

Міністерство освіти і науки України

Луцький національний технічний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет транспорту та механічної інженерії

(повне найменування факультету)

Кафедра прикладної механіки та мехатроніки

(повна найменування кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ЗА СТУПЕНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ «БАКАЛАВР»

ПРОЕКТУВАННЯ ДІЛЬНИЦІ З РОЗРОБКОЮ
ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ
КОРПУСУ НАСОСУ 00.031

спеціальність 131 Прикладна механіка

(шифр і назва спеціальності)

освітня програма «Прикладна механіка»

(назва освітньої програми)

Виконав: здобувач вищої освіти
групи ІМ-41
Курсік Владислав Ігорович

(підпис)

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

(підпис)

Кваліфікаційну роботу
допущено до захисту
«___» _____ 2025 р.
Гарант освітньої програми:
к.т.н., доцент
Божко Тетяна Євгенівна

(підпис)

Луцьк – 2025 року

						013Б-25.00.00.00.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

ЛУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет транспорту та механічної інженерії

Кафедра прикладної механіки та мехатроніки

Ступінь вищої освіти: бакалавр

Галузь знань: 13 механічна інженерія

Спеціальність: прикладна механіка

Освітня програма: 131 прикладна механіка

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

«___» _____ 2025 р.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ

Курсік Владислав Ігорович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи: Проектування дільниці з розробкою технологічного процесу механічної обробки корпусу насосу 00.031

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

затвержені наказом закладу вищої освіти від «31» грудня 2024 р. №910/01-07 2. Строк подання здобувачем вищої освіти кваліфікаційної роботи «01» червня 2025 р.

3. Вихідні дані до роботи: Креслення деталі корпус насосу 00.031, річна програма випуску 10000 шт/рік, нормативні дані

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, що потрібно розробити):
Вступ. Розділ 1. Загальна частина. Розділ 2. Технологічна частина. Розділ 3. Конструкторська частина. Розділ 4. Проектування механічної дільниці. Розділ 5. Охорона праці. Висновки і пропозиції. Список використаних джерел. Додатки

5. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу:

Креслення заготовки – 1 лист (ф.А1), карта налагодження – 2 листа (ф.А2), складальне креслення верстатного пристрою – 1 лист (ф.А1), складальне креслення контрольного пристрою – 1 лист (ф.А1), план механообробної дільниці – 1 лист (ф.А2), креслення спеціального різального інструменту – 1 лист (ф. А2).

					013Б-25.00.00.00.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

АНОТАЦІЯ

Курсік В.І. Проектування ділянки з розробкою технологічного процесу механічної обробки корпусу насоса 00.031. Рукопис.

Кваліфікаційна робота бакалавра ОП «Прикладна механіка» спеціальності 131 Прикладна механіка. Луцький національний технічний університет. Луцьк, 2025.

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

У роботі розроблено технологічний процес механічної обробки корпусу насоса 00.031.

У загальній частині проведено аналіз службового призначення корпусу, технічних умов виготовлення, а також виконано розрахунок методу отримання заготовки і вибір способу обробки поверхонь.

Технологічна частина містить аналіз технологічності конструкції деталі, вибір технологічних баз, визначення допусків і технологічних розмірів, а також розрахунок припусків. Проведено розрахунок режимів різання, обрано необхідне обладнання та технологічне оснащення.

У конструкторській частині спроектовано верстатний пристрій та пристрій для контролю якості, а також розроблено механічну ділянку із розрахунком основних техніко-економічних показників виробництва.

У розділі «Охорона праці» запропоновано конструктивні та організаційні заходи для зниження рівня шуму і вібрації, а також розглянуто заходи пожежної безпеки.

Ключові слова: технологічний процес, корпус, механічна обробка.

					013Б-25.00.00.00.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Роль машин у народному господарстві є незаперечною, тому машинобудуванню приділяється велика увага та забезпечується його безперервний розвиток.

Технологія значною мірою визначає стан і рівень розвитку виробництва. Від її розвитку залежать ефективність матеріальних і енергетичних витрат, якість продукції, що випускається, та багато інших важливих показників.

Важлива роль у прискоренні науково-технологічного прогресу в машинобудуванні належить методиці проектування прогресивних технологічних процесів. Вона сприяє вдосконаленню існуючих методів виготовлення та контролю продукції, а також створенню нових.

У технології машинобудування існують дві основні проблеми: забезпечення якості продукції та підвищення продуктивності праці. Кожна з них охоплює низку конкретних питань, зокрема: надійність і довговічність виробів, технологічність конструкцій, розробку нових методів обробки, автоматизацію технологічних процесів і функцій управління у всіх видах виробництва, а також підвищення ефективності науково-дослідних робіт.

Під час виконання кваліфікаційної роботи вибір варіанту технологічного процесу, обладнання, оснастки та способу одержання заготовки здійснюється на основі техніко-економічних розрахунків. Це дозволяє обґрунтувати та запропонувати оптимальне рішення.

Основним завданням кваліфікаційної роботи бакалавра є розробка нового технологічного процесу механічної обробки корпусної деталі. При цьому використання відповідного технологічного обладнання та оптимально підібраних режимів різання має забезпечити мінімальні витрати енерго- та матеріальних ресурсів, а також трудових затрат на виготовлення деталі.

					013Б-25.00.00.00.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

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

До корпусних деталей належать деталі типу кронштейнів, кришок, прижимів, корпусів та інші.

Різноманітні базові поверхні корпусних деталей з огляду на їх функціональне призначення можна класифікувати як основні або допоміжні бази.

Основними базами зазвичай виступають плоскі поверхні або поверхні одного чи двох базових отворів, за допомогою яких корпусні деталі приєднуються до станин, рам або інших корпусів.

Допоміжними базами корпусних деталей є головні отвори, по яких базуються шпинделі, вали, а також плоскі поверхні, що визначають положення приєднаних вузлів і деталей, зокрема кришок, фланців тощо.

Таблиця 1.1 - Хімічний склад чавуну СЧ25 ДСТУ 8833:2019

Хімічний елемент	%
Кремній (Si)	1,4 – 2,2
Марганець (Mn)	0,7 - 1
Фосфор (P), не більше	0,2
Сірка (S), не більше	0,15

Таблиця 1.2 – Механічні властивості і допустимі напруги вилівка з чавуну СЧ25 ДСТУ 8833:2019

Термообробка	Межа міцності при розтягуванні $\sigma_B, МПа$	Межа текучості $\sigma_T, МПа$	Відносне подовження при розриві $\delta, \%$	Відносне звуження поперечного перетину при розриві $\Psi, \%$	Питома ударна в'язкість a	σ^{-1}	Твердість НВ
Поліпшення	250	-	15	50	10	360	156-260

					013Б-25.00.00.00.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.2 Вибір методу одержання заготовки

Процес вибору методу одержання заготовки є складним і залежить від багатьох чинників. У даному випадку деталь виготовляється з чавуну марки СЧ25 згідно з ДСТУ 8833:2019. Властивості матеріалу зумовлюють доцільність отримання заготовки методом лиття.

Доцільність застосування того чи іншого методу оцінюється за техніко-економічними показниками, зокрема за мінімальною величиною приведених витрат на виготовлення заготовки. Цю оцінку здійснюють за методикою [1, с 55]

Для визначення маси деталі і маси заготовки використовуємо програму САПР Компас 3D. Результати приводимо в наступному вигляді:

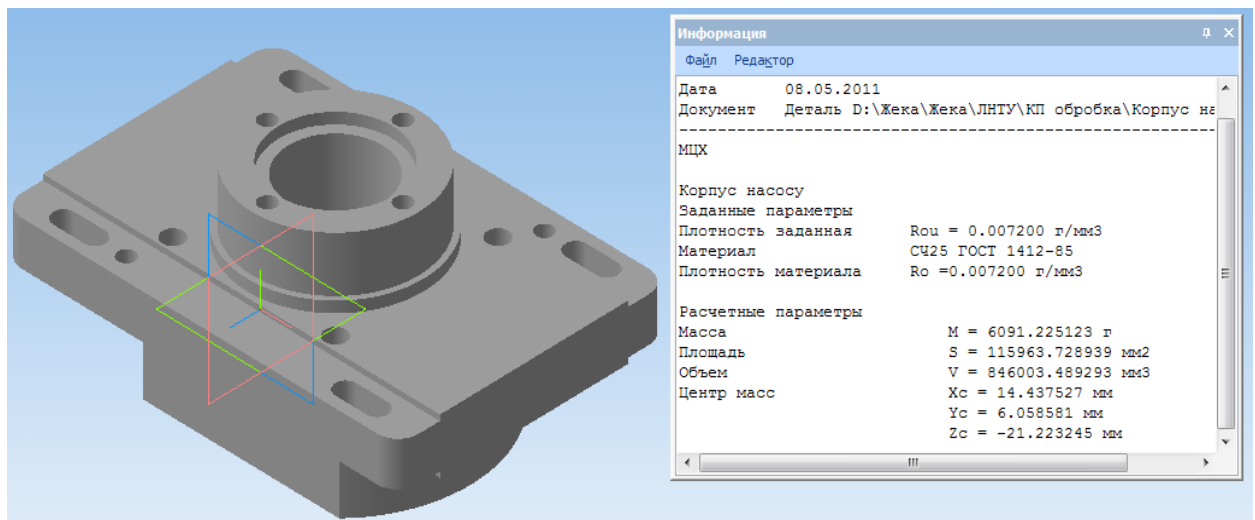


Рис. 1.1 - Деталь

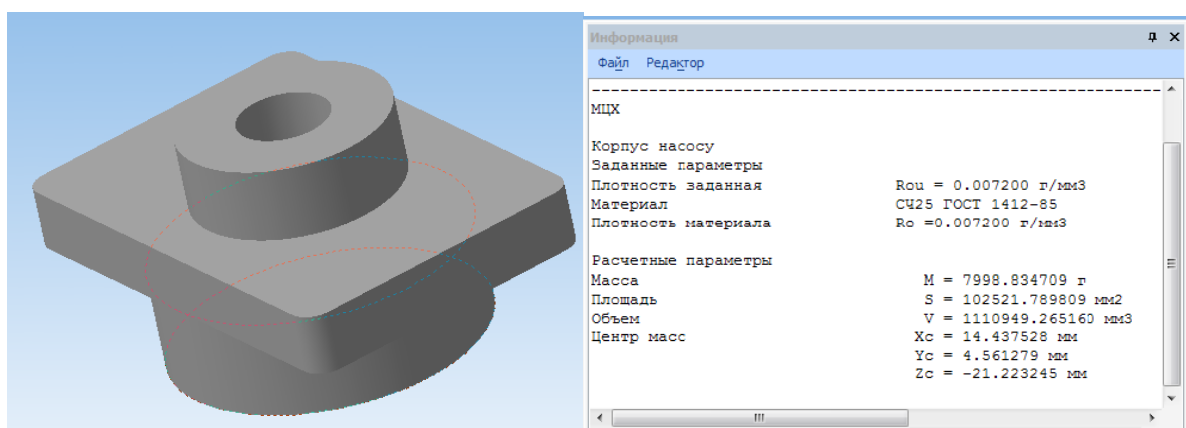


Рис. 1.2. Заготовка отримана методом лиття в піщано-глинисту форму

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	013Б-25.00.00.00.000ПЗ				

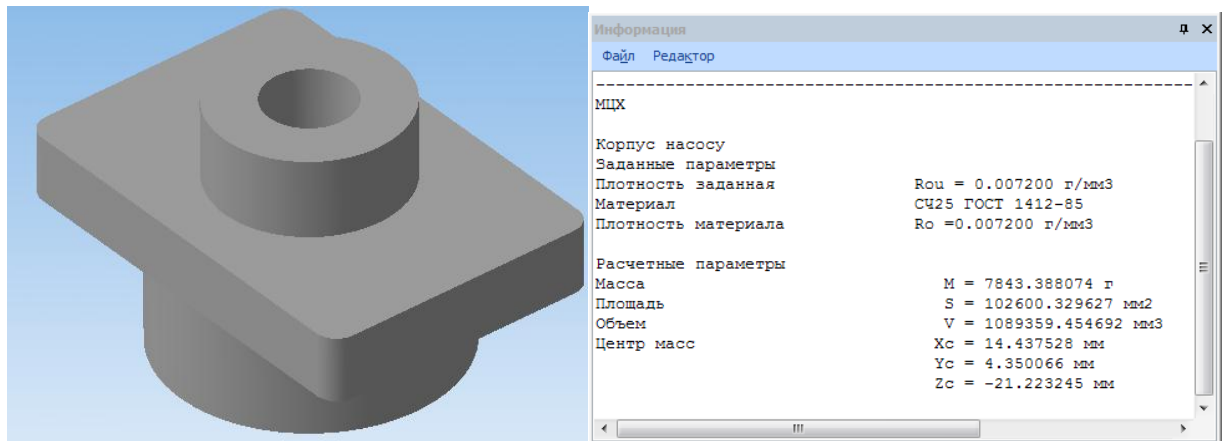


Рис. 1.3. Заготовка отримана методом лиття в кокіль

Мінімальна величина витрат при литті в піщано-глинисту форму:

$$S_{заг1} = \left(\frac{360}{1000} \cdot 8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,91 \cdot 1 \cdot 1,23 \right) - (8 - 6,09) \frac{24,8}{1000} = 3,18 \text{ грн.}$$

Мінімальна величина витрат при литті в кокіль:

$$S_{заг2} = \left(\frac{360}{1000} \cdot 7,84 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,91 \cdot 1,04 \cdot 1 \right) - (7,84 - 6,09) \frac{24,8}{1000} = 2,63 \text{ грн.}$$

Економічний ефект:

$$E = (S_1 + S_2) \cdot N = (3,18 - 2,63) \cdot 10000 = 5500 \text{ грн.}$$

1.3 Вибір методу обробки поверхонь

На правильний вибір методу обробки поверхонь заготовки впливають такі фактори, як службове призначення деталі, функціональне значення окремих поверхонь, вимоги до точності, шорсткості, геометричної форми та розмірної стабільності.

Обробка поверхонь повинна виконуватись у кілька переходів, на кожному з яких застосовується відповідний метод — від чорнової до чистої обробки. Це забезпечує поступове зменшення припуску та досягнення необхідних параметрів якості.

У корпусі насоса є поверхні, до яких не висуваються високі вимоги щодо точності та шорсткості, тому для них достатньою є лише чорнова обробка.

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	013Б-25.00.00.00.000ПЗ				

Основний технологічний час і штучно-калькуляційний час

$$T_0 = 0,45 + 0,497 + 0,07 + 0,512 = 1,53 \text{ хв};$$

$$T_{ш-к} = 1,53 \cdot 1,36 = 2,09 \text{ хв};$$

010 Токарно-гвинторізна операція

1. Підрізати торець 2 одноразово;

$$T_{O1} = 0,037(D^2 - d^2) = 0,037(80^2 - 55^2) \cdot 10^{-3} = 0,13 \text{ хв};$$

2. Розточити пов. 6;

$$T_{O2} = 0,18dl = 0,18 \cdot 53 \cdot 5 \cdot 10^{-3} = 0,05 \text{ хв};$$

3. Розточити пов. 7;

$$T_{O3} = 0,18dl = 0,18 \cdot 42 \cdot 45 \cdot 10^{-3} = 0,35 \text{ хв};$$

4. Точити пов. 8;

$$T_{O4} = 0,17Dl = 0,17 \cdot 82 \cdot 25 \cdot 10^{-3} = 0,4 \text{ хв};$$

Основний технологічний час і штучно-калькуляційний час

$$T_0 = 0,13 + 0,05 + 0,35 + 0,4 = 0,93 \text{ хв};$$

$$T_{ш-к} = 0,93 \cdot 1,36 = 1,27 \text{ хв};$$

015 Горизонтально-фрезерна операція

Установ А

1. Фрезерувати пов. 3 одноразово;

$$T_{O1} = 7l \cdot 10^{-3} = 7 \cdot 190 \cdot 10^{-3} = 1,33 \text{ хв};$$

Установ Б

2. Фрезерувати пов. 4 начорно.

$$T_{O2} = 7l \cdot 10^{-3} = 7 \cdot 190 \cdot 10^{-3} = 1,33 \text{ хв}$$

3. Фрезерувати пов. 4 начисто.

$$T_{O2} = 4l \cdot 10^{-3} = 4 \cdot 190 \cdot 10^{-3} = 0,76 \text{ хв}$$

Основний технологічний час і штучно-калькуляційний час:

$$T_0 = 1,33 + 1,33 + 0,76 = 3,42 \text{ хв};$$

$$T_{ш-к} = 3,42 \cdot 1,51 = 5,17 \text{ хв};$$

020 Вертикально-фрезерна операція

1. Фрезерувати 4 шпонки пов.10 послідовно;

					013Б-25.00.00.00.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$T_{01} = 6l = (6 \cdot 25 \cdot 10^{-3}) \cdot 4 = 0,6 \text{ хв};$$

Основний технологічний час і штучно-калькуляційний час

$$T_0 = 0,6 \text{ хв};$$

$$T_{ш-к} = 0,6 \cdot 1,51 = 0,91 \text{ хв};$$

025 Вертикально-свердлильна операція

1. Свердлити 4 отв. пов. 5;

$$T_{01} = 0,52dl = (0,52 \cdot 8,5 \cdot 20 \cdot 10^{-3}) \cdot 4 = 0,09 \text{ хв};$$

2. Нарізати різьбу в 4-ох отв. пов. 5;

$$T_{02} = 0,4dl = (0,4 \cdot 8,5 \cdot 20 \cdot 10^{-3}) \cdot 4 = 0,28 \text{ хв};$$

Основний технологічний час і штучно-калькуляційний час

$$T_0 = 0,36 + 0,28 = 0,64 \text{ хв};$$

$$T_{ш-к} = 0,64 \cdot 1,3 = 0,84 \text{ хв};$$

030 Агрегатно-свердлильна операція

1. Свердлити 2 отв. пов. 11;

$$T_{01} = 0,52dl = (0,52 \cdot 7,5 \cdot 20 \cdot 10^{-3}) \cdot 2 = 0,16 \text{ хв};$$

2. Розгорнути 2 отв. пов. 11;

$$T_{02} = 0,86dl = (0,86 \cdot 7,5 \cdot 20 \cdot 10^{-3}) \cdot 2 = 0,258 \text{ хв};$$

3. Свердлити 4 отв. Ø9 пов. 13.

$$T_{03} = 0,52dl = (0,52 \cdot 9 \cdot 20 \cdot 10^{-3}) \cdot 4 = 0,38 \text{ хв};$$

4. Нарізати різьбу в 4-ох отв. пов. 13.

$$T_{04} = 0,4dl \cdot 10^{-3} = (0,4 \cdot 10 \cdot 15 \cdot 10^{-3}) \cdot 4 = 0,24 \text{ хв};$$

Основний технологічний час і штучно-калькуляційний час

$$T_0 = 0,16 + 0,258 + 0,38 + 0,24 = 1,038 \text{ хв};$$

$$T_{шк} = 1,038 \cdot 1,3 = 1,35 \text{ хв};$$

Вибираємо нормативний коефіцієнт завантаження обладнання $\eta_{з.н.}$. Для серійного виробництва 0,75-0,85. Вибираємо $\eta_{з.н.} = 0,8$.

Визначаємо розрахункову кількість обладнання, необхідну для виконання кожної операції:

					013Б-25.00.00.00.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$m_p = \frac{10000 \cdot 1,53}{60 \cdot 4059 \cdot 0,8} = 0,08.$$

Заокруглюємо m_p в більшу сторону до цілого числа і отримуємо кількість робочих місць $p=1$.

Розраховуємо дійсний коефіцієнт завантаження обладнання:

$$n_{з.д.} = \frac{m_p}{p} < n_{з.н.}$$

$$n_{з.д.1} = \frac{0,08}{1} = 0,08 < n_{з.н.} = 0,8 - \text{умова виконується.}$$

Розраховуємо кількість операцій, які виконуються на цьому обладнанні:

$$O = \frac{\eta_{з.н.}}{\eta_{з.ф.}}$$

$$O = \frac{0,8}{0,08} = 10; \text{ приймаємо } 10.$$

Всі розрахунки усіх операцій зводимо в таблицю 4, сумуючи в кінці “О” і “Р”.

Таблиця 1.3 – Визначення типу виробництва

Операція	$T_{ш-к}$	m_p	Р	$\eta_{з.ф.}$	О
1	2	3	4	5	6
005	1,53	0,08	1	0,08	10
010	1,27	0,066	1	0,066	12
015	5,17	0,27	1	0,27	2
020	0,91	0,05	1	0,05	16
025	0,84	0,043	1	0,043	18
030	1,35	0,069	1	0,069	2
Сума	11,07		6	0,578	60

Розраховуємо коефіцієнт закріплення операції:

$$K_{з.о.} = \frac{\sum O}{\sum P} = \frac{60}{6} = 10.$$

					013Б-25.00.00.00.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

Визначаємо організаційну форму виробництва.

Визначаємо добовий випуск виробів:

$$N_c = \frac{N}{254} = \frac{10000}{254} = 39 \text{ шт.};$$

Визначаємо добову продуктивність поточної лінії:

$$Q_c = \frac{F_c}{T_{\text{шк-ср}}} \cdot \eta_{з.ф.ср.} = \frac{952}{1,85} \cdot 0,578 = 297 \text{ шт.};$$

Оскільки добовий випуск виробів менший добової продуктивності групової лінії, то застосовується групову форма організації виробництва.

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

$$39 < 297 \cdot 0,6 = 178;$$

Якщо приймаємо групову форма організації виробництва, то розраховуємо кількість деталей в партії:

$$n_1 = \frac{10000 \cdot 3}{254} = 118 \text{ шт.};$$

					013Б-25.00.00.00.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Аналіз технологічності конструкції деталі

Якісні показники технологічності:

1. Простота та правильність геометричної форми. Деталь має просту та симетричну геометричну форму, що полегшує процес базування та спрощує отримання заготовки.
2. Відповідність матеріалу технологічним вимогам. Фізико-хімічні та механічні властивості матеріалу, а також форма і розміри деталі відповідають вимогам обраної технології виготовлення.
3. Технологічність базових поверхонь. Якість базових поверхонь (точність, шорсткість) дозволяє застосування стандартного або типового технологічного процесу без необхідності спеціального доопрацювання.
4. Можливість обробки напрохід. Більшість поверхонь допускають обробку напрохід, що забезпечує використання високопродуктивного устаткування та скорочення часу обробки.
5. Наявність стандартних баз. Конструкція деталі передбачає наявність зручних для базування поверхонь на першій операції, а також можливість утворення стабільних подальших технологічних баз.
6. Контрольованість параметрів. Конструкція деталі дозволяє застосування стандартних засобів вимірювання (включаючи граничні калібри) для контролю розмірів, без потреби у спеціальних або унікальних приладах.

Приведемо якісну оцінку поверхонь деталі в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Якісна оцінка поверхонь деталі

№ п/п	Розмір (D або L), мм	Квалітет	Шорсткість Ra, мкм
1	90	10	5
2	80	12	5
3	72	8	2,5
4	20	9	2,5

									Арк.	
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	013Б-25.00.00.00.000ПЗ					

5	8	10	5
6	45	10	5
7	55	10	2,5
8	80	12	5
9	75	10	5
10	25	11	10
11	8	8	0,63
12	20	11	10

1. Коефіцієнт уніфікації для циліндричних поверхонь:

$$K_{y.e.} = \frac{Q_{y.e.}}{Q_e} = \frac{10}{11} = 0,91 > 0,6 - \text{деталь технологічна};$$

2. Коефіцієнт уніфікації для плоских поверхонь:

$$K_{y.e.} = 1 - \text{деталь технологічна};$$

3. Коефіцієнт точності обробки:

$$K_{T.O.} = 1 - \frac{1}{10,1} = 1 - 0,09 = 0,91 > 0,8 - \text{деталь технологічна};$$

4. Коефіцієнт шорсткості:

$$Ш_{cp.} = \frac{5 \cdot 6 + 2,5 \cdot 3 + 10 \cdot 2 + 0,63 \cdot 1}{12} = 4,84,$$

$$K_{ш.} = \frac{1}{4,84} = 0,21 < 0,32 - \text{деталь технологічна};$$

5. Коефіцієнт використання матеріалу:

$$K_{н.м.} = \frac{Q_{дет.}}{Q_{заг.}} = \frac{6,09}{7,843} = 0,78 - \text{технологічна},$$

2.2 Вибір технологічних баз

Вибір і обґрунтування технологічних баз є одним із найвідповідальніших і найскладніших етапів проектування технологічного процесу. Розробка маршруту обробки деталі та вибір баз повинні здійснюватися паралельно, оскільки вони взаємопов'язані та взаємовпливають.

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	013Б-25.00.00.00.000ПЗ				

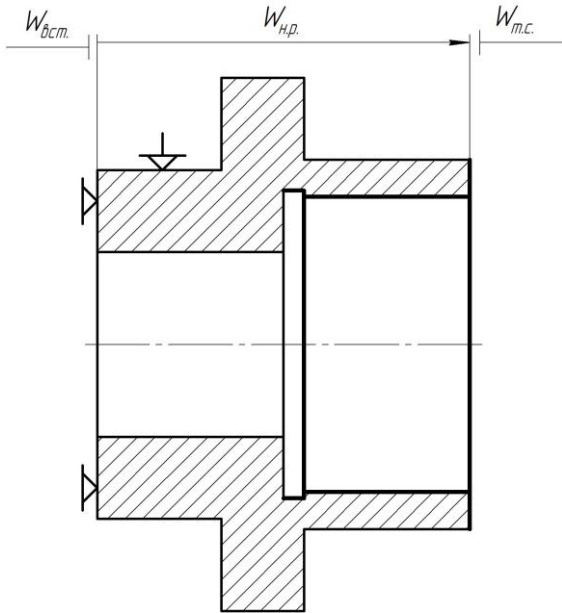
На першій операції обробляються ті поверхні, які надалі використовуються як технологічні бази. Після виконання першої операції подальше базування здійснюється вже по оброблених (базових) поверхнях, що забезпечує підвищення точності наступних переходів.

У технічній документації всі поверхні, що підлягають обробці на конкретній операції, позначаються товстішими лініями (згідно з правилами оформлення креслень).

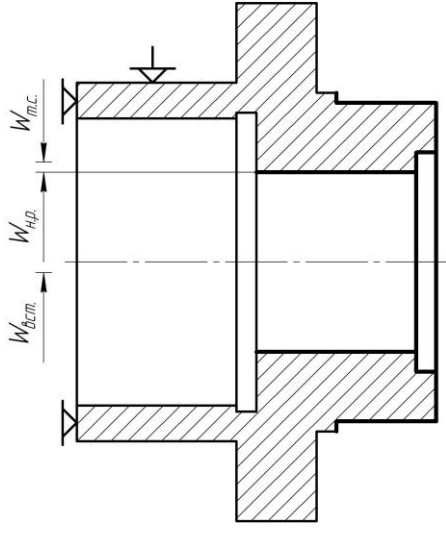
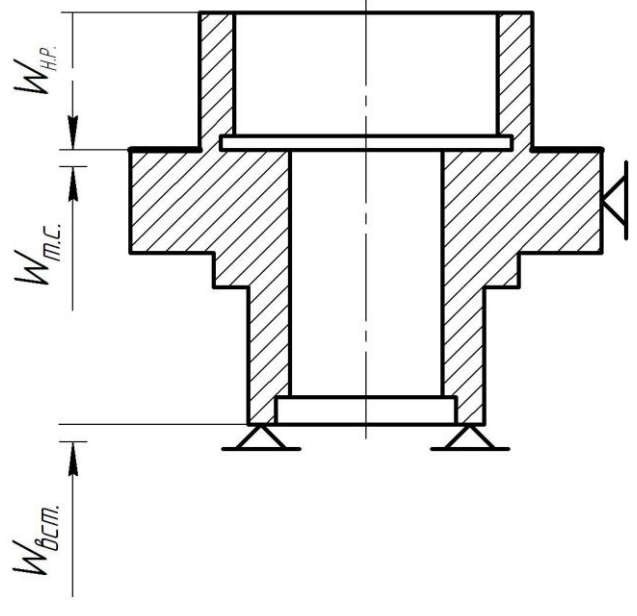
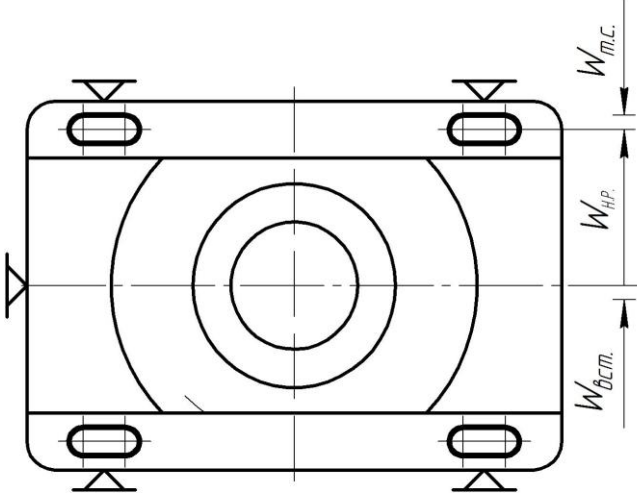
При проектуванні необхідно враховувати, що сумарна похибка обробки (включаючи похибки базування, закріплення, устаткування, інструменту та переходу) повинна бути меншою за допуск на відповідний розмір

Розрахунки заносимо в таблицю 2.2.

Таблиця 2.2 – Розрахунок похибки обробки

Ескіз операції та розмірний ланцюг	Розрахунок похибки обробки
1	2
	$W_{АОП} = W_{НР} + W_{ВСТ} + W_{ТС}$ $W_C = W_{НР} + W_{ВСТ} = 0,2 \text{ мм}$ $W_{ВСТ} = 0,05 \text{ мм}$ $W_{АОП} = 0,2 + 0,05 = 0,25 \text{ мм}$

Продовження таблиці 2.2

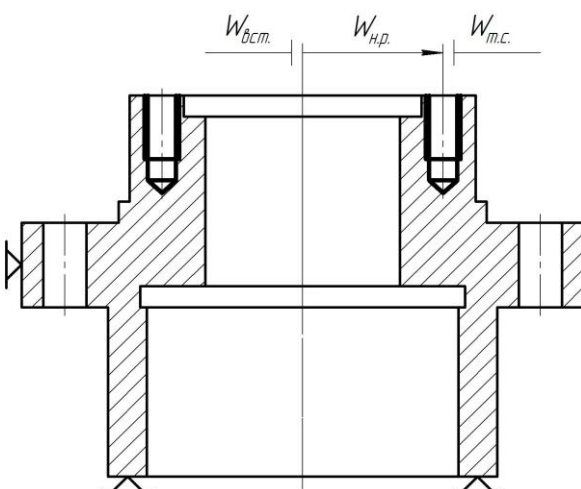
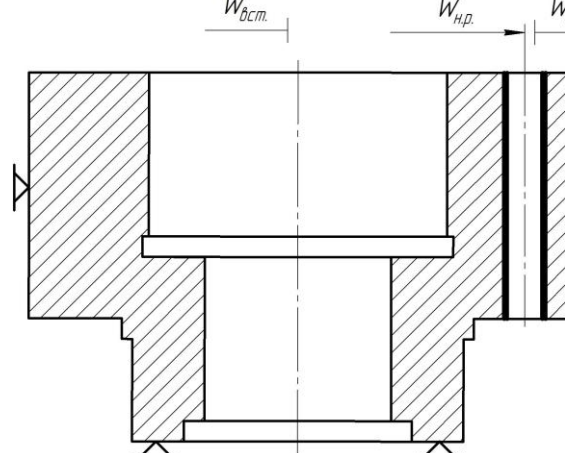
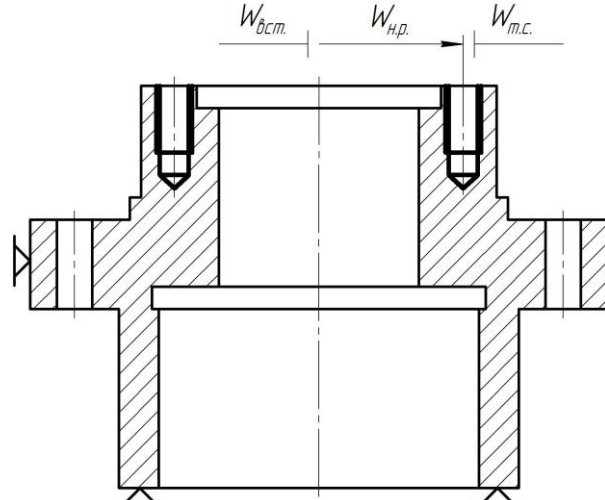
1	2
	$W_{АОП} = W_{HP} + W_{BCT} + W_{TC}$ $W_C = W_{HP} + W_{BCT} = 0,12 \text{ мм}$ $W_{BCT} = 0,02 \text{ мм}$ $W_{АОП} = 0,12 + 0,02 = 0,14 \text{ мм}$
	$W_{АОП} = W_{HP} + W_{BCT} + W_{TC}$ $W_C = W_{HP} + W_{BCT} = 0,17 \text{ мм}$ $W_{BCT} = 0 \text{ мм}$ $W_{АОП} = 0,17 \text{ мм}$
	$W_{АОП} = W_{HP} + W_{BCT} + W_{TC}$ $W_C = W_{HP} + W_{BCT} = 0,12 \text{ мм}$ $W_{BCT} = 0,01 \text{ мм}$ $W_{АОП} = 0,12 + 0,01 = 0,13 \text{ мм}$

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

013Б-25.00.00.00.000ПЗ

Арк.

Продовження таблиці 2.2

1	2
	$W_{АОП} = W_{HP} + W_{BCT} + W_{TC}$ $W_C = W_{HP} + W_{BCT} = 0,1 \text{ мм}$ $W_{BCT} = 0,1 \text{ мм}$ $W_{АОП} = 0,1 + 0,1 = 0,2 \text{ мм}$
	$W_{АОП} = W_{HP} + W_{BCT} + W_{TC}$ $W_C = W_{HP} + W_{BCT} = 0,1 \text{ мм}$ $W_{BCT} = 0 \text{ мм}$ $W_{АОП} = 0,1 \text{ мм}$
	$W_{АОП} = W_{HP} + W_{BCT} + W_{TC}$ $W_C = W_{HP} + W_{BCT} = 0,1 \text{ мм}$ $W_{BCT} = 0,1 \text{ мм}$ $W_{АОП} = 0,1 + 0,1 = 0,2 \text{ мм}$

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

013Б-25.00.00.00.000ПЗ

Арк.

2.3 Визначення допусків на технологічні розміри, розрахунок припусків

Розрахунок припусків на механічну обробку проводиться розрахунково-аналітичним методом і за таблицями.

Розрахунок припуску розрахунково-аналітичним методом зручно звести в таблицю 2.3.

Таблиця 2.3 – Розрахунок припуску

Технологічні переходи обробки поверхні	Елементи припуску				Розрахунковий припуск, Z_{\min} , мм	Розрахунковий розмір d_{p_i} , мм	Допуск, σ , мкм	Максимально допустимий розмір, мм		Максимально допустиме значення припусків	
	$R_{z_{i-1}}$	T_{i-1}	ρ_{i-1}	ε				d_{\min}	d_{\max}	Z_{\min}	Z_{\max}
Заготовка	200	300	741	-	-	69,732	740	68,992	69,732	-	-
Чорнове розточування	50	50	37,05	350	2·1367	71,772	190	71,582	71,772	2040	2590
Чистове розточування	20	25	1,85	17,5	2·160	71,954	46	71,908	71,954	182	326
Сума Σ										2222	2916

Сумарне значення просторового відхилення заготовки:

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

$$\rho_{кор.} = \Delta_k \cdot L = 0,85 \cdot 45 = 38,25 \text{ мм};$$

$$\rho_{см} = \delta = 740 \text{ мкм};$$

$$\rho_z = \sqrt{38,25^2 + 740^2} = 741 \text{ мкм};$$

$\varepsilon_1 = 350 \text{ мкм}$ - похибка на чорнове розточування;

$\varepsilon_2 = 350 \cdot 0,05 = 17,5 \text{ мкм}$ - похибка на чистове розточування.

$$\rho_{чорн.} = 741 \cdot 0,05 = 37,05 \text{ мкм};$$

					013Б-25.00.00.00.000ПЗ						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							

$$\rho_{\text{чист.}} = 37,05 \cdot 0,05 = 1,86 \text{ мкм};$$

Проводимо розрахунок мінімальних значень міжопераційних припусків, користуючись основною формулою:

$$2 \cdot Z_{\min_i} = 2 \cdot (R_{Z_{i-1}} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + W_{y_i}^2}).$$

Мінімальний припуск на чорнове розточування:

$$2 \cdot Z_{\min 1} = 2 \cdot (200 + \sqrt{741^2 + 350^2}) = 2 \cdot 1020 \text{ мкм};$$

Мінімальний припуск на чистове розточування:

$$2 \cdot Z_{\min 2} = 2 \cdot (50 + \sqrt{37,05^2 + 17,5^2}) = 2 \cdot 91 \text{ мкм};$$

Розрахунковий розмір d починається з кінця, тобто з розміру 71,954 мм, дослідним відхиленням разового мінімального припуска кожного технологічного переходу:

$$d_{p2} = d_{p3} - 2 \cdot Z_{\min 2} = 71,954 - 0,182 = 71,772 \text{ мкм};$$

$$d_{p1} = d_{p2} - 2 \cdot Z_{\min 1} = 71,772 - 2,04 = 69,732 \text{ мкм}.$$

Результати розрахунків заносимо в таблицю.

Для чистового розточування;

$$d_{\max} = 71,954 \text{ мм};$$

$$d_{\min} = 71,954 - 0,046 = 71,908 \text{ мм};$$

Для чорнового розточування;

$$d_{\max} = 71,772 \text{ мм};$$

$$d_{\min} = 71,772 - 0,19 = 71,582 \text{ мм};$$

Для заготовки;

$$d_{\max} = 69,732 \text{ мм};$$

$$d_{\min} = 69,732 - 0,74 = 68,992 \text{ мм};$$

Розраховуємо граничні значення припусків.

Для чистового розточування:

$$2Z_{\min 2}^{\text{чп}} = 71,908 - 71,582 = 0,326 \text{ мм} = 326 \text{ мкм};$$

$$2Z_{\max 2}^{\text{чп}} = 71,954 - 71,772 = 0,182 \text{ мм} = 182 \text{ мкм};$$

Для чорнового розточування:

					013Б-25.00.00.00.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$2Z_{\min}^{cp} = 71,582 - 68,992 = 2,59 \text{ мм} = 2590 \text{ мкм};$$

$$2Z_{\max}^{cp} = 71,772 - 69,732 = 2,04 \text{ мм} = 2040 \text{ мкм};$$

Загальні припуски $2Z_{\min}^{zag}$ і $2Z_{\max}^{zag}$ отримуємо, додаючи проміжні припуски:

$$2Z_{\min}^{zag} = 326 + 2590 = 2 \cdot 2916 \text{ мкм};$$

$$2Z_{\max}^{zag} = 182 + 2040 = 2 \cdot 2222 \text{ мкм};$$

Для всіх інших поверхонь, що обробляються, припуски знаходимо за табличним методом і значення заносимо в таблицю 2.4.

Таблиця 2.4 - Загальні припуски і допуски на оброблювані поверхні

Поверхня деталі	Клас точності розмірів	Степінь точності поверхні	Ряд припуску	Допуск розміру, мм	Спосіб кінцевої обробки	Значення припуску
1	2	3	4	5	6	7
1	5T	9-14	1-3	1,4	чорнова	2,0
2	5T	9-14	1-3	1,4	чорнова	2,0
3	5T	9-14	1-3	1,4	чистова	2,0
4	5T	9-14	1-3	1,0	чистова	2,0
5	5T	9-14	1-3	0,8	чорнова	1,5
6	5T	9-14	1-3	1,2	чорнова	2,0
7	5T	9-14	1-3	1,2	чистова	2,0
8	5T	9-14	1-3	1,4	чорнова	2,2
9	5T	9-14	1-3	1,4	чорнова	2,2
10	5T	9-14	1-3	1,0	чорнова	2,0
12	5T	9-14	1-3	1,0	чорнова	2,0

					013Б-25.00.00.00.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

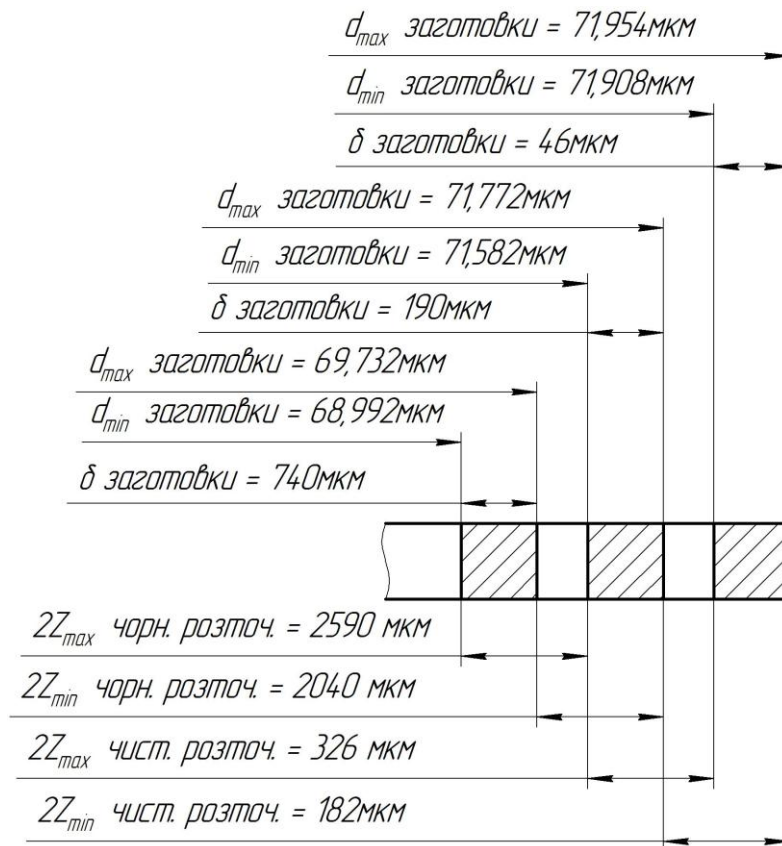


Рис. 2.1. - Схема графічного розміщення припусків і допусків на обробку отвора корпусу

2.4 Розрахунок режимів різання, вибір обладнання

005 Токарно-гвинторізна операція

1. Підрізка торця 1 одноразова:

Швидкість різання:

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

$$S = 0,5 \text{ мм / об}; t = 2,5 \text{ мм};$$

$$C_v = 340; x = 0,15; y = 0,45; m = 0,2 \text{ (табл.17[3])};$$

$$K_v = K_{mV} \cdot K_{nV} \cdot K_{uV};$$

$$K_{mV} = \left(\frac{190}{HB} \right)^{nV} = \left(\frac{190}{160} \right)^1 = 1,19;$$

$$n_v = 1, \text{ табл. 2 [3].}$$

$$K_v = K_{mV} \cdot K_{nV} \cdot K_{uV}$$

$$K_{nV} = 1, \text{ табл. 5 [3]}$$

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	013Б-25.00.00.00.000ПЗ				

$$K_{uV} = 1,0, \text{ табл. 6 [3]}$$

$$K_V = 1,19 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,19$$

$$T = 45 \text{ хв};$$

$$V = \frac{340}{45^{0,2} \cdot 2,5^{0,15} \cdot 0,5^{0,45}} \cdot 1,19 = 225 \text{ м / хв};$$

Частота обертання:

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 225}{3,14 \cdot 130} = 551 \text{ об / хв};$$

Приймаємо: $n = 400 \text{ об / хв};$

Визначаємо силу різання:

$$P_Z = 10C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p = 10 \cdot 300 \cdot 2,5^1 \cdot 0,5^{0,75} \cdot 225^{-0,15} \cdot 0,91 = 1889,69 \text{ Н};$$

$$C_p = 300; x = 1; y = 0,75; n = -0,15, \text{ табл. 22 [3].}$$

$$K_p = K_{M_p} \cdot K_{\phi_p} \cdot K_{\gamma_p} \cdot K_{\lambda_p} \cdot K_{\tau_p} = 0,93 \cdot 0,89 \cdot 1,1 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,91;$$

$$K_{\phi_p} = 0,89, \text{ табл. 23 [3]; } K_{\gamma_p} = 1,1, \text{ табл. 23 [3]; } K_{\lambda_p} = 1,0, \quad K_{\tau_p} = 1,0, \text{ табл. 23 [3].}$$

$$K_{M_p} = \left(\frac{HB}{190} \right)^n = \left(\frac{160}{190} \right)^{0,4} = 0,93, \text{ табл. 9 [3].}$$

Потужність різання:

$$N = \frac{P_Z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{1889 \cdot 225}{1020 \cdot 60} = 6,95 \text{ кВт};$$

Знаходимо основний час:

$$T_0 = \frac{L}{n \cdot S} = \frac{70}{400 \cdot 0,5} = 0,35 \text{ хв.}$$

2. Розточування поверхні 3 чорнове

Швидкість:

$$V = \frac{350}{45^{0,2} \cdot 1,5^{0,15} \cdot 0,5^{0,35}} = 196 \text{ м / хв};$$

$$S = 0,5 \text{ мм / об}; t = 1,5 \text{ мм};$$

$$C_V = 350; x = 0,15; y = 0,45; m = 0,2;$$

Частота обертання:

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 196}{3,14 \cdot 67} = 931,65 \text{ об / хв};$$

					013Б-25.00.00.00.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Приймаємо $n = 720 \text{ об / хв}$;

Дійсна швидкість різання:

$$n_0 = \frac{\pi \cdot D \cdot n_0}{1000} = \frac{3,14 \cdot 67 \cdot 720}{1000} = 151,47 \text{ м / хв};$$

Сила різання:

$$P_Z = 10C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p = 10 \cdot 300 \cdot 1,5^1 \cdot 0,5^{0,75} \cdot 151,47^{-0,15} \cdot 0,91 = 1147,19 \text{ Н};$$

$$C_p = 300; x = 1; y = 0,75; n = -0,15;$$

$$K_p = K_{M_p} \cdot K_{\varphi_p} \cdot K_{\gamma_p} \cdot K_{\lambda_p} \cdot K_{\tau_p} = 0,93 \cdot 0,89 \cdot 1,1 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,91;$$

Потужність різання:

$$N = \frac{P_Z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{1147,19 \cdot 151,47}{1020 \cdot 60} = 2,84 \text{ кВт};$$

Визначаємо основний час:

$$T_0 = \frac{L}{n \cdot S} = \frac{50}{720 \cdot 0,5} = 0,14 \text{ хв}.$$

3. Розточування канавки 9 одноразове

Швидкість:

$$V = \frac{350}{45^{0,2} \cdot 2,5^{0,15} \cdot 0,5^{0,35}} = 181,59 \text{ м / хв};$$

$$S = 0,5 \text{ мм / об}; t = 2,5 \text{ мм};$$

$$C_V = 350; x = 0,15; y = 0,45; m = 0,2;$$

Частота обертання:

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 181,59}{3,14 \cdot 70} = 826 \text{ об / хв};$$

Приймаємо $n = 720 \text{ об / хв}$;

Дійсна швидкість різання:

$$n_0 = \frac{\pi \cdot D \cdot n_0}{1000} = \frac{3,14 \cdot 70 \cdot 720}{1000} = 158,25 \text{ м / хв};$$

Сила різання:

$$P_Z = 10C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p = 10 \cdot 300 \cdot 2,5^1 \cdot 0,5^{0,75} \cdot 151,47^{-0,15} \cdot 0,91 = 1898,58 \text{ Н};$$

$$C_p = 300; x = 1; y = 0,75; n = -0,15;$$

$$K_p = K_{M_p} \cdot K_{\varphi_p} \cdot K_{\gamma_p} \cdot K_{\lambda_p} \cdot K_{\tau_p} = 0,93 \cdot 0,89 \cdot 1,1 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,91;$$

Потужність різання:

					013Б-25.00.00.00.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{1898,58 \cdot 158,25}{1020 \cdot 60} = 4,9 \text{ кВт};$$

Визначаємо основний час:

$$T_0 = \frac{L}{n \cdot S} = \frac{38,5}{720 \cdot 0,5} = 0,11 \text{ хв.}$$

4. Розточування поверхні 3 чистове.

Швидкість:

$$V = \frac{350}{45^{0,2} \cdot 1,0^{0,15} \cdot 0,3^{0,35}} = 249,1 \text{ м / хв};$$

$$S = 0,3 \text{ мм / об}; t = 1,0 \text{ мм};$$

$$C_v = 350; x = 0,15; y = 0,45; m = 0,2;$$

Частота обертання:

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 249,1}{3,14 \cdot 70} = 1133 \text{ об / хв};$$

Приймаємо $n = 720 \text{ об / хв};$

Дійсна швидкість різання:

$$n_\delta = \frac{\pi \cdot D \cdot n_\delta}{1000} = \frac{3,14 \cdot 70 \cdot 720}{1000} = 158,25 \text{ м / хв};$$

Сила різання:

$$P_z = 10 C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p = 10 \cdot 300 \cdot 1,0^1 \cdot 0,3^{0,75} \cdot 158,25^{-0,15} \cdot 0,91 = 517,73 \text{ Н};$$

$$C_p = 300; x = 1; y = 0,75; n = -0,15;$$

$$K_p = K_{M_p} \cdot K_{\varphi_p} \cdot K_{\gamma_p} \cdot K_{\lambda_p} \cdot K_{\eta_p} = 0,93 \cdot 0,89 \cdot 1,1 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,91;$$

Потужність різання:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{517,23 \cdot 158,25}{1020 \cdot 60} = 1,34 \text{ кВт};$$

Визначаємо основний час:

$$T_0 = \frac{L}{n \cdot S} = \frac{7,5}{720 \cdot 0,3} = 0,035 \text{ хв.}$$

Для інших розрахунків складаємо таблицю 2.5.

Виходячи з розрахунків потужностей різання вибираємо на кожну операцію верстат:

005 Токарно-гвинторізний 16К20;

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	013Б-25.00.00.00.000ПЗ				

- 010 Токарно-гвинторізний 16K20;
 015 Горизонтально-фрезерний 6М80Г;
 020 Вертикально-фрезерний 6Р10;
 025 Вертикально-свердлильний 2Н125;
 030 Агрегатно-свердлильний верстат СБ268.

Таблиця 2.5 – Зведена таблиця режимів різання

№ операції	№ переходу	Глибина різання t , мм	Подача		Швидкість V , м/хв	Частота обертів n , об / хв	Потужність $N_{\text{різ.}}$, кВт	Основний час $T_{\text{осн.}}$, хв
			S_0	S_z				
005	1	2,5	0,3	-	163,28	400	6,5	0,47
	2	1,5	0,5	-	151,47	720	2,84	0,14
	3	2,5	0,5	-	158,25	720	4,9	0,11
010	1	2,5	0,3	-	163,28	400	6,3	0,4
	2	2,5	0,5	-	151,47	720	2,7	0,14
	3	2,5	0,3	-	158,25	720	4,2	0,05
015	1	2,5	-	0,2	89	500	1,8	0,49
	2	1,5	-	0,2	78	500	1,67	0,49
	3	1,0	0,5	-	93	500	1,53	0,78
020	1	5	-	0,01	26	500	0,5	0,52
025	1	3,5	0,1	-	19,2	400	0,34	0,05
	2	0,1	0,2	-	8	200	0,34	0,17
030	1	3,75	0,2	-	5	400	0,17	0,32
	2	0,25	1,5	-	5,65	225	0,005	0,08
	3	4,5	0,1	-	18,9	400	0,53	0,09

2.6 Нормування технологічного процесу

Залежно від організаційної форми виробництва проводимо розрахунок технічних норм часу.

									Арк.
					013Б-25.00.00.00.000ПЗ				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Визначимо норми часу для токарно-гвинторізної операції 005.

Знаходимо основний час:

$$T_0 = \frac{L}{n \cdot S} = \frac{70}{400 \cdot 0,5} = 0,35 \text{ хв.}$$

Підготовчо-заклучний час:

$$T_{пз.} = 8 \text{ хв.}$$

Час на управління верстатом та на закріплення:

$$T_{уп.} + T_{з.о.} = 0,17 \text{ хв.}$$

Час на вимірювання:

$$T_{вим.} = 0,15 \text{ хв.}$$

Допоміжний час:

$$T_{\delta.} = (0,16 + 0,024 + 0,17 + 0,15) \cdot 1,85 = 0,94 \text{ хв.}$$

Операційний час:

$$T_{оп.} = T_0 + T_{\delta.} = 0,35 + 0,94 = 1,29 \text{ хв.}$$

Час на відпочинок і особисті потреби:

$$T_{від.ос.} = \frac{1,29 \cdot 7}{100} = 0,1 \text{ хв.}$$

Тоді норма штучно-калькуляційного часу:

$$T_{шт-к.} = \frac{17}{50} + 0,88 + (0,16 + 0,024 + 0,17 + 0,15) \cdot 1,85 = 2,27 \text{ хв.}$$

Для решти операцій технологічного процесу приводимо норми часу в таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 – Нормування по операціях

Номер і найменування операції	$T_0,$ хв.	$T_{\delta.},$ хв.			$T_{оп.},$ хв.	$T_{від.ос.},$ хв.	$T_{шт-к.},$ хв.
		$T_{уст.},$ хв.	$T_{упр.},$ хв.	$T_{вим.},$ хв.			
005	0,47	0,16	0,17	0,15	1,93	0,06	2,27
010	0,37	0,15	0,11	0,2	1,38	0,1	1,54
015	0,49	0,134	0,036	0,1	1,31	0,1	1,64

					013Б-25.00.00.00.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

020	0,52	0,08	0,04	0,16	0,8	0,06	1,92
025	0,22	0,11	0,09	0,13	1,08	0,1	1,5
030	0,77	0,11	0,13	0,2	1,64	0,12	2,04

					013Б-25.00.00.00.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

3.1 Проектування технологічного оснащення.

3.1.1. Вибір і обґрунтування принципу дії, структурної схеми

Даний пристрій використовується при виконанні токарно-гвинторізної операції.

Заготовка, встановлена і закріплена силою Q у 3-х кулачковому патроні перебуває під дією моменту й осьової сили P_x . Момент M намагається повернути заготовку навколо її осі, а сила P_x – зсунути заготовку (рис. 3.1).

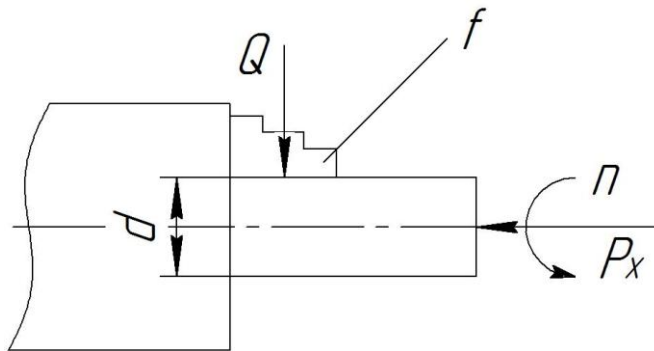


Рис. 3.1 - Схема взаємодії сил різання і сил затиску

Отже, схема, що зображена на рис. 3.1, в нашому випадку буде оптимальною.

3.1.2 Розрахунок пристрою на точність

Похибка пристрою визначиться з формули технологічного допуску:

$$\Delta_{\Sigma} = \frac{1}{K} \sqrt{(K_1 \Delta_y)^2 + (K_2 \Delta_{nd})^2 + (K_3 \Delta_n)^2 + (K_4 \Delta_{p.з})^2 + (K_5 \sum \Delta_s)^2 + (K_6 \sum \Delta_t)^2};$$

де K - коефіцієнт відносного розсіювання вихідного параметра (коефіцієнт ризику); при заданій гарантованій надійності пристрою приймаємо $\frac{1}{K} = 0,688$;

$K_1 \dots K_6$ - коефіцієнти, що враховують відповідні закони розподілу похибок, приймаємо $K_1 = K_2 = K_3 = 1,0$, $K_4 = K_5 = K_6 = 1,73$.

1) Похибка встановлення заготовки Δ_y :

					013Б-25.00.00.00.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\Delta_y = \sqrt{\Delta_\delta^2 + \Delta_3^2 + \Delta_{np}^2};$$

Похибка базування Δ_δ рівна нулю, оскільки технологічні і конструктивні бази співпадають.

Похибки закріплення Δ_3 визначається залежністю:

$$\Delta_3 = KP \cos \alpha;$$

де K - коефіцієнт, який характеризує умови контакту, матеріал і міцність поверхні базуючи елементів;

P - сила, що діє на опору (сила затиску);

α - кут між напрямом витримуваного розміру і напрямом найбільшого зміщення.

При $\alpha = 90^\circ$, $\Delta_3 = 0$.

Похибки положення заготовки у пристрої Δ_{np} визначається на основі залежностей.

$$\Delta_\delta = \Delta_{вст} = 10 \text{ мкм};$$

$$\Delta_{3п} = 4 \text{ мкм};$$

$$\Delta_{np} = 3 \sqrt{\frac{1}{3} \cdot 4^2 + \frac{1}{9} \cdot 10^2} - 10 = 22 \text{ мкм};$$

$$\Delta_y = \sqrt{0^2 + 0^2 + 22^2} = 22 \text{ мкм}.$$

2) Похибку пружних деформацій Δ_{nd} приймаємо рівною:

$$\Delta_{nd} = 110 \text{ мкм}.$$

3) Похибка налагодження Δ_n :

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

де $K_p = 1,15$; $K_i = 1,0$ - коефіцієнти, які враховують відхилення розподілу елементарних величин від нормального запасу розподілу;

Δ_p - похибка регулювання положення інструменту, приймаємо 10 мкм;

Δ_δ - похибка вимірювання, приймаємо рівною 10 мкм.

$$\Delta_n = \sqrt{(1,15 \cdot 10)^2 + (1,0 \cdot 10)^2} = 15 \text{ мкм}.$$

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	013Б-25.00.00.00.000ПЗ				

4) Похибка розмірного зношування різального інструменту:

$$\Delta_{p.z} = 45 \text{ мкм.}$$

5) Похибка верстата, приймаємо рівною:

$$\sum \Delta_{\epsilon} = 40 \text{ мкм.}$$

6) Температурну похибку $\sum \Delta_t$ приймаємо рівною рівною приблизно 10% від сумарної похибки.

Сумарна похибка обробки (без врахування температурної):

$$\Delta \frac{1}{2} = 0,683 \sqrt{(1,0 \cdot 22)^2 + (1,0 \cdot 110)^2 + (1,0 \cdot 15)^2 + (1,73 \cdot 45)^2 + (1,73 \cdot 40)^2} = 105 \text{ мкм;}$$

$$\sum \Delta_t = 0,1 \cdot 105 \approx 11 \text{ мкм;}$$

$$\Delta_{\Sigma} = 0,683 \sqrt{\left(\frac{105}{0,683}\right)^2 + (1,73 \cdot 11)^2} = 106 \text{ мкм.}$$

Таким чином, умова $\Delta_{\Sigma} \leq TA$ витримується.

3.1.3 Розрахунок сили затиску, параметрів приводу

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

$$\sum M_{кр OO'} = 0;$$

$$-KM_{кр} - R \frac{l}{2} + F_{mp2} \frac{l}{2} + Q \frac{l}{2} + F_{mp1} \frac{l}{2} = 0.$$

Приймаючи:

$$F_{mp1} = Q \cdot f_1;$$

$$F_{mp2} = R \cdot f_2;$$

$$R = Q.$$

Отримаємо:

$$KM_{кр} = -Q \frac{l}{2} + Qf_2 \frac{l}{2} + Q \frac{l}{2} + Qf_1 \frac{l}{2},$$

Звідки

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

					013Б-25.00.00.00.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При $M_{кр} = P_z \cdot D / 2$;

де D - діаметр деталі, кінцево отримаємо:

$$Q = \frac{KP_z \cdot D}{l(f_1 + f_2)}.$$

При силі різання $P_z = 445,59H$ необхідна сила затиску:

$$Q = \frac{1,5 \cdot 445,59 \cdot 160}{190(0,15 + 0,15)} = 1595,6H.$$

3.1.4 Розрахунок елементів пристрою на міцність

Найбільш ненадійним місцем у конструкції пристрою є вісь 25, за допомогою якої кріпиться коромисло 7.

Розрахунок на міцність проводимо за умов:

$$\tau = \frac{W'}{F} \leq [\tau];$$

де τ - напруження на зріз, МПа;

$[\tau]$ - допустиме напруження на зріз, МПа;

W' - зусилля на штоці камери, приведені до місця кріплення осі.

F - площа поперечного перерізу осі, мм².

$$W'd = \frac{Wd}{b/a};$$

Згідно з рисунком 4.3.

$$W' = W \cdot \frac{d}{d} \cdot \frac{a}{b} = \frac{3989,9}{2} \cdot \frac{60}{120} \cdot \frac{40}{25} = 1595,96H;$$

$$F = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{\pi \cdot 16^2}{4} = 201,06 \text{ мм}^2;$$

$$\tau = \frac{1595,96}{201,06} = 7,93 \text{ МПа}.$$

$\tau < [\tau] = 40 \text{ МПа}$ - умова міцності задовольняється.

3.1.5 Розрахунок елементів пристрою на спрацювання

Загальний допуск установчих опор пристрою визначається як:

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	013Б-25.00.00.00.000ПЗ				

встановити деталь у патрон, спочатку зажими повертають на 90° відносно показаного на кресленні положення, після чого, встановивши деталь, повертають їх у початкову позицію. Далі починають загвинчувати гайку (поз. 24).

Приспосіблення кріпиться до планшайби токарно-гвинторізного верстата моделі 16К20 за допомогою шести болтів М10 і центрується штифтами діаметром 10 мм.

Спочатку нижній болт (поз. 10) залишається нерухомим, а при загвинчуванні гайки (поз. 24) стискається пружина (поз. 17), внаслідок чого лапка зажиму (поз. 2) підходить до деталі. Потім нижній болт переміщується праворуч, коромисло (поз. 3) обертається проти годинникової стрілки навколо шарової опори клина (поз. 6), при цьому верхній болт рухається ліворуч, і відповідна лапка також притискає деталь.

При подальшому загвинчуванні гайки 24 стискається пружина (поз. 4), і клин (поз. 6) переміщується вправо, розсовуючи своїми скошеними поверхнями три кулачки (поз. 15), які притискаються до деталі. Таким чином, закріплення завершується.

Для зняття обробленої деталі гайку 24 відгвинчують. Завдяки дії пружини 4 коромисло зміщується вліво, а кулачки 15 під дією пружин (поз. 13) сходяться до центра, звільняючи деталь. Лапки притискачів 2 також відходять від деталі під впливом пружини 17. Після цього зажими знову повертають на 90°, і деталь знімається.

Щоб зменшити тертя між болтами і корпусом, використовується набивка (поз. 19), просочена мастилом. Притискачі 2 мають три точки опори: одну в корпусі та дві — на деталі. Для забезпечення нормального прикладення зусилля болта гайка 24 має сферичну опору. Гайки (поз. 26) використовуються для налаштування всього механізму.

3.2. Пристрій для контролю

Пристрій призначений для контролю відхилень від круглості центрального отвору діаметром $\varnothing 32+0,024$.

					013Б-25.00.00.00.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

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

Округлюємо до цілого парного числа $Z = 24$.

4. Кут нахилу зубів

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

5. Форма зуба та його параметри

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

6. Довжина фрези.

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

7. Довжина приєднувальної частини та діаметр виточки:

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

Округлимо до 29 мм;

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

8. Геометрія зуба

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

					013Б-25.00.00.00.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4. ПРОЕКТУВАННЯ МЕХАНІЧНОЇ ДІЛЬНИЦІ

4.1 Уточнення типу виробництва

Для уточнення типу виробництва використовуємо коефіцієнт закріплення операцій $K_{з.о.}$.

Всі розрахунки зводимо у таблицю 4.1.

Таблиця 4.1- Уточнення типу виробництва

Операція	$T_{ш-к}$	m_p	P	$\eta_{з.ф.}$	O
1	2	3	4	5	6
005	2,27	0,08	1	0,08	10
010	1,54	0,066	1	0,066	12
015	1,64	0,27	1	0,27	2
020	1,92	0,05	1	0,05	16
025	1,5	0,043	1	0,043	18
030	2,04	0,069	1	0,069	2
Сума	12,91		6	0,578	60

$$K_{з.о.} = \frac{60}{6} = 10;$$

Маємо великосерійне виробництво.

Для уточнення організаційної форми виробництва використовуємо коефіцієнт потоковості.

$$T_{шт.сер} = \frac{2,27 + 1,54 + 1,64 + 1,92 + 1,5 + 2,04}{6} = 1,866 \text{ хв};$$

$$R = \frac{1,866}{4,06} = 0,49.$$

Так як $R < 0,6$, то маємо групову форму організації виробництва.

Попередньо підраховуємо розмір партії запуску Π_o .

$$\Pi_y = \frac{10000}{254} = 236,22 = 236 \text{ дет.}$$

Таким чином

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	013Б-25.00.00.00.000ПЗ				

$$P_o = P_y \cdot a = 236 \cdot 3 = 708 \text{дет};$$

де $a = 3 \text{дні}$ - періодичність запуску партії.

Знаходимо кількість змін Z_o , необхідних для оброблення партії заготовок P_o :

$$Z_o = \frac{T_{\text{шт.сер}} \cdot P_o}{F_{\text{доб}} \cdot \eta_{\text{з.норм}}};$$

де $F_{\text{доб}}$ - добовий фонд часу роботи устаткування в одну зміну, хв..

$$Z_o = \frac{1,866 \cdot 708}{476 \cdot 0,85} = 3,27.$$

Прийmemo $Z_\phi = 4$.

Розраховуемо фактичну кількість заготовок у партії:

$$P_\phi = \frac{F_{\text{доб}} \cdot \eta_{\text{з.норм}}}{T_{\text{шт.сер}}} \cdot Z_\phi;$$

$$P_\phi = \frac{476 \cdot 0,85}{1,866} \cdot 4 = 867,31.$$

Прийmemo $P_\phi = 867 \text{дет}$.

4.1.2 Визначення кількості працівників на дільниці

1. Кількість основних виробничих робітників:

$$R_{\text{вер.}} = \frac{F\partial \cdot m \cdot S_{\text{нр}} \cdot \eta}{F\partial.p. \cdot S_p};$$

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

$F\partial.p. = F_p \cdot k_p$ - дійсний річний фонд часу робітника;

$F_p = 2070 \text{год}$ - номінальний річний фонд часу робітника;

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

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

$$R_{\text{вер.}} = \frac{4015 \cdot 2 \cdot 6 \cdot 0,29}{1800 \cdot 1} = 10,95 \approx 11(\text{робітників}).$$

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	013Б-25.00.00.00.000ПЗ					

2) Розрахунок кількості виробничих робочих – слюсарів:

$$R_{сл.} = R_{вер.} \cdot 3\% = 11 \cdot 0,03 = 0,33 \approx 1(\text{роб.} - \text{слюсар}).$$

3) Кількість допоміжних робітників:

$$R_o = R_{вер.} \cdot 25\% = 11 \cdot 0,25 = 3(\text{роб.}).$$

(з них 2 контролери).

6) Загальна кількість працюючих на дільниці:

$$R = R_{вер.} + R_{сл.} + R_o = 11 + 1 + 3 = 15(\text{працівники});$$

I зміна – 8 чол., II зміна – 7чол.

4.1.2 Розрахунок виробничої площі дільниці

Приймаємо виробничу типову площу на один верстат:

$$S_{тип.в} = 20\text{м}^2 / \text{в}.$$

Тоді площа дільниці механічного оброблення корпусу буде складати:

$$S'_1 = 6 \cdot 20 = 120\text{м}^2.$$

4.1.3 Основні техніко-економічні показники дільниці

Основні техніко-економічні показники дільниці занесемо в таблицю 4.2.

Таблиця 4.2 – Основні техніко-економічні показники дільниці

№ п/п	Показник	Одиниці виміру	По дільниці
1	Найменування виробу		Корпус насосу
2	Річна програма випуску	шт.	10000
3	Кількість верстатів	шт	6
4	Тип виробництва		великосерійне
5	Кількість робітників:	чол.	
	- основних		11
	- допоміжних		4
	всього		15
6	Виробничі площі:	М ²	120
7	Питома площа на одного основного робітника	М ²	11

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	013Б-25.00.00.00.000ПЗ				

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Заходи з покращення умов праці

Розміщення обладнання на ділянці механічної обробки здійснюється відповідно до послідовності технологічних операцій. Площа ділянки становить 120 м², що забезпечує достатній простір для організації робочих місць і переміщення вантажів. Проектування ділянки виконано з урахуванням вимог техніки безпеки (відповідно до п.2 [8]).

Для забезпечення безпеки руху персоналу та транспортування вантажів передбачені окремі входи/в'їзди та виходи/виїзди для працівників і транспорту. Двері та ворота відчиняються назовні, що дозволяє уникнути перешкод при евакуації у разі надзвичайних ситуацій.

Параметри приміщення та вимоги безпеки

- Сходові марші мають не більше 18 сходинок між проміжними площадками;
- кут нахилу – до 35°,
- ширина сходинки – не менше 270 мм, висота – до 180 мм.

Висота виробничих приміщень:

- від підлоги до стелі – не менше 3,2 м (прийнято 7 м),
- до нижньої точки виступаючих конструкцій – не менше 2,6 м.

Об'єм на одного працівника:

- не менше 15 м³ вільного об'єму;
- 4,5 м² вільної площі.

Висота побутових приміщень:

- до стелі – не менше 2,5 м;
- до виступаючих конструкцій – не менше 2,2 м.

Організація побутових приміщень

Приміщення, що використовуються у неробочий час (гардеробні, душові, медпункти тощо) розміщуються поза межами цеху.

					013Б-25.00.00.00.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Приміщення, що використовуються в робочий час (санвузли, пункти питної води, зони відпочинку, курилки) розміщуються безпосередньо на цехових площадках.

Склад і розташування побутових приміщень обрані відповідно до санітарної класифікації виробництва за СН245-71.

Вентиляція та заходи проти шкідливих чинників

Обробка чавуну супроводжується значною кількістю дрібнодисперсного пилю та стружки, що забруднює повітря. Для зменшення шкідливих концентрацій використовуються:

- Пилозбірники, які забезпечують ефективне видалення пилю з робочої зони;
- Пневматичні системи безперервного видалення пилю;
- Загальнообмінна і місцева вентиляція: природна вентиляція — через

різницю температур внутрішнього та зовнішнього повітря; місцева приточна вентиляція — для покращення умов у конкретних робочих зонах.

Усі проєктні параметри дільниці відповідають вимогам охорони праці, санітарним нормам та техніці безпеки при роботі в умовах механічної обробки металів.

5.2 Пожежна профілактика

Виробництво, в якому виготовляється виріб із заданою деталлю "Корпус насоса", належить до пожежної категорії Д — пожежобезпечних виробництв. Це виробництва, де використовуються негорючі речовини та матеріали в холодному стані. Така категорія характерна для більшості цехів машинобудівних підприємств.

Водночас окремі цехи або ділянки, такі як фарбувальні цехи, склади паливо-мастильних матеріалів, зварювальні дільниці, відносяться до категорії А (вибухо- і вогненебезпечні) і потребують особливих заходів пожежної безпеки.

					013Б-25.00.00.00.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вогнестійкість елементів будівельних конструкцій згідно з ДБН В.2.5-74:2013

Для цехової будівлі, де розташована дільниця механічної обробки деталі "Корпус насоса", встановлені такі вимоги до вогнестійкості будівельних конструкцій:

- Конструкції повинні відповідати вогнестійкості не нижче рівня REI 45 – REI 90 залежно від класу пожежної небезпеки приміщення. (REI – показник несучої здатності (R), цілісності (E) та ізоляції (I) при впливі вогню, в хвиликах)

- Зовнішні стіни та перегородки повинні мати вогнестійкість, що забезпечує запобігання поширенню вогню не менше ніж 45 хвилин.

- Опорні конструкції (колони, балки) повинні бути виконані з матеріалів, що забезпечують відповідний рівень несучої здатності при пожежі.

- Використання негорючих або слабо горючих матеріалів для облицювання, покрівлі та внутрішньої обробки.

Відповідність нормам пожежної безпеки також забезпечується системами протипожежного захисту (автоматичне пожежогасіння, сигналізація тощо).

Таблиця 5.1- Вогнестійкість елементів будівельних конструкцій цехової будівлі

№ п/п	Конструкції	Товщина чи найменше січення, мм	Межа вогнестійкості, год.
1.	Стіни і перегородки з звичайної і з дірками глиняної цегли	38	11
2.	Стійки, колони і стовпи (залізобетонні)	30×30	3
3.	Перекриття і покриття зі збірних залізобетонних плоских плит, суцільного січення з використанням арматури	30	1,4
4.	Заповнення віконниць пустотілими скляними блоками	10	2
5.	Двері, люки, ворота з про слойками заповненими мінеральним войлоком	8	1,3

									Арк.	
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	013Б-25.00.00.00.000ПЗ					

Вогнестійкість будівлі. Будівля цеху відноситься до I групи вогнестійкості, що означає: Кожен елемент конструкції має межу вогнестійкості не менше 0,5 години (30 хвилин). Це відповідає вимогам ДБН щодо забезпечення стійкості будівельних конструкцій під час пожежі, що є важливим для безпеки персоналу та збереження цілісності споруди.

Організація шляхів евакуації. Проектування будівлі враховує безпечну евакуацію персоналу в надзвичайних ситуаціях (пожежі, аварії). Шляхи евакуації не мають містити перешкод, таких як пороги, круті підйоми (кут нахилу не більше 1/5), гвинтові сходи тощо.

Забезпечено два основних евакуаційних виходи:

Загально-транспортний вихід

Вихід для персоналу через коридорне приміщення

Відстань до евакуаційного виходу. Максимальна відстань від найбільш віддаленого робочого місця до евакуаційного виходу (L_{max}) складає 50 метрів.

Для виробництв категорії Д та будівель I групи вогнестійкості максимальна відстань до евакуаційного виходу нормативно не обмежується, але 50 м є прийнятним значенням з огляду на планування приміщення.

Особливості будівлі. Будівля є одноповерховою, що виключає необхідність використання сходів для евакуації, що спрощує організацію безпечного виходу персоналу.

					013Б-25.00.00.00.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ І ПРОПОЗИЦІЇ

У кваліфікаційній роботі бакалавра розроблено технологічний процес механічної обробки корпусу насоса.

У загальній частині проведено аналіз службового призначення корпусу, технічних умов виготовлення, а також виконано розрахунок методу отримання заготовки і вибір способу обробки поверхонь.

Технологічна частина містить аналіз технологічності конструкції деталі, вибір технологічних баз, визначення допусків і технологічних розмірів, а також розрахунок припусків. Проведено розрахунок режимів різання, обрано необхідне обладнання та технологічне оснащення.

У конструкторській частині спроектовано верстатний пристрій та пристрій для контролю якості, а також розроблено механічну дільницю із розрахунком основних техніко-економічних показників виробництва.

У розділі «Охорона праці» запропоновано конструктивні та організаційні заходи для зниження рівня шуму і вібрації, а також розглянуто заходи пожежної безпеки.

					013Б-25.00.00.00.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Методологія підготовки випускної роботи за спеціальністю 131 - Прикладна механіка (освітній рівень – бакалавр; спеціалізація – технології машинобудування): Навчальний посібник / В.Д. Рудь, Т.Є. Божко, Т.Н. Гальчук. - Луцьк: РВВ Луцького НТУ, – 2017. – 487 с.
2. Гарнець В. М. Механічна обробка заготовок різанням: навч. посібник / В. М. Гарнець [та ін.]. – К. : КНУБА, 2008. – 164 с.
3. Металорізальні інструменти : навчальний посібник / С. В. Швець. – Суми : Сумський державний університет, 2019. – 272 с.
4. Якімов О.В. Технологія машино- та приладобудування: навчальне видання / О.В. Якімов, В.І. Марчук. - Луцьк, 2005. – 710с.
5. Божидарнік В., Григорєва Н., Шабайкович В. Технологія виготовлення виробів: навчальний посібник / В. Божидарнік, Н. Григорєва, В. Шабайкович. – Л.: Надстиря, 2006. – 592с.
6. Мельничук П.П., Боровик А.І., Лінчевський П.А. Технологія машинобудування : підручник / Мельничук П.П., А.І. Боровик, П.А. Лінчевський. – Житомир: ЖДТУ, 2005.
7. Металообробне обладнання. Кінематичний аналіз металорізальних верстатів. Навч. Посіб. / Ю.М. Данильченко, О.В. Шевченко, В.А. Ковальов, В.Н. Волошин. – К: НТУУ «КПІ», 2007. – 57 с.
8. Основи охорони праці: підручник / В.І. Голінько; М-во освіти і науки України; Нац. гірн. ун-т. – 2-ге вид. – Д.: НГУ, 2014. – 271 с.
9. Zabolotnyi, O., Bozhko, T., Machado, J., Yarmoliuk, S., Zaleta, O. (2021). Influence of the Cutting Temperature on the Surface Layer Quality When Grinding Sintered Porous Materials. In: Tonkonogyi, V., Ivanov, V., Trojanowska, J., Oborskyi, G., Pavlenko, I. (eds) Advanced Manufacturing Processes III. InterPartner 2021. Lecture Notes in Mechanical Engineering. Springer, Cham / URL: https://doi.org/10.1007/978-3-030-91327-4_45.

					013Б-25.00.00.00.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

					013Б-25.00.00.00.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		