить 520 мкм. Таким чином, умова  $\Delta_\Sigma \leq TA$  виконується.

### 3.1.3 Силовий розрахунок параметрів приводу

«Для забезпечення надійності сили притиску введемо коефіцієнт запасу  $K$ :

$$K = K_0 K_1 K_2 K_3 K_4 K_5,$$

де  $K_0$  – коефіцієнт гарантованого резерву;  $K_1$  - коефіцієнт, що враховує наявність випадкових нерівностей на поверхні заготовки ;  $K_2$  - коефіцієнт, що залежить від прогресивного затуплення різального інструменту;  $K_3$  - коефіцієнт, що враховує збільшення сили різання при періодичному різанні;  $K_4$  - коефіцієнт, що характеризує затискний механізм з точки зору сталості зусиль, які він розвиває;  $K_5$  – коефіцієнт, що враховує наявність моментів, які намагаються повернути заготовку » [1].

Приймаємо :  $K_0 = 1,5$ ;  $K_1 = 1,0$ ;  $K_2 = 1,3$ ;  $K_3 = 1,0$ ;  $K_4 = 1,0$ ;  $K_5 = 1,0$ .

$$K = 1,5 \cdot 1,0 \cdot 1,3 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,95.$$

Необхідна сила затиску заготовки визначиться зі схеми:

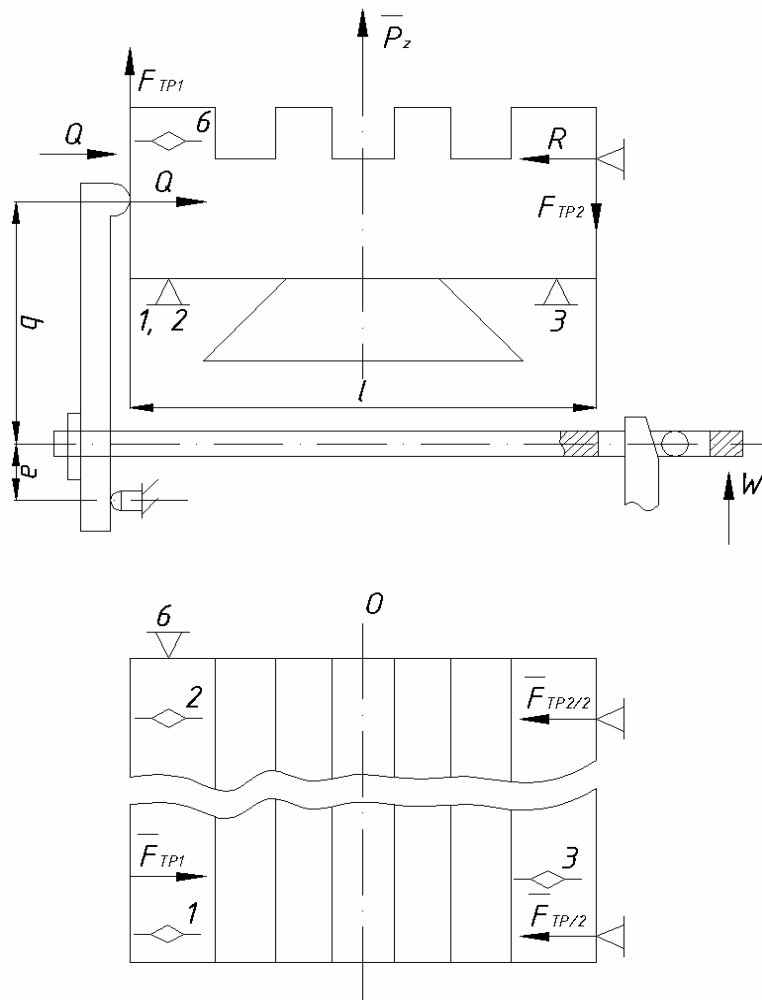


Рисунок 3.3. Розрахункова схема для визначення сили затиску

Розрахунок необхідної сили затиску проводиться за умови не провертання заготовки навколо осі  $OO'$  під дією крутного моменту  $M_{кр}$  :

$$\sum M_{крOO'} = 0;$$

$$kM_{кр} + R \cdot 1/2 - F_{mp2} \cdot 1/2 - Q \cdot 1/2 = 0.$$

Приймаючи:

$$F_{mp1} = Q \cdot f_1; F_{mp2} = R \cdot f_2; R = Q.$$

Отримаємо:

$$kM_{кр} = Q \cdot f_2 \cdot 1/2 + Q \cdot 1/2 + Q \cdot f_1 \cdot 1/2 - Q \cdot 1/2.$$

Звідси:

$$Q = \frac{2 \cdot kM_{кр}}{l \cdot (f_1 + f_2)}.$$

При силі різання  $P_z = 4046,7H$ , необхідна сила затиску:

$$Q = \frac{1,95 \cdot 4046,7 \cdot 100}{320 \cdot (0,15 + 0,15)} = 8219,88H.$$

Зусилля на штоці:

$$W = Q \cdot \frac{a}{b} = 8219,88 \cdot \frac{50}{45} = 9133,2H.$$

Діаметр поршня пневмоциліндра визначається за формулою:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot W}{\pi \cdot p \cdot \eta}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 9133,2}{\pi \cdot 0,63 \cdot 0,85}} = 147,4mm;$$

де  $p = 0,63MPa$  - тиск повітря в пневмосистемі;

$\eta = 0,85$  - ККД пневмоциліндра.

Приймаємо  $D = 150mm$ .

### 3.1.5. Опис конструкції та роботи пристрою

В процесі оброблення заготовка базується на опорі 11, опорні пластини 26 та опори 24. Затиск здійснюється за допомогою прихвата 9. Прихват приводиться в рух за допомогою тяги 8, яка зв'язана через ролик 6 з штоком 5 клинової форми. Зусилля затиску передається від вбудованого пневмоциліндру. При подачі повітря у нижню порожнину циліндра шток 5 переміщується вгору, його клиноподібний кінець діє на ролик 6, який з'єднаний з тягою 8. Тяга рухається вправо і переміщаючи прихват 9, затискає заготовку. Розтиск обробленої деталі здійснюється у зворотній послідовності.

### 3.2. Пристрій агрегатний

Даний пристрій призначений для оброблення пазу 16 та різцевих отворів 28 на агрегатній операції 065.

Розрахунок сили затиску проводиться за двох умов:

1. Заготовка не повинна повертатися навколо своєї осі під дією крутного моменту.

2. Заготовка не повинна зміщуватися вздовж осі під дією осьової сили.

Згідно з першою умовою:

$$\begin{aligned}\sum M_{O_1 O_1} &= 0; \\ -kM + \bar{F}_{mp2} \cdot d + \bar{F}_{mp4} \cdot c + \bar{F}_{mp1} \cdot d + \bar{F}_{mp3} \cdot c &= 0; \\ \bar{F}_{mp1} &= N_1 \cdot f; \\ \bar{F}_{mp2} &= N_2 \cdot f; \\ \bar{F}_{mp3} &= Q/2 \cdot f; \\ \bar{F}_{mp4} &= Q/2 \cdot f.\end{aligned}$$

Оскільки  $N_1 = N_2 = Q/2$ , то отримаємо:

$$\begin{aligned}kM &= Q/2 \cdot f \cdot d + Q/2 \cdot f \cdot c + Q/2 \cdot f \cdot d + Q/2 \cdot f \cdot c = 0; \\ kM &= 4Q \cdot f \cdot (c + d).\end{aligned}$$

Оскільки  $M_{xp} = P_z \cdot D/2$ , то кінцево отримаємо:

$$Q = \frac{k \cdot P_z \cdot D}{8f \cdot (c + d)};$$

Згідно з другою умовою:

$$\begin{aligned}\sum P_{O_1 O_1} &= 0; \\ -kP_x - \bar{F}_{mp4} - \bar{F}_{mp2} + \bar{F}_{mp1} + \bar{F}_{mp3} &= 0; \\ kP_x &= Q/2 \cdot f - Q/2 \cdot f + Q/2 \cdot f - Q/2 \cdot f = 0; \\ kP_x &= 0.\end{aligned}$$

Таким чином, розрахунок ведемо за формулою:

$$Q = \frac{3,09 \cdot 6044,7 \cdot 50}{8 \cdot 0,15 \cdot (115 + 100)} = 3619,8 \text{ Н}.$$

Зусилля на штоці пневмокамери:

$$2[W/2 \cdot b] = 2[Q/2 \cdot a];$$

$$W = Q \cdot \frac{a}{b};$$

$$W = 3619,8 \cdot \frac{40}{20} = 7239,6 \text{ Н}.$$

Робочий діаметр мембрани:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot W}{\pi \cdot p \cdot \eta}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 7239,6}{\pi \cdot 0,63 \cdot 0,85}} = 131,2 \text{ мм}.$$

Приймаємо  $D = 160 \text{ мм}$ .

Заготовка в процесі оброблення базується на опорі 17 і опорах 16. Затиск здійснюється за допомогою вбудованої пневмокамери 2. При подачі повітря стисненого повітря у нижню порожнину камери шток з приєднаним до нього осетримачем 15 передає зусилля на коромисло 7 і через нього на тяги 6, і далі - на прихвати 5. При подачі повітря у верхню порожнину камери відбувається звільнення обробленої деталі.

### 3.3. Пристрій для контролю паралельності напрямних

Даним пристроєм контролюється відхилення напрямних типу "ластівчин хвіст". Допуск непаралельності, згідно з кресленням, становить не більше 0,04/1000 мм. Пристрій встановлюється на контрольовану деталь таким чином, щоб п'ятка 18 дотикалася до поверхні, яка підлягає контролю. Пристрій фіксується за допомогою ручки 11 і ролика 10. Індикатор встановлюється на нуль. Пристрій пересувається на краї напрямних. Ріна краї напрямних. Різниця двох показів індикатора (на краях деталі) дає значення максимального відхилення від паралельності.

## РОЗДІЛ 4

### ПРОЕКТУВАННЯ МЕХАНІЧНОЇ ДІЛЬНИЦІ

#### 4.1 Уточнення типу виробництва, організаційної форми

Для уточнення типу виробництва використовуємо коефіцієнт закріплення операції  $K_{з.о.}$ . Всі розрахунки зводимо у таблицю 4.1

Таблиця 4.1- Розрахунок необхідної кількості верстатів та уточнення типу виробництва столу 6520ФЗ-36.21.00.016

Назва операції	Норма часу на одну операцію, хв	Необхідність у верстатах		Фактичний коефіцієнт завантаження	Кількість операцій, закріплених за робочим місцем
		$C_p$	$C_{пp}$		
1	2	3	4	5	6
005. Поздовжньо-фрезерна	12,95	1,08	2	0,59	2
010. Поздовжньо-фрезерна	8,0	0,67	1	0,67	2
015. Поздовжньо-фрезерна	12,78	1,06	2	0,53	2
020. Поздовжньо-фрезерна	11,45	0,95	2	0,48	2
025. Поздовжньо-стругальна	7,95	0,66	1	0,66	2
030. Поздовжньо-фрезерна	11,45	0,95	2	0,48	2
035. Поздовжньо-фрезерна	8,54	0,71	1	0,71	2
040. Поздовжньо-фрезерна	11,82	0,98	2	0,49	2
045. Поздовжньо-фрезерна	11,62	0,96	2	0,48	2
050. Поздовжньо-фрезерна	7,86	0,65	1	0,65	2
055. Поздовжньо-фрезерна	8,04	0,67	1	0,67	2
060. Поздовжньо-фрезерна	9,28	0,77	1	0,77	2
065. Агрегатна	8,06	0,67	1	0,67	2
070. Вертикально-фрезерна	8,02	0,67	1	0,67	2
075. Агрегатна	8,13	0,67	1	0,67	2
080. Поздовжньо-шліфувальна	8,61	0,71	1	0,71	2
085. Поздовжньо-шліфувальна	8,61	0,71	1	0,71	2
<b>Всього</b>	163,17	13,54	23	0,59	34

Згідно з таблицею 4.1.

$$K_{з.о.} = \frac{34}{23} = 1,48;$$

Оскільки  $K_{з.о.}$  знаходиться в межах  $10 < K_{з.о.} < 20$ , то маємо середньосерійний тип виробництва.

Для уточнення організаційної форми виробництва користуємося коефіцієнтом потоковості  $R$ . Такт випуску рівний 12,165хв. Середній штучний час на операції:

$$T_{шт.с} = \frac{12,95/2 + 8,0 + 12,78/2 + 11,45/2 + 7,95 + 11,45/2 + 8,54 + 11,82/2 + 11,62/2 + 7,86 + 8,04 + 9,28 + 8,06 + 8,02 + 8,13 + 8,61 + 8,61}{17} = 7,48хв.$$

$$R = \frac{7,48}{12,165} = 0,61.$$

Так як  $R > 0,6$ , то маємо поточкову форму організації виробництва.

#### 4.2. Визначення кількості працівників на дільниці

а) Кількість основних робітників  $P_{осн}$  приймаємо за кількістю одиниць основного технологічного обладнання з врахуванням двозмінного режиму роботи:

$$P_{осн} = 2C_{пр.верста};$$

$$P_{осн} = 2 \cdot 23 = 46чол.$$

б) Кількість допоміжних робітників  $P_{доп}$ , приймаємо:

$$P_{доп} = (0,35...0,50) \cdot P_{осн};$$

$$P_{доп} = (0,35...0,50) \cdot 46 = 20чол.$$

Приймаємо  $P_{доп} = 20чол$ .

в) Кількість інженерно-технічних працівників:

$$P_{ІТТ} = (0,10...0,15)P_{осн};$$

$$P_{ІТТ} = (0,10...0,15) \cdot 46 = (5...7)чол.$$

Приймаємо  $P_{ІТТ} = 6чол$ .

г) Кількість рахувально-конторських працівників:

$$P_{РКП} = (0,03...0,04)P_{осн};$$

$$P_{РКП} = (0,03...0,04) \cdot 46 = (2...4)чол.$$

Приймаємо  $P_{РКП} = 4чол.$

д) Кількість молодшого обслуговуючого персоналу:

$$P_{МОП} = (0,02...0,04)P_{осн};$$

$$P_{МОП} = (0,02...0,04) \cdot 46 = (2...4)чол.$$

Приймаємо  $P_{МОП} = 2чол.$

е) Загальна кількість виробничого персоналу:

$$P_{заг} = P_{осн} + P_{доп} + P_{ТПП} + P_{РКП} + P_{МОП};$$

$$P_{заг} = 46 + 20 + 6 + 4 + 2 = 78чол.$$

#### 4.3. Розрахунок виробничої площі дільниці

Приймаємо виробничу питому площу на один верстат

$S_{пит.в.} = 20 м^2 / верстат$ . Тоді площа дільниці механічного оброблення столу

6520Ф3-36.21.00.016 буде складати:

$$S_{11} = 23 \cdot 20 = 460 м^2.$$

##### 1) Контрольне відділення

Площа визначається з розрахунку  $5-6 м^2$  на одного контролера з врахуванням коефіцієнта інтервал  $1,5 \div 1,75$ ; кількість контролерів – 2.

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

Загальна площа

- дільниці:  $S_{заг.д.} = S_{д} + S'_{к} = 460 + 14 = 474(м^2)$ ;

#### 4.4. Розробка технічного планування дільниці

На дільниці механічної обробки деталей розташування основного технологічного обладнання здійснюється в одну лінію відповідно до порядку, встановленого технологічним процесом механічної обробки деталі.

Виходячи з цього розташування обладнання, мінімальні відстані між машинами:

- для невеликих машин: 700 мм

- для середнього: 900 мм
- для великих: 1200 мм

Від машини до інших елементів майданчика (транспортера стружки, до колії каретки оператора) для всіх типів машин: не менше 800 мм.

Від машини до конструктивних елементів будівлі (стін, перегородок, колон):

- для невеликих машин: 700 мм
- для середнього: 800 мм
- для великих: 900 мм

Крім машин на ділянці використовується таке обладнання:

- 1) Стійка для пристроїв з висувною платформою: SD3725-01A.
- 2) Стіл - підставка для приладів 3702-50
- 3) Стіл приймальний з ящиками для інструментів: SD3702-11A
- 4) Решітка для ніг робітника С3794-01 ( дерево )

На обробній ділянці встановлено 23 верстати, відповідно до технологічного процесу обробки та коефіцієнта закріпленості операцій.

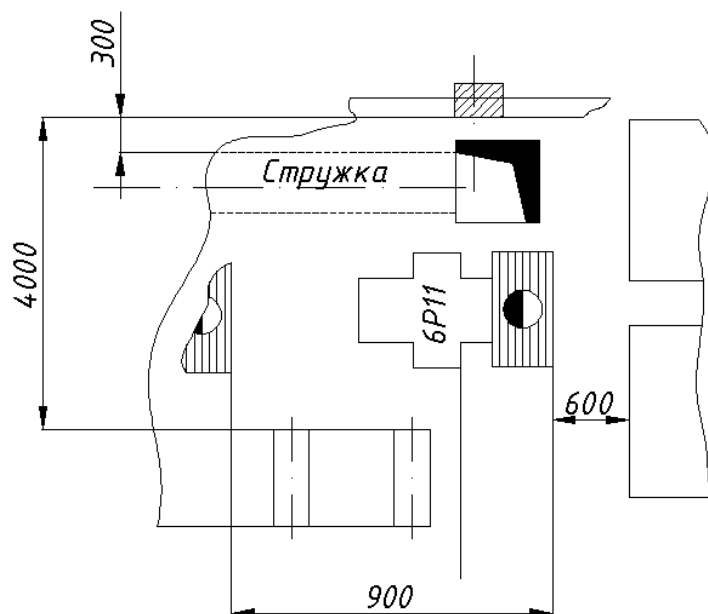


Рисунок 4.1 Схема технологічного плану дільниці цеху.

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

Основні техніко-економічні показники дільниці занесемо в таблицю 4.2.

Таблиця 4.2 – Основні техніко-економічні показники дільниці

№ п/п	Показник	Одиниці виміру	По дільниці
1	Найменування виробу		стіл
2	Річна програма випуску	шт.	20000
3	Кількість верстатів	шт	23
4	Тип виробництва		великосерійне
5	Кількість робітників: - основних - допоміжних всього	чол.	46 20 66
6	Виробничі площі: - основного виробництва - допоміжного виробництва всього	М <sup>2</sup>	460 14 474
7	Питома площа на одного основного робітника	М <sup>2</sup>	20

## РОЗДІЛ 5

### ОХОРОНА ПРАЦІ

#### 5.1 Характеристика ділянки механічної обробки деталі з точки зору техніки безпеки

Переробка виділеної частини супроводжується виникненням великої кількості шкідливих і небезпечних виробничих факторів, переважно фізичних і психофізіологічних груп. Оскільки майже всі вони призводять до погіршення стану здоров'я механізаторів, необхідно ще на стадії проектування механічної обробки передбачити комплекс організаційних заходів із застосуванням відповідних технічних засобів, які б сприяли запобіганню їх негативного впливу. .

Робота металорізальних верстатів пов'язана з виникненням вібрацій, з якими на діючих виробничих потужностях боротися вкрай важко. "Вібрація - це процес поширення механічних коливань у твердому тілі. Коливання механічних тіл з частотою нижче 20 Гц сприймаються тілом як вібрація, а коливання з частотою вище 20 Гц є одночасно вібрацією і звуком. Коливання, поширення" через елементи конструкції, прискорюють її руйнування, а також шкідливо впливають на здоров'я працівників» [8] .

Одним з особливо шкідливих факторів є шум. «Будь-який звук, який заважає сприйняттю важливих сигналів, прийнято називати небажаним для людини. Шум буває механічного, аеродинамічного, гідродинамічного, повітряного та електромагнітного походження. Детальний аналіз конструкцій машин, що використовуються для обробки зазначеної деталі показує, що в даному випадку існує декілька видів шуму, і актуальною є задача доведення їх до нормативних значень» [ 8] .

Крім того, важливим небезпечним виробничим фактором при введенні об'єкта проектування у виробництво є електричний струм. Тому необхідно забезпечити високий рівень електробезпеки. Електробезпека - це система

організаційно-технічних заходів і засобів, що забезпечують захист працівників проєктованого цеху від небезпечної дії електричного струму.

Інші шкідливі та небезпечні виробничі фактори, які будуть існувати при впровадженні об'єкта проєктування у виробництво, менш важливі, тому ми не будемо на них зупинятися більш детально.

Під час обробки деталей на металорізальних верстатах у виробничі приміщення будуть надходити пил і гази (зокрема, аерозольні забруднення). Отже, згідно з нормами об'єм виробничих приміщень повинен становити не менше 15 м<sup>3</sup> одного робітника, а площа — не менше 4,5 м<sup>2</sup>, включаючи площу, зайняту обладнанням і проходами. Крім того, металорізальні верстати повинні бути обладнані засобами місцевої вентиляції (пиловідсмоктувачі і тумановловлювачі), а в цеху повинна функціонувати загальнообмінна вентиляція.

5.2. Вибір і обґрунтування заходів і засобів, направлених на зменшення впливу виявлених небезпечних і шкідливих виробничих факторів на працівників цеху

Під час роботи обраного для обробки деталі металообробного обладнання виникають вібрації, тому одним з найактуальніших питань є захист від них. Для цього ми встановлюємо металорізальні верстати на віброопори типу ОВ, за допомогою яких досягаємо часткового гасіння коливань.

«Для захисту від ураження електричним струмом ми використовуємо контурний заземлювач, який має певні переваги порівняно з дистанційними (це призводить до зниження коефіцієнтів дотику та кроку до значень, при яких напруга дотику та крок не перевищуватиме допустимих значень).»

Для захисту працівників від пилу і газів ми використовуємо місцеву вентиляцію і плануємо встановити загальнообмінну вентиляцію цеху. Крім того, вибір оптимального типу мастильно-охолоджувальних матеріалів також знижує рівень забруднення навколишнього середовища» [8].

Безпека робіт, що виконуються на ковдрорізальних машинах, забезпечується відповідністю режимів різання вимогам стандартів і технічних умов на відповідний інструмент.

Охолоджуємо зони різання мастильно-охолоджуючими рідинами з температурою спалаху не менше 150 градусів, вільними від кислот і вологи. Змащувально-охолоджуюча рідина надходить в зону різання методом розпилення.

Знімаємо стружку з металорізальних верстатів механізованим способом.

Для захисту від ультразвуку, який передається через повітряне середовище, ми використовуємо методи звукоізоляції. При необхідності встановлюємо екран між обладнанням і працівниками.

### 5.3. Захист від механічного травмування при експлуатації повздовжньо-фрезерного верстата

«Травми в механічних цехах можуть бути викликані рухомими машинами і механізмами, незахищеними рухомими елементами виробничого середовища, рухомими виробами, заготовками, матеріалами, гострими кромками, задирками і шорсткостями на поверхні заготовок, інструментів і обладнання» [8].

Для захисту верстатів від сколів передбачається використання на верстатах захисних екранів, які мають форму паралелепіпедів, кожна грань яких є пластиною з жорстким кріпленням за допомогою болтових з'єднань або зварюванням. Вибір матеріалу і товщини захисного екрана залежить від величини динамічних навантажень, що діють на екран. Розрахунки захисних екранів виконано за методикою, запропонованою в [ 8 ].

Захисні екрани машин, що оглядаються, повинні захищати працівників від стружки і МОР, мати масу не більше 6 кг і кріплення, що не потребують використання ключів і викруток; бути жорсткими Вони мають бути виготовлені з листової сталі (товщина 0,8 мм), алюмінієвого листа ( 2 мм) або міцного пластику ( 4 мм). Вікна на захисних екранах виготовляються з безсколкового тришарового полірованого скла товщиною не менше 4 мм.

#### 5.4. Проектування і розрахунок штучного освітлення дільниці

Розміщення світильників загального освітлення на дільниці визначається: висотою приміщення -  $H$ , віддаллю від світильників до перекриття -  $h_c$ , висотою, на якій світильники розміщені над підлогою -  $h_n = H - h_c$ , висотою, на якій знаходиться розрахункова поверхня над рівнем підлоги -  $h_p$ , віддаллю між сусідніми світильниками -  $L$ , віддаллю від крайніх світильників до стіни -  $l$ .

При повній висоті корпусу 10 м вибираємо висоту установки світильників на рівні перекриття, тобто  $h = 7.2$  м.

Віддаль між сусідніми світильниками:

$$L = g \cdot h,$$

де  $g = 0.6$  - для рівномірної схеми освітлення. [8, табл. 4.21]

$$L = 0.6 \cdot 7.2 = 4.3 \text{ м.}$$

Виходячи з ширини прольоту 18 м, приймаємо в прольоті три ряди світильників через 4.5 м один від одного.

Кількість світильників на цех з параметрами:

– кількість прольотів - 3;

– довжина прольоту - 84 м;

$$N = \frac{3 \cdot 3 \cdot 84}{4.5} = 168.$$

Необхідний світловий потік ламп визначається за формулою:

$$\Phi = \frac{E \cdot K_z \cdot S \cdot z}{N \cdot \eta},$$

$E$  - нормована освітленість, лк;  $K_z$  - коефіцієнт запасу;  $S$  - площа освітлення,  $\text{м}^2$ ;  $Z$  - коефіцієнт нерівномірності  $z = 1,1 \dots 1,2$ ;  $N$  - число світильників;  $\eta$  - коефіцієнт використання світлового потоку.

Приймаємо:  $E = 30$  лк;  $K_z = 1,5$ ;  $S = 4536 \text{ м}^2$ ;  $\eta = 0.68$ .

$$\Phi = \frac{30 \cdot 1,5 \cdot 4536 \cdot 1,1}{168 \cdot 0,68} = 1965 \text{ лм.}$$

Вибираємо для світильників лампи розжарювання загального призначення типу Г, потужністю 150 Вт з світловим потоком 2000 лм.

## 5.5. Заходи щодо охорони навколишнього середовища

«Забруднення навколишнього середовища від роботи механічних цехів залежить від типу приводів, складу мастильно-охолоджувальних рідин і багатьох інших факторів. Так, наприклад, індустріальне масло марки I-20A дуже часто використовується в швидкісних і кормових коробки металорізальних верстатів. Це означає, що під час роботи необхідно постійно стежити за герметичністю з'єднань трубопроводів, по яких він подається, тому що при попаданні на металеву підлогу виробничого приміщення він буде просочуватися між металом. плитки в ґрунт, що зрештою призводить до забруднення земельних ресурсів» [8].

Якість з'єднань трубопроводів і елементів гідросистем істотно впливає на забруднення навколишнього середовища. Тому, крім щоденного огляду налагоджувачами, ми призначаємо періодичний профілактичний огляд гідрообладнання через кожні півроку експлуатації.

«Технічні масла, які використовувалися в редукторах і живленнях металорізальних верстатів, фільтруються на фільтрах грубого, середнього і тонкого очищення, сепаруються (для видалення з нього найдрібніших феромагнітних часток) і відстоюються в спеціальних очисних баках з магнітними пробками. Після очищення та відстоювання знімаються технічні характеристики відпрацьованої рідини (при цьому особливе значення надається динамічній і кінематичній в'язкості та щільності) і приймається рішення про можливість її подальшого використання. , нафта збагачується і використовується повторно, в іншому випадку вона підлягає переробці або (у разі неможливості її подальшої експлуатації чи переробки) — утилізації як відходи»[8].

Під час роботи металорізального обладнання виникають інші забруднювачі навколишнього середовища, виявлення яких і боротьба з ними є одним із першочергових завдань інженера при проектуванні механічних цехів.

## ВИСНОВКИ І ПРОПОЗИЦІЇ

В кваліфікаційній роботі бакалавра розроблено технологічний процес механічної обробки стола 6520ФЗ-36.21.00.016. Встановлюється тип і організаційна форма виробництва. Відпрацьовували деталь на технологічність. Спосіб отримання заготовки економічно обґрунтований. Вибирається спосіб обробки поверхні. Проведено розрахункове обґрунтування основ. Визначаються допуски, припуски та робочі розміри. Проведено розрахунок режимів різання, підбір обладнання та обладнання. Проведено стандартизацію технологічного процесу.

Спроектовано пристрій для фрезерування площин. Вибрано і обґрунтовано принципу дії, структурні схеми. Проведено силовий розрахунок параметрів приводу. Проведено розрахунок на точність. Дано загальний опис конструкції, принцип дії. Спроектовано пристрій агрегатний, який призначений для оброблення пазу 16 та різцевих отворів 28 на агрегатній операції 065. Спроектовано пристрій для контролю паралельності напрямних. Даним пристроєм контролюється відхилення напрямних типу "ластівчин хвіст".

Спроектовано механічну дільницю для обробки стола 6520ФЗ-36.21.00.016. Розраховано виробничої площі дільниці. Розроблено технологічне планування дільниці.

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

## 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. 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](https://doi.org/10.1007/978-3-030-91327-4_45).
3. Zabolotnyi, O., Bozhko, T., Halchuk, T., Zaleta, O., Cagaňová, 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](https://doi.org/10.1007/978-3-031-06025-0_35)
4. Якімов О.В. Технологія машино- та приладобудування: навчальне видання / О.В. Якімов, В.І. Марчук. - Луцьк, 2005. – 710с.
5. Металорізальні інструменти : навчальний посібник / С. В. Швець. – Суми : Сумський державний університет, 2019. – 272 с.
6. Божидарнік В., Григорєва Н., Шабайкович В. Технологія виготовлення виробів: навчальний посібник / В. Божидарнік, Н. Григорєва, В. Шабайкович. – Л.: Надстиря, 2006. – 592с.
7. Гарнець В. М. Механічна обробка заготовок різанням: навч. посібник / В. М. Гарнець [та ін.]. – К. : КНУБА, 2008. – 164 с.
8. Мельничук П.П., Боровик А.І., Лінчевський П.А. Технологія машинобудування : підручник / Мельничук П.П., А.І. Боровик, П.А. Лінчевський. – Житомир: ЖДТУ, 2005.

9. 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.

10. 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.