

**Міністерство освіти і науки України  
Луцький національний технічний університет  
Факультет транспорту та механічної інженерії  
Кафедра прикладної механіки та мехатроніки**

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА  
ЗА СТУПЕНЕМ ВИЩОЇ  
ОСВІТИ «БАКАЛАВР»**

**ПРОЕКТУВАННЯ ДІЛЬНИЦІ З РОЗРОБКОЮ ТЕХНОЛОГІЧНОГО  
ПРОЦЕСУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ КОРПУСУ ПИМ 16.101**

спеціальність      131 Прикладна механіка  
освітня програма      Прикладна механіка

Виконав: здобувач вищої освіти  
Групи ІМ-41  
**Сасенко Микола Віталійович**

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Керівник:  
К.т.н., доцент  
Гальчук Тетяна Никифорівна

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Кваліфікаційну роботу  
допущено до захисту  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.  
К.т.н., доцент  
Гарант освітньої програми:  
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: 131 Прикладна механіка

Освітня програма: Прикладна механіка

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_  
(Редько Р.Г.)  
“ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2023р.

### **ЗАВДАННЯ**

#### **НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ**

Саєнку Миколі Віталійовичу

1. Тема кваліфікаційної роботи Проектування ділянки з розробкою технологічного процесу механічної обробки корпусу ПИМ-16.101.

Керівник роботи Гальчук Тетяна Никифорівна, к.т.н., доцент.

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

2. Строк подання студентом проекту (роботи) 12.06.2023 р.

3. Вихідні дані до роботи: Креслення деталі корпус ПИМ-16.101, річна програма випуску 45000шт/рік, нормативні дані.

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

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

Розділ 3. Конструкторська частина. Розділ 4. Проектування механічної ділянки.

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

Додатки.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

Креслення заготовки – 1 лист (ф.А1), КН – 1 лист (ф.А2), складальне креслення

верстатного пристрою - 1 лист (ф.А1), складальне креслення контрольного пристрою –

1 лист (ф.А1),) план ділянки – 1 лист (ф.А2), креслення шестишпindelної свердлильної

головки – 1 лист (ф.А1).

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання

04.02.2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи бакалавра	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	<i>Загальна частина</i>	<i>18.02.2023р.</i>	
2.	<i>Технологічна частина</i>	<i>25.03.2023р.</i>	
3.	<i>Конструкторська частина</i>	<i>15.04.2023р.</i>	
4.	<i>Проектування механічної ділянки</i>	<i>6.05.2023р.</i>	
5.	<i>Охорона праці</i>	<i>20.05.2023р.</i>	
6.	<i>Висновки та пропозиції</i>	<i>27.05.2023р.</i>	
7.	<i>Формування списку використаних джерел</i>	<i>27.05.2023р.</i>	
8.	<i>Формування додатків</i>	<i>27.05.2023р.</i>	
9.	<i>Оформлення ілюстративного матеріалу</i>	<i>3.06.2023р.</i>	
10.	<i>Нормоконтроль</i>	<i>8.06.2023р.</i>	
11.	<i>Інструментальна перевірка на академічний плагіат</i>	<i>10.06.2023р.</i>	
12.	<i>Представлення кваліфікаційної роботи бакалавра до захисту</i>	<i>12.06.2023р.</i>	

Здобувач вищої освіти

\_\_\_\_\_

Саєнко М.В.

Керівник кваліфікаційної роботи

\_\_\_\_\_

Гальчук Т.Н.

## АНОТАЦІЯ

Саєнко М.В. Проектування дільниці з розробкою технологічного процесу механічної обробки корпусу ПИМ 16.101. Рукопис.

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

Кваліфікаційна робота бакалавра складається з вступу, 5 розділів, висновків і пропозицій, списку використаних джерел, додатків (згідно структури кваліфікаційної роботи, затвердженої кафедрою).

У роботі вирішено комплекс технологічно-конструкторських завдань для виготовлення корпусу ПИМ 16.101 в умовах серійного виробництва а саме: визначені тип виробництва і форма організації робіт, проведено аналіз конструкції деталі на технологічність, вибрано спосіб виготовлення заготовки, спроектовано маршрут механічної обробки деталі корпус ПИМ 16.101 з розробкою змісту операцій, проектуванням технологічного оснащення та інструментів. Зроблено планування та розраховані основні техніко-економічні показники дільниці для обробки корпусу ПИМ 16.101.

Об'єкт дослідження – корпус ПИМ 16.101.

Предмет дослідження – технологічний процес механічної обробки корпусу ПИМ 16.101.

Ключові слова: корпус, технологічний процес, пристрій, режими різання, виробництво.

## ABSTRACTS

Saienko M.V. Design of the site with the development of the technological process of machining of the PYM housing 16.101. Manuscript.

Qualification work for bachelor's degree in Applied Mechanics, specialty 131 Applied Mechanics. Lutsk National Technical University. Lutsk, 2023.

The bachelor's qualification work consists of an introduction, 5 chapters, conclusions and suggestions, a list of references, and appendices (according to the structure of the qualification work approved by the department).

The work solves a set of technological and design tasks for the manufacture of the PIM 16.101 housing in mass production, namely: the type of production and the form of organization of work are determined, the design of the part is analyzed for manufacturability, the method of manufacturing the workpiece is selected, the route of machining the PYM 16.101 housing is designed with the development of the content of operations, design of technological equipment and tools. The main technical and economic indicators of the section for machining the PYM 16.101 housing were planned and calculated.

The object of research is the PIM 16.101 housing.

The subject of research is the technological process of machining the PYM 16.101 housing.

Keywords: hull, technological process, device, cutting modes, production.

## ЗМІСТ

	ст.
Вступ.....	6
1. Розділ 1. Загальна частина.....	8
1.1. Службове призначення і характеристика об'єкта виробництва, аналіз технічних умов на деталь.....	8
1.2. Вибір методу одержання заготовки.....	9
1.3. Вибір методу обробки поверхонь.....	10
1.4. Визначення типу та організаційної форми виробництва.....	12
2. Розділ 2. Технологічна частина.....	15
2.1. Аналіз технологічності конструкції деталі.....	15
2.2. Вибір технологічних баз.....	16
2.3. Визначення допусків на технологічні розміри і розрахунок припусків.....	18
2.4. Розрахунок режимів різання, вибір обладнання.....	21
2.5. Нормування технологічного процесу.....	23
3. Розділ 3. Конструкторська частина.....	26
3.1. Проектування пристрою для свердління отвору.....	26
3.1.1. Вибір і обґрунтування принципу дії пристрою, структурної схеми...	26
3.1.2. Силовий розрахунок параметрів приводу.....	27
3.1.3. Розрахунок на точність.....	28
3.1.4. Загальний опис конструкції, принцип дії.....	30
3.2. Проектування контрольного пристрою.....	30
3.3. Проектування шестишпindelної свердлильної головки для свердління отворів.....	31
3.3.1. Розрахунок шестишпindelної свердлильної головки.....	31
3.3.2. Загальний опис конструкції.....	33

4.	Розділ 4. Проектування механічної ділянки.....	34
4.1.	Уточнення типу виробництва.....	34
4.2.	Визначення кількості працівників на ділянки.....	35
4.3.	Розрахунок виробничої площі ділянки.....	36
4.4.	Розробка технологічного планування ділянки.....	37
4.5.	Вибір вантажопідійомних і транспортних засобів на ділянки.....	38
5.	Розділ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ.....	40
5.1.	Характеристика ділянки з точки зору охорони праці.....	40
5.2.	Заходи, які забезпечують створення оптимальних метрологічних умов на ділянки.....	41
5.3.	Охорона навколишнього середовища.....	43
5.4.	Планування протипожежних заходів.....	43
	Висновки і пропозиції.....	45
	Список використаних джерел.....	48
	Додатки.....	50

## В С Т У П

Актуальність теми зумовлена тим, що як розвиток машинобудування так і впровадження розробки та освоєння виробництва нових виробів, забезпечення високої точності та стабільності процесів їх виготовлення знаходяться у прямій залежності від досконалості технології. Досягнути ефективності у машинобудуванні можливо за рахунок вдосконалення та інтенсифікації технології шляхом оптимізації режимів різання, скороченням трудомісткості операції, правильним вибором організації виробництва. Реалізація таких вимог, неможлива без широкого застосування металообробних верстатів. Особлива увага надається правильному вибору обладнання, його раціональному використанню та розміщенню у виробничому приміщенні. На це безпосередньо впливає технологічний процес обробки деталі та особливості його впровадження відповідно до масштабів випуску виробів різного призначення. Оскільки серед номенклатури виробів, що підлягають механічній обробці значну частку становлять корпусні деталі тому є важливим розгляд реалізації техпроцесу із проектуванням виробничого підрозділу на прикладі виготовлення корпусу насоса ПИМ 16.101.

Метою роботи є розробка технологічного процесу механічної обробки корпусу насоса ПИМ 16.101 та проектування ділянки для його виготовлення.

Для досягнення поставленої мети потрібно виконати такі завдання:

- провести огляд службового призначення та умов роботи деталі у вузлі;
- визначити тип виробництва та рівень технологічності заданої деталі;
- спроектувати конструкцію заготовки;
- виконати проектування типових послідовностей обробки поверхонь заготовки та операційного технологічного процесу виготовлення деталі;
- виконати тривимірну модель деталі у САД-системі;
- спроектувати пристрої для обробки та контролю;
- розробити план механічного підрозділу виробництва для виготовлення корпусу;

- провести аналіз умов праці з дотриманням стану з охорони праці.

Об'єкт дослідження – корпус насоса ПИМ 16.101.

Предмет дослідження – технологічний процес механічної обробки деталі корпус ПИМ 16.101.

В роботі використовувався метод дослідження - розрахунково-аналітичний, а також загальні положення технології машинобудування, теорії різання матеріалів; засоби САПР для конструювання, проектування механічної дільниці та побудови 3D-моделі виробу.

Практичне значення одержаних результатів полягає в розробленні технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус насоса ПИМ 16.101» та дільниці для його реалізації. Для цього запропоновані такі нові рішення:

- розроблений технологічний процес механічної обробки, який за умови програми випуску обсягом 45000 штук на рік забезпечує зниження собівартості, енерговитрат та трудомісткості;

- розроблені конструкції пристосувань для виконання однієї з операцій механічної обробки та контрольного пристрою;

- розроблено план дільниці механічної обробки.

## РОЗДІЛ 1

### ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

#### 1.1. Службове призначення і характеристика об'єкта виробництва, аналіз технічних умов на деталь

Корпус насоса ПИМ 16.101– це двох порожнинна чаша, всередині якої проходить рідина. В одній із порожнин створюється тиск рідини вищий від атмосферного для подачі в трубопроводі під визначеним тиском. Чаші з'єднуються між собою через отвір діаметром 15 мм. Торцева поверхня корпусу за допомогою різьбових отворів з'єднується з кришкою насоса, між якими встановлюються ущільнюючі кільця. Патрубок з різьбою G1-B служить для розміщення зливної пробки, патрубок з вікном 40×40 мм служить для з'єднання насоса з трубопроводом. Спіральний відвід служить для направленою переміщення рідини.

Враховуючи вимоги та умови роботи корпусу ПИМ 16.101 матеріалом для його виготовлення є сірий чавун марки СЧ 20. Механічна стійкість даного матеріалу в основному визначається кількістю, формою та розмірами включень графіту. Хімічні та механічні властивості СЧ 20 наведені у табл. А.1 та табл. А.2 відповідно [1].

Точність виливка 10-0-0-10 ДСТУ 8981:2020. Виливок 10-го класу точності, 0-ої степені короблення, 0-ої степені точності поверхні, 10-ої степені точності маси [2]. Тому точність виливка невисока, а вимоги до степені короблення і точності поверхні відсутні, крім тих, що зазначені нижче. У виливку допускаються раковини глибиною до 1,4 мм і діаметром до 2,8 мм на не оброблювальних поверхнях і глибиною до 0,5 мм та діаметром до 1 мм на оброблювальних поверхнях в кількості 5 штук на 1дм<sup>2</sup>. Також на поверхнях И,К,Л,М,П і різьбових ливарні дефекти не допускаються. Звідси і додаткові

вимоги до якості виготовлення металевої форми і знаків, застосування додаткової вентиляції, рафінування сплаву.

Зміщення осей отворів  $\varnothing 150H10$  та  $\varnothing 60H10$  допускається не більше 0,1 мм. Така вимога достатня для забезпечення роботи вузла. Перший отвір призначений для встановлення через втулку і підшипник валу крилатки, а в другий отвір вставляється направляюча кришка відводу рідини. Всі інші розміри виконуються по IT 14/2 квалітету точності.

## 1.2. Вибір методу одержання заготовки

Заготовки для деталі можуть бути одержані литвом в піщані форми з машинною формовкою і в металеві форми (кокіль) [2]. Технологічний процес механічної обробки корпусу не змінюється.

Для того, щоб вибрати метод одержання заготовки, визначаємо вартість заготовки одержаної литвом.

Вартість заготовки виливка визначаємо за формулою [3]:

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

де  $C$  – базова вартість 1 тонни заготовок;

$q = 7,2$  кг - маса деталі;

$Q$  - маса заготовки, кг.

Для литва в піщані форми з машинною формовкою.

$C = 1800$  грн.;  $Q = 9,2$  кг;  $K_T = 1,1$ ;  $K_M = 1,04$ ;  $K_B = 0,91$ ;  $K_C = 1,2$ ;  $K_{\Pi} = 1,0$ ;

$S_{\text{відх}} = 124$  грн. [4].

$$S_{\text{заг1}} = \left( \frac{1800}{1000} \cdot 9,2 \cdot 1,1 \cdot 1,2 \cdot 0,91 \cdot 1,04 \cdot 1 \right) - (9,2 - 7,2) \frac{124}{1000} = 20,44 \text{ грн.}$$

Для литва в кокіль.

$C = 1800$  грн.;  $Q = 9,0$  кг;  $K_T = 1,05$ ;  $K_M = 1,04$ ;  $K_B = 0,91$ ;  $K_C = 1,2$ ;  $K_{\Pi} = 1,0$ ;

$S_{\text{відх}} = 124$  грн. [4].

$$S_{\text{заг2}} = \left( \frac{1800}{1000} \cdot 9 \cdot 1,05 \cdot 1,2 \cdot 0,91 \cdot 1,04 \cdot 1 \right) - (9 - 7,2) \frac{124}{1000} = 19,10 \text{ грн.}$$

Економічний ефект:  $\mathcal{E} = (S_{за2} - S_{за1}) \cdot N$ ,

$$\mathcal{E} = (20,44 - 19,1) \cdot 45000 = 60300 \text{ грн.}$$

Отже одержання заготовки литвом в кокіль є більш доцільним економічно.

### 1.3. Вибір методу обробки поверхонь

На етапі розробки технологічного процесу механічної обробки є важливим правильно вибрати методи та послідовність обробки поверхонь, що залежать від службового призначення деталі, її поверхонь, вимог до точності та шорсткості.

Вибір методу для обробки поверхні деталі проводимо за допомогою коефіцієнту уточнення, що розраховується за формулою [3]:  $E_p = \frac{T_3}{T_0}$ ,

де  $T_3$  і  $T_0$  – відповідно допуски на розмір заготовки та деталі.

Кількість методів обробки визначаємо за формулою:  $m_p = \frac{\lg E_p}{0,46}$ ,

Проведемо розрахунки для поверхні  $\varnothing 159H 10$

$$\text{Уточнення: } E_p = \frac{T_3}{T_0} = \frac{1400}{160} = 8,75$$

$$\text{Кількість методів обробки: } m_p = \frac{\lg E_p}{0,46} = \frac{\lg 8,75}{0,46} = 2,05$$

Приймаємо кількість методів обробки даної поверхні рівним 2.

Різниця квалітетів точності поверхні заготовки та деталі становить:  $15 - 10 = 5$

Розкладемо цю різницю за законом прогресивного зменшення:  $5 = 3 + 2$ .

Таким чином після 1-ого переходу точність обробки становить:  $15 - 3 = 12$  кв.;  
після 2-го переходу :  $12 - 2 = 10$  кв.

Проведемо розрахунки для поверхні  $\varnothing 60H10$

$$\text{Уточнення: } E_p = \frac{T_3}{T_0} = \frac{1400}{120} = 11,7$$

$$\text{Кількість методів обробки: } m_p = \frac{\lg E_p}{0,46} = \frac{\lg 11,7}{0,46} = 2,3$$

Приймаємо кількість методів обробки даної поверхні рівним 2 для зменшення працездатності обробки.

Різниця квалітетів точності поверхні заготовки та деталі становить:  $15-10=5$ .

Розкладемо цю різницю за законом прогресивного зменшення:  $5=3+2$ .

Таким чином після 1-ого переходу точність обробки становить:  $15-3=12$  кв.;  
після 2-го переходу :  $12 - 2 = 10$  кв.

Проведемо розрахунки для поверхні  $\varnothing 180H11$

$$\text{Уточнення: } E_p = \frac{T_z}{T_o} = \frac{1400}{250} = 5,6$$

$$\text{Кількість методів обробки: } m_p = \frac{\lg E_p}{0,46} = \frac{\lg 5,6}{0,46} = 1,6$$

Приймаємо кількість методів обробки даної поверхні рівним 1 для зменшення працездатності обробки. Таким чином поверхня обробляється однократно.

На основі проведених розрахунків розробляємо технологічний процес механічної обробки корпусу насоса ПИМ 16.101 (табл. 1.1).

Таблиця 1.1.- Технологічний процес механічної обробки корпусу насоса  
ПИМ 16.101

№ операції	Назва та зміст операції
1	2
005	Токарно-револьверна 1. Підрізати торець попередньо, кінцево в р-р $8\pm 0,5$ 2. Розточити отв. $\varnothing 180H11$ 3. Підрізати торець в р-р $78\pm 0,8$
010	Токарно-револьверна 1. Підрізати торець в р-р $103\pm 0,87$ 2. Розточити попередньо, кінцево отв. $\varnothing 150H10$ 3. Розточити фаску $3\times 45^0$ 4. Підрізати торець бобишки $\varnothing 72$ 5. Розточити попередньо, кінцево отв. $\varnothing 60H10$ 6. Розточити 2 фаски $1,6\times 45^0$
015	Горизонтально-фрезерна 1. Фрезерувати пов. в р-р $252\pm 0,5$
020	Вертикально-свердлильна 1. Свердлити одночасно 6 отв. $\varnothing 6,7$ мм із зняттям фаски $1,6\times 45^0$ 2. Нарізати різь М8-6g
025	Вертикально-свердлильна 1. Свердлити одночасно ботв. $\varnothing 8,5$ мм із зняттям фаски $1,6\times 45^0$ 2. Нарізати різь М10-6g

Продовження таблиці 1.1

1	2
030	Вертикально-свердлильна 1. Свердлити послідовно 2отв.Ø6,7 мм із зняттям фаски 1,6×45 <sup>0</sup> 2. Нарізати різь М8-6g
035	Вертикально-свердлильна 1. Свердлити отв. Ø30,5 мм 2. Зняти фаски 1,6×45 <sup>0</sup> 3. Нарізати різь G1-B

#### 1.4. Визначення типу та організаційної форми виробництва

Попередньо тип виробництва встановлюємо за коефіцієнтом закріплення операцій [3]:

$$K_{з.о.} = \frac{\sum O}{\sum P},$$

де  $O$  – кількість операцій, які виконуються на робочих місцях,

$P$  – кількість робочих місць на дільниці.

Для встановлення типу виробництва визначаємо наближено штучно-калькуляційний час за формулою:  $T_{шт-к} = \varphi_k \times T_o$ ,

де  $\varphi_k$  – коефіцієнт, який враховує тип виробництва і тип верстату [3, с. 146];

$T_o$  – основний час виконання технологічної операції [3, с. 145].

Штучний час визначаємо на основі розрахунку основного часу, визначеного по наближеним формулам. Розрахунок представлено у таблиці 1.2.

Кількість верстатів для кожної операції розраховуємо за формулою [3]:

$$m_p = \frac{N \cdot T_{шт-к}}{60 \cdot F_d \cdot \eta_n},$$

де  $N=45000$  шт/рік- річна програма;

$F_d = 4015$  год - дійсний річний фонд часу роботи обладнання;

$\eta_n = 0,8$ - нормативний коефіцієнт завантаження обладнання.

Кількість операцій, що виконується на робочому місці визначається за формулою:

$$O = \frac{\eta_n}{\eta_{з.ф.}}$$

де  $\eta_n = 0,8$  - нормативний коефіцієнт завантаження обладнання;

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

Розрахунки за цими формулами зводимо у таблицю 1.2.

Таблиця 1.2. – Укрупнене нормування техпроцесу обробки корпусу

№ операції	Назва операції	$T_{шт-к, хв}$	$m_p, шт$	$m_{пр}, шт$	$\eta_{ф}$	O
005	Токарно-револьверна	3,15	0,7 4	1	0,7 4	1,0 8
010	Токарно-револьверна	3,61	0,8	1	0,8	1,0 0
015	Горизонтально-фрезерна	1,64	0,3 8	1	0,3 8	2,1 1
020	Вертикально-свердлильна	2,24	0,5 2	1	0,5 2	1,5 4
025	Вертикально-свердлильна	1,98	0,4 6	1	0,4 6	1,7 4
030	Вертикально-свердлильна	2,18	0,5 1	1	0,51	1,57
035	Вертикально-свердлильна	3,04	0,7 1	1	0,71	1,13
	Всього	17,84		7		10,1 7

Тоді  $K_{з.о.} = \frac{\sum O}{\sum P} = \frac{10,17}{7} = 1,54$  тип виробництва багатосерійний.

Встановлюємо організаційну форму виробництва [3]. Для цього визначаємо добовий випуск деталей за формулою:  $N_d = \frac{N}{254}$ ,

де N – річна програма випуску виробів;

254 – кількість робочих днів у році.

$$N_d = \frac{45000}{254} \approx 177 \text{ (шт.)}$$

Добова продуктивність визначається за формулою:  $Q_d = \frac{F_d}{T_{шт-к.с.} \cdot \eta}$ ,

де  $F_d = 952$  хв – добовий фонд роботи обладнання у дві зміни;

$T_{шт-к.с.}$  - середня працемісткість основних операцій, хв;

$$T_{шт-к.с.} = \frac{\sum_i^n T_{шт-к}}{n},$$

де  $T_{шт-к}$  – штучний час і-ої операції, хв;

$n$  – кількість основних операцій.

$$T_{шт-к.с.} = \frac{\sum_i^n T_{шт-к}}{n} = \frac{17,84}{7} = 2,55$$

$$Q_d = \frac{F_d}{T_{шт-к.с.} \cdot \eta} = \frac{952}{2,55 \cdot 0,8} = 466,7$$

Оскільки  $0,6 \cdot Q_d = 280 > N_d = 177$  приймаємо групову форму організації виробництва.

Розраховуємо розмір партії деталей, які одночасно запускаються у виробництво за формулою:  $n = \frac{N \cdot a}{254}$ ,

де  $a = 3$  дні - періодичність запуску деталей у виробництво.

$$n = \frac{45000 \cdot 3}{254} = 532шт$$

Визначаємо кількість змін необхідну для обробки даної партії деталей за формулою:  $C = \frac{T_{шт-к.с.} \cdot n}{476 \cdot 0,8} = \frac{2,55 \cdot 532}{476 \cdot 0,8} = 3,56$

Приймаємо чотири зміни, тоді кількість деталей у партії, яка обробляється за чотири зміни становить:  $n_{np} = \frac{C_{np} \cdot 476 \cdot 0,75}{T_{шт-к.с.}} = \frac{4 \cdot 476 \cdot 0,8}{2,55} = 597шт$

## РОЗДІЛ 2

### ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

#### 2.1. Аналіз технологічності конструкції деталі

Деталь являє собою виливку із сірого чавуну. Конфігурація зовнішнього контуру і внутрішніх поверхонь не викликає значних труднощів для отримання заготовки. Для формування використовують стержні, які формують внутрішню поверхню, що є нетехнологічною.

Отвори  $\varnothing 150H10$  і  $\varnothing 60H10$ , а також отвір  $\varnothing 180H11$  розміщені на різних осях і не можуть бути оброблені з одного установа. Таким чином, обробка цих отворів може проводитися з обох боків одночасно або з переустановленням заготовки на різних операціях. Важкообробними є торець і фаска (поверхня М), оскільки вона розміщена всередині деталі. До неї немає вільного доступу інструменту та немає виходу інструмента. Інші поверхні, що обробляються, з точки зору забезпечення точності і шорсткості, є технологічно прийнятними. Розміщення різьбових кріпильних отворів допускає багатоінструментальну обробку.

Кількісний аналіз конструкції деталі на технологічність проводимо за такими показниками [3]:

$$1. \text{ Коефіцієнт уніфікації конструктивних елементів деталі: } K_{y.g.} = \frac{Q_{y.e.}}{Q_e},$$

де  $Q_{y.g.}$  – кількість уніфікованих конструктивних елементів деталі;

$Q_e$  - кількість всіх конструктивних елементів деталі;

Якщо  $K_{y.g.} > 0,6$  - конструкція деталі рахується технологічна.

$$K_{y.c.} = \frac{26}{30} = 0,87 > 0,6 - \text{деталь технологічна}$$

$$2. \text{ Коефіцієнт точності обробки: } K_{t.g.} = 1 - \frac{1}{A_{cp}}.$$

$$A_{cp} = \frac{1n_1 + 2n_2 + \dots + 19n_{19}}{\sum n_i},$$

де  $A_{cp}$  - середній квалітет точності: 1;2;...19 – квалітет точності;

$n_i$  – кількість розмірів відповідного квалітету точності.

Якщо  $K_{т.г.} > 0,8$  конструкція деталі рахується технологічна.

$$A_{cp} = \frac{6 \cdot 15 + 9 \cdot 4 + 10 \cdot 2 + 11 \cdot 1 + 14 \cdot 8}{30} = 8,97.$$

$$K_{т.г.} = 1 - \frac{1}{8,97} = 0,89 > 0,8 - \text{деталь технологічна}$$

3. Коефіцієнт шорсткості:  $K_{ш} = 1/B_{cp}$ .

$$B_{cp} = \frac{0,012n_1 + 0,025n_2 + \dots + 100n_{14}}{\sum n_i},$$

де  $B_{cp}$  – середній клас шорсткості поверхонь деталі;

0,012; 0,025 ...100 – величина шорсткості оброблюваної поверхні;

$n_i$  – кількість поверхонь з відповідною величиною шорсткості.

Якщо  $K_{ш} < 0,32$  конструкція деталі рахується технологічна.

$$B_{cp} = \frac{2,5 \cdot 6 + 6,3 \cdot 15 + 12,5 \cdot 1 + 20 \cdot 8}{30} = 9,4.$$

$$K_{ш} = \frac{1}{9,4} = 0,106 < 0,32 - \text{деталь не технологічна.}$$

Коефіцієнт використання матеріалу:  $K_m = \frac{m_d}{m_3} = \frac{7,2}{9} = 0,8$

де  $m_3$  – маса заготовки, кг;

$m_d$  – маса деталі, кг;

Виходячи з вище проведеного кількісного аналізу технологічності конструкції деталі можна зробити висновок, що конструкція деталі є в основному технологічна.

## 2.2. Вибір технологічних баз

Під час обробки корпусу потрібно забезпечити рівномірність припуску в отворі 60H10. Нерівномірність припуску спостерігається на операціях розточування отвору. У вертикальній площині таке зміщення може бути показане заключною ланкою  $B_{\Delta}$  розмірного ланцюга.

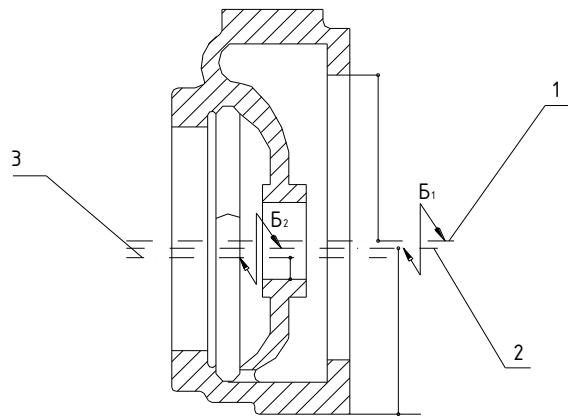


Рисунок 2.1 Вибір технологічних баз

Розглянемо два варіанти базування деталі і виберемо найкращий (рис. 2.2, рис. 2.3).

I варіант

II варіант

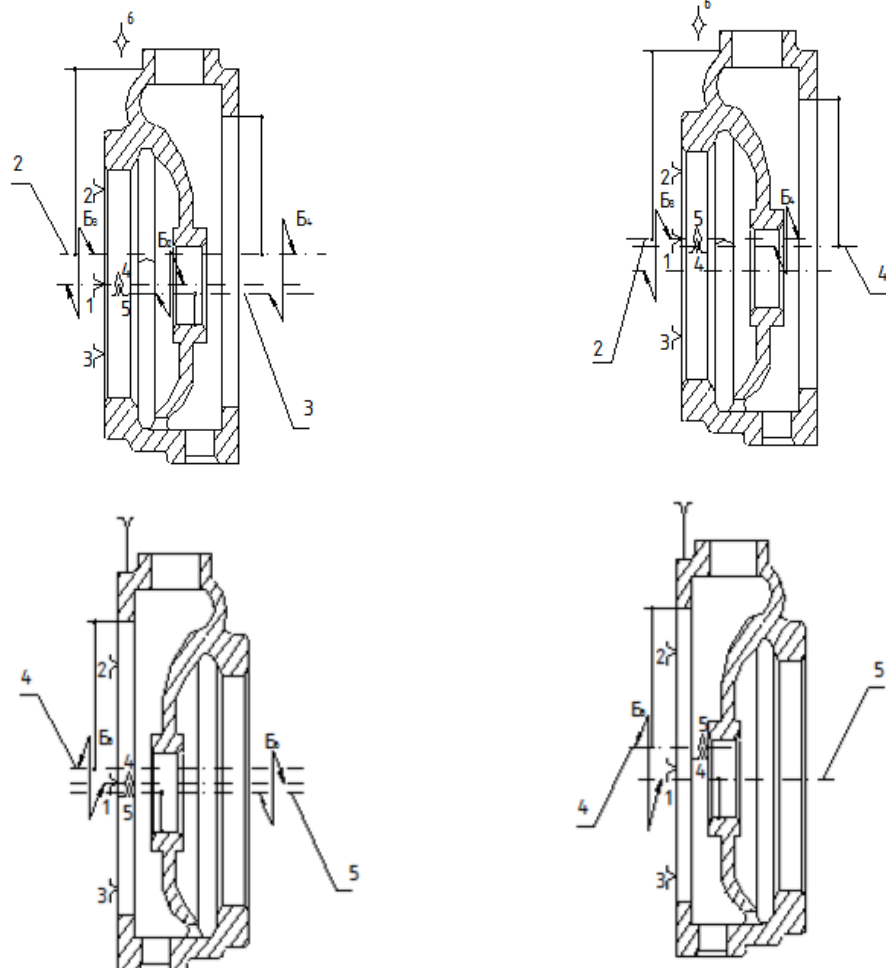


Рисунок 2.2 Вибір технологічних баз

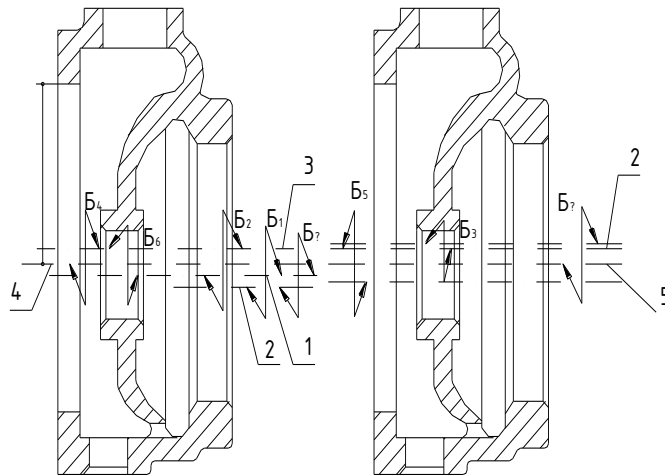


Рисунок 2.3 Вибір технологічних баз

Розглянемо два варіанти базування заготовки на верстаті на двох операціях.

$$1\text{-ий варіант} \quad \omega_{B_{\Delta}} = \omega_{B_1} + \omega_{B_2} + \omega_{B_4} + \omega_{B_6};$$

$$\omega_{B_{\Delta}} = 0,2 + 0,15 + 0,2 = 0,55 \text{ мм.}$$

$$2\text{-ий варіант} \quad \omega_{B_{\Delta}} = \omega_{B_3} + \omega_{B_5};$$

$$\omega_{B_{\Delta}} = 0,7 + 1,1 = 1,8 \text{ мм.}$$

Розрахунок показує, що перший варіант базування заготовки виключає вплив похибок заготовки і приймаємо його як найбільш вдалим для розв'язку поставленої задачі.

2.3. Визначення допусків на технологічні розміри і розрахунок припусків  
Оброблювана поверхня: отвір  $\varnothing 60H10$ .

Розрахункова формула для визначення мінімального припуску [3]:

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

де  $R_Z$  – висота нерівностей, що характеризує шорсткість поверхні, мкм;

$T$  – глибина дефектного поверхневого шару;

$\rho$  – просторові відхилення, мкм;

$E$  – похибка встановлення, мкм;

$i$  – номер технологічного переходу обробки.

Для полегшення проведення розрахунків складаємо таблицю припусків і граничних розмірів, таблицю 2.1.

Визначаємо та записуємо у таблицю 2.1 значення  $R_z$  і  $T$  для заготовки і технологічних переходів механічної обробки та значення допуску  $\delta$  кожного переходу.

Таблиця 2.1. – Припуски і граничні розміри по технологічним переходам обробки отвору  $\varnothing 72 I_s7$

Технологічні переходи обробки отвору $\varnothing 60 H10$	Елементи припуску, мкм				Розрахунковий припуск $Z_{i,min}$ , мкм	Розрахунковий розмір $d_p$ , мм	Допуск $\delta$ , мкм	Граничний розмір, мм		Граничне значення припуску, мкм	
	$R_z$	$T$	$\rho$	$E$				$d_{min}$	$d_{max}$	$2Z_{min}^{гр}$	$2Z_{max}^{гр}$
Заготовка	600		1030	-	-	56,07	1000	55,07	56,07	-	-
Розточування чорнове	100	100	72	420	3440	59,57	00	59,27	59,57	3500	4200
Розточування чистове	20	25	20,6	0	550	60,12	20	60,0	60,12	550	730
Всього										4050	4930

Сумарне значення просторових відхилень визначаємо за формулою:

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

де  $\rho_{кор}$  – просторові відхилення, що виникають в зв'язку з коробленням заготовки;

$\rho_{зм}$  – просторові відхилення, як наслідок можливого зміщення осі отвору.

$$\rho_{зм} = \delta_B = 1000 \text{ мкм};$$

$$\rho_{кор} = D \cdot \Delta_k = 240 \cdot 1 = 240 \text{ (мкм)},$$

де  $\Delta_k = 1$  мкм на 1 мм довжини.

$$\rho_{заг} = \sqrt{1000^2 + 240^2} = 1030 \text{ (мкм)}.$$

Просторові відхилення для чорнового розточування:

$$\rho_{\text{чор}} = K_y \cdot \rho_{\text{заг}} = 0,06 \cdot 1030 = 72 \text{ (мкм)},$$

де  $K_y = 0,06$  - коефіцієнт уточнення на обробку.

Просторові відхилення для чистового розточування:

$$\rho_{\text{чис}} = K_y \cdot \rho_{\text{заг}} = 0,02 \cdot 1030 = 20,6 \text{ (мкм)},$$

де  $K_y = 0,02$  - коефіцієнт уточнення на обробку.

Похибка установки  $\varepsilon_i = 420 \text{ мкм}$  [3, т. 4.10]

На основі отриманих значень елементів припуску визначаємо  $2Z_{\text{imin}}$  на кожен перехід.

$$2Z_{\text{imin1}} = 2(600 + \sqrt{1030^2 + 4200^2}) \approx 3440 \text{ (мкм)} ;$$

$$2Z_{\text{imin2}} = 2(100 + 100 + \sqrt{72^2}) \approx 550 \text{ (мкм)} .$$

Розрахунковий розмір ( $d_p$ )

$$d_{p4} = 60,12 \text{ (мм)};$$

$$d_{p\text{чор}} = 60,12 - 0,55 = 59,57 \text{ (мм)};$$

$$d_{p\text{заг.}} = 59,57 - 3,44 = 56,07 \text{ (мм)}.$$

Граничний розмір ( $d_{\text{max}}$ ) відповідає розрахунковим розмірам, заокругленим до точності допуску відповідного переходу. Найменший граничний розмір ( $d_{\text{min}}$ )

$$d_{\text{min чис}} = 56,07 - 1,0 = 55,07 \text{ (мм)};$$

$$d_{\text{min чор}} = 59,57 - 0,300 = 59,27 \text{ (мм)};$$

$$d_{\text{min заг}} = 60,12 - 0,120 = 60 \text{ (мм)}.$$

Мінімальні граничні значення припусків  $Z_{\text{min}}^{\text{ep}}$

$$2Z_{\text{min чор}}^{\text{ep}} = 59,57 - 56,07 = 3,5 \text{ (мм)};$$

$$2Z_{\text{min чис}}^{\text{ep}} = 60,12 - 59,57 = 0,55 \text{ (мм)}.$$

Максимальні граничні значення припусків  $Z_{\text{max}}^{\text{ep}}$

$$2Z_{\text{max чор}}^{\text{ep}} = 59,27 - 55,07 = 4,2 \text{ (мм)};$$

$$2Z_{\text{max чис}}^{\text{ep}} = 60 - 59,27 = 0,73 \text{ (мм)}.$$

Отримані результати записуємо в табл. 2.1.

Загальні припуски  $Z_{\text{omin}}$  і  $Z_{\text{omax}}$

$$Z_{\text{omin}} = 550 + 3500 = 4050 \text{ (мкм)};$$

$$Z_{o \max} = 730 + 4200 = 4930 \text{ (мкм)}.$$

Проводимо перевірку правильності виконаних розрахунків.

$$Z_{\max \text{ чор}}^{zp} - Z_{\min \text{ чор}}^{zp} = 4200 - 3500 = 700$$

$$Z_{\max \text{ чис}}^{zp} - Z_{\min \text{ чис}}^{zp} = 730 - 550 = 180 \text{ (мкм)};$$

(мкм);

$$\delta_2 - \delta_3 = 300 - 120 = 180 \text{ (мкм)}.$$

$$\delta_3 - \delta_4 = 1000 - 300 = 700 \text{ (мкм)};$$

На решту оброблюваних поверхонь припуски назначені табличним способом [5] і наведені в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2. - Допуски і припуски на механічну обробку

Номинальний розмір деталі, мм	Допуск на розмір заготовки, мм	Припуск на механічну обробку, мм	Розмір заготовки, мм
Ø60H10	$\pm 1,0$	4,0	Ø56 $\pm 1,0$
Ø150H10	$\pm 1,4$	1,0	Ø140 $\pm 1,4$
Ø180H11	$\pm 1,6$	9,0	Ø171 $\pm 1,6$
252 $\pm 0,5$	$\pm 1,4$	2 · 3,0	258 $\pm 1,4$
72 $\pm 0,2$	$\pm 1,1$	4,0	76 $\pm 1,1$
103 $_{-0,87}$	$\pm 1,4$	2·3,3	109,6 $\pm 1,1$
78 $\pm 0,8$	$\pm 1,1$	3,0	81 $\pm 1,1$
8 $\pm 0,5$	$\pm 0,9$	4,0	12 $\pm 0,9$

На основі отриманих розрахунків проводимо конструювання заготовки. Креслення заготовки корпус насоса ПИМ 16.101 представлено у графічній частині роботи (048Б-23.01.00.00.000).

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

Операція 025 Вертикально-свердлильна.

1. Свердлити 6 отв. Ø8,4 мм глибиною 16 $^{+1,0}$  мм із зняттям фаски 1,6 $\times 45^0$ .

Різальний інструмент: Свердло-зенківка Ø8,4 мм;

HSS-G – матеріал різальної частини; ліве з конічним хвостовиком

Геометрія свердла  $\varphi = 120^0$ ,  $\alpha = 5^0$ ,  $\omega = 20^0$ .

Глибина різання:  $t = D/2 = 8,5/2 = 4,25$  мм; подача:  $S_z = 0,11$  мм/об.

Період стійкості  $T = 80$  хв; [3, с. 290].

Розрахункова швидкість різання:  $V_p = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} \cdot K_v$ ,

де  $C_v, q, x, y, u, m, p$  – коефіцієнти, що залежать від умов роботи:

$$C_v = 14,7; q = 0,25; y = 0,55; m = 0,125 \quad [3, \text{с. 288}].$$

$K_v$  – коефіцієнт швидкості.

$$K_v = K_{Mv} \cdot K_{Пv} \cdot K_{Hv},$$

де  $K_{Пv} = 1,1$  – коефіцієнт, що враховує стан поверхні заготовки;

$K_{Hv} = 1$  – коефіцієнт, що враховує матеріал різальної частини інструменту,  
[3, с. 263].

$$K_{Mv} = \left( \frac{190}{HB} \right)^{n_v} \text{ – коефіцієнт, що враховує якість оброблюваної поверхні;}$$

де  $HB = 220$  – твердість матеріалу заготовки;

$n_v = 1,3$  – коефіцієнт, що враховує матеріал різальної частини інструменту  
[3, с. 262].

$$K_{Mv} = \left( \frac{190}{220} \right)^{1,3} \approx 0,82; \quad K_v = 0,82 \cdot 1,1 \cdot 1,0 = 0,91;$$

$$V_p = \frac{14,7 \cdot 8,5^{0,25}}{80^{0,125} \cdot 0,11^{0,55}} \cdot 0,91 \approx 44,4 \text{ (м/хв)}.$$

Розрахункова частота обертання шпинделя:  $n_p = \frac{1000V_p}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 44,4}{3,14 \cdot 8,5} = 1663 \text{ (хв}^{-1}\text{)}$

Сила різання:  $P_z = C_p \cdot D^z \cdot S^y \cdot K_M$ ,

де  $C_p, z, y$  – коефіцієнти, що залежать від умов роботи

$$C_p = 62; z = 1; y = 0,8; \quad [3, \text{с. 291}].$$

$K_M = \left( \frac{HB}{190} \right)^n$  – коефіцієнт, що враховує якість поверхні;

де  $HB = 210$  – твердість матеріалу заготовки;

$n_v = 0,6$  – коефіцієнт, що враховує матеріал різальної частини інструменту [3,  
с. 264].

$$K_{Mр} = \left(\frac{210}{190}\right)^{0,6} \approx 1,06 ; P_z = 62 \cdot 8,5^1 \cdot 0,11^{0,8} \cdot 1,06 = 95,6 \text{ (Н)}.$$

$$\text{Крутний момент } M_K = C_M \cdot D^z \cdot S^y \cdot K_M,$$

де  $C_M, z, y$  – коефіцієнти, що залежать від умов роботи.

$$C_M = 23,6; z = 2; y = 0,8; K_M = 1,4 \text{ [3, с. 291].}$$

$$M_K = 23,6 \cdot 8,5^2 \cdot 0,11^{0,8} \cdot 1,4 = 396 \text{ (Нм)}$$

$$\text{Розрахункова потужність різання } N_p = \frac{M_K \cdot n}{975 \cdot 1000} = \frac{396 \cdot 1663}{975 \cdot 1000} = 0,48 \text{ (кВт)}$$

$$\text{Для шести свердел } N_{гол} = \frac{R \cdot N}{\eta_{гол}} = \frac{6 \cdot 0,48}{0,9} = 3,2 \text{ (кВт)}$$

де  $R$  – кількість інструментів,

$$\eta_{гол} = 0,9 \text{ – к.к.д свердлильної головки.}$$

Відповідно до необхідної потужності двигуна верстата приймаємо вертикально-свердлильний верстат мод. 2Н135;  $N_q = 4$  кВт; [6, с. 146].

За паспортними даними верстата приймаємо  $n_q = 1400$  хв<sup>-1</sup>; [6, с. 146].

$$\text{Дійсна швидкість різання: } V_q = \frac{\pi \cdot D \cdot n_q}{1000} = \frac{3,14 \cdot 8,5 \cdot 1400}{1000} = 42 \text{ (м/хв).}$$

Визначаємо режими різання на інші операції за джерелом [7]. Результати записуємо в таблицю Б.2.

## 2.5 Нормування технологічного процесу

Для багатосерійного виробництва з груповою формою визначається норма штучно-калькуляційного часу за формулою

$$T_{ш-к} = T_o + T_d + T_{тех} + T_{орг} + T_{від} + \frac{T_{н.з.}}{n},$$

де  $T_o$  – основний час, хв.;

$T_d$  – допоміжний час;

$T_{\text{тех}}$  – час на механічне обслуговування робочого місця;

$T_{\text{орг}}$  – час на організаційне обслуговування робочого місця, хв.;

$T_{\text{від}}$  – час на перерви і відпочинок, хв.;

$T_{\text{п.з.}}$  – підготовчо-заключний час, хв.;

$n$  – кількість деталей в партії:  $n = 597$  шт. (див. п.1.4).

Основний операційний час: 
$$T_o = \sum_{i=1}^n \frac{l_1 + l + l_2}{S_x} i,$$

де  $n$  – кількість переходів операції;

$l_1$  – величина врізання інструменту, мм;

$l$  – довжина оброблюваної поверхні, мм;

$l_2$  – величина перебігу інструменту, мм;

$S_x$  – хвилинна подача при виконанні переходу, мм/хв.;

$i$  – кількість переходів.

Допоміжний час складається з затрат часу на окремі прийоми:

$$T_g = (T_{\text{у.з.}} + T_{\text{з.д.}} + T_{\text{уп.}} + T_{\text{вим}}) K,$$

де  $T_{\text{у.з.}}$  – час на встановлення і зняття деталі;

$T_{\text{з.д.}}$  – час на закріплення деталі, хв.;

$T_{\text{уп.}}$  – час на управління верстатом, хв.;

$T_{\text{вим}}$  – час на вимірювання, хв.;

$K$  – коефіцієнт типу виробництва, для багатосерійного виробництва,  $K=1,5$ .

Час на обслуговування робочого місця і відпочинок в багатосерійному виробництві визначається за формулою: 
$$T_{\text{об.від}} = \frac{T_{\text{о.п.}} \cdot \Pi_{\text{об.від}}}{100},$$

де  $T_{\text{о.п.}}$  – оперативний час:  $T_{\text{о.п.}} = T_o + T_d$ ;

$\Pi_{\text{об.від}}$  – процент часу на обслуговування і відпочинок.

Операція 015 Горизонтально-фрезерна.

$l = 95$  мм – довжина оброблюваної поверхні;

$S_{\text{хв}} = 125$  мм/хв – хвилинка подача;

$i = 1$  – кількість проходів;

$l_1 = 25$  мм – величина врізання фрези; [3, т. 2].

$l_2 = 15$  мм – величина перебігу фрези; [3, т. 2].

$$T_o = \frac{25+95+15}{125} = 1,08 \text{ (хв.)}$$

Склад підготовки заключного часу:

- встановлення пристрою на верстаті – 19 хв.;
- встановлення фрези – 4 хв.;
- отримання інструменту і оснащення до початку роботи і здача в кінці – 7 хв.

[3].

$$T_{п.з.} = 12 + 4 + 2 = 18 \text{ (хв.)}$$

Час на встановлення і зняття деталі, і її затиск:  $T_{yc} = 0,1 + 0,08 = 0,18$  (хв). [3]

Час на прийоми управління верстатом:  $T_{уп.} = 0,05$  хв. [3].

Час затрачений на вимірювання деталі рівний  $T_{вим} = 0,07$  хв. [3].

$$T_d = (0,18 + 0,05 + 0,07) \cdot 1,5 = 0,45 \text{ (хв.)}$$

$$T_{o.п} = 1,08 + 0,45 = 1,53 \text{ (хв.)}$$

Для контролю 10% оброблених деталей отримаємо:  $T_{шт} = \frac{0,21 \cdot 10}{100} = 0,02$  (хв).

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

Час на обслуговування робочого місця і відпочинок складає 5% оперативного часу.

$$T_{об.від} = \frac{1,53 \cdot 5}{100} = 0,08 \text{ (хв.)}$$

Штучно-калькуляційна норма часу  $T_{шт.к} = 1,53 + 0,08 + \frac{18}{597} = 1,64$  (хв).

Аналогічно проводимо розрахунки для інших операцій, результати зводимо у таблицю Б.2.

## РОЗДІЛ 3

### КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

#### 3.1. Проектування пристрою для свердління отвору

##### 3.1.1. Вибір і обґрунтування принципу дії пристрою, структурної схеми

Пристрій (кондуктор) служить для затискання деталі на операції 035 для свердління отвору  $\varnothing 30,5$  мм, зняття фаски  $1,6 \times 45^0$  і нарізання різі G1-B.

Кондуктор встановлюється на вертикально-свердлильному верстаті 2Н135. допуск перпендикулярності осей кондукторної втулки 4 та направляючої 3 становить 0,02 мм.

Для розробки оптимальної схеми пристрою необхідно враховувати: забезпечення безпеки під час роботи; компактність конструкції та зручність у роботі.

Аналіз компоновки конструктивних схем (рис. В.1) виконуємо на основі сумарних коефіцієнтів ваги [8].

$$K_{\Sigma n} = K_1 + 0,5 + K_2 \cdot 0,35 + K_3 \cdot (-0,1) + K_4 \cdot (-0,1) + K_5 \cdot (-0,05),$$

де  $K_1, K_2, K_3, K_4, K_5$  – коефіцієнти критеріїв.

Таблиця 3.1- Критерії оцінки компоновальних схем

Критерії оцінки схем	Оптимальний коефіцієнт підсилення	Володіння здатністю самогальмування	Кількість передаточних механізмів	Наявність проміжного ланцюга	Комплектіть	Критерії оцінки за коефіцієнтом ваги
	$K_1$	$K_2$	$K_3$	$K_4$	$K_5$	$K_{\Sigma n}$
1	2	0	1	1	1	0,95
2	4	0	2	1	0	1,75
3	2	0	1	1	1	1,3
4	6	1	2	1	0	3,1
	0,5	0,35	-0,1	-0,1	-0,05	

Сумарний коефіцієнт  $K_{\Sigma n}$  для кожної схеми:

$$\text{Схема 1} \quad K_{\Sigma 1} = 2,5 + 0,35 + 1 \cdot (-0,1) + 1 \cdot (-0,05) + 0,1 = 0,95.$$

$$\text{Схема 2} \quad K_{\Sigma 2} = 4,05 + 0,35 + 2 \cdot (-0,1) + 1 \cdot (-0,05) + 0,1 = 1,75.$$

$$\text{Схема 3} \quad K_{\Sigma 3} = 2,05 + 0,35 + 1 \cdot (-0,1) + 1 \cdot (-0,05) + 1,01 = 1,3.$$

$$\text{Схема 4} \quad K_{\Sigma 4} = 6,05 + 1,35 + 2 \cdot (-0,1) + 1 \cdot 0,05 + 0,1 = 3,1.$$

Оскільки максимальний коефіцієнт ваги має схема 4, то її приймаємо, як найбільш раціональну.

### 3.1.2. Силевий розрахунок параметрів приводу

$$\text{Сила різання} \quad P_o = 10 \cdot C_p \cdot D^g \cdot S^y \cdot K_p,$$

де  $C_p=9,8$ ;  $g=1$ ;  $y=0,7$  [3], ст.284;  $K_p=1$  [3, с. 265].

$$P_o = 10 \cdot 9,8 \cdot 30,5^1 \cdot 0,4^{0,7} \cdot 1 = 856,7 \text{ (Н)}$$

$$\text{Крутний момент} \quad M_k = 10 \cdot C_m \cdot D^g \cdot S^y \cdot K_p,$$

де  $C_p=0,005$ ;  $g=2,0$ ;  $y=0,8$  [3], ст.284;  $K_p=1$  [3, ст. 265].

$$M_k = 10 \cdot 0,005 \cdot 30,5^2 \cdot 0,4^{0,8} \cdot 1 = 5,2 \text{ (Нм)}.$$

Потужність різання  $N=2,5$ кВт.

$$\text{Частота обертання свердла:} \quad n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 20}{\pi \cdot 30,5} = 194 \text{ (об/хв)}.$$

$$\text{Розрахункова сила різання} \quad P_z = \frac{2 \cdot M_k}{D} = \frac{2 \cdot 5,2}{30,5 \cdot 10^{-3}} = 330 \text{ (Н)}.$$

Приймаємо коефіцієнт запасу  $K_3=1,5$ .

$$\text{Тоді} \quad P_{z3} = K_3 \cdot P_z = 1,5 \cdot 330 = 495 \text{ (Н)}.$$

Розрахункова схема сили затиску представлена на рисунку 3.1.

Із розрахункової схеми:

$$\sum F_{x-x}=0;$$

$$P_{z3} + P_{z3} - W_1 = 0;$$

$$W_1 = 2 P_{z3} = 2 \cdot 495 = 990 \text{ (Н)}.$$

$$\sum F_{y-y}=0;$$

$$P'z_3 + P'z_3 - F_1 = 0;$$

$$F_1 = F_2 = W_2 \cdot (\lambda_1 + \lambda_2),$$

де  $\lambda_1 = \lambda_2 = 0,3$  – коефіцієнт тертя.

$$2 P'z_3 - 2 \cdot W_2 \cdot (\lambda_1 + \lambda_2) = 0.$$

$$W_2 = \frac{P'z_3}{2 \cdot \lambda} = \frac{P'z_3}{2 \cdot 0,3} = \frac{495}{0,6} = 825 \text{ (Н)}.$$

Приймаємо силу затиску  $W_2 = 825 \text{ (Н)}$ .

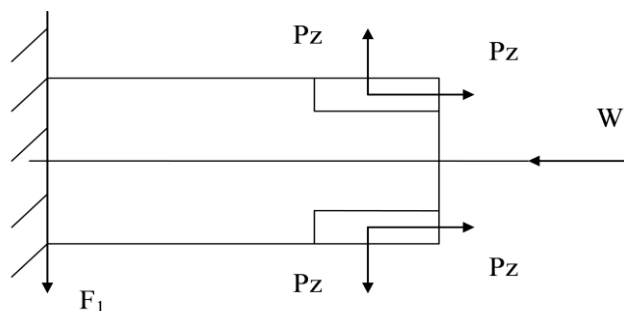


Рисунок 3.1. Схема для розрахунку пристрою

Визначення основних параметрів пневмоциліндра.

Зусилля на штоці: 
$$W = \frac{\pi}{4} \cdot (D^2 - d^2) \cdot P \cdot \eta,$$

де  $D$  - діаметр пневмоциліндра;

$d = 2 \text{ см}$  – діаметр штока;

$P = 0,4 \text{ МПа}$  – тиск стиснутого повітря;

$\eta = 0,85$  – к.к.д пневмоприводу.

Діаметр пневмоприводу визначаємо за формулою:

$$D = \sqrt{\frac{W}{\frac{\pi}{4} \cdot P \cdot \eta} + d^2} = \sqrt{\frac{825}{\frac{\pi}{4} \cdot 0,4 \cdot 0,85} + 2^2} = 10,5 \text{ (см)} = 105 \text{ (мм)}.$$

З розмірного ряду приймаємо пневмоциліндр діаметром 120 мм за ISO 15552.

### 3.1.3. Розрахунок на точність

Так, як зазначається у [8] «... пристрій є ланкою системи ВПД, то від точності його виготовлення, установки на верстаті, зносостійкості установчих

елементів в значній мірі залежить точність виготовлення деталі» тому важливим є визначити похибку пристосування, що використовується.

Сумарна похибка пристрою під час виконання операції визначається за формулою:

$$E_{\Sigma} = \kappa \cdot \sqrt{E_{\sigma}^2 - E_{p.n.}^2 + E_{p.y}^2 + E_{\sigma}^2 + E_{\Delta_1}^2 + E_{\Delta_2}^2 + E_{p.n.e.}^2 + E_{n.d.}^2 + E_{н.}^2 + 3E_{p.z.}^2 + 3E_t^2 + E_{зн.}^2},$$

де  $E_{\sigma}$  – похибка верстату в не навантаженому стані:

$$E_{\sigma} = \sqrt{\Delta_1^2 + \Delta_2^2},$$

$$\Delta_1 = \frac{0,01 \cdot 30}{100} = 0,003(\text{мм}) = 3(\text{мкм}); \quad \Delta_2 = \frac{0,01 \cdot 44}{100} = 0,0044(\text{мм}) = 4,4(\text{мкм})$$

$$E_{\sigma} = \sqrt{3^2 + 4,4^2} = 5,3(\text{мкм})$$

$E_{p.n.} = 0$  - похибка розташування пристрою на столі верстату;

$E_{p.y} = 100$  мкм - похибка розташування пристрою за рахунок неточності установчих елементів;

$E_{\sigma} = 0$  – похибка базування;

$E_{\Delta}$  – похибка закріплення:

$$E_{\Delta} = [K_{Rz} \cdot K_z - K_{HB} \cdot HB] + G \left( \frac{Q}{9,8} \right)^n \cdot \frac{1}{F^m},$$

$K_{Rz} = 0,004$ ;  $K_{HB} = 0,0016$ ;  $K_z = 20$ ;  $HB = 220$ ;  $F = 78,6$  мкм.

$G = 0,4 + 0,012 + 0,92 = 1,34$

$$E_{\Delta} = [0,004 \cdot 20 - 0,0016 \cdot 220] + 1,34 \cdot \left( \frac{2,8 \cdot 10^{-3}}{9,8} \right)^{0,7} \cdot \frac{1}{78,8^{0,7}} = 2,7(\text{мкм})$$

де  $E_{p.n.e} = 20$  мкм – похибка напрямних елементів пристрою;

$E_{п.д.} = 0$  – похибка пружних деформацій;

$E_{н.} = 10$  мкм – похибка наладки пристрою на даному верстаті;

$E_{p.z.} = 0$  – похибка зносу ріжучого інструменту;

$E_t = 28$  мкм – похибка температурних деформацій;

$E_{зн.} = 12$  мкм – похибка зношування;

$\kappa = 1,2$  - коефіцієнт розподілення випадкових величин [8, с.134].

Сумарна похибка пристрою становить:

$$E_{\Sigma} = 1,2 \sqrt{5,3^2 + 2,7^2 + 20^2 + 10^2 + 1,4^2 + 28^2 + 12^2} = 107,3 \text{ (мкм)}$$

Дане значення є значно меншим ніж допуск обробки (420 мкм) на свердлильній операції. Таким чином спроектований пристрій забезпечує необхідну точність обробки.

#### 3.1.4. Загальний опис конструкції, принцип дії

Пристрій складається із зварного корпусу 1. Гвинтами 18 до корпусу кріпиться установочне кільце 2 та направляюча 3. З протилежного боку встановлено циліндр 12 для чого використано прокладку 11. Кришка 13, яка кріпиться болтами 17, закриває циліндр. В циліндрі встановлено шток 14 з поршнем 15, що з'єднані гайкою 20.

У верхній частині корпусу 1 на осі 8 встановлено планку відкидну 5 з кондукторною втулкою 4. Також тут же розміщена ручка 6. На кінці штоку 14 встановлено прихват 7. В нижній частині корпусу 1 встановлено опору 10 під пружиною 9.

Пристрій працює за таким принципом: планка відкидна 5 відводиться у протилежний бік. На направляючу 3 встановлюється заготовка до упору з установочним кільцем 2. Встановлюється прихват 7, який затискається гайкою 21. Повітря спочатку подається вправу частину циліндра і шток 14 разом з прихватом 7 переміщується вліво. Відбувається притискання заготовки до установочного кільця 2. Планка 5 набуває робоче положення. Її затискання відбувається ручкою 6. Свердління проходить через кондукторну втулку 4.

#### 3.2. Проектування контрольного пристрою

Деталь «Корпус насоса ПИМ 16.101» встановлюють на фіксатор 7, що вільно обертається, в результаті встановлення на підшипнику. Стійка 14 жорстко встановлена в повзуні. Її переміщення відбувається завдяки кульковим опорам від руки. Переміщення стійки обмежене упорами 10. До початку переміщення

натискають на важіль 4 для звільнення контакту між вимірювальною деталлю і вимірювальним стержнем. З даної стійки проводиться контроль торцевого биття.

Радіальне биття Ø60H10 здійснюється зі стійки, що має відкидну колодку. Вертикальне переміщення колодки обмежене штифтом 25 для упору. Фіксоване робоче положення колодки досягається шляхом введення її в канал стійки.

### 3.3. Проектування шестишпindelної свердлильної головки для свердління отворів

#### 3.3.1. Розрахунок шестишпindelної свердлильної головки

1. Режими різання для операції 020 вертикально-свердлильної:  $S=0,11$  мм/об;  $v=42$  мм/хв;  $n=1400$  об/хв.

2. Сила різання:  $P_z = C_p \cdot D^z \cdot S^y \cdot K_M$ ,

де  $C_p$ ,  $z$ ,  $y$  – коефіцієнти, що залежать від умов роботи

$C_p=62$ ;  $z = 1$ ;  $y = 0,8$ ; [3, с. 291].

$K_M = \left(\frac{HB}{190}\right)^n$  - коефіцієнт, що враховує якість поверхні;

де  $HB = 210$  – твердість матеріалу заготовки;

$n_v = 0,6$  – коефіцієнт, що враховує матеріал різальної частини інструменту [3, с. 264].

$$K_{Mp} = \left(\frac{210}{190}\right)^{0,6} \approx 1,06;$$

$$P_z = 62 \cdot 6,7^1 \cdot 0,11^{0,8} \cdot 1,06 = 75,4 \text{ (Н)}.$$

3. Крутний момент  $M_k = C_M \cdot D^z \cdot S^y \cdot K_M$ ,

де  $C_M$ ,  $z$ ,  $y$  – коефіцієнти, що залежать від умов роботи

$C_M=23,6$ ;  $z = 2$ ;  $y = 0,8$ ;  $K_M=1,4$  [3, с. 291].

$$M_k = 23,6 \cdot 6,7^2 \cdot 0,11^{0,8} \cdot 1,4 = 229,3 \text{ Нм}$$

$$\text{Розрахункова потужність різання } N_p = \frac{M_k \cdot n}{975 \cdot 1000} = \frac{229,3 \cdot 1400}{975 \cdot 1000} = 0,32 \text{ (кВт)}$$

Для шести свердел  $N_{гол} = \frac{R \cdot N}{\eta_{гол}} = \frac{6 \cdot 0,32}{0,9} = 2,2$  (кВт)

де  $R = 6$  – кількість інструментів,

$\eta_{гол} = 0,9$  – к.к.д свердлильної головки.

Потужність двигуна верстату мод. 2Н135;  $N_q = 4$  кВт; [7, с. 146].

Подальші розрахунки виконуємо за рекомендаціями [10].

4. Передаточні числа  $i = \frac{n_{інс}}{n_в} = \frac{1400}{1400} = 1$ ,

де  $n_{інс}$  – частота обертання інструменту, об/хв;

$n_в$  – частота обертання ведучого шпинделя верстату, об/хв.

5. Подача шпинделя верстату  $S_{в.хв} = S_{інс.хв}$  тобто  $S_{в.хв} = S_{в.об} \cdot n_в = S_{інс.об} \cdot n_{інс}$  [6]

$$S_{в.об} = \frac{S_{інс.об} \cdot n_{інс}}{n_в} = \frac{0,11 \cdot 1400}{1400} = 0,11; \quad S_{інс.об} = \frac{S_{в.об} \cdot n_в}{n_{інс}} = \frac{0,1 \cdot 1400}{1400} = 0,1.$$

$S_{в.об}$  співпадає із подачею верстату 2Н135 і є прийнятною умовою виконання.

5. Сумарне зусилля подачі головки  $P_{гол.сум} = R_n \cdot P \leq P_{в.мах}$

$$P_{гол.сум} = 6 \cdot 75,4 = 452,4 \text{ (Н)} \leq P_{в.мах} = 3350 \text{ (Н)}$$

6. Діаметр ведучого валика (центрального шпинделя)

$$d = \sqrt{\frac{16 \cdot M_{кр}}{\pi \cdot [\tau]}} = \sqrt{\frac{16 \cdot 229,3}{\pi \cdot 174}} = 2,5 \text{ (см)} = 25 \text{ (мм)}$$

де  $[\tau] = 174$  МПа – допустиме напруження кручення.

7. Довговічність підшипників кочення встановлюється із виразу

$$C = Q \left( \frac{60 \cdot n \cdot h}{10^6} \right)^{0,3}.$$

де  $C$  – коефіцієнт працездатності підшипників [6, с. 415];

$Q = 75$  Н – умовне навантаження підшипника;

$n = 1400$  об/хв – частота обертання підшипника з валом;

$h$  – довговічність роботи підшипника в годинах. Приймаємо, умовно максимально допустиме,  $h = 4500$  год. [6, с. 200].

Тоді знаходимо  $\left(\frac{60 \cdot n \cdot h}{10^6}\right)^{0,3} = 5,9$  та  $C=75 \cdot 5,9=442(\text{H})$ .

Перевірочний розрахунок підшипника за графіком [6, с. 415] для  $C/Q=5,9$  і  $n=1400$  об/хв дійсна довговічність роботи підшипника  $h=4000$  год, що відповідає нормативним даним 2500...4500 год.

### 3.3.2. Загальний опис конструкції

Шестишпindelна головка забезпечує одночасну обробку шістьма свердлам-зенківками шести отворів  $\text{Ø}6,7$  мм під різь М8-6g. Шпинделі багатшпindelної головки приводяться в рух від шпинделя верстату за допомогою зубчатих передач.

Від ведучого валу 14 обертання передається колесом 10 робочим шпинделям 17. Робочі колеса встановлюються на шпинделях за допомогою шпонок 45. Також на ведучому валу зубчате колесо фіксується за допомогою такої ж шпонки 45. Шпинделі робочих коліс змонтовані на кулькових підшипниках 40, центральний вал на кулькових підшипниках 39. На шпинделях розміщені також упорні підшипники 38 для інструментів.

## РОЗДІЛ 4

### ПРОЕКТУВАННЯ МЕХАНІЧНОЇ ДІЛЬНИЦІ

#### 4.1. Уточнення типу виробництва

Згідно із завданням виробнича програма випуску корпусів становить 45 000 штук на рік. Річна трудомісткість виготовлення визначається, як добуток трудомісткості виготовлення однієї деталі та річної програми випуску.

Результати розрахунку представлені у таблиці 4.1.

Таблиця 4.1

№ операції	Назва операції	$T_{шт, хв}$	Річна трудомісткість, хв
005	Токарно-револьверна	3,19	143550
010	Токарно-револьверна	3,65	164250
015	Горизонтально-фрезерна	1,64	72000
020	Вертикально-свердлильна	2,24	100800
025	Вертикально-свердлильна	1,98	89100
030	Вертикально-свердлильна	1,98	89100
035	Вертикально-свердлильна	2,43	109350
	Всього	17,11	769950

Розрахунок кількості обладнання проводимо за формулами наведеними у п.1.4. Результати розрахунку заносимо в таблицю 4.2.

Таблиця 4.2.

№ опер.	Назва операції	$T_{шт-к, хв}$	$m_p, шт$	$m_{пр}, шт$	$\eta_\phi$	O
1	2	3	4	5	6	7
005	Токарно-револьверна	3,19	0,74	1	0,74	1,08
010	Токарно-револьверна	3,65	0,8	1	0,8	1,00
015	Горизонтально-фрезерна	1,64	0,38	1	0,38	2,11
020	Вертикально-свердлильна	2,24	0,52	1	0,52	3,46

Продовження таблиці 4.2

1	2	3	4	5	6	7
025	Вертикально-свердлильна	1,98	0,46	1	0,46	1,74
030	Вертикально-свердлильна	1,98	0,46	1	0,46	1,74
035	Вертикально-свердлильна	2,43	0,57	1	0,57	1,40
	Всього	17,11	-	7	-	12,5 3

За уточненим розрахунком тип виробництва – багатосерійний ( $K_{3,0}=1,79$ ).  
Складаємо специфікацію обладнання (таблиця 3.3).

Таблиця 4.3. – Специфікація технологічного обладнання дільниці

Назва операції	Модель верстату	Кількість, шт.
Токарно-револьверний	1К341	2
Горизонтально-фрезерний	6Р81Г	1
Вертикально-свердлильний	2Н135	4
Всього		7

#### 4.2. Визначення кількості працівників на дільниці

Кількість робітників-верстатників визначаємо за формулою:

$$P_{\epsilon} = \frac{C_{\text{пр}} \cdot F_{\text{д}} \cdot \eta_{\text{з}}}{F_{\text{др}} \cdot k_{\text{м}}}$$

де  $C_{\text{пр}} = 7$  шт. - кількість прийнятих верстатів;

$F_{\text{д}} = 4015$  год - дійсний річний фонд часу роботи верстатів;

$F_{\text{др}} = 1820$  год - дійсний річний фонд часу роботи робітників;

$k_{\text{м}} = 1,4 \dots 1,2$  - коефіцієнт багатостанкового обслуговування;

$\eta_{\text{н}} = 0,8$  - коефіцієнт завантаження обладнання.

$$P_{\epsilon} = \frac{7 \cdot 4015 \cdot 0,8}{1820 \cdot 1,2} = 10,3, \text{ приймаємо } 10 \text{ робітників.}$$

Кількість робітників-слюсарів визначаємо в процентному відношенні від числа робітників-верстатників. Кількість фахівців та службовців визначають в

процентному співвідношенні від загальної кількості робітників механічної дільниці. Отримані дані зводимо в таблицю 4.4.

Таблиця 4.4. - Відомість складу працюючих механічної дільниці

Категорії працюючих	Метод визначення	%	Кількість
Виробничі робітники - верстатники - слюсарі	за формулою у % від кількості верстатників	3%	10 1
Допоміжні робітники	у % від кількості виробничих робітників	40%	4
Фахівці	у % від загальної кількості робітників	12%	1
Службовці	у % від загальної кількості робітників	5%	1
Всього робітників			17

#### 4.3. Розрахунок виробничої площі дільниці

Виробнича площа дільниці визначається на основі планування обладнання. Згідно із методикою, що представлена у джерелі [11]: «Розмір виробничої площі визначається за площею в квадратних метрах, яка приходить на один верстат. Питома площа залежить від розмірів і маси верстатів і приймається для легких верстатів в межах 12...14 м<sup>2</sup>, для середніх – 18...21 м<sup>2</sup>, для важких – 22...25 м<sup>2</sup>».

Площа дільниці для виготовлення деталі:

$$F_{\text{вир. д}} = m_{\text{п}} \cdot F_{\text{вер. д}}$$

Загальна виробнича площа приймається на основі визначення площі верстатів, проходів та проїздів тощо. У джерелі [12] відзначається, що мінімальна виробнича площа на одиницю обладнання повинна складати не менше 12 м<sup>2</sup>.

Проведені розрахунки щодо визначення виробничої площі на дільниці виготовлення корпусу представлено у таблиці 4.5.

Приймаємо виробничу площу дільниці 200 м<sup>2</sup>.

Площа проходів та проїздів становить 10% від виробничої площі дільниці [12], тобто  $200 \cdot 0,1 = 20 \text{ м}^2$ .

Таблиця 4.5. - Розрахунок виробничої площі

Модель обладнання	Кількість верстатів	Виробнича площа на 1 верстат, м <sup>2</sup>	Виробнича площа, м <sup>2</sup>
Токарно-револьверний	2	25	50
Горизонтально-фрезерний	1	25	25
Вертикально-свердильний	4	25	100
Всього	7		175

Загальна площа ділянки  $F = 200+20=220\text{м}^2$ .

#### 4.4. Розробка технологічного планування ділянки

Ділянка механічної обробки корпусу ПИМ 16.101 розміщується в корпусі, що являє собою повний каркас з уніфікованих типових секцій. У будівлі прийнята сітка колон  $24 \times 12$  м. Колони в плані мають прямокутний переріз з розмірами в плані  $500 \times 500$  мм. Зроблені із залізобетону висотою 8100 мм.

Будівля в якій розміщено виробничий підрозділ є одноповерхова прямокутної форми. З врахуванням підйомно-транспортного обладнання, яке використовується на виробництві, приймається висота прольоту рівною 7,2 м [12].

Зовнішні стіни складаються із залізобетонних навісних панелей з віконними пройомами. Віконні конструкції із склопакетів. Двері розміром  $1,5 \times 2,4$  м розміщені на рівних відстанях між собою по периметру будівлі.

Підлога в підрозділі виконана з полімерцементним покриттям, яке допускає технологічне навантаження  $3..5 \text{ т/м}^2$ , використання води, мінеральних масел і емульсій і має низьку трудомісткість очищення [13].

План розміщення обладнання розробляється на основі і у відповідності розташуванням будівельних елементів будівлі [13].

Обладнання на ділянці розміщується за технологічною ознакою, оскільки

прийнято групову форму організації виробництва, вздовж прольоту в один ряд біля проїзду. Прийняли за рекомендаціями [14] такі значення відстаней: відстань між верстатами – 700...1800 мм, від проїзду до фронтальної сторони верстата – 1100 мм, від стін та колон до тильної сторони верстата – відповідно 1800 мм 800 мм.

На плані ділянки з допомогою прийнятих умовних позначень показані: будівельні елементи - колони, стіни; основні будівельні параметри; межі ділянки; технологічне обладнання; місце для технічного контролю; робітники; проїзди і проходи; точки підводу комунікацій.

Подача заготовок від верстату до верстату здійснюється візками. Для встановлення пристроїв використовується кран-балка.

Визначені основні техніко-економічні показники проектної ділянки з обробки корпусу представлені у таблиці Г.1.

#### 4.5. Вибір вантажопідійомних і транспортних засобів на ділянки

В даному виробництві для потреб ділянки в якості міжопераційного транспорту використовуються електрокари з підійомною платформою вантажопідійомністю 1 т. Для транспортування малогабаритних вантажів на відстані до 50 м застосовуються ручні візки вантажопідійомністю 250 кг. Для перевезення однотипних деталей невеликих розмірів призначені спеціальні візки, оснащені стелажми.

Кількість елементів колісного транспорту визначається за формулою [12]:

$$E = \frac{Q_{\text{чорн}} \cdot T}{2 \cdot Q_k \cdot k_l \cdot F_d \cdot 60},$$

де  $Q_k$  - річний вантажообіг ділянки, т;

$k_l$  - коефіцієнт нерівномірності виконання рейсів;

$T$  - загальний час пробігу одиниці транспортного засобу, хвилин;

$Q_e$  - вантажопідійомність транспортного засобу.

$$E = \frac{45000 \cdot 0,72 \cdot 1,96}{2 \cdot 2,2 \cdot 0,8 \cdot 3810 \cdot 60} = 0,1$$

Приймаємо 1 електрокар з не підйомною платформою.

Підвісні однобалочні крани вантажопідйомністю 5 т, висотою підйому до 6 м і швидкістю переміщення 30 м/хв призначені виконання завантажувально-розвантажувальних робіт всередині виробничих приміщень і складів, а також для використання в якості технологічного транспорту для переміщення заготовок, деталей, пристосувань [13].

Їх кількість розраховується за формулою [12]:

$$Г_{кр} = \frac{N \cdot i \cdot T_m \cdot K_H}{\Phi_{э} \cdot 60} = \frac{45000 \cdot 3 \cdot 1,5 \cdot 1,15}{4015 \cdot 60} \approx 1 \text{ (шт.)}$$

де  $i = 10$  – середнє число транспортних операцій;

$T_m = 5$  хв – середній час транспортування;

$K_H = 1,5$  – коефіцієнт нерівномірності подачі вантажу.

## РОЗДІЛ 5

### ОХОРОНА ПРАЦІ

#### 5.1. Характеристика дільниці з точки зору охорони праці

Під час роботи на металорізальних верстатах передбачається ряд вимог для виконання запланованих робіт. На спроектованій дільниці обробки корпусу встановлені фрезерний, токарні, свердлильні за груповою ознакою відповідно до технологічного процесу.

Дане обладнання необхідно правильно експлуатувати для запобігання травмування робітників. Заходами для виключення травматизму під час роботи на дільниці є застосування засобів автоматизації та механізації технологічного процесу. У зв'язку з цим у конструкціях пристроїв використовуються пневматичний запуск із запобіжними клапанами. Запобіжники забезпечують надійне затискання заготовки для випадку неочікуваного падіння тиску в мережі менше  $300 \text{ Н/мм}^2$ . Передбачено прикладання зусилля на ручках управління, що не перевищує 40 Н. Також для запобігання травматизму на верстатах встановлені захисні кожухи та екрани. Передбачено електричне блокування, що дозволяє включення циклу верстата тільки в тому разі коли закритті захисні загорожі.

Одним із небезпечних впливів на робітника в умовах механічного виробництва є шуми. Для орієнтовної оцінки шуму використовують показник - "рівень шуму", який визначається за шкалою А шумоміра [15]. На дільниці рівень шуму складає 70...90 Дб [16]. Заходами, що передбачають захист робітників від шкідливих дій шуму і вібрації - встановлення верстата на віброопори.

Під час проектування дільниці, оптимально визначено її площу та раціонально організовано робочі місця, що зменшує втомленість працівників і як наслідок можливість травматизму. Кожне робоче місце на дільниці обробки корпусу обладнане шафою для інструменту та допоміжних матеріалів, резиновими ковбиками. Для вилучення стружки, що утворюється під час обробки

використовується спеціально вмонтовані в верстати шнекові, а на свердлильних верстатах – спеціальні гачки і щітки.

В підрозділі використовується комбіноване освітлення. Освітленість складає не менше 50 лк для ламп накаливання і не менше 150 лк для люмінесцентних ламп незалежно від місцевого освітлення [17].

Фізичні роботи на дільниці відносяться до робіт середньої категорії важкості [17].

5.2. Заходи, які забезпечують створення оптимальних метрологічних умов на дільниці

На дільниці механічної обробки корпусу виникають фактори, які шкідливо впливають на організм людини.

Як зазначено у джерелі [16]: «Мікроклімат на дільниці визначається наступними параметрами: забрудненість повітря; температура повітря; відносна вологість; шкідливість руху повітря на робочому місці».

З аналізу виробничого процесу і оброблювального матеріалу (СЧ 20) випливає, що основна причина забруднення на дільниці обробки корпусу є пил, який утворюється в процесі обробки (особливо на фрезерувальній операції), а також аерозоль від мастильно-охолоджувальних матеріалів, які утворюються в результаті процесу різання. Встановлено на дільниці гранично допустиму концентрацію пилу  $6 \text{ мг/м}^3$ , що відповідає IV класу безпеки (таблиця Д.1).

Для усунення вище згаданих недоліків і виконання норм гранично допустимих концентрацій на фрезерних, свердлильному верстатах встановлюємо місцеву витяжну вентиляцію, яка в процесі механічної обробки витягує пил і аерозоль з зони різання і подає повітrowодами в спеціальні циклони.

Великий вплив на організм людини має температура і вологість середовища, в якому працює працівник [17]. Температура і вологість повітря на дільниці відповідають параметрам наведеним у таблиці Д.2.

У виробничому приміщенні в теплий період року температура підтримується за рахунок витяжної вентиляції, а в холодний (чи перехідний) періоди температура підвищується за рахунок опалення тепловими нагнітаючими калориферами.

На виробничій дільниці застосовується система раціонального освітлення, що є одним з основних факторів забезпечення нормальних умов праці.

Прийнято розряд зорових робіт – III [16]. Освітлення на лінії проходів складає не менше 0,5 Лк [15].

Характеристика штучного і природного освітлення наведена в таблиці Д.3 та таблиці Д.4.

Джерелом шуму на виробничій дільниці є технологічне обладнання. Шум виникає в результаті пружних коливань, звукових хвиль, які утворюються самим обладнанням і окремими його частинами. Під час роботи на дільниці пневматичного обладнання і пристроїв повітря проходить назовні з різким свистом (клас високочастотних шумів), які особливо шкідливо діють на працівника. Виробничий шум на дільниці відноситься до другого класу. Середня частота шуму складає 60 Дб, який виникає від обладнання не ударної дії при допустимому, що не перевищує 80 Дб.

Шум, який створюється окремим видом обладнання визначаємо за формулою:

$$L_i = L_{\max} + 10 \lg N_i,$$

де  $L_{\max}$  – рівень шуму, який створюється одиницею  $i$ -того виду обладнання;

$N_i$  – кількість одиниць  $i$ -того виду обладнання.

На дільниці механічної обробки корпусу найбільший рівень звуку у токарно-револьверного верстата 1К341, що становить 75 Дб.

Загальний рівень звуку на дільниці рівний  $L = 75 + 10 \lg 2 = 78 \text{ Дб} < 80 \text{ Дб}$ .

Допустимий рівень шуму наведено у таблиці Д.5.

На організм людини шкідливо впливає і вібрація, що виникає в результаті роботи виробничого обладнання. Допустимі величини вібрації в разі безперервної дії протягом 8 годин представлено у таблиці Д.6.

### 5.3. Охорона навколишнього середовища

Охороні навколишнього середовища в Україні і в усьому світі надається все більшого значення, що обумовлено в першу чергу різким збільшенням кількості шкідливих відходів промисловості і в тому числі машинобудівної.

Механічна обробка металів на верстатах в механічних цехах супроводжується виділенням пилюки, стружки, парів, масел і емульсій, які через вентиляційну систему викидаються з приміщення. Для очищення від пилу, враховуючи особливості виробництва корпусу, пропонується використовувати пиловловлювачі першого класу, за умови вловлювання пилу розміром більше 0,3 мкм і ефективністю пиловловлювання 0,8 [15]. Різновидом пиловловлювачів, які доцільно використати в спроектованому підрозділі машинобудівного виробництва, є циклони.

Для очистки технологічних газів і вентиляційного повітря доцільним є використання матерчатих рукавних фільтрів.

Очищення стоків відбувається механічним методом, а саме відстоюванням та фільтруванням. Попереднє видалення плаваючих великих домішок проводиться проціджуванням стоків через сита.

Використання волокнисто-пористих матеріалів для акустичної обробки приміщень знижує рівень шуму виробництва.

### 5.4. Планування протипожежних заходів

Виробничі будівлі і споруди проектуються з врахуванням степені пожежної безпеки (таблиця Д.7).

Згідно класифікації дільниця механічної обробки відноситься до категорії „Д” – виробництво пов’язане з обробкою та збереженням негорючих речовин і матеріалів [12].

Степінь вогнестійкості споруди характеризується групою вогнегоріння і границею вогнестійкості її основних огорожень і несучих конструкцій. Споруда в якій розміщено дільницю механічної обробки обробці корпусу ПИМ 16.101 відноситься до II степені вогнестійкості з границею вогнестійкості - 2,5 години. У таблиці Д.8 дано характеристику вогнестійкості матеріалів, що запропоновано для використання у проектуванні виробничого корпусу.

Основними засобами для пожежогасіння передбачено вогнегасники. Рекомендується, згідно нормативних даних, приймати на площу 1800 м<sup>2</sup>: пінних ОХП -10 – два вогнегасники; порошкових ОП-5 - два вогнегасники [16].

Для спроектованої дільниці приймаємо один вогнегасник для площі 220 м<sup>2</sup>.

## ВИСНОВКИ І ПРОПОЗИЦІЇ

У кваліфікаційній роботі розроблено технологічний процес виготовлення корпусу насоса ПИМ 16.101 для умов багатосерійного виробництва, шляхом раціонального вибору обладнання та методів обробки, а також покращення структури технологічного процесу. Внаслідок застосування високопродуктивного технологічного оснащення значно скоротилися трудомісткість обробки деталі та витрати на виготовлення виробу.

Визначено, що деталь «Корпус ПИМ 16.101» є технологічною. На основі розрахованих техніко-економічних показників способів отримання заготовки деталі «Корпус ПИМ 16.101» визначено, що раціональнішим є спосіб лиття в металеву форму - кокіль.

Визначено оптимальну кількість верстатів та робітників, що дає можливість раціонально використовувати площу ділянки для виготовлення корпусу та сприяє покращенню умов праці робітників на виробництві.

Виконано проектування операційного технологічного процесу виготовлення деталі з отриманням карт налагодження.

Запропоновані конструкції спеціальних пристосувань забезпечують необхідну точність механічної обробки та контролю параметрів корпусу на відповідних операціях і переходах.

Спроектвана ділянка для механічної обробки відповідно до прийнятої організаційної форми виробництва забезпечить виконання заданої програми випуску деталей і безпечну роботу працюючих.

Розроблено заходи забезпечення умов праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях під час виготовлення деталі «Корпусу насоса ПИМ 16.101».

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. СЧ20: Металічні матеріали. URL: <https://markmet.ru/encyclopedia/sch-20> (дата звернення: 16.02.2023).
2. Проектування та виробництво заготовок деталей машин. Литі заготовки : навчальний посібник / Дусанюк Ж. П. та ін. Вінниця: ВНТУ, 2009. 199 с.
3. Рудь В.Д., Божко Т.Є., Гальчук Т.Н. Методологія підготовки випускної роботи за спеціальністю 131- Прикладна механіка (освітній рівень – бакалавр; спеціалізація – технології машинобудування): навчальний посібник. Луцьк: РВВ Луцького НТУ, 2017. 487с.
4. Купівля брухту – Vikkon. URL: <http://vikkon.com>, вільний (дата звернення: 01.04.2023). – Назва з екрана.
5. ДСТУ 8981:2020 Виливки з металів та сплавів. Допуски розмірів, маси та припуски на механічну обробку. [Чинний від 1987-07-01]. Вид. офіц. Київ, 2020.
6. Григурко І.О., Брендуля М.Ф., Доценко С.М. Технологія обробки типових деталей (курсове проектування): навч. посіб. Львів: Новий світ-2000,2006. 576 с.
7. Ревнівцев М. П., Паршина Н. П. Режими різання на металообробних верстатах у машинобудуванні: навч. посіб. К. : А.С.К., 2006. 416 с.
8. Боровик А.І. Технологічна оснастка механоскладального виробництва: підручник. К.: Кондор, 2008. 726 с.
9. Гевко Б.М., Дичковський М.Г., Матвійчук А.В. Технологічна оснастка. Контрольні пристрої: навч. посіб. К.: Кондор, 2009. 220 с.
10. Основи проектування різального інструмента. Частина II: навч. посіб. для студентів спеціальності 131 – Прикладна механіка. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. 178 с.
11. Джур Є.О., Бондаренко О.В. Проектування машинобудівних заводів та цехів. Загальна частина: навч. посіб. Д.: “Інновація”, 2011. 109с.
12. Гальчук Т.Н. Проектування та організація підрозділів сучасного машинобудівного виробництва: елект. навч. посіб. для студентів спеціальності

131 – „Прикладна механіка” денної та заочної форм навчання. Луцьк: ЛНТУ, 2022.  
URL: <https://elib.lntu.edu.ua> (дата звернення: 10.03.2023).

13. Дусанюк Ж.П., Семичеснов Н.С., Гунько І.В. Механоскладальні цехи та ділянки у машинобудуванні. Вінниця: ВДТУ, 2003. 262 с.

14. Вимоги до розміщення виробничого обладнання і організація робочих місць. URL: <http://do.gendocs.ru/docs/index-24983> (дата звернення: 10.03.2023).

15. Основи охорони праці : підручник / М. С. Одарченко та ін. Х. : Стиль-Издат, 2017. 334 с.

16. Основи охорони праці: підручник. 5-е вид. / за ред. М.П. Гандзюка. К.: Каравела, 2011. 384 с.

17. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень.  
URL:<https://dnaop.com/html/34094> (дата звернення: 20.04.2023).

## ДОДАТКИ