

Міністерство освіти і науки України

Луцький національний технічний університет

Факультет робототехніки та штучного інтелекту

Кафедра прикладної механіки та мехатроніки

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

**МОДЕРНІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ З РОЗРОБКОЮ
ВЕРСТАТНОГО ОСНАЩЕННЯ ТА ДІЛЬНИЦІ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ
МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ДЕТАЛІ «ВТУЛКА» 625.020.01**

спеціальність 131 Прикладна механіка
освітня програма Прикладна механіка

Виконав: здобувач вищої освіти
Групи ІМ-41
Репш Ілля Анатолійович

(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 – 2026 року

					015Б-26.00.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		1

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.)
“ ____ ” ____ 2026 р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ

Реша Іллі Анатолійовича

1. Тема кваліфікаційної роботи Модернізація технологічного процесу з розробкою верстатного оснащення та дільниці для забезпечення механічної обробки деталі «Втулка» 625.020.01.

Керівник роботи Гулієва Наталія Михайлівна, к.т.н., доцент.

затверджені наказом закладу вищої освіти від “ 31 ” грудня 2025 р. № 910/01-07

2. Строк подання студентом проекту (роботи) 10.06.2026 р.

3. Вихідні дані до роботи: Креслення деталі деталі «Втулка» 625.020.01, річна програма випуску 75000шт/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 дільниці. Висновок. Список використаних джерел. Додатки.

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

					015Б-26.00.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		2

Креслення деталі, заготовки та її 3-D моделі – 2 листа (ф. А2), КН – 1 лист (ф. А1), складальне креслення верстатного пристрою – 1 лист (ф. А1), складальне креслення контрольного пристрою – 1 лист (ф. А1), креслення інструменту та плану ділянки – 2 листа (ф. А3).

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання 04.02.2026 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи бакалавра	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	<i>Загальна частина</i>	<i>18.02.2026р.</i>	
2.	<i>Технологічна частина</i>	<i>24.03.2026р.</i>	
3.	<i>Конструкторська частина</i>	<i>14.04.2026р.</i>	
4.	<i>Проектування механічної ділянки</i>	<i>12.05.2026р.</i>	
5.	<i>Висновки та пропозиції</i>	<i>19.05.2026р.</i>	
6.	<i>Формування списку використаних джерел</i>	<i>26.05.2026р.</i>	
7.	<i>Формування додатків</i>	<i>26.05.2026р.</i>	
8.	<i>Оформлення ілюстративного матеріалу</i>	<i>26.05.2026р.</i>	
9.	<i>Нормоконтроль</i>	<i>02.06.2026р.</i>	
10.	<i>Інструментальна перевірка на академічний плагіат</i>	<i>02.06.2026р.</i>	
11.	<i>Представлення кваліфікаційної роботи бакалавра до захисту</i>	<i>11.06.2026р.</i>	

Здобувач вищої освіти _____ Ретти І.А.

Керівник кваліфікаційної роботи _____ Гулієва Н.М.

					015Б-26.00.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		3

АНОТАЦІЯ

Репш І.А. Модернізація технологічного процесу з розробкою верстатного оснащення та дільниці для забезпечення механічної обробки деталі «Втулка» 625.020.01. Рукопис.

Кваліфікаційна робота бакалавра ОП «Прикладна механіка» спеціальності 131 Прикладна механіка. Луцький національний технічний університет. Луцьк, 2026.

Робота бакалавра включає вступ, чотири розділи, загальні висновки, перелік використаних джерел та додатки.

У кваліфікаційній роботі розглянуто модернізацію технологічного процесу механічної обробки деталі «Втулка» 625.020.01 із розробкою верстатного оснащення та організацією дільниці механічної обробки. Основною метою роботи є підвищення продуктивності виготовлення деталі, забезпечення необхідної точності та якості обробки, а також зниження технологічної собівартості продукції за рахунок впровадження сучасних методів механічної обробки й удосконалення виробничого процесу.

У роботі проведено аналіз конструкції деталі та її технологічності, визначено тип виробництва, виконано вибір способу отримання заготовки та обґрунтовано маршрут механічної обробки. Розроблено модернізований технологічний процес із застосуванням сучасного металорізального обладнання, оптимальних режимів різання та прогресивного інструменту. Проведено розрахунок припусків, режимів різання, норм часу та техніко-економічних показників виробництва.

Особливу увагу приділено проектуванню спеціального верстатного оснащення, що забезпечує надійне базування та закріплення деталі під час обробки. Також розроблено планування дільниці механічної обробки з урахуванням раціонального розташування обладнання, організації робочих місць та вимог охорони праці.

Ключові слова: втулка, заготовка, деталь, проектування, модернізація, механічна обробка, технологічний процес, дільниця.

					015Б-26.00.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		4

ABSTRACT

Repsh I.A. Modernization of the technological process with the development of machine tools and a section to ensure mechanical processing of the part "bush" 625.020.01. Manuscript.

Bachelor's qualification work op “Applied Mechanics” specialty 131 applied mechanics. Lutsk national technical university. Lutsk, 2026.

The bachelor's work includes an introduction, four chapters, general conclusions, a list of sources used and appendices.

The qualification work considers the modernization of the technological process of mechanical processing of the part "Bush" 625.020.01 with the development of machine tools and the organization of the mechanical processing section. The main goal of the work is to increase the productivity of the part's manufacture, ensure the required accuracy and quality of processing, as well as reduce the technological cost of production by introducing modern methods of mechanical processing and improving the production process.

The work analyzes the design of the part and its manufacturability, determines the type of production, selects the method of obtaining the workpiece, and justifies the machining route. A modernized technological process is developed using modern metal-cutting equipment, optimal cutting modes, and progressive tools. Calculations of allowances, cutting modes, time standards, and technical and economic indicators of production are carried out.

Particular attention is paid to the design of special machine tools that ensure reliable basing and fixing of the part during processing. The layout of the machining area is also developed, taking into account the rational location of equipment, organization of workplaces, and labor protection requirements.

Keywords: bushing, workpiece, part, design, modernization, machining, technological process, area.

					015Б-26.00.00.00.000ПЗ	Арк.
						5
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

ЗМІСТ

ВСТУП	7
РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА.....	9
1.1 Службове призначення і характеристика об'єкта виробництва, аналіз технічних умов на деталь	9
1.2 Вибір методу одержання заготовки	10
1.3 Визначення типу та організаційної форми виробництва	12
РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	19
2.1 Аналіз технологічності конструкції деталі.....	19
2.2 Вибір технологічних баз.....	21
2.3 Визначення допусків на технологічні розміри і розрахунок припуск.....	24
2.4 Розрахунок режимів різання, вибір обладнання	26
2.5 Нормування технологічного процесу.....	26
РОЗДІЛ 3 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА	32
3.1 Проектування технологічного оснащення.....	32
3.2 Проектування контрольного пристрою	34
РОЗДІЛ 4 Проектування механічної ділянки	36
4.1 Уточнення типу виробництва	36
4.2 Визначення кількості працівників на ділянці	37
4.3 Розрахунок виробничої площі ділянки	38
РОЗДІЛ 5 ОХОРОНА ПРАЦІ	40
5.1 Аналіз стану охорони праці на підприємстві.....	40
5.2 Аналіз стану пожежної безпеки.....	42
5.3 Заходи щодо покращення умов праці та пожежної безпеки.....	44
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	46
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	47
ДОДАТКИ.....	510

					015Б-26.00.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		6

ВСТУП

У сучасних умовах розвитку машинобудування особливого значення набуває підвищення ефективності технологічних процесів механічної обробки деталей. Одним із основних напрямів удосконалення виробництва є модернізація технологічних процесів із впровадженням сучасного верстатного оснащення та раціональної організації виробничих ділень. Це дозволяє підвищити продуктивність праці, точність обробки, якість продукції та знизити собівартість виготовлення деталей.

Актуальність теми полягає в необхідності вдосконалення процесу механічної обробки деталі «Втулка», яка широко застосовується у різних галузях машинобудування. Використання застарілих технологій та недостатньо ефективного оснащення призводить до збільшення часу обробки, перевитрат матеріалів і зниження якості готових виробів. Тому модернізація технологічного процесу з розробкою спеціального верстатного оснащення та оптимізацією виробничої ділень є важливим завданням сучасного виробництва.

Метою роботи є модернізація технологічного процесу механічної обробки деталі «Втулка» шляхом удосконалення технології виготовлення, розробки верстатного оснащення та організації ділень механічної обробки.

Для досягнення поставленої мети необхідно виконати такі завдання:

- провести аналіз конструкції деталі «Втулка» та умов її роботи;
- проаналізувати існуючий технологічний процес механічної обробки;
- розробити модернізований технологічний процес виготовлення деталі;
- обґрунтувати вибір обладнання, інструменту та режимів різання;
- розробити конструкцію спеціального верстатного оснащення;
- виконати проектування ділень механічної обробки;
- оцінити техніко-економічну ефективність запропонованих рішень;
- розглянути питання охорони праці та безпеки виробництва.

					015Б-26.00.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		7

Об'єктом дослідження є технологічний процес механічної обробки деталі «Втулка».

Предметом дослідження є методи та засоби модернізації технологічного процесу, конструкція верстатного оснащення та організація виробничої ділянки для забезпечення ефективної механічної обробки деталі «Втулка».

					015Б-26.00.00.00.000ПЗ	Арк.
						8
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 1

ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

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

Об'єктом розроблення технологічного процесу є деталь «Втулка» 623.010.02. Вона належить до класу тіл обертання та входить до складу установки кроса напільного двостороннього, де виконує функцію передачі обертання насоса через гнучкий вал. У отвір діаметром $\varnothing 14$ мм запресовується шліцьова втулка, яка додатково фіксується штифтом. На поверхні $\varnothing 71,3$ мм розміщуються ущільнювальні елементи – гумові ущільнювачі.

Деталь виготовляють із жароміцного титанового сплаву BT20, який характеризується високою міцністю та стійкістю до дії підвищених температур. Втулка експлуатується в середовищі мастила за робочої температури 1500–1800 °С. Ескіз деталі «Втулка» подано на рис. 1.1.

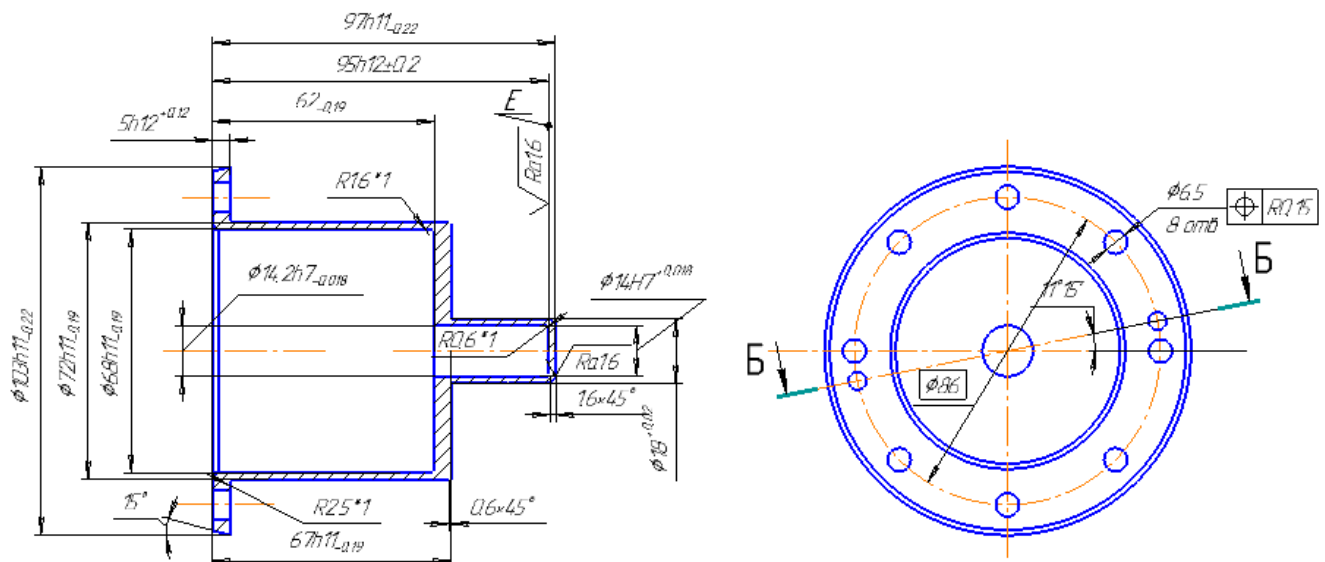


Рисунок 1.1 – Ескіз Втулки

					015Б-26.00.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		9

Для виготовлення деталі використовуємо титановий сплав BT20 ISO 23515:2022 [1]. Властивості матеріалу хімічних і фізичних показників наведено в таблицях 1.1 та 1.2.

Таблиця 1.1 – Хімічний склад титанового сплаву BT20 ISO 23515:2022, %

Fe	C	Mo	Si	Ti	O	N	V	N	Домішки	Al	Zr
до 0,25	до 0,1	0,5-2,0	до 0,15	85,15-91,4	до 0,15	до 0,015	0,8-2,5	до 0,05	інші 0,3	5,5-7,0	1,5-2,5

Таблиця 1.2 – Механічні властивості титанового сплаву BT20 ISO 23515:2022

Ø прутка, мм	Межа міцності, σ_s , МПа	Відносне звуження ψ , %	Відносне видовження, δ , %	Ударна в'язкість, Дж/см ²	Твердість, HB 10 ⁻¹ , МПа
65-100	930-1180	27	10	40	255-341

Головними перевагами титанових сплавів є невелика густина, високі механічні характеристики в широкому діапазоні температур, а також висока стійкість до корозійного впливу. Водночас до недоліків таких сплавів належать низькі антифрикційні властивості та підвищена хімічна активність щодо кисню.

1.2. Вибір способу отримання заготовки

Під час вибору методу виготовлення заготовки необхідно прагнути до максимально можливого наближення її форми та розмірів до параметрів готової деталі. Це дає змогу зменшити обсяг подальшої механічної обробки та знизити трудомісткість виготовлення виробу. Вибір способу одержання заготовки визначається призначенням і конструктивними особливостями деталі, властивостями матеріалу, технічними вимогами, типом і масштабом виробництва, а також економічною доцільністю процесу. Аналіз креслення свідчить про те, що

					015Б-26.00.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		10

значна частина зовнішніх поверхонь деталі не потребує подальшої механічної обробки різанням і може бути сформована безпосередньо під час виготовлення заготовки [2].

Оптимальний спосіб отримання заготовки визначається на основі комплексного аналізу зазначених факторів та виконання техніко-економічних розрахунків собівартості виготовлення деталі. Найбільш доцільним вважається той метод, який забезпечує необхідну технологічність виробництва при мінімальних витратах.

Виготовлення деталі здійснюється в умовах багатосерійного виробництва з річною програмою випуску 75000 штук. Для деталі використовується жаростійкий титановий сплав марки BT20. З огляду на властивості матеріалу та масштаби виробництва найбільш економічно вигідним методом отримання заготовки є штампування. Заготовки можуть виготовлятися гарячим штампуванням на пресах або штампуванням на молотах.

Визначаємо собівартість заготовки, отриманої методом штампування:

$$\text{де } M_{\text{дет.}} = 146 \cdot 4,45 = 0,65 \text{ кг}$$

Маса заготовки при штампуванні в молотах становить:

$$M_{\text{з.}} = 2,34 \text{ кг.}$$

Отримуючи заготовку гарячим штампуванням в пресах припуск буде рівним 2,5 мм.

Визначаємо масу заготовки штампуванням:

$$494 \cdot 4,45 = 2,2 \text{ кг}$$

$$S_i = 520000 \text{ грн / т,}$$

$$S_{\text{відх.}} = 56000 \text{ грн / т,}$$

$$S_{\text{заг.1}} = \left(\frac{520000}{1000} \cdot 2,34 \cdot 1,0 \cdot 1,2 \cdot 0,82 \cdot 1,08 \cdot 1,1 \right) - (2,34 - 0,65) \cdot \frac{56000}{1000} = 1327,79 \text{ грн ;}$$

$$S_{\text{заг.2}} = \left(\frac{520000}{1000} \cdot 2,22 \cdot 1,0 \cdot 1,2 \cdot 0,82 \cdot 1,08 \cdot 1,1 \right) - (2,22 - 0,65) \cdot \frac{56000}{1000} = 1261,56 \text{ грн}$$

					015Б-26.00.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		11

Визначимо економічний ефект різних методів отримання заготовки, де програма випуску становить 75000шт:

$$E_{з.} = (1327,79 - 1261,56) \cdot 75000 = 4967250 \text{ грн.}$$

За результатами розрахунків економічний ефект становить 4967250 грн. методом гарячого штампування у пресах. Тому для виготовлення деталі обираємо даний спосіб виготовлення.

1.3. Визначення типу та організаційної форми виробництва

1. Річну програму випуску визначаємо за формулою:

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

де $\alpha = 3 - 5 \%$ – брак;

$\beta = 2 - 10 \%$ – незавершене виробництво;

$\gamma = 2 - 10 \%$ – запасні частини;

$$N_{вип.} = 75000 \text{ шт.}$$

$$N_{зан.} = 75000 \cdot \left(1 + \frac{4}{100} + \frac{5}{100} + \frac{5}{100}\right) = 85500 \text{ шт.}$$

На основі програми запуску виробів [3] припускаємо, що тип виробництва великосерійний та відповідає $K_{з.} = 1 \dots 10$.

Великосерійне виробництво машин, механізмів і їх деталей передбачає періодичне виготовлення партій без змін креслень протягом тривалого часу.

010 Токарна ЧПК

1. Підрізати торець начорно

$$T_o = 0,037 \times (26 - 14) \times 10^{-3} = 0,444 \text{ хв.}$$

2. Відрізування

					015Б-26.00.00.00.000ПЗ	Арк.
						12
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

$$T_o = 0,19 \times 26 \times 10^{-3} = 0,005 \text{ хв.}$$

3. Підрізати торець начисто

$$T_o = 0,037 \times (103 - 80) \times 10^{-3} = 0,851 \text{ хв.}$$

$$T_{o\Sigma} = 0,444 + 0,005 + 0,851 = 1,3 \text{ хв.}$$

Штучно-калькуляційний час:

$$T_{\text{шт-к}} = 1,3 \times 1,5 = 1,95 \text{ хв.}$$

015 Токарна

1. Підрізати торець начорно

$$T_o = 0,037 \times (105 - 64,5) \times 10^{-3} = 0,002 \text{ хв.}$$

2. Точити поверхню начорно

$$T_o = 0,1 \times 64,5 \times 60 \times 10^{-3} = 0,387 \text{ хв.}$$

3. Відрізування

$$T_o = 0,19 \times 64,5 \times 10^{-3} = 0,012 \text{ хв.}$$

4. Точити начорно на прохід

$$T_o = 0,17 \times 105 \times 7 \times 10^{-3} = 0,125 \text{ хв.}$$

5. Розточування отвору

$$T_o = 0,18 \times 13,7 \times 34 \times 10^{-3} = 0,084 \text{ хв.}$$

6. Точити начисто

$$T_o = 0,1 \cdot d \cdot l \cdot 10^{-3} = 0,1 \cdot 60 \cdot 68 \cdot 10^{-3} = 0,408 \text{ хв.}$$

7. Підрізування торця начисто

$$T_o = 0,052 \times (68 - 13,5) \times 10^{-3} = 0,003 \text{ хв.}$$

8. Точити отвір начисто

$$T_o = 0,18 \times 13,5 \times 34 \times 10^{-3} = 0,083 \text{ хв.}$$

9. Відрізування

$$T_o = 0,19 \times 13,5 \times 10^{-3} = 0,003 \text{ хв.}$$

$$T_{o\Sigma} = 0,002 + 0,387 + 0,012 + 0,125 + 0,084 + 0,408 + 0,003 + 0,083 + 0,003 = 1,152 \text{ хв.}$$

Штучно-калькуляційний час:

					015Б-26.00.00.00.000ПЗ	Арк.
						13
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

$$T_{\text{ш-к}} = 1,152 \times 1,5 = 1,73 \text{ хв.}$$

020 Токарна

1. Точити начорно на прохід

$$T_o = 0,17 \times 77 \times 62 \times 10^{-3} = 0,812 \text{ хв.}$$

2. Точити поверхню начорно

$$T_o = 0,63 \times (105 - 77) \times 10^{-3} = 0,018 \text{ хв.}$$

3. Підрізати торець начисто

$$T_o = 0,052 \times (80 - 18,5) \times 10^{-3} = 0,003 \text{ хв.}$$

4. Точити начисто

$$T_o = 0,1 \times 18,5 \times 30 \times 10^{-3} = 0,056 \text{ хв.}$$

5. Відрізування

$$T_o = 0,19 \times 18,5 \times 10^{-3} = 0,004 \text{ хв.}$$

$$T_{o\Sigma} = 0,812 + 0,018 + 0,003 + 0,056 + 0,004 = 0,893 \text{ хв.}$$

Штучно-калькуляційний час:

$$T_{\text{ш-к}} = 0,893 \times 1,5 = 1,34 \text{ хв.}$$

025 Токарна

1. Точити на прохід

$$T_o = 0,17 \times 72 \times 119,5 \times 10^{-3} = 1,463 \text{ хв.}$$

2. Обточити начисто

$$T_o = 0,1 \times 56 \times 21 \times 10^{-3} = 0,118 \text{ хв.}$$

3. Розточити отвір

$$T_o = 0,18 \times 58 \times 6,5 \times 10^{-3} = 0,066 \text{ хв.}$$

4. Розточити отвір

$$T_o = 0,18 \cdot d \cdot l \cdot 10^{-3} = 0,18 \cdot 61 \cdot 1,9 \cdot 10^{-3} = 0,021 \text{ хв.}$$

5. Точити отвори

$$T_o = 0,18 \times 2 \times 31 \times 4,4 \times 10^{-3} = 0,049 \text{ хв.}$$

$$T_{o\Sigma} = 1,463 + 0,118 + 0,066 + 0,021 + 0,049 = 1,717 \text{ хв.}$$

					015Б-26.00.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		14

Штучно-калькуляційний час:

$$T_{ш-к} = 1,717 \times 1,5 = 2,58 \text{ хв.}$$

030 Свердлильна

1. Свердлити 8 отворів

$$T_o = 0,52 \times 8 \times 6,5 \times 5 \times 10^{-3} = 0,135 \text{ хв.}$$

2. Свердлити 2 отвори

$$T_o = 0,52 \times 2 \times 5 \times 5 \times 10^{-3} = 0,026 \text{ хв.}$$

3. Зенкування 2 отворів

$$T_o = 0,52 \times 2 \times 8 \times 2 \times 10^{-3} = 0,017 \text{ хв.}$$

$$T_{o\Sigma} = 0,135 + 0,026 + 0,017 = 0,178 \text{ хв.}$$

Штучно-калькуляційний час:

$$T_{ш-к} = 0,178 \times 1,5 = 0,27 \text{ хв.}$$

2. Нормативний коефіцієнт завантаження обладнання для великосерійного виробництва лежить в межах 0,75-0,85. Обираємо $\eta_{з.н.} = 0,80$.

3. Розраховуємо кількість обладнання, яке необхідне для виконання кожної операції.

010

$$m_p = \frac{75000 \cdot 1,95}{60 \cdot 4055 \cdot 0,80} = 0,751; P=1;$$

015

$$m_p = \frac{75000 \cdot 1,73}{60 \cdot 4055 \cdot 0,80} = 0,667; P=1;$$

020

$$m_p = \frac{75000 \cdot 1,34}{60 \cdot 4055 \cdot 0,80} = 0,516; P=1;$$

025

$$m_p = \frac{75000 \cdot 2,58}{60 \cdot 4055 \cdot 0,80} = 0,994; P=1;$$

					015Б-26.00.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		15

030

$$m_p = \frac{75000 \cdot 0,27}{60 \cdot 4055 \cdot 0,80} = 0,104; P=1.$$

4. Дійсний коефіцієнт завантаження обладнання:

010

$$\eta_{з.ф.} = \frac{0,751}{1} = 0,751;$$

015

$$\eta_{з.ф.} = \frac{0,667}{1} = 0,667;$$

020

$$\eta_{з.ф.} = \frac{0,516}{1} = 0,516;$$

025

$$\eta_{з.ф.} = \frac{0,994}{1} = 0,994;$$

030

$$\eta_{з.ф.} = \frac{0,104}{1} = 0,104.$$

2. Необхідна кількість операцій:

$$010 O = \frac{0,80}{0,751} = 1,065;$$

$$015 O = \frac{0,80}{0,667} = 1,199;$$

$$020 O = \frac{0,80}{0,516} = 1,55;$$

$$020 O = \frac{0,80}{0,994} = 0,805;$$

$$020 O = \frac{0,80}{0,104} = 7,692.$$

					015Б-26.00.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		16

Розрахунки операцій заносимо в таблицю 1.3.

Таблиця 1.3 – Визначення кількості верстатів та операцій

Операція	$T_{ш-к}$	m_p	P	$\eta_{з.ф.}$	O
010	1,95	0,751	1	0,751	1,065
015	1,73	0,667	1	0,667	1,199
020	1,34	0,516	1	0,516	1,55
025	2,58	0,994	1	0,994	0,805
030	0,27	0,104	1	0,104	7,692

$$\sum O = 1,065 + 1,199 + 1,55 + 0,805 + 7,692 = 12,311;$$

$$\sum P = 1 + 1 + 1 + 1 + 1 = 5.$$

Коефіцієнт закріплення операції:

$$K_{з.} = \frac{12,311}{5} = 2,46.$$

При умові $0 \leq K_{з.о.} = 2,46 \leq 10$, буде великосерійне виробництво.

Організаційна форма виробництва [8].

Добовий випуск виробів:

$$N_{д.} = \frac{75000}{254} = 295шт.$$

Добова продуктивність поточної лінії:

$$\eta_{з.ф.с.} = \frac{0,751 + 0,667 + 0,516 + 0,994 + 0,104}{5} = 0,606;$$

$$T_{шк.-ср.} = \frac{1,95 + 1,73 + 1,34 + 2,58 + 0,27}{5} = 1,57;$$

$$Q_{д.} = \frac{952}{1,57} \times 0,606 = 368шт.$$

					015Б-26.00.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		17

Добовий випуск виробів більший від добової продуктивності поточної лінії, в такому випадку потрібно застосовувати поточну форму організації виробництва.

$$N_{\partial} > Q_{\partial} \times 0,6;$$

$$295 > 368 \times 0,6 = 221.$$

Потокова форма виробництва.

Для поточної форми організації виробництва розраховується такт випуску продукції:

$$t_{\epsilon} = \frac{60 \cdot 4055}{75000} = 3,24 \text{ хв.}$$

Для виробництва застосовується великосерійний тип з потоковою формою.

					015Б-26.00.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		18

РОЗДІЛ 2

ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1. Аналіз технологічності конструкції деталі

Відпрацювання конструкції на технологічність являє собою сукупність заходів, спрямованих на узгодження конструкторських і технологічних рішень з метою підвищення продуктивності праці, зменшення виробничих витрат і скорочення тривалості виготовлення виробу при забезпеченні необхідного рівня якості.

Оцінювання технологічності конструкції здійснюється за допомогою якісних і кількісних показників відповідно до вимог ДСТУ 2391:2010 [4].

Найдоцільнішим методом отримання заготовки для даної деталі є гаряче штампування на пресах. Такий спосіб є технологічно вигідним, оскільки деталь має просту конфігурацію зовнішнього контуру. Порівняно зі штампуванням на молотах, цей метод забезпечує менші витрати матеріалу при виготовленні заготовки.

Деталь характеризується достатньою жорсткістю та наявністю зручних технологічних баз, розміри яких забезпечують надійне закріплення під час обробки. Це створює умови для використання економічно ефективних режимів різання. Усі поверхні деталі придатні для обробки на прохід, а їх взаємне розташування під прямими кутами спрощує процес механічної обробки.

Якісна оцінка технологічності деталі.

Деталь «Втулка» виготовляється з титанового сплаву BT20 згідно з ISO 23515:2022, тому форма зовнішніх і внутрішніх поверхонь не створює значних труднощів при отриманні заготовки. Обраний матеріал повністю відповідає умовам експлуатації та вимогам щодо міцності, зносостійкості, опору поверхневим деформаціям та іншим експлуатаційним характеристикам.

					015Б-26.00.00.00.000ПЗ	Арк.
						19
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Кількісне оцінювання технологічності виконується за коефіцієнтами уніфікації та стандартизації, показниками точності обробки поверхонь, якості обробки (шорсткості), а також коефіцієнтом використання матеріалу.

Конструкція деталі «Втулка» переважно складається зі стандартних та уніфікованих конструктивних елементів, оскільки всі поверхні мають просту плоску або циліндричну форму. Це забезпечує можливість застосування типових і стандартизованих технологічних процесів під час її виготовлення. Оскільки деталь належить до тіл обертання, її механічна обробка може ефективно виконуватися на токарних верстатах із використанням високопродуктивних режимів різання. Крім того, конструкція має зручні базові поверхні для виконання початкових операцій.

Проста геометрична форма основних поверхонь дозволяє здійснювати обробку деталі на верстатах із числовим програмним керуванням, що сприяє підвищенню точності механічної обробки та істотному скороченню часу виготовлення [5].

Квалітети точності на поверхні деталі наведено у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Квалітети точності

A_i	n_i	$A_i \times n_i$
h14	7	98
h11	3	33
H7	2	14
	$\sum n_i = 12$	$\sum A_i \times n_i = 145$

$$A_{\text{сер.}} = \frac{145}{12} = 12,08;$$

					015Б-26.00.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		20

$$K_{mч} = 1 - \frac{1}{12,08} = 0,92 \geq 0,8 \Rightarrow \text{деталь технологічна.}$$

Коефіцієнт якості обробки (шорсткості поверхонь) наведено у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Шорсткості на поверхні

B_i	n_i	$B_i \cdot n_i$
3,2	8	25,6
1,6	3	4,8
0,8	1	0,8
	$\Sigma = 12$	$\Sigma = 31,2$

$$B_{сер.} = \frac{31,2}{12} = 2,6;$$

$$K_{ш.} = \frac{1}{2,6} = 0,39 \Rightarrow \text{деталь технологічна.}$$

Визначаємо коефіцієнт використання матеріалу:

$$K_{в.м.} = \frac{0,65}{2,2} = 0,3кг.$$

Деталь характеризується високою технологічністю, оскільки її конструкція повністю відповідає встановленим технологічним вимогам.

2.2. Вибір технологічних баз

Розроблення маршрутної технології здійснюється шляхом вибору технологічних баз і схем базування для всього технологічного процесу. При цьому застосовуються дві системи баз: основні бази та чорнові бази, які використовуються під час обробки основних поверхонь [6].

Увесь процес механічної обробки поділяється на окремі операції, що дозволяє визначити їх послідовність та необхідну кількість. Для кожної операції

					015Б-26.00.00.00.000ПЗ	Арк.
						21
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Технологічний процес за операціями наведено в таблиці 2.3.

№ п/п операції	Найменування	Обробка поверхні	Схема
1	2	3	4
010	Токарна з ЧПК	1. Підрізування торця 10 начорно 2. Відрізування поверхні 1 3. Підрізування торця 4 начисто	
015	Токарна	1. Підрізування торця 9 начорно 2. Розточити поверхню 5 начорно 3. Відрізування поверхні 9 начорно 4. Обточування поверхні 6 5. Розточування отвору начорно 2 6. Обточування начисто 5. 7. Підрізування торця 9 начисто 8. Розточування начисто 2 9. Відрізування поверхні 9 начисто	

Продовження таблиці 2.3

1	2	3	4
020	Токарна	1. Обточування поверхні 6 остаточно 2. Обточування поверхні 7 начорно 3. Підрізування торця 10 начисто 4. Обточування поверхні 6 начисто 5. Відрізування поверхні 7	
025	Токарна	1. Обточування поверхні 6 за один прохід 2. Обточування начисто поверхню 1 3. Розточування отвору 4. Розточування отвору 5. Розточування два отвори	
030	Свердлильна	1. Свердління 8 отворів 2. Свердління 2 отвори 2. Зенкерування поверхні 7	

2.3. Визначення допусків на технологічні розміри і розрахунок припусків

Розрахунок припусків розрахунково-аналітичним методом виконується для найбільш точної поверхні деталі [7]. Для інших поверхонь величини припусків призначаються відповідно до вимог чинних стандартів ДСТУ.

Для зручності виконання розрахунків результати визначення припусків розрахунково-аналітичним методом доцільно подати у вигляді таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Розрахунок припуску розрахунково-аналітичним методом

Технологічні переходи	Елементи припуску			Припуск, мкм	Розрахунковий розмір d_{p_i} , мм	Допуск, мкм	Максимальне значення, мм		Максимальний припуск	
	$R_{z_{i-1}}$	h_{i-1}	ρ_{i-1}				$d_{\min}$	$d_{\max}$	$2Z_{\min}^{np}$	$2Z_{\max}^{np}$
Заготовка	500	500	2058	—	101,98	2000	100,3	102,3	—	—
Розточування чорнове	480	480	823	2×3018	102,4	480	102,3	102,78	1000	1500
Розточування чистове	220	220	181	2×1263	103,0	220	102,78	103	220	700
									1220	2200

Заготовка являє собою штамповану деталь 4-го класу точності масою 0,65 кг. Технологічний маршрут обробки отвору Ø103h11 включає два етапи: чорнове та чистове розточування, які виконуються за один установ деталі. Базування заготовки здійснюється по виступу Ø18.

Загальні значення параметрів, що характеризують якість поверхні штампованих заготовок, становлять 500 мкм (табл. 2.4).

					015Б-26.00.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		24

Визначаємо загальне значення просторових відхилень для заготовки. Викривлення отвору враховуємо у діаметральному і в осьовому перерізах. При цьому коефіцієнт приймаємо 0,35 згідно з табл. 4.8 [8], а D і L – відповідно діаметр та довжина оброблюваного отвору.

$$\rho_{\text{вкр.}} = \sqrt{(0,35 \cdot 103)^2 + (0,35 \cdot 62)^2} = 58 \text{ мкм};$$

Допуск на розмір Ø103 мм для штампування 5-го класу точності становить 2000 мкм (табл. 2.4).

Мінімальні граничні припуски визначаються як різниця між найбільшими граничними розмірами поточного та попереднього переходів, а максимальні – як різниця між найменшими граничними розмірами.

Мінімальний припуск для розточування:

– чорновий:

$$2Z_{\min 1} = 2(480 + 480 + \sqrt{2058^2 + 0^2}) = 2 \cdot 3018 \text{ мкм};$$

– чистовий:

$$2Z_{\min 2} = 2(220 + 220 + \sqrt{823^2 + 0^2}) = 2 \cdot 1263 \text{ мкм}.$$

Для решти переходів отримуємо:

– для чорнового розточування:

$$d_{p_2} = d_{p_3} - 2 \cdot Z_{\min 2} = 103 - 2 \cdot 0,3 = 102,4 \text{ мм};$$

– для заготовки:

$$d_{p_1} = d_{p_2} - 2 \cdot Z_{\min 1} = 102,3 - 2 \cdot 0,16 = 101,98 \text{ мм};$$

Значення допуску приймаємо з таблиць відповідно до квалітету:

– для чистового $\delta = 220 \text{ мкм}$;

– для чорнового $\delta = 480 \text{ мкм}$.

Допуск у штамповці 5 класу точності складає $\delta = 2000 \text{ мкм}$ [9].

На рисунку 2.1 представлено графічну схему розподілу припусків і допусків на обробку отвору Ø100,3h11.

					015Б-26.00.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		25

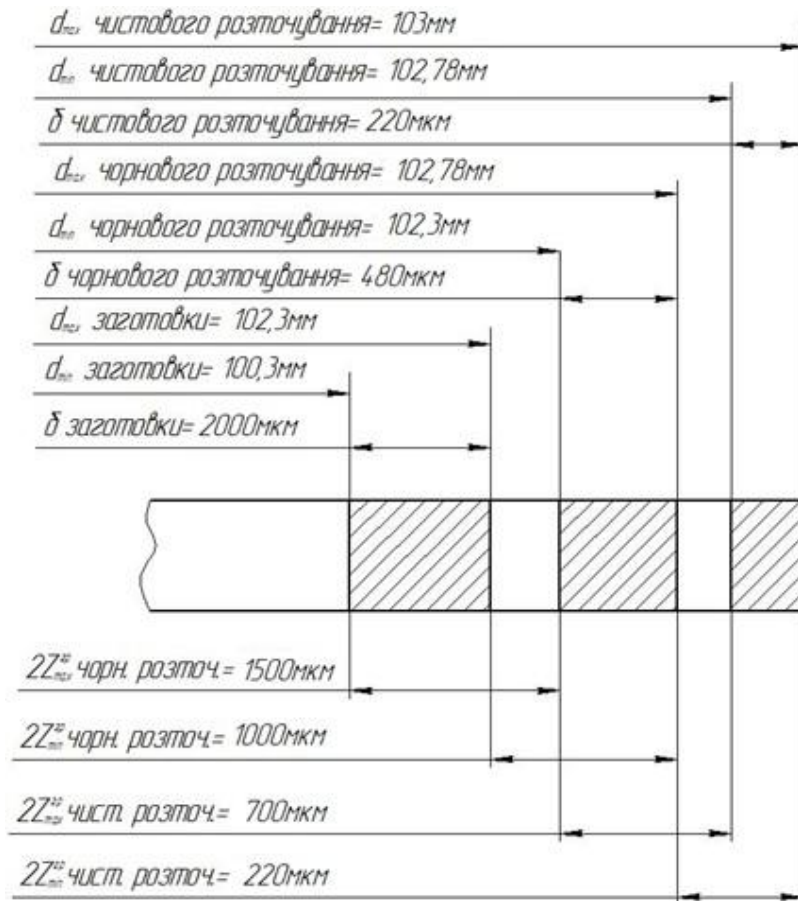


Рисунок 2.1 – Схема розподілу припусків і допусків

2.4. Розрахунок режимів різання, вибір обладнання

Під час визначення режимів різання враховують характер виконуваної обробки, тип і геометричні параметри інструмента, матеріал його різальної частини, властивості та стан заготовки, а також технічні характеристики й стан обладнання.

Послідовність розрахунку режимів різання розглянемо на прикладі операції розточування отвору $\varnothing 26\text{h}12$.

Відповідно до [10] матеріал заготовки – титановий сплав BT20 – належить до VII групи оброблюваності.

Першим переходом є точіння торця. Для виконання операції використовується токарний підрізний різець із матеріалом різальної частини T15K6 згідно з ISO 23515:2022.

					015Б-26.00.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		26

Глибина різання становить:

$t_1=0,22$ мм, $t_2=2,0$ мм, $t_3=0,13$ мм.

Подача приймається:

$S=0,6$ мм/об.

Швидкість різання, м/хв:

$$V_1 = \frac{3,5}{60^{0,2} \cdot 0,15^{0,35} \cdot 0,22^{0,15}} = 168 \frac{\text{м}}{\text{хв}},$$

$$V_2 = \frac{3,5}{60^{0,2} \cdot 0,15^{0,35} \cdot 2,0^{0,15}} = 19 \frac{\text{м}}{\text{хв}},$$

$$V_3 = \frac{3,5}{60^{0,2} \cdot 0,15^{0,35} \cdot 0,13^{0,15}} = 285 \frac{\text{м}}{\text{хв}}.$$

Частота обертання ріжучого інструменту:

$$n_1 = \frac{168 \cdot 1000}{\pi \cdot 77} = 695 \frac{\text{об}}{\text{хв}},$$

$$n_1 = \frac{19 \cdot 1000}{\pi \cdot 77} = 79 \frac{\text{об}}{\text{хв}},$$

$$n_1 = \frac{285 \cdot 1000}{\pi \cdot 77} = 1179 \frac{\text{об}}{\text{хв}}.$$

Розраховуємо силу різання:

$$P_z \div C_p = 7; x = 2; y = 0,8; n = 1;$$

Оскільки матеріал заготовки титанового сплаву ВТ20 VII групи і ріжучий інструмент виготовляється з швидкоріжучої сталі, то маємо з [11] $\sigma_B = 1180 \text{ МПа}$ – межа міцності для титанового сплаву ВТ20.

З таблиці 2 [11] при обробці різцями, свердлами, зенкерами $n_v = 1$.

$$K_{mv} = 0,8 \times \left(\frac{750}{1180} \right)^1 = 0,508.$$

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

$K_{uv} = 1$ – коефіцієнт, що враховує якість матеріалу інструмента.

$$K_v = 0,508 \times 1 \times 1 = 0,508.$$

Розраховуємо режими різання для технологічного процесу.

$$P_{z1} = 10 \times 7 \times 0,22^2 \times 0,6^{0,8} \times 168^1 \times 0,508 = 1262 \text{ Н};$$

					015Б-26.00.00.00.000ПЗ	Арк.
						27
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

$$P_{z2} = 10 \times 7 \times 2,0^2 \times 0,6^{0,8} \times 79^1 \times 0,508 = 5394H;$$

$$P_{z3чор.} = 10 \times 7 \times 0,13^2 \times 0,6^{0,8} \times 1179^1 \times 0,508 = 340H;$$

Потужність різання:

$$N_1 = \frac{1262 \times 168}{1020 \times 60} = 3,46кВт;$$

$$N_2 = \frac{5394 \times 79}{1020 \times 60} = 6,96кВт;$$

$$N_3 = \frac{340 \times 1179}{1020 \times 60} = 6,55кВт.$$

Вибираємо верстат за потужністю електродвигуна привода 11кВт – 16K20T1.

Результати режимів різання представленні в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Режими різання обробки втулки

Операція	Діаметр D або ширина B , мм	Довжина обробки $L_{обр}$, мм	Подача S , мм/хв	Глибина різання t , мм	Кількість оборотів n , об/хв	Сила різання P_z , Н	Швидкість різання v , м/хв	Потужність різання N , кВт
1	2	3	4	5	6	7	8	9
010	Ø26	14	0,6	0,22	695	1262	168	3,46
	Ø26	14	0,6	2,0	79	5394	19	6,96
	Ø103	80	0,6	0,13	1179	340	285	6,55
015	Ø105	64,5	0,5	3,0	310	285	70	4,5
	Ø64,5	60	0,6	1,8	310	167	70	3,8
	Ø64,5	10	0,5	2,0	350	167	62	2,4
	Ø105	7	0,4	1,0	400	140	70	3,4
	Ø13,7	34	0,4	1,0	390	140	72	3,2
	Ø60	68	0,6	0,22	400	140	70	3,0
	Ø68	13,5	0,2	0,15	1000	140	96	2,8

					015Б-26.00.00.00.000ПЗ	Арк.
						28
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Продовження табл. 2.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9
015	Ø13,5	34	0,4	0,18	600	140	72	1,4
	Ø13,5	10	0,2	0,19	800	160	80	1,2
020	Ø77	62	0,22	0,5	350	140	79	2,2
	Ø105	77	0,6	0,2	600	140	85	2,2
	Ø80	18,5	0,22	0,14	1000	140	79	2,2
	Ø18,5	30	0,6	2,5	750	128	112	3,2
	Ø18,5	10	0,19	0,04	800	140	369	1,4
025	Ø72	119,5	0,22	2,0	350	140	79	2,2
	Ø56	21	0,15	0,22	600	140	105	2,6
	Ø58	6,5	0,15	0,19	600	140	109	2,6
	Ø61	1,9	0,04	0,4	580	128	112	3,2
	Ø31	4,4	0,04	1,0	990	167	96	3,8
030	Ø6,5	5	0,19	2,0	625	450	27,5	1,0
	Ø5	5	0,9	1,6	90	1200	7,0	1,6
	Ø8	2	0,9	0,4	25	800	1,8	2,3

2.5. Нормування технологічного процесу

Проводимо розрахунки технічних норм часу [12]. Обчислюємо операційний час для токарної операції 010.

1. Підрізаємо торець начорно:

Визначаємо основний час:

$$T_{o.} = \frac{40,22}{695 \times 0,6} = 0,096 \text{ хв.}$$

2. Розточимо поверхню начорно:

$$T_{o.} = \frac{42}{79 \times 0,6} = 0,886 \text{ хв.}$$

3. Підрізаємо торець начисто:

$$T_{o.} = \frac{183,13}{1179 \times 0,6} = 1,7 \text{ хв.}$$

					015Б-26.00.00.00.000ПЗ			Арк.
								29
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата				

Загальний операційний час:

$$T_o = 0,096 + 0,886 + 1,7 = 2,682 \text{ хв.}$$

Допоміжний час:

$$T_d = 0,051 + 0,024 + 0,061 + 0,38 = 0,516 \text{ хв.}$$

Операційний час:

$$T_{on.} = 0,516 + 2,682 = 3,198 \text{ хв.}$$

Загальний час на обслуговування робочого місця і відпочинок:

$$T_{об.від.} = \frac{3,198 \times 60}{100} = 1,919 \text{ хв.}$$

Штучний час дорівнює:

$$T_{шт.} = 2,682 + 0,516 \times 1,919 = 5,117 \text{ хв.}$$

Підготовчо-заключний час $T_{п.з.} = 22 \text{ хв.}$

$n = 100$ – кількість деталей у партії.

Визначаємо штучно-калькуляційний час:

$$T_{шт.-к.} = \frac{22}{100} + 5,117 = 5,337 \text{ хв.}$$

Розрахунки для інших операцій виконуються аналогічним шляхом та розрахунки заносимо у таблицю 2.6.

					015Б-26.00.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		30

Таблиця 2.6 – Нормування технологічного процесу

№ операції	T _о , хв	T _д , хв			T _{об.від} , хв	T _{оп} , хв	T _{шт} , хв	T _{шт-к} , хв
		T _{уст} ,	T _{вим} ,	T _{упр} ,				
010	2,682	0,051	0,404	0,061	3,198	60	5,117	5,337
015	1,152	0,051	0,404	0,061	1,668	60	1,0	1,22
020	0,893	0,051	0,404	0,061	1,409	60	0,84	1,06
025	1,717	0,051	0,404	0,061	2,233	60	1,34	1,56
030	0,178	0,051	0,404	0,061	0,694	60	0,42	0,64

РОЗДІЛ 3

КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

3.1. Проектування верстатного пристрою

Силовий розрахунок параметрів приводу. Розрахунок сил затиску ґрунтується на розв'язанні задачі статички щодо забезпечення рівноваги твердого тіла під дією зовнішніх сил. Значення сили затиску визначають із умови рівноваги всіх діючих сил, за якої забезпечується постійний контакт технологічних баз заготовки з установчими елементами пристосування та виключається можливість її зміщення або повороту під час обробки [13].

Умови базування та закріплення деталі в пристосуванні дозволяють розглядати можливість перекосу заготовки відносно власної осі. Тому розрахунок виконують на дію сили різання P_x , яка може спричинити перекіс осі деталі.

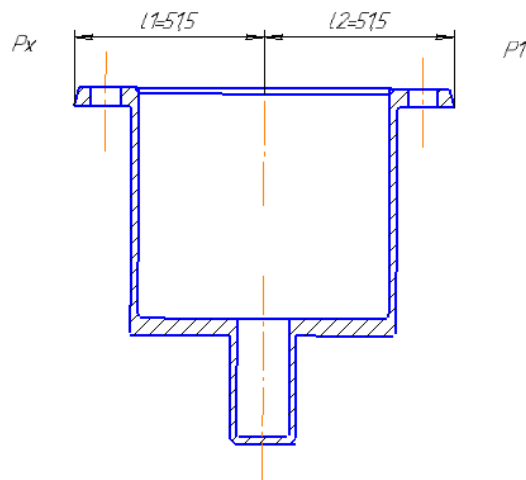


Рисунок 3.1 – Схема дії сил різання

На заготовку діють сила затиску P_1 та сила різання P_x . Сила різання становить:

$$P_x = 10 \times 339 \times 2^1 \times 0,4^{0.5} \times 50^{-0.4} \times 1,15 = 880 \text{ Н.}$$

Сила затиску дорівнює:

					015Б-26.00.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		32

$$P_1 = \frac{51,5 \times 880 \times 51,5}{8,5} = 275 \text{ кН}.$$

Отримані результати свідчать про те, що сила затиску, необхідна для запобігання перекосу заготовки і повинна перевищувати силу різання $P_x = 880 \text{ Н}$.

Далі виконується розрахунок діаметра пневмоциліндра, який забезпечує необхідне зусилля затиску:

$$D = 2 \sqrt{\frac{8100}{3,14 \times 0,5 \times 0,85 \times 0,75}} = 179,96 \text{ мм}.$$

Приймається стандартний діаметр пневмоциліндра $D = 180 \text{ мм}$.

Розрахунок пристосування на точність. Метою розрахунку пристосування на точність є визначення необхідної точності його виготовлення за заданими параметрами та встановлення допусків на розміри деталей і елементів пристосування [14].

Похибка встановлення вважається нульовою, оскільки вона є однаковою для всієї партії заготовок і компенсується настроюванням інструмента.

Визначаємо кількість контактів заготовки з опорою протягом року.

$$\varepsilon_u = 0,0008 \times 75000 = 60 \text{ мкм}$$

Оскільки похибка перекосу осей інструмента відсутня. Отримуємо розрахунок пристосування на точність:

$$E_{np} \leq 1,3 - 1,1 \times \sqrt{(0,8 \times 0,019)^2 + 0^2 + 0,04^2 + 0,064^2 + 0^2 + (0,7 \times 0,4)^2} = 0,399 \text{ мм}.$$

За результатами розрахунку встановлено, що похибка розміру R2,5 при виготовленні пристосування не повинна перевищувати 0,4 мм.

					015Б-26.00.00.00.000ПЗ	Арк.
						33
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Пристосування, яке використовується для закріплення заготовки під час обробки, являє собою кутове оснащення з налагодженням [15]. Воно є швидко переналагоджуваним і може застосовуватися для обробки деталей подібної конфігурації. Налагодження використовується лише для деталей аналогічної форми та належить до спеціального оснащення.

Налагодження кріпиться до установчих поверхонь кута за допомогою болтового з'єднання. Для забезпечення балансування кут оснащений спеціальними противагами масою по 2 кг. Базування деталі здійснюється за допомогою установочного пальця та двох центрованих гвинтів, які забезпечують точне встановлення деталі відносно осі обробки. Закріплення виконується притискною планкою коромислового типу.

Після встановлення деталі проводиться балансування пристосування з метою перевірки точності параметрів биття та відхилення осей. Налагодження разом із деталлю базується по установчих поверхнях кута та центрується за допомогою пальця. Конструкція верстатного пристосування наведена у графічній частині роботи.

3.2. Проектування контрольного пристрою

Для забезпечення необхідної точності контролю похибка контрольного пристрою не повинна перевищувати третини допуску на контрольований параметр [16].

$$\sum_{i=1}^n \varepsilon_i = 0,05 + 0 + 0 + 0 + 0,002 = 0,052 \text{ мм.}$$

$$\Delta_{\text{пр}} = \frac{1}{3} \cdot 0,5 = 0,167 \text{ мм.}$$

Контроль забезпечує необхідну точність вимірювання.

Контрольний пристрій призначений для перевірки допуску перпендикулярності торця деталі відносно осі отвору. Конструкція пристрою

					015Б-26.00.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		34

складається з корпусу 1, до якого гайками 15 кріпиться стійка 4. Стійка з'єднана зі штативом 5, на якому встановлений індикатор 9.

Базування деталі здійснюється за допомогою установочного пальця. Закріплення виконується пневмокамерою 3, у яку через підвід 8 подається стиснене повітря. Робочий тиск у пневмокамері становить 0,4 МПа.

Під час контролю перпендикулярності торця відносно осі отвору деталь обертається на кулькових радіальних підшипниках 19. Відстань між вимірювальною головкою індикатора та контрольованою поверхнею регулюється гвинтом 12. Поділка індикатора дорівнює 0,001 мм, а контрольований параметр не повинен перевищувати 0,02 мм [17].

					015Б-26.00.00.00.000ПЗ	Арк.
						35
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 4

ПРОЕКТУВАННЯ МЕХАНІЧНОЇ ДІЛЬНИЦІ

4.1. Уточнення типу виробництва

На основі фактичної трудомісткості уточнюється тип виробництва [18]. Для кожної операції визначається розрахункова кількість обладнання, необхідного для виконання виробничої програми. Розрахунок виконується для операції 010.

$$m_p = \frac{75000 \cdot 1,95}{60 \cdot 4055 \cdot 0,75} = 0,802; \quad P = 1.$$

Далі визначаємо фактичний коефіцієнт завантаження обладнання:

$$\eta_{з.ф.} = \frac{0,802}{1} = 0,802.$$

Після цього розраховується кількість операцій, що виконуються на даному обладнанні:

$$O = \frac{0,75}{0,802} = 0,935.$$

Далі виконуються аналогічні розрахунки для інших операцій та заносяться до таблиці 4.1.

$$\sum O = 0,935 + 1,055 + 1,361 + 1,415 + 6,757 = 11,523.$$

$$\sum P = 1 + 1 + 1 + 2 + 1 = 6.$$

Розраховуємо коефіцієнт закріплення операції:

$$K_{з.о.} = \frac{11,523}{6} = 1,92.$$

Таблиця 4.1 – Визначення кількості верстатів та операцій

					015Б-26.00.00.00.000ПЗ	Арк.
						36
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Операція	$T_{ш-к}$	m_p	P	$\eta_{з.ф.}$	O
010	1,95	0,802	1	0,802	0,935
015	1,73	0,711	1	0,711	1,055
020	1,34	0,551	1	0,551	1,361
025	2,58	1,06	2	0,53	1,415
030	0,27	0,111	1	0,111	6,757

Оскільки $K_{з.о.}=1,92$, то виконується умова $1 \leq K_{з.о.} < 10$. Буде багатосерійне виробництво.

4.2. Визначення кількості працівників на дільниці

Штат механічної дільниці включає основних і допоміжних працівників, інженерно-технічний персонал, службовців, молодший обслуговуючий персонал, а також працівників технічного контролю. Чисельність основних виробничих робітників визначається за формулами, наведеними в [19], тоді як кількість інших категорій персоналу приймається відповідно до встановлених нормативів у відсотках від чисельності основних працівників.

Визначаємо річний фонд часу працівника:

$$\Phi_{p.ч.} = 253 \times 8 \times \left(1 - \frac{11}{100}\right) = 1801,208$$

Результати розрахунку необхідної кількості основних виробничих працівників наведено в таблиці 4.2.

					015Б-26.00.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		37

Таблиця 4.2 – Розрахунок чисельності основних працівників

Професія	Загальна трудомісткість робіт на програму, нормо-год	Кількість працівників, осіб (розрахункова)	Кількість працівників, осіб (прийнята)
Токарі	4578,7	3,76	4
Свердлувальники	1366,3	0,64	1
Разом	5945,0	4,4	5

Визначення чисельності допоміжного персоналу, ІТП та МОП. У таблиці 4.3 відповідно до рекомендацій наведено перелік допоміжного персоналу, необхідного для функціонування проєктованої ділянки.

Таблиця 4.3 – Розрахунок чисельності допоміжних працівників

Професія	Норма обслуговування на одного працівника	Розрахункова кількість працівників
Слюсар з ремонту обладнання	25	0,16
Комірник	60	0,07
Прибиральник виробничих приміщень (м ²)	1400	0,09

4.3. Розрахунок виробничої площі ділянки

При укрупненому методі визначення виробничої площі використовують питомі площі, що припадають на одиницю обладнання, одне робоче місце або одного працівника.

Результати розрахунку виробничої площі ділянки наведені в таблиці 4.4.

					015Б-26.00.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		38

Таблиця 4.4 – Розрахунок виробничої площі дільниці

Назва операції	Марка обладнання	Габаритні розміри, мм	Кількість обладнання	Виробнича площа, м ²	Загальна площа, м ²
Токарна з ЧПК	16K20T1	3175×1700	2	25	50
Токарна	16K20	3175×1700	2	25	50
Свердлильна	2M112	3320×2475	1	70	70
Всього:			5	120	170

Загальна кількість виробничого обладнання – 5.

Загальна питома площа дільниці: $F_{\text{вир.}} = 170 \text{ м}^2$.

РОЗДІЛ 5

ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1. Аналіз стану охорони праці на підприємстві

Охорона праці на підприємстві являє собою комплекс правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних та лікувально-профілактичних заходів і засобів, спрямованих на забезпечення безпеки, збереження здоров'я та працездатності працівників у процесі трудової діяльності [20].

Для оцінки стану охорони праці проведено аналіз умов праці на СП ТОВ Модерн Експо, де здійснюється виготовлення деталі «Втулка 625.020.01». Усі статистичні показники, використані для аналізу, отримані на базі цього підприємства.

Оцінювання рівня охорони праці як на підприємстві загалом, так і в окремих структурних підрозділах, базується на результатах атестації робочих місць, паспортизації санітарно-технічного стану виробничих приміщень, аналізі виконання комплексних заходів щодо покращення умов праці та санітарно-оздоровчих програм, а також на вивченні динаміки виробничого травматизму та професійної захворюваності.

Для аналізу виробничого травматизму та професійних захворювань доцільно здійснювати кількісну оцінку за певний проміжок часу як в абсолютних показниках, так і за статистичними коефіцієнтами частоти й тяжкості травматизму.

Рівень виробничого травматизму на СП ТОВ Модерн Експо оцінюємо за показниками частоти та тяжкості:

$$P_{\text{чт.}} = 1000 \cdot 5 / 561 = 8,91;$$

$$P_{\text{тж}} = 18 / 5 = 3,6.$$

					015Б-26.00.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		40

Показник непрацездатності визначаємо як кількість людино-днів непрацездатності, що припадає на 1000 працівників:

$$P_{\text{нп.}} = 1000 \cdot 18 / 561 = 32,08 \text{ людино} - \text{днів.}$$

Негативний вплив шкідливих виробничих факторів не обмежується лише виникненням професійних захворювань. Статистичні дані свідчать, що працівники, які постійно перебувають під впливом шкідливих чинників, частіше хворіють на загальні захворювання, зокрема інфекційні, захворювання шлунково-кишкового тракту та гострі респіраторні інфекції. Крім того, перебіг таких хвороб є більш складним і тривалим [21].

Показники інтенсивності захворюваності та непрацездатності на 100 працівників, а також середню тривалість захворювань визначають за формулами:

$$P_{\text{із.}} = 100 \cdot 449 / 561 = 80,036;$$

$$P_{\text{нп.}} = 1000 \cdot 5387 / 561 = 960,25;$$

$$P_{\text{тр.}} = 5387 / 449 = 11,99 \approx 12.$$

На основі проведеного аналізу можна зробити висновок, що такі небезпечні та шкідливі фактори ливарного виробництва, як пил конденсації, виділення газів і парів, надлишкове тепловиділення, інтенсивне теплове випромінювання, підвищений рівень шуму та вібрації, електромагнітні випромінювання, підвищена напруга в електромережах, а також наявність рухомих механізмів і машин, негативно впливають на працездатність персоналу та рівень захворюваності й травматизму.

					015Б-26.00.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		41

5.2. Аналіз стану пожежної безпеки

Забезпечення пожежної безпеки є важливою складовою державної політики щодо охорони життя і здоров'я людей, матеріальних цінностей та навколишнього природного середовища.

Основним нормативно-правовим документом у цій сфері є Закон України «Про пожежну безпеку», який визначає правові, економічні та соціальні засади забезпечення пожежної безпеки в Україні, а також регулює взаємовідносини між державними органами, юридичними та фізичними особами незалежно від форми власності й виду діяльності [22].

Відповідно до статті 2 цього Закону, забезпечення пожежної безпеки є невід'ємною складовою виробничої діяльності працівників, посадових осіб, підприємств та організацій. Ці вимоги повинні бути відображені у трудових договорах і статутних документах підприємства.

Відповідальність за забезпечення пожежної безпеки на підприємстві покладається на керівника та уповноважених ним осіб, якщо інше не передбачено відповідними договорами.

Пожежна безпека промислових підприємств забезпечується шляхом реалізації організаційних, технічних та профілактичних заходів, спрямованих на попередження пожеж, захист людей, зменшення матеріальних збитків та екологічних наслідків, а також створення умов для ефективної евакуації й гасіння пожеж.

Згідно із Законом України «Про пожежну безпеку» керівники підприємств зобов'язані:

- розробляти та впроваджувати комплексні заходи пожежної безпеки;
- забезпечувати дотримання нормативних вимог і контроль за виконанням інструкцій;
- організовувати навчання працівників правилам пожежної безпеки;

					015Б-26.00.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		42

- підтримувати у справному стані засоби пожежогасіння та системи протипожежного захисту;
- впроваджувати автоматичні системи виявлення та гасіння пожеж;
- своєчасно інформувати пожежну службу про несправності обладнання чи систем захисту;
- проводити службові розслідування випадків пожеж.

Інструкції з пожежної безпеки повинні переглядатися не рідше одного разу на три роки з урахуванням результатів аналізу протипожежного стану підприємства [23].

На підприємстві наказом встановлюється протипожежний режим, яким регламентуються:

- місця для паління та використання відкритого вогню;
- порядок проведення пожежонебезпечних робіт;
- правила руху транспорту на території;
- порядок зберігання сировини та матеріалів;
- вимоги щодо прибирання горючих відходів;
- порядок відключення електрообладнання у разі пожежі;
- дії працівників у разі виникнення пожежі;
- порядок експлуатації систем пожежного захисту та проведення інструктажів.

Усі працівники підприємства повинні проходити спеціальне протипожежне навчання та перевірку знань. Воно включає:

- навчання посадових осіб;
- вступний, первинний, повторний, позаплановий та цільовий інструктажі;
- пожежно-технічний мінімум;
- протипожежні тренування.

До первинних засобів пожежогасіння належать вогнегасники, пожежні крани, ручний інструмент, ящики з піском, ємності з водою, азбестові полотна

					015Б-26.00.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		43

та інші засоби. Вони розміщуються на пожежних щитах із розрахунку один щит на 5000 м² території.

Найбільш важливими первинними засобами пожежогасіння є вогнегасники різних типів: водяні, пінні, порошкові, вуглекислотні та газові.

Для своєчасного виявлення загорянь на ділянці СП ТОВ Модерн Експо встановлено систему пожежної сигналізації. Проходи та евакуаційні виходи підтримуються у вільному стані. Пожежний щит розміщений у доступному місці та укомплектований необхідними первинними засобами пожежогасіння: вогнегасником, лопатою, відром, протипожежним полотнищем і ящиком із піском. Відповідальність за пожежну безпеку покладена на керівника виробничої ділянки.

5.3. Заходи щодо покращення умов праці та пожежної безпеки

Нормалізація мікрокліматичних умов у виробничих приміщеннях здійснюється шляхом застосування комплексу організаційних, санітарно-технічних, будівельно-планувальних та технологічних заходів колективного захисту. Для запобігання перегріванню або переохолодженню працівників використовуються засоби індивідуального захисту та медико-профілактичні заходи.

Необхідні параметри мікроклімату забезпечуються насамперед завдяки раціональному плануванню виробничих приміщень, оптимальному розташуванню обладнання та максимальній механізації, автоматизації й дистанційному керуванню технологічними процесами [24].

У приміщеннях зі значними площами застосування передбачаються заходи захисту від перегріву в теплий період року (жалюзі, орієнтація вікон тощо) та від переохолодження взимку. Робочі місця повинні розташовуватися на відстані не менше 1 м від поверхонь із підвищеною або зниженою температурою.

					015Б-26.00.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		44

У невеликих та ізольованих приміщеннях застосовуються системи кондиціонування повітря з можливістю індивідуального регулювання температури та об'єму повітря.

Теплозахисні засоби поділяються на:

- тепловідбивні;
- теплопоглинальні;
- тепловідвідні;
- комбіновані.

Залежно від умов праці передбачено використання засобів індивідуального захисту:

- спеціального одягу для роботи в гарячих цехах;
- теплозахисних комплектів для аварійних робіт;
- спеціального взуття для захисту від теплового впливу та бризок металу;
- захисних рукавиць і вачег для запобігання опікам рук.

					015Б-26.00.00.00.000ПЗ	Арк.
						45
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У результаті виконання кваліфікаційної роботи бакалавра розроблено та обґрунтовано комплекс технічних рішень, спрямованих на модернізацію технологічного процесу виготовлення деталі «Втулка», а також проектування ефективної механічної дільниці з необхідним верстатним оснащенням.

Проведений аналіз конструкції деталі та умов її експлуатації дозволив вибрати раціональний метод отримання заготовки, що забезпечує наближення її форми до готового виробу та зменшення обсягів механічної обробки. Розроблено технологічний процес обробки з урахуванням вимог до точності, шорсткості та продуктивності виробництва, визначено оптимальні режими різання та технологічні припуски.

У межах роботи спроектовано верстатні та контрольні пристрої, що забезпечують надійне базування, точність обробки та стабільність технологічного процесу. виконані розрахунки підтвердили працездатність і технологічну доцільність запропонованих конструктивних рішень, а також їх відповідність умовам багатосерійного виробництва.

Окрему увагу приділено організації виробничої дільниці: визначено необхідну кількість обладнання та персоналу, виконано розрахунок виробничих площ і обґрунтовано потокову форму організації виробництва, що дозволяє підвищити ефективність використання ресурсів та знизити собівартість продукції.

У розділі охорони праці проаналізовано стан безпеки на виробництві, визначено основні шкідливі та небезпечні фактори, а також запропоновано заходи щодо покращення умов праці та підвищення рівня пожежної безпеки.

Таким чином, розроблені рішення забезпечують підвищення продуктивності технологічного процесу, покращення якості обробки деталі «Втулка» 625.020.01.

					015Б-26.00.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		46

					015Б-26.00.00.00.000ПЗ	Арк.
						47
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. ISO 23515:2022. Titanium and titanium alloys – Designation system. Published (Edition 1, 2022)
2. Huliieva, N.M., Pasternak, V.V. (2023). Isothermal mechanical Cycling of Saponite–Titanium Composites in Conditions of Complex Stressed State. Latvian Journal of Physics and Technical Sciences. Riga, Latvia, 2022, 59(6), P. 12-21. – Scopus. <https://doi.org/10.2478/lpts-2022-0043> (Published Online: 07 Jan 2023)
3. Технологія машинобудування : конспект лекцій для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти програми «Прикладна механіка» галузь знань 13 Механічна інженерія спец. 131 Прикладна механіка денної та заоч. форм навч. / уклад.: Т.Є. Божко, В.І. Марчук. Луцьк : ЛНТУ, 2023. 80 с.
4. ДСТУ 2391:2010 Система технологічної документації. Терміни та визначення основних понять.
5. Батюк Д. Покращення ергономічних властивостей вертикально-токарного верстату SUNSHINE VTC450. Тези V студентської науково-технічної конференції факультету транспорту та механічної інженерії «Інноваційні технології в транспорті та механічній інженерії». Луцьк: ЛНТУ 2025. / наук. керівник : Гулієва Н. 170-173.
6. Leonovych V.V. Analysis of the implementation of artificial intelligence in production in Ukraine. Scientific Forum: Theory and Practice of Research: Collection of Scientific Papers «SCIENTIA» with Proceedings of the XI International Scientific and Theoretical Conference, March 13, 2026. San Francisco, USA: International Center of Scientific Research. / scientific supervisor: Huliieva N.M. 165-170. <https://doi.org/10.36074/scientia-13.03.2026>
7. Технологічні основи машинобудування: методичні вказівки до виконання розрахунково-графічної роботи для студентів спеціальностей 131 Прикладна механіка, 133 Галузеве машинобудування всіх форм навчання. / С.П. Сапон. Чернігів: НУ «Чернігівська політехніка», 2020. 39 с.

					015Б-26.00.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		48

8. Технологічні основи машинобудування: навч. посібник: у 2-х ч. / О.І. Черевко, В.М. Михайлов, І.В. Бабкіна, Б.В. Ляшенко / Харк. держ. ун-т харчування та торгівлі. Харків, 2005. Ч. 1. «Теоретичні основи технології машинобудування». 83 с.

9. Божко Т., Залета О., Гальчук Т., Зубовецька Н., Гулієва Н. Залежність розміру пор від параметрів різального інструменту при механічній обробці спеченого порошкового матеріалу. Наукові нотатки : міжвузівський збірник наукових праць. Вип. 84. 2025. С. 74-77.

10. Боженко П.І. Технологія виробництва заготовок в машинобудуванні / П.І. Боженко. К.: УМКВО, 1990. 264 с.

11. Пуховський Є. Оптимізація режимів різання на верстатах гнучких виробничих систем. / Пуховський Є., Фролов В., Сапон С., Бецко Ю. // Технічні науки та технології. 2022. № 4(30). С. 14-23.

12. Технологія машинобудування : конспект лекцій для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти програми «Прикладна механіка» галузь знань 13 Механічна інженерія спец. 131 Прикладна механіка денної та заоч. форм навч. / уклад.: Т.Є. Божко, В.І. Марчук. Луцьк : ЛНТУ, 2023. 80 с.

13. Huliieva, N.M., Marchuk, S.F. Types of Mechatronic Modules by the Method of used Energy. Modernization of science and its influence on global processes: collection of scientific papers «SCIENTIA» with Proceedings of the III International Scientific and Theoretical Conference, April 14, 2023. Bern, Swiss Confederation: European Scientific Platform. 2023. P. 57. DOI: 10.36074/scientia-14.04.2023

14. Проектування та організація підрозділів сучасного машинобудівного виробництва : метод. вказівки до практичних занять для здобувачів першого рівня вищої освіти освітньої програми «Прикладна механіка» галузь знань 13 Механічна інженерія спец. 131 Прикладна механіка денної та заоч. форм навч. / уклад. Т.Н. Гальчук. Луцьк : Луцький НТУ, 2023. 40 с.

					015Б-26.00.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		49

15. Гулієва Н.М., Батюк Д.Р., Грибок Н.О., Гулієва З.Н. Розрахунок конічного з'єднання за допомогою мови програмування С#. Автоматизація технологічних і бізнес-процесів. 2023, Одеса: ОНТУ, №15(2). С. 12–20.

16. ДСТУ 3455.2-96 Гідроприводи об'ємні та пневмоприводи. Частина 2. Об'ємні гідромашини та пневмомашини. Терміни та визначення (ISO 5598:1985)

17. Технологічна оснастка. Контрольні пристрої: навч. посібник / Б.М. Гевко та інші. Тернопіль: ТНТУ, 2009. 220 с.

18. Гальчук Т.Н. Механоскладальні дільниці та цехи в машинобудуванні. Методичні вказівки для практичних занять для студентів напряму підготовки 6.050502 «Інженерна механіка» денної та заочної форм навчання / Т.Н. Гальчук. Луцьк: ЛНТУ, 2011. 64 с.

19. Механоскладальні цехи та дільниці у машинобудуванні: підручн. для студ. вищ. закл. освіти спец. «Технологія машинобудування» / М.С. Когут; Держ. ун-т «Львів. політехніка». Л., 2000. 352 с.

20. Кодекс законів про працю України від 10 грудня 1971 р. № 322-VIII.

21. Закон України від 14.10.1992 № 2694-XII. Про охорону праці.

22. Про затвердження Правил пожежної безпеки в компаніях, на підприємствах та в організаціях енергетичної галузі України. Документ z0328-19, редакція від 20.01.2023.

23. Про затвердження Правил пожежної безпеки в Україні, z0252-15, редакція від 14.08.2024

24. Наказ Мінсоцполітики від 29.11.2018 № 1804 «Про затвердження Мінімальних вимог безпеки і охорони здоров'я при використанні працівниками засобів індивідуального захисту на робочому місці», зареєстрований в Мін'юсті 27.12.2018 № 1494/32946

					015Б-26.00.00.00.000ПЗ	Арк.
						50
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

ДОДАТКИ

					015Б-26.00.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		51