

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 ДЕТАЛІ
«КОРПУС» 501А-8403210-01**

спеціальність 131 Прикладна механіка
освітня програма Прикладна механіка

Виконав: здобувач вищої освіти
Групи ІМ-41
Цілінський Роман Сергійович

(підпис)

Керівник:
К.т.н., доцент
Гулієва Наталія Михайлівна

(підпис)

Кваліфікаційну роботу
допущено до захисту
«__» _____ 20__ р.
К.т.н., доцент
Гарант освітньої програми:
Божко Тетяна Євгенівна

(підпис)

Луцьк – 2024 року

									Арк.
									1
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	043В-24.00.00.00.000ПЗ				

АНОТАЦІЯ

Цілінський Р.С. Проектування ділянки з розробкою технологічного процесу механічної обробки деталі «Корпус» 501А-8403210-01. Рукопис.

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

Кваліфікаційна робота бакалавра складається з вступу, 4 розділів, загальних висновків, списку використаних джерел, додатків.

У роботі досліджено нові технології та обладнання для оптимізації процесу механічної обробки корпусу. Цей процес є важливим етапом в виробничому процесі при виготовленні різної продукції із металу, пластику, скла тощо.

У дослідженні розглядаються різні методи та підходи для забезпечення якісного та ефективного процесу механічної обробки корпусу, такі як: використання новітньої техніки, розробка нових інструментів і матеріалів для обробки, вдосконалення методів контролю за процесом обробки та інші.

Результатом даного дослідження буде розробка новітніх технологій та обладнання, що дозволять значно поліпшити якість та продуктивність процесу механічної обробки корпусу.

Ключові слова: механічна обробка, технологічний процес, проектування, ділянка, інструмент, обладнання.

					043В-24.00.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		4

ABSTRACT

Tsilinsky R.S. Design of the site with the development of the technological process of mechanical processing of the part "Body" 501A-8403210-01. Manuscript.

Bachelor's qualification work of OP "Applied Mechanics" specialty 131 Applied Mechanics. Lutsk National Technical University. Lutsk, 2024.

The bachelor's qualification work consists of an introduction, 4 chapters, general conclusions, a list of used sources, and appendices.

The work examines new technologies and equipment for optimizing the process of mechanical processing of the case. This process is an important stage in the production process in the manufacture of various products from metal, plastic, glass, etc.

The research examines various methods and approaches to ensure a high-quality and efficient process of mechanical processing of the hull, such as: use of the latest technology, development of new tools and materials for processing, improvement of methods of control over the processing process, and others.

The result of this research will be the development of the latest technologies and equipment, which will allow to significantly improve the quality and productivity of the process of mechanical processing of the hull.

Keywords: mechanical processing, technological process, design, site, tool, equipment.

					043B-24.00.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		5

ВСТУП

Механічна обробка деталей в сучасному виробництві є важливим етапом у виготовленні високоякісної продукції. Забезпечення точності та ефективності цього процесу вимагає не лише вибору відповідного обладнання та інструментів, але й ретельного проектування технологічних процесів.

У даній роботі досліджується проектування дільниці з розробкою технологічного процесу механічної обробки деталі «Корпус» 501А-8403210-01. Вибір цієї деталі обумовлений її значущістю у виробництві та потребою у високій якості обробки.

Мета даного дослідження полягає у розробці оптимального технологічного процесу, який забезпечить високу точність та якість обробки деталі «Корпус», а також знизить витрати ресурсів і часу на виробництво.

У процесі аналізу будуть розглянуті основні етапи механічної обробки, вибір необхідного обладнання та інструментів, а також оптимізація послідовності операцій з метою підвищення продуктивності та зниження витрат.

Результатом цієї роботи буде розробка ефективного технологічного процесу, який може бути успішно впроваджений у виробничу практику для виготовлення деталей «Корпус» високої якості.

					043В-24.00.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		6

1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

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

Деталь «Корпус» 501А-8403210-01 відноситься до групи деталей, що називаються корпусними. З розгляду їх функціонального призначення базові поверхні цих деталей поділяються на основні та допоміжні. Схематичний рисунок корпусу гідроциліндра наведено на рисунку 2.1.

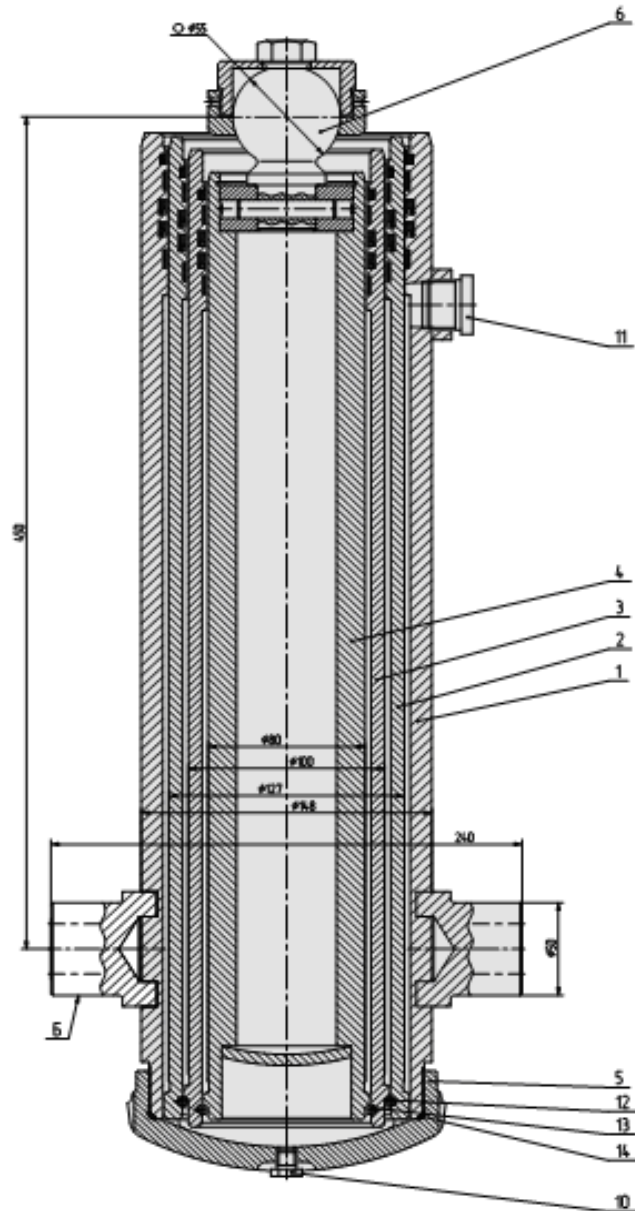


Рисунок 2.1 Ескіз корпусу

					043В-24.00.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		7

Основними точками, за допомогою яких корпусні деталі з'єднуються зі станиною, рамами або іншими корпусами, переважно мають плоскі поверхні, один або два базові отвори.

Допоміжні бази цих деталей включають головні отвори, на яких базуються шпинделі, вали, а також плоскі поверхні, що визначають розташування різних з'єднувальних вузлів і деталей, таких як кришки, фланці та інші.

Креслення деталі вказує на те, що вона може входити у склад кінематичної ланки, яка призначена для перетворення одного виду руху в інший. Для таких корпусних деталей характерною є наявність основних отворів, базових поверхонь та отворів для кріплення. Такі деталі рекомендовано виготовляти шляхом лиття з конструкційної сталі 35 ДСТУ 8781-2018 [1].

Хімічні і механічні характеристики конструкційної сталі 35 наведено в таблицях 1.1 та 1.2.

Таблиця 1.1 – Хімічні властивості

C, %	Si, %	Mn, %	S	P	Cr	Ni	Cu
			Не більше, %				
0,32–0,4	0,17–0,37	0,5–0,8	0,04	0,035	0,25	0,25	0,25

Таблиця 1.2 – Механічні властивості

Термообробка	Межа текучості, $\sigma_{0,2}$, МПа	Межа міцності, σ_{ϵ} , МПа	Відносне звуження, ψ , %	Відносне видовження, δ , %	Межа витрвалості, σ_{-1} , МПа	Ударна в'язкість, Дж/см ²	Твєдість, <i>НВ</i> , МПа
Нормалізація	315	530	40	19	207	47	124
Загартування	347	584	47	22		52	...207

1.2 Вибір методу одержання заготовки

Вибір методу отримання заготовки визначається рядом факторів, таких як матеріал деталі, її призначення, механічні вимоги, об'єм та серійність випуску, а також форма поверхні та розміри [2].

					043В-24.00.00.00.000ПЗ			Арк.
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата				8

3 – отвір у стінці корпусу, що визначає положення бонки під штуцер гідросистеми;

8 і 10 – різьбова та торцева поверхні, які визначають положення днища;

12, 13, 14, 15 – внутрішні циліндричні поверхні;

11, 16, 17, 18 – поверхні канавок, що визначають положення ущільнювачів.

Інші поверхні є вільними.

1.4 Визначення типу та організаційної форми виробництва

1. Програма випуску деталей за рік представлена формулою:

$$N_{зан.} = N_{вир.} \cdot \left(1 + \frac{\alpha}{100} + \frac{\beta}{100} + \frac{\gamma}{100}\right), \quad (1.1)$$

де $N_{вир.}$ – 10000 шт.

$\alpha = 4$ – відсоток браку;

$\beta = 5$ – відсоток незавершеного виробництва;

$\gamma = 5$ – відсоток запасних частин;

$$N_{зан.} = 10000 \cdot \left(1 + \frac{4}{100} + \frac{5}{100} + \frac{5}{100}\right) = 11400 \text{ шт.}$$

На початковому етапі проектування технології з використанням програми запуску встановлюється, що тип виробництва має характер середньосерійного, що відповідає значенню від 10 до 20 (згідно з ДСТУ 3.1128:2014) [3].

Згідно з формулами обчислюється основний. Для технологічної операції визначається як сума основного часу за всіма технологічними переходами, що включені до цієї операції.

Штучно-калькуляційний час визначається за формулою:

$$T_{ш-к} = T_0 \cdot \varphi_k, \quad (1.2)$$

φ_k – коефіцієнт на попраку.

005 Відцетрово-підрізна

1. Підрізати торець, витримавши розмір ↓533мм:

$$T_0 = 0,037 \cdot (145^2 - 127^2) \cdot 10^{-3} = 0,181 \text{ хв.}$$

					043В-24.00.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		11

2. Обточування фасонним різцем 2 фаски $2 \times 30^\circ$:

$$T_o = 0,063 \cdot (145^2 - 127^2) \cdot 2 \cdot 10^{-3} = 0,617 \text{ хв.}$$

$$T_{o\Sigma} = 0,181 + 0,617 = 0,798 \text{ хв.}$$

Штучно-калькуляційний час:

$$T_{ш-к} = 0,798 \cdot 1,36 = 1,085 \text{ хв.}$$

010 Токарна

1. Розточити отвір 145мм на довжину 533мм начорно:

$$T_o = 0,18 \cdot 145 \cdot 533 \cdot 10^{-3} = 13,911 \text{ хв.}$$

2. Розточити отвір 144мм на довжину 533мм начисто:

$$T_o = 0,18 \cdot 144 \cdot 533 \cdot 10^{-3} = 13,815 \text{ хв.}$$

$$T_{o\Sigma} = 13,911 + 13,815 = 27,726 \text{ хв.}$$

Штучно-калькуляційний час:

$$T_{ш-к} = 27,726 \cdot 1,36 = 37,707 \text{ хв.}$$

015 Вертикально-свердлильна

1. Шліфування отвору 62мм з однієї сторони:

$$T_o = 4,61 \cdot 62 \cdot 10^{-3} = 0,286 \text{ хв.}$$

2. Шліфування отвору 62мм з іншої сторони:

$$T_o = 4,61 \cdot 62 \cdot 10^{-3} = 0,286 \text{ хв.}$$

$$T_{o\Sigma} = 0,286 + 0,286 = 0,572 \text{ хв.}$$

Штучно-калькуляційний час:

$$T_{ш-к} = 0,572 \cdot 1,36 = 0,778 \text{ хв.}$$

020 Зварювання

1. Електродугове. Не допускаються бризки на поверхні.

025 Токарна

1. Зенкерувати отвір 127мм:

$$T_o = 0,21 \cdot 127 \cdot 6 \cdot 10^{-3} = 0,16 \text{ хв.}$$

					043В-24.00.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		12

2. Протягування отвору ↓127мм:

$$T_o = 0,4 \cdot 127 \cdot 10^{-3} = 0,05 \text{хв.}$$

3. Точити поверхню 127мм:

$$T_o = 0,18 \cdot 127 \cdot 7,7 \cdot 10^{-3} = 0,176 \text{хв.}$$

4. Точити фаску 127мм:

$$T_o = 0,18 \cdot 127 \cdot 6 \cdot 10^{-3} = 0,137 \text{хв.}$$

5. Нарізати різь М140×1,5:

$$T_o = 0,4 \cdot 127 \cdot 1,5 \cdot 10^{-3} = 0,076 \text{хв.}$$

$$T_{o\Sigma} = 0,16 + 0,05 + 0,177 + 0,137 + 0,076 = 0,599 \text{хв.}$$

Штучно-калькуляційний час:

$$T_{ш-к} = 0,599 \cdot 1,36 = 0,815 \text{хв.}$$

030 Токарна

1. Зенкерувати отвір 26мм на довжину 46мм:

$$T_o = 0,21 \cdot 26 \cdot 46 \cdot 10^{-3} = 0,251 \text{хв.}$$

2. Зенкерувати отвір 41,5мм на довжину 14,7мм:

$$T_o = 0,21 \cdot 41,5 \cdot 14,7 \cdot 10^{-3} = 0,128 \text{хв.}$$

3. Розточування отвору 137мм на довжину 2,5мм:

$$T_o = 0,18 \cdot 137 \cdot 2,5 \cdot 10^{-3} = 0,062 \text{хв.}$$

4. Розточування отвору 133мм на довжину 2,5мм:

$$T_o = 0,18 \cdot 133 \cdot 2,5 \cdot 10^{-3} = 0,06 \text{хв.}$$

5. Розточування отвору 131мм на довжину 2,5мм:

$$T_o = 0,18 \cdot 131 \cdot 2,5 \cdot 10^{-3} = 0,059 \text{хв.}$$

6. Розточування отвору 132мм на довжину 2,5мм:

$$T_o = 0,18 \cdot 132 \cdot 2,5 \cdot 10^{-3} = 0,059 \text{хв.}$$

7. Точити фаску 1×45°мм:

$$T_o = 0,18 \cdot 68 \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 0,012 \text{хв.}$$

					043В-24.00.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		13

$$T_{o\Sigma} = 0,251 + 0,128 + 0,062 + 0,06 + 0,059 + 0,059 + 0,012 = 0,631 \text{ хв.}$$

Штучно-калькуляційний час:

$$T_{ш-к} = 0,631 \cdot 1,36 = 0,859 \text{ хв.}$$

035 Радіально-свердлильна

1. Розсвердлити отвір 22,75мм на відстані 9,2мм:

$$T_o = 0,52 \cdot 22,75 \cdot 9,2 \cdot 10^{-3} = 0,109 \text{ хв.}$$

2. Розвернути отвір 22,75мм на відстані 4,4мм начорно:

$$T_o = 0,43 \cdot 22,75 \cdot 4,4 \cdot 10^{-3} = 0,43 \text{ хв.}$$

3. Зенкерувати фаску $1 \times 45^\circ$ мм:

$$T_o = 0,21 \cdot 2 \cdot 93 \cdot 10^{-3} = 0,039 \text{ хв.}$$

4. Нарізати різьбу КГ $\frac{3}{4}$:

$$T_o = 0,4 \cdot \frac{3}{4} \cdot 93 \cdot 10^{-3} = 0,028 \text{ хв.}$$

$$T_{o\Sigma} = 0,109 + 0,43 + 0,039 + 0,028 = 0,606 \text{ хв.}$$

Штучно-калькуляційний час:

$$T_{ш-к} = 0,606 \cdot 1,36 = 0,825 \text{ хв.}$$

040 Зачищення

1. Зачистити задири і притупити гострі кромки.

045 Контроль

2. Вибираємо нормативний коефіцієнт завантаження обладнання для середньосерійного виробництва $\eta_{з.н.} = 0,75$.

3. Визначаємо розрахункову кількість обладнання.

Кількість обладнання m_p заокруглюємо й визначаємо кількість робочих місць P .

005

$$m_p = \frac{10000 \cdot 1,085}{60 \cdot 4055 \cdot 0,75} = 0,059; P=1;$$

					043В-24.00.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		14

010

$$m_p = \frac{10000 \cdot 37,707}{60 \cdot 4055 \cdot 0,75} = 2,064; P=3;$$

015

$$m_p = \frac{10000 \cdot 0,778}{60 \cdot 4055 \cdot 0,75} = 0,043; P=1;$$

025

$$m_p = \frac{10000 \cdot 0,815}{60 \cdot 4055 \cdot 0,75} = 0,044; P=1;$$

030

$$m_p = \frac{10000 \cdot 0,859}{60 \cdot 4055 \cdot 0,75} = 0,047; P=1;$$

035

$$m_p = \frac{10000 \cdot 0,825}{60 \cdot 4055 \cdot 0,75} = 0,045; P=1;$$

4. Обчислюємо дійсний коефіцієнт для завантаження обладнання, щоб задовольнити умову $\eta_{з.ф.} < \eta_{з.н.}$.

005

$$\eta_{з.ф.} = \frac{0,059}{1} = 0,059;$$

010

$$\eta_{з.ф.} = \frac{2,064}{3} = 0,688;$$

015

$$\eta_{з.ф.} = \frac{0,043}{1} = 0,043;$$

025

$$\eta_{з.ф.} = \frac{0,044}{1} = 0,44;$$

030

					043В-24.00.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		15

$$\eta_{з.ф.} = \frac{0,047}{1} = 0,047;$$

035

$$\eta_{з.ф.} = \frac{0,045}{1} = 0,045.$$

2. Визначаємо кількість операцій:

$$005 \quad O = \frac{0,75}{0,059} = 12,712;$$

$$010 \quad O = \frac{0,75}{0,688} = 1,09;$$

$$015 \quad O = \frac{0,75}{0,043} = 17,442;$$

$$025 \quad O = \frac{0,75}{0,044} = 17,045;$$

$$030 \quad O = \frac{0,75}{0,047} = 15,957;$$

$$035 \quad O = \frac{0,75}{0,045} = 16,667.$$

Розрахунки операцій заносимо у таблицю 1.3.

Таблиця 1.3 – Операції та верстати

Операція	$T_{ш-к}$	m_p	P	$\eta_{з.ф.}$	O
005	1,085	0,059	1	0,059	12,712
010	37,707	2,064	3	0,668	1,09
015	0,778	0,043	1	0,043	17,442
025	0,815	0,044	1	0,044	17,045
030	0,859	0,047	1	0,047	15,957
035	0,825	0,045	1	0,045	16,667

$$\sum O = 12,712 + 1,09 + 17,442 + 17,045 + 15,957 + 16,667 = 80,913;$$

$$\sum P = 1 + 3 + 1 + 1 + 1 + 1 = 8.$$

					043В-24.00.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		16

Розраховуємо коефіцієнт закріплення операції:

$$K_{з.} = \frac{\sum O}{\sum P} = \frac{80,913}{8} = 10,11.$$

Оскільки $10 \leq K_{з.о.} = 10,11 \leq 20$ то приймаємо середньосерійний тип виробництва.

Організаційна форма виробництва.

Добовий випуск деталей:

$$N_c = \frac{N}{254}, \quad (1.3)$$

де N – програма випуску;

254 – у році кількість робочих днів.

$$N_c = \frac{10000}{254} = 40шт.$$

$$\eta_{з.ф.ср.} = \frac{0,059 + 0,688 + 0,043 + 0,044 + 0,047 + 0,045}{6} = 0,154;$$

$$T_{шк.-ср.} = \frac{1,085 + 37,707 + 0,778 + 0,815 + 0,859 + 0,825}{6} = 42,07;$$

$$Q_c = \frac{952}{42,07} \cdot 0,154 = 3,49 \approx 4шт.$$

Оскільки добовий випуск виробів більший добової продуктивності поточної лінії, то застосовується поточна форма організації виробництва.

$$N_c > Q_c \cdot 0,6;$$

$$40 > 4 \cdot 0,6 = 2,4.$$

Потокова форма організації виробництва.

Такт випуску виробів:

$$t_6 = \frac{60 \cdot F_d}{N}, \quad (1.4)$$

де $F_d = 4055 год$;

N – програма випуску.

					043В-24.00.00.00.000ПЗ	Арк.
						17
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

$$t_g = \frac{60 \cdot 4055}{10000} = 24,33 \text{ хв.}$$

Отже, приймаємо середньосерійний тип виробництва з потоковою формою його організації.

					043В-24.00.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		18

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Аналіз технологічності конструкції деталі

Проведення аналізу технологічності забезпечується для виявлення елементів конструкції, що можуть викликати труднощі при виготовленні деталі щодо складної заготовки, дорогих методів обробки й обладнання, складного і дорогої оснастки, великих витрат часу та інше [4].

Конструкція деталі «Корпус» ускладнена наявними на ній привареними цапфами та бонкою.

Більша частина поверхонь легко доступна для різального інструменту. Зазвичай використовується ріжучий стандартний інструмент, проте є поверхні, для механічної обробки яких необхідно використовувати спеціалізований інструмент. Наприклад, обробки внутрішніх діаметрів для встановлення напрямних та ущільнень. Обробка можлива на верстатах нормальної точності.

Потрібне застосування спеціальних пристроїв, оскільки є поверхні, які дуже важко отримати. Заготовка добре обробляється різанням, так, як коефіцієнт оброблюваності сталі 35 дорівнює 1,0.

Здійснення контролю поверхонь деталі не має значних труднощів, проте є поверхні, які вимагають застосування контролю спеціальними пристроями. Канавки для виходу інструменту відсутні. Відсутня велика різниця і незамкненість контурів.

Коефіцієнт уніфікації елементів:

$$K_{ун.ел.} = \frac{10}{22} = 0,45 \geq 0,6 \Rightarrow \text{деталь нетехнологічна.}$$

Квалітети на поверхні наведені у таблиці 2.1.

$$A_{сер.} = \frac{88}{9} = 9,78,$$

$$K_{Т.о} = 1 - \frac{1}{9,78} = 0,9 \geq 0,8 \Rightarrow \text{деталь технологічна.}$$

					043В-24.00.00.00.000ПЗ	Арк.
						19
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

$$\rho_k = \Delta_k \cdot l, l \leq L/2, \quad (2.2)$$

де Δ_k – кривизна заготовки;

l – довжина поверхні.

$$\Delta_k = 2,5 \text{ мкм/мм};$$

$$\rho_k = 0,0025 \cdot 266,5 = 665 \text{ мкм};$$

$$\rho_{\text{кор.}} = 500 \text{ мкм.}$$

$$\rho_{\text{зм.}} = 832 \text{ мкм.}$$

Відхилення залишкове просторове по переходах визначаємо за формулою:

$$\rho_{\text{зал.}} = \rho_{\text{зм.}} \cdot \kappa_y, \quad (2.3)$$

де κ_y – коефіцієнт уточнення.

Після зенкерування:

$$\kappa_{y1} = 0,04;$$

$$\rho_{\text{зал.1}} = 832 \times 0,04 = 33,28 \text{ мкм};$$

Після розкочування:

$$\kappa_{y2} = 0,03;$$

$$\rho_{\text{зал.2}} = 832 \times 0,03 = 24,96 \text{ мкм.}$$

Похибка установки заготовки на переході, яка виконується ε_y визначимо за формулою:

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_0^2 + \varepsilon_3^2} \quad (2.4)$$

$\varepsilon_0 = 0$ – є поєднання технологічної та вимірювальної баз.

Похибка закріплення корпусу у пристосуванні $\varepsilon_3 = 200$ мкм.

Розрахуємо міжопераційні припуски мінімальних значень за формулою:

$$2 z_{\text{min}} = 2 (R_{z_{i-1}} + h_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}) \quad (2.5)$$

Мінімальний припуск переходів:

$$1\text{-й: } 2 \times z_{1\text{min}} = 2 \times (200 + 300 + \sqrt{832^2 + 200^2}) = 2 \times 1356 \text{ мкм.}$$

$$2\text{-й: } 2 \times z_{2\text{min}} = 2 \times (20 + 4 + \sqrt{33,28^2 + 0^2}) = 2 \times 57 \text{ мкм.}$$

Обчислюємо розрахунковий розмір:

$$2\text{-й (розгортання): } D_{p2} = 127,16 - 0,114 = 127,046 \text{ мм};$$

									Арк.
									24
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	043В-24.00.00.00.000ПЗ				

Загальний припуск: $4900 - 2860 = 2200 - 160; 2040 = 2040$.

Розрахунки міжопераційних припусків, допуски та інші розрахунки заносимо в таблицю 2.3.

Таблиця 2.3 – Аналітичний розрахунок

Переходи обробки Ø127Н10	Припуск				Припуск , мкм z_{zmin}	d_{p_i} , мм	До- пуск, мкм	Максималь- ний розмір, мм		Максимальне значення припусків	
	R	h	ρ	ε				d _{min}	d _{max}	$2Z_{min}^{np}$	$2Z_{max}^{np}$
Заготовка	200	300	832	-	-	124,334	2200	122,1	124,3	-	-
Чорнове розточуван ня	20	4	33, 28	200	2·1332	127,046	400	126,6	127,0 5	2,75	4,79
Чистове розточуван ня	5	5	24, 96	0	2·57	127,16	160	127	127,1 6	0,11	0,11
										2,86	4,9

На основі даних таблиці зображуємо схему графічного розміщення припусків та допусків на механічну обробку отвору Ø127Н10.

Графічне позначення припусків та допусків на обробку отвора Ø127Н10 корпуса підшипника показано на рисунку 2.6.

максимально можливою, щоб була рівною або більшою за припуск на обробку, або залежно від вимог до точності розміру і шорсткості поверхні. Щодо подачі S , на чорновій обробці вона вибирається максимально можливою, враховуючи шорсткість і міцність системи ВПД та потужність привода верстата, а на чистовій обробці – в залежності від потрібної точності і шорсткості оброблюваної поверхні.

Розглянемо послідовність розрахунку режимів різання на прикладі розточування отвору $\downarrow 22,75\text{H}10$.

1. Визначаємо глибину різання:

$$t_{1\text{чор.}} = 0,5 \cdot D = 0,5 \cdot 22,75 = 11,4\text{мм.}$$

Вибираємо подачу:

$$S_{1\text{чор.}} = 0,43\text{мм / об.}$$

2. Швидкість різання:

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v \quad (2.9)$$

де $K_v = 1,34$;

$C_v = 9,8$; $x = 0,4$; $y = 0,5$; $T = 60\text{хв}$; $m = 0,2$.

$$V_{1\text{чор.}} = \frac{9,8}{60^{0,2} \cdot 11,4^{0,4} \cdot 0,43^{0,5}} \cdot 1,34 = 30,6\text{м / хв.}$$

3. Визначаємо число обертів шпинделя:

$$n_{\text{д.1чор.}} = \frac{1000 \cdot V_{1\text{чор.}}}{\pi \cdot D} \quad (2.10)$$

$$n_{\text{д.1чор.}} = \frac{1000 \cdot 30,6}{3,14 \cdot 22,75} = 429\text{хв}^{-1}.$$

Швидкість різання визначаємо за паспортними даними верстата:

$$n_{\text{д.чор.}} = 430\text{хв}^{-1}.$$

Визначаємо дійсну швидкість різання:

$$V_{\text{д.1чор.}} = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{\text{д.чор.}}}{1000} \quad (2.11)$$

Режими різання наведено в таблиці 2.4.

					043В-24.00.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		28

Таблиця 2.4 – Режими різання

операція	Назва операції	перехід	t, мм	S, мм/об	n, хв ⁻¹	V, м/хв	n _{о.} , хв ⁻¹	V _{о.} , м/хв	N _{різ.} , кВт	T _{осн.} , хв	Марка верста ту
005	Відцентрово-підрізна	1	1	0,34	250	120	238	114,6	1,76	0,6	2А911
010	Токарна	1	1,5	1,3	320	150	319	144	1,76	1,3	16К20
		2	0,5	0,6	630	300	629	285	1,76	1,4	
015	Вертикально-свердлиль	1	13,5	0,4	90	20	86	17,5	1,76	0,28	2Н125
		2	13,5	0,4	90	20	86	17,5	1,76	0,28	
025	Токарна	1	2,5	0,9	90	40	85	35,9	7,3	6,6	16К20
		2	0,02	1,72	315	130	312	125,6	0,5	0,99	
		3	2,08	0,21	400	200	398	180,9	1,5	0,36	
		4	4,43	0,21	400	2,0	356	1,7	0,29	0,07	
		5	0,75	1,5	400	180	378	175,8	0,2	0,1	
030	Токарна	1	1,5	0,9	40	18	38,8	16,3	3,05	1,33	16К20
		2	1	0,9	40	18	38,8	16,6	3,05	1,33	
		3	2,6	0,11	160	70,3	158,9	68,8	1,76	0,14	
		4	3	0,11	160	70,3	158,9	66,8	1,76	0,14	
		5	3	0,11	160	70,3	158,9	65,8	1,76	0,14	
		6	5	0,11	160	70,3	158,9	66,3	1,76	0,14	
		7	1	0,3	160	70,3	158,9	66,3	0,16	0,04	
035	Вертикально-свердлильна	1	11,4	0,43	430	30,6	429	30,7	3,07	0,14	2К52
		2	0,69	1,12	90	7,0	86	6,7	3,07	0,2	
		3	2	0,3	180	13,5	176,6	13,4	1,5	0,06	
		4	0,52	1,814	180	13,5	176,6	13,4	0,29	0,1	

$$V_{д.1чор.} = \frac{3,14 \cdot 22,75 \cdot 430}{1000} = 30,7 \text{ мм/хв.}$$

5. Обчислюємо силу різання:

$$P_z : C_p = 68; x = 2; y = 0,8; n = 1;$$

$$P_{z1чор.} = 10 \cdot 68 \cdot 11,4^2 \cdot 0,43^{0,8} \cdot 30,7^1 \cdot 1,34 = 6636,6 \text{ Н};$$

6. Потужність різання:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60}; \quad (2.12)$$

$$N_{1чор.} = \frac{166366 \cdot 30,7}{1020 \cdot 60} = 3,3 \text{ кВт};$$

											Арк.
											29
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	043В-24.00.00.00.000ПЗ						

Вибираємо верстат 16К20 з потужністю 11кВт привода.

2.6 Нормування технологічного процесу

В залежності від організаційної структури виробництва ми розраховуємо технічні норми часу [8].

Для багатосерійного виробництва ми використовуємо штучно-калькуляційний час, який обчислюється за формулою:

$$T_{шт-к} = \frac{T_{н.з.}}{n} + T_{шт.}, \quad (2.13)$$

Для визначення операційного часу токарно-гвинторізної операції 015, ми визначаємо час на підрізання торця 1 начорно, а потім обчислюємо основний час.

Визначаємо операційний час для токарно-гвинторізної операції 015.

Підрізаємо торець 1:

Основний час для обробки:

$$L = L_1 + L_2 + L_3,$$

$$L_1 = 528\text{мм};$$

$$L_2 = 5,5\text{мм};$$

$$L_3 = 5,5\text{мм};$$

$$L = 528 + 5,5 + 5,5 = 539\text{мм};$$

Розточимо отвір 2 начорно:

$$n = 320\text{об/хв};$$

$$s = 1,3\text{мм}.$$

$$T_o = \frac{539}{320 \cdot 1,3} = 1,3\text{хв}.$$

Розточимо отвір 2 начисто:

$$L = 539\text{мм};$$

$$n = 630\text{об/хв};$$

$$s = 0,6\text{мм}.$$

					043В-24.00.00.00.000ПЗ	Арк.
						30
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

$$T_o = \frac{539}{630 \cdot 0,6} = 1,4 \text{ хв.}$$

Загальний операційний час:

$$T_o = 1,3 + 1,4 = 2,7 \text{ хв.}$$

$$T_D = 0,13 + 0,24 + 0,061 + 0,12 = 0,551 \text{ хв.}$$

Оперативний час $T_{on.}$ визначається за формулою:

$$T_{on.} = T_D + T_o \quad (2.14)$$

$$T_{on.} = 0,551 + 2,7 = 3,25 \text{ хв.}$$

Загальний час при серійному виробництві:

$P_{об.від.} = 7$ – висота центрів до 700 мм.

$$T_{об.від.} = \frac{3,25 \cdot 7}{100} = 0,23 \text{ хв.}$$

Штучний час дорівнює:

$$T_{шт.} = 0,76 + 0,516 \cdot 0,766 = 2,042 \text{ хв.}$$

$$T_{шт.} = 0,488 + 0,516 + 0,07 = 1,074 \text{ хв.}$$

Визначаємо підготовчо-заклучний час:

$$T_{п.з.} = 12 \text{ хв.}$$

Визначаємо штучно-калькуляційний час:

$$T_{шт-к} = \frac{12}{100} + 1,074 = 1,194 \text{ хв.}$$

Нормування технологічного процесу наведений в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Нормування технологічного процесу

№ операції	$T_o, \text{ хв}$	$T_{в.}, \text{ хв}$			$T_{on.}, \text{ хв}$	$T_{шт.}, \text{ хв}$	$T_{п-з}, \text{ хв}$	$T_{шт-к}, \text{ хв}$
		$T_{уст.}$	$T_{упр.}$	$T_{вим.}$				
005	0,6	0,13	0,06	0,12	0,91	0,94	25	1,19
010	2,7	0,18	0,08	0,14	3,82	4,09	20	4,29
015	0,56	0,168	0,1	0,4	1,23	1,31	12	1,43
025	8,05	0,22	0,44	0,32	9,03	10,16	45	10,61
030	1,93	0,24	0,35	0,25	2,77	3,03	40	3,43
035	0,5	0,15	0,6	0,17	1,42	1,53	31	1,84

3 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

3.1 Розрахунок та проектування пристосування для свердління отвору

3.1.1 Опис роботи верстатного пристрою

Пристрій призначений для базування та закріплення деталі при свердлінні отвору в бонці. Встановлюється на вертикально-свердлильному верстаті з ЧПК марки 2P135Ф2.

Заготовка в пристрої базується по діаметру зовнішньому та торцю труби [9].

Принцип роботи пристосування. Деталь «Корпус» встановлюється на призми та кріпиться торцем впритул. В робочу порожнину пневмоциліндра при повороті рукоятки подається повітря з пневмомережі, при цьому плунжер циліндра тисне на притиск, який діє як механізм коромисловий і притискає трубу до призми. Виконується свердління після закріплення.

По закінченню обробки рукоятка пневмокрану перемикається в іншу позицію, стиснене повітря надходить в другу порожнину циліндра. При віджиманні деталі плунжер опускається.

Пристрій можна переналагоджувати при заміні настановчих елементів.

Пристрій зручно розбирати та збирати, так як основна частина елементів конструкції кріпляться завдяки різьбленні гвинтами та болтами. Великі габаритні розміри має пристосування. В конструкцію входить велика кількість металевих деталей. Тому конструкцію пристосування вважаємо металомісткою та складною. Заготовку зручно встановлювати в цей пристрій, так як для цього не потрібно великої кількості часу та зусиль. Для змащення та очищення деяких деталей потрібно здійснювати розбирання пристосування повністю.

3.1.2 Силовий розрахунок параметрів приводу

Складемо схему розрахунку сили закріплення заготовки (рис. 3.1) [10].

					043В-24.00.00.00.000ПЗ	Арк.
						32
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

$$R_{2r} = \frac{1\ 69,6}{2\ 0,21} = 166\ \text{Н}.$$

$$R_{1B} = 1087,5 \cdot \text{tg}45^\circ = 1087,5\ \text{Н},$$

$$R_{2B} = 166 \cdot \text{tg}45^\circ = 166\ \text{Н}.$$

Знаходимо W :

$$W = \frac{R_1 + R_2}{K} - P_o, \quad (3.6)$$

$$W = \frac{1087,5 + 166}{2,178} - 6636 = -6060\ \text{Н}.$$

З розрахунку витікає, що притиску осьової сили під час свердління вистачає для запобігання вивороту заготовки із призм.

Тому вибираємо найменший пневмоциліндр із одностороннім штоком $D=63$ мм, $d=16$ мм:

$$Q = \frac{\pi D^2}{4} p \eta, \quad (3.7)$$

де D – робочий діаметр, мм;

p – тиск, МПа;

η – ККД.

$$Q = \frac{3,14 \cdot 63^2}{4} \cdot 0,6 \cdot 0,8 = 1500\ \text{Н} = 1,5\ \text{кН}.$$

3.1.3 Загальний опис конструкції, принцип дії

Пристосування для кріплення встановлюється на радіально-свердлильний верстат 2К52 і складається з двох опорних пластин 15 та циліндричного гладкого пальця 18. Фіксування заготовки здійснюється за допомогою пневмоциліндра 11, який передає свою силу через ричаг 7 на направляючі 2, на яких закріплена кондукторна плита 5.

Рукоятка 9 у вихідному положенні повернута вправо, а система затискного пристрою відведена вгору. При повороті рукоятки вліво система затискного пристрою опускається вниз, заготовка затискається. Після цього через 17 – кондукторні втулки, проводиться свердління трьох отворів.

					043В-24.00.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		34

Знайдемо похибки, що виникають у процесі вимірювання допуску перпендикулярності торця B щодо зовнішнього діаметра шліцевого отвору:

$\varepsilon_y = 0,014$ мм, оскільки виникає биття між зовнішнім та внутрішнім кільцем підшипника 4 класу;

$\varepsilon_z = 0$, у нашому випадку не відбувається закріплення деталі на контрольному пристрої;

$\varepsilon_{зн.} = 0$, оскільки знос настановних підшипників невеликий, а при встановленні деталі на контрольний пристрій індикатор щоразу виставляється на "0";

$\varepsilon_{пер.мех.} = 0,014$ мм, оскільки важіль кріпиться на осі з посадкою H5/g6 у якій максимальний допуск дорівнює 14мкм.

$\varepsilon_{вим.} = 0,01$ мм, ціна поділки 0,01мм на індикаторі годинникового типу.

Допустима похибка при вимірюванні допуску перпендикулярності до 200мкм:

$$\Delta_{IP} = \frac{1}{3} \cdot 0,06 = 0,02 \text{ мм};$$

$$\sum_{i=1}^n \varepsilon_i = \sqrt{0,014^2 + 0 + 0 + 0,005^2 + 0,015^2} = 0,02 \text{ мм}, \quad \text{що дорівнює допустимій}$$

похибці $\Delta_{IP} = 0,02$ мм та дозволяє застосовувати для вимірювань як контрольне пристосування.

					043В-24.00.00.00.000ПЗ	Арк.
						36
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

3 ПРОЕКТУВАННЯ МЕХАНІЧНОЇ ДІЛЬНИЦІ

3.1 Уточнення типу виробництва

Ми уточнюємо тип виробництва, враховуючи фактичну трудомісткість [12]. Для кожної операції визначаємо потрібну кількість обладнання.

Після отримання результату ми заокруглюємо його в більшу сторону до цілого числа, отримуючи P кількість робочих місць. Даний розрахунок проводиться для операції 015.

$$m_p = \frac{10000 \cdot 1,194}{60 \cdot 4055 \cdot 0,75} = 0,065; P=1$$

Далі обчислюємо коефіцієнт завантаження обладнання.

$$\eta_{з.ф.} = \frac{0,065}{1} = 0,065.$$

Кількість операцій, які виконуються на цьому обладнанні, розраховується за формулою:

$$O = \frac{\eta_{з.н.}}{\eta_{з.ф.}} \quad (4.1)$$

У подальших розрахунках значення O не округлюється до цілого числа. і сумуються значення.

$$\eta_{з.ф.} = \frac{0,75}{0,065} = 11,538.$$

Результати для операції 015 та інших вносяться в таблицю 4.1.

$$\sum O = 11,538 + 27,778 + 16,304 + 18,293 + 11,538 + 5,906 = 91,357;$$

$$\sum P = 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 = 6.$$

Розраховуємо коефіцієнт закріплення операції:

$$K_{з.о.} = \frac{\sum O}{\sum P}; \quad (4.2)$$

$$K_{з.о.} = \frac{91,357}{6} = 15,23.$$

									Арк.
								043В-24.00.00.00.000ПЗ	37
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата					

3.4 Розробка технологічного планування дільниці

Планування технологічного процесу є основним етапом розробки дільниці [15]. Воно включає в себе організацію розміщення всього обладнання, включаючи виробничі, допоміжні та підйомно-транспортні засоби, стелажі, а також робочі місця слюсарів та виробничі транспортні коридори.

При розташуванні обладнання важливо дотримуватися максимальної ефективності виробництва, забезпечуючи економію виробничої площі і водночас забезпечуючи мінімальні проїзди.

Також важливо керуватися нормами відстаней між верстатами та елементами будівлі, які стосуються поперечних та поздовжніх відстаней, ширини проходів та проїздів. При розташуванні обладнання для обслуговування великої кількості верстатів, ці аспекти особливо важливі.

Процес планування розпочинається з нанесення колон, стін будівлі, після чого розміщують темплети обладнання. Зображення робочих місць, підйомно-транспортних засобів, магістральних та виробничих проїздів наносяться після пізніше, а розміри уточнюються у поперечному та поздовжніх напрямках.

На плані дільниці умовно позначаємо місця працівників у вигляді кола, половина з яких затемнена, показуючи напрямок роботи. План дільниці виконується у масштабі 1:200. На дільниці розташовано 6 верстатів: 1 відцентрово-обточувальний автомат, 3 токарних, 1 вертикально-свердлильний і 1 радіально-свердлильний. Тому сітка колон повинна становити ширину дільниці $L=24$ м, крок колон $t=12$ м. Приймаємо 0,5 на 0,5 м – основні колони в поперечному перерізі.

4.5 Основні техніко-економічні показники дільниці

Показники механічної дільниці наведені в таблиці 4.3.

					043В-24.00.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		40

Таблиця 4.3 – Показники механічної дільниці

Показники	По механічній дільниці
Основні показники	
1. Виріб	корпус
2. Програма випуску в рік, т.	58,1
3. Працеемність, год.	7924,5
4. Основне обладнання	
– дрібного	2
– середнього	4
– всього	6
5. Тип виробництва	багатосерійне
6. Кількість працівників:	
– основні	6
– допоміжні	–
Всього:	6
7. Виробнича площа, м ² :	
– основне виробництво	77
Всього:	77
Відносні показники	
1. Коефіцієнт завантаження обладнання середній	0,115
2. Площа на один верстат, м ² :	
– загальна	13,8
– виробнича	11,6
3. Річний випуск на один верстат	1132,2
4. Річний випуск на одного працівника	670
5. Площа на одного працівника, м ² .	7,2

					043В-24.00.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		41

ВИСНОВОК

В даній кваліфікаційній роботі бакалавра розглянуто опис об'єкта виробництва, зазначені конструктивні особливості машини, до якої входить деталь, що обробляється.

Проведено аналіз службового призначення деталі, де виявлено призначення поверхонь деталі. У проекті було розроблено заготовку – виливок. Визначено кількість переходів механічної обробки виходячи з необхідної точності розмірів деталі та необхідних допусків форми й розташування деталі.

Розроблено маршрутно-операційний технологічний процес. Встановлено послідовність переходів. Надане обґрунтування вибору технологічних баз, виконано аналітичні розрахунки припусків на поверхні та режимів різання.

Розроблено засоби технологічного оснащення:

- пристрій для свердління отвору в бонці та визначено допустиму похибку цього пристрою.
- ступінчастий зенкер;
- контрольний пристрій для контролю биття внутрішніх канавок щодо наскрізного внутрішнього отвору.

Вирішено комплекс питань організації та економіки виробництва. Розроблено планування ділянки та здійснено розрахунок економічної ефективності механічної дільниці.

					043В-24.00.00.00.000ПЗ	Арк.
						42
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

ДОДАТКИ

					043В-24.00.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		45