

Міністерство освіти і науки України

Луцький національний технічний університет

Факультет транспорту та механічної інженерії

Кафедра прикладної механіки та мехатроніки

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ЗА СТУПЕНЕМ ВИЩОЇ
ОСВІТИ «БАКАЛАВР»

РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ
ДЕТАЛІ «ШТУЦЕР» 1420.004

спеціальність 131 Прикладна механіка
освітня програма Прикладна механіка

Виконав: здобувач вищої освіти
Групи ІМ-41
Мойсеєць Денис Володимирович

(підпис)

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

(підпис)

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

(підпис)

Луцьк – 2024 року

									Арк.
									1
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	039В-24.00.00.00.000ПЗ				

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.)

“ ____ ” _____ 2024 р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ

Мойсеєцю Денису Володимировичу

1. Тема кваліфікаційної роботи Розробка технологічного процесу механічної обробки деталі «Штуцер» 1420.004.

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від “ 30 ” грудня 2023 р. № 461/01-02

2. Строк подання студентом проекту (роботи) 12.06.2024 р.

3. Вихідні дані до роботи: Креслення деталі штуцер 1420.004, річна програма випуску 90000шт/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)

Креслення деталі – 1 лист (ф.А2), Креслення заготовки – 1 лист (ф.А2), КН – 1 лист (ф.А1), складальне креслення верстатного пристрою - 2 листа (ф.А1), складальне креслення контрольного пристрою - 1 лист (ф.А2), план дільниці – 1 лист (ф. А2).

					039В-24.00.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		2

АНОТАЦІЯ

Мойсеєць Д.В. Розробка технологічного процесу механічної обробки деталі «Штуцер» 1420.004. Рукопис.

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

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

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

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

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

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

					039В-24.00.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		4

ABSTRACT

Mojseiets D.V. Development of the Technological Process of Mechanical Processing of the Part "Fitting" 1420.004. Manuscript.

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

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

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

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

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

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

					039В-24.00.00.00.000ПЗ	Арк.
						5
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

ВСТУП

Впровадження ефективних технологій механічної обробки деталей є вагомим етапом у виробничих процесах, спрямованих на досягнення якісної та економічно вигідної продукції. Деталь «Штуцер», яка знаходить широке застосування у виробництві, вимагає уваги до розробки оптимального технологічного процесу її механічної обробки.

У даній роботі розглядається важливість розробки такого процесу з урахуванням вимог щодо точності, якості та ефективності виготовлення деталі, що становить важливу складову виробничого циклу.

Розробка технологічного процесу механічної обробки деталі «Штуцер» залишається актуальною проблемою в сучасній виробничій сфері з кількох причин:

По-перше, висока конкуренція на ринку вимагає постійного підвищення якості продукції та зниження витрат на виробництво. Ефективна механічна обробка деталей є важливим елементом цього процесу, оскільки вона безпосередньо впливає на якість і вартість готового виробу.

По-друге, швидкі технологічні зміни та впровадження нових матеріалів у виробництво вимагають постійного удосконалення процесів механічної обробки. Розробка оптимального технологічного процесу деталі «Штуцер» дозволить врахувати особливості матеріалу та забезпечити максимальну ефективність обробки.

Таким чином, актуальність даної теми полягає в необхідності забезпечення високої якості та ефективності виробництва за умов сучасного ринкового середовища.

Мета дослідження є визначення оптимального технологічного процесу механічної обробки деталі «Штуцер» для забезпечення високої якості виготовлення при мінімальних витратах матеріалу та часу.

					039В-24.00.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		6

1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

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

Технологічні розрахунки були проведені з використанням процесу обробки деталі «Штуцер» 1420.004. Ця деталь має внутрішню різь, отвір, що знаходиться на фланці, а також має ексцентрично розташовану фасонну поверхню (див. рис. 1.1). Для її обробки використовується токарний верстат, на якому проводять точіння циліндричної та фасонної поверхонь, свердління отвору, а також нарізування внутрішньої та зовнішньої різі мітчиком. Цей процес виконується на одному верстаті за два проходи, що дозволяє підвищити точність деталі і зменшити час обробки [1].

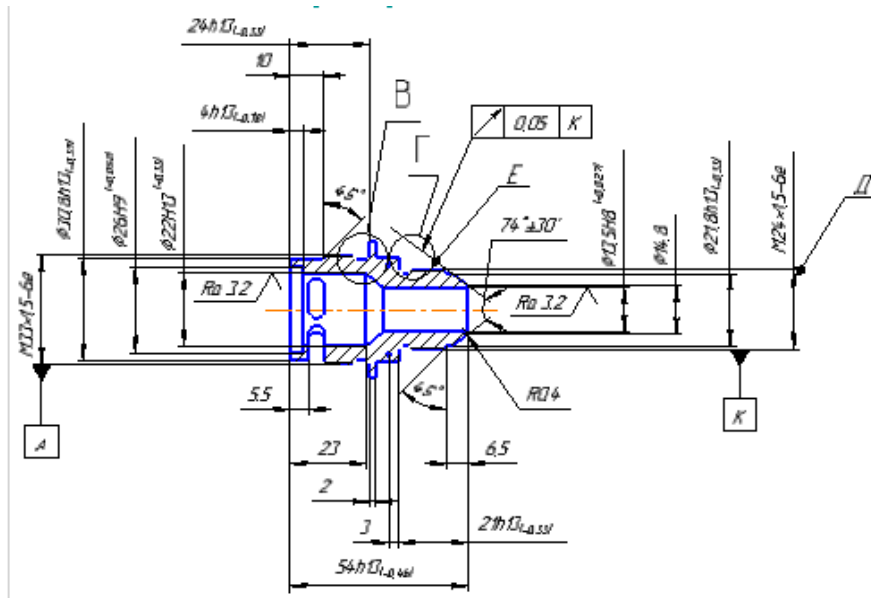


Рисунок 1.1 Ескіз деталі «Штуцер»

Штуцер входить до перепускового клапана коробки приводів моторних агрегатів. Використовується в двигуні НК-16 СТ для газоперекачувальних станцій. Є складовою частиною перепускового клапана встановлений на насос, що підкачує, коробки приводів моторних агрегатів. Клапан перешкоджає перетіканню масла з маслобака в маслосистему при двигуні, що не працює. Штуцер виготовляється із сталі 30Х13.

						039В-24.00.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата			7

Визначаємо коефіцієнт використання матеріалу.

$$m_0 = 0,1 \text{ кг};$$

$$m_3 = 0,55 \text{ кг};$$

$$K = 0,1 / 0,55 = 0,18.$$

Порівнюємо вартість методи виготовлення заготовок: лиття в пісчано-глиняні форми та прокат [4].

Маса деталі прокату обчислюємо:

$$M_{дет.} = 0,013 \cdot 7,8 \approx 0,1 \text{ кг}.$$

При литті в кокіль припуск становить 2,5 мм. Масу заготовки прокату обчислюємо:

$$M_{заг.} = 0,07 \cdot 7,8 \approx 0,55 \text{ кг}$$

$$C_i = 36000 \text{ кг} / \text{т};$$

$$S_{заг.1} = \left(\frac{36000}{1000} \cdot 0,55 \cdot 1,1 \cdot 0,83 \cdot 1 \cdot 1,08 \cdot 1 \right) - (0,55 - 0,1) \cdot \frac{6000}{1000} = 16,82;$$

$$S_{заг.2} = \left(\frac{36000}{1000} \cdot 0,62 \cdot 1,1 \cdot 0,83 \cdot 1 \cdot 1,08 \cdot 1 \right) - (0,62 - 0,1) \cdot \frac{6000}{1000} = 18,89.$$

Економічний ефект для порівняння способів отримання заготовки:

$$E_3 = (18,89 - 16,82) \times 90000 = 186300 \text{ грн}.$$

1.3 Вибір методу обробки поверхонь

При технологічному аналізі робочого креслення розглядається кожна поверхня деталі і визначаються вимоги щодо точності розмірів, шорсткості та інших показників якості [5].

В аналізованому кресленні вимоги щодо точності розмірів ставляться невисокі – 14 квалітет. Найбільш точний розмір – це діаметр поверхні (13,5 Н8), який надалі використовується як база для позиційного допуску.

Вимоги щодо шорсткості також ставляться невисокі Ra 6,3. До базової поверхні ставляться високі вимоги щодо шорсткості – Ra 3,2.

					039В-24.00.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		9

2. Проточити поверхню 6, 7:

$$T_o = 0,17 \cdot d \cdot l \cdot 10^{-3} = 0,17 \cdot 30,8 \cdot 23,5 \cdot 10^{-3} = 0,123 \text{ хв.}$$

3. Розточити поверхню 4, 5:

$$T_o = 0,17 \cdot d \cdot l \cdot 10^{-3} = 0,17 \cdot 22 \cdot 22,9 \cdot 10^{-3} = 0,086 \text{ хв.}$$

4. Зняти фаску 4:

$$T_o = 0,21 \cdot d \cdot l \cdot 10^{-3} = 0,21 \cdot 22 \cdot 22,9 \cdot 10^{-3} = 0,106 \text{ хв.}$$

$$T_{o\Sigma} = 0,149 + 0,123 + 0,086 + 0,106 = 0,464 \text{ хв.}$$

Штучно-калькуляційний час:

$$T_{ш-к} = 0,464 \cdot 1,36 = 0,631 \text{ хв.}$$

025 Токарна чистова

1. Зняти фаску, витримати розміри 3, 16, 9:

$$T_o = 0,21 \cdot d \cdot l \cdot 10^{-3} = 0,21 \cdot 45 \cdot 74 \cdot 10^{-3} = 0,699 \text{ хв.}$$

2. Розточити поверхню 4:

$$T_o = 0,17 \cdot d \cdot l \cdot 10^{-3} = 0,17 \cdot 13,5 \cdot 2,5 \cdot 10^{-3} = 0,006 \text{ хв.}$$

3. Проточити поверхню 6, витримати розміри 10, 13:

$$T_o = 0,17 \cdot d \cdot l \cdot 10^{-3} = 0,17 \cdot 30,4 \cdot 23,2 \cdot 10^{-3} = 0,12 \text{ хв.}$$

4. Нарізати різь 7, витримати розміри 10, 13:

$$T_o = 0,4 \cdot d \cdot l \cdot 10^{-3} = 0,4 \cdot 24 \cdot 11 \cdot 10^{-3} = 0,106 \text{ хв.}$$

5. Проточити поверхню 8, 15:

$$T_o = 0,17 \cdot d \cdot l \cdot 10^{-3} = 0,17 \cdot 31,5 \cdot 21,5 \cdot 10^{-3} = 0,115 \text{ хв.}$$

$$T_{o\Sigma} = 0,699 + 0,006 + 0,12 + 0,106 + 0,115 = 1,046 \text{ хв.}$$

Штучно-калькуляційний час:

$$T_{ш-к} = 1,046 \cdot 1,36 = 1,423 \text{ хв.}$$

030 Фрезерна

1. Фрезерувати 1:

$$T_o = 6 \cdot l \cdot 10^{-3} = 6 \cdot 140 \cdot 10^{-3} = 0,84 \text{ хв.}$$

$$T_{o\Sigma} = 0,84 \text{ хв.}$$

					039В-24.00.00.00.000ПЗ	Арк.
						12
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

035

$$m_p = \frac{90000 \cdot 0,152}{60 \cdot 4060 \cdot 0,7} = 0,08; \quad P = 1.$$

4. Обчислюємо коефіцієнт завантаження обладнання:

005

$$\eta_{з.ф.} = \frac{0,381}{1} = 0,381;$$

010

$$\eta_{з.ф.} = \frac{0,164}{1} = 0,164;$$

015

$$\eta_{з.ф.} = \frac{0,298}{1} = 0,298;$$

020

$$\eta_{з.ф.} = \frac{0,333}{1} = 0,333;$$

025

$$\eta_{з.ф.} = \frac{0,552}{1} = 0,552;$$

030

$$\eta_{з.ф.} = \frac{0,669}{1} = 0,669;$$

035

$$\eta_{з.ф.} = \frac{0,08}{1} = 0,08.$$

2. Обчислюємо кількість операцій:

$$O = \frac{\eta_{з.н.}}{\eta_{з.ф.}} \quad (1.2)$$

Виконуємо розрахунки:

$$005 \quad O = \frac{0,7}{0,381} = 1,837;$$

					039В-24.00.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		14

254 – робочі дні в році.

$$N_c = \frac{90000}{254} \approx 355 \text{шт.}$$

Продуктивність потокової лінії на добу:

$$\eta_{з.ф.} = \frac{0,381 + 0,164 + 0,298 + 0,333 + 0,552 + 0,669 + 0,08}{7} = 0,354;$$

$$T_{\text{шк.-ср.}} = \frac{0,722 + 0,311 + 0,564 + 0,631 + 1,046 + 1,268 + 0,152}{7} = 0,67;$$

$$Q_c = \frac{952}{0,67} \cdot 0,354 = 503 \text{шт.}$$

Виробництво потокової форми.

$$N_c > Q_c \cdot 0,7;$$

$$355 > 503 \cdot 0,7 = 352.$$

Обчислюємо такт випуску виробів:

$$t_g = \frac{60 \cdot 4060}{90000} = 2,7 \text{хв.}$$

Отже, для обробки деталі «Штуцер» приймаємо масовий тип виробництва з потоковою формою організації.

					039В-24.00.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		16

Деталь «Штуцер» є технологічною та задовольняє всі необхідні умови.

2.2 Вибір технологічних баз

Настановчу базу слід поєднувати з основною, оскільки при цьому буде відсутня похибка дозування. При обробці двох поверхонь деталі при одній установці в пристрої на точність їх правильного розташування не впливатимуть похибки дозування та установки. Тому обробка поверхонь при одній установці порівняно з іншими способами забезпечує найбільш високу точність правильного розташування поверхонь.

Конструкторські бази поділяються на основні та допоміжні, враховування яких при конструюванні має важливе значення.

Основна база визначає положення самої деталі у виробі, а допоміжна база – положення деталі, що приєднується до неї.

Технологічною базою називають поверхню, яка визначає положення деталі у процесі їх виготовлення.

Вимірювальною базою називають поверхню, яка визначає положення деталі та засобів контролю.

За кількістю ступенів вільності бази ділять на: напрямні, опорні, настановні.

Для забезпечення кращої точності обробки та експлуатаційних характеристик варто намагатися до наближення принципу постійності баз, заснованих на збереженні базових поверхонь під час усієї обробки деталі, принципі суміщення конструкторських, вимірювальних, технологічних баз та поверхонь.

Залежно від службового призначення всі поверхні деталі за ДСТУ 2232-93 поділяються на основні, допоміжні, виконавчі та вільні [8].

Основними поверхнями називаються поверхні, за допомогою яких визначається положення цієї деталі у виробі.

Допоміжними поверхнями називаються поверхні, які визначають

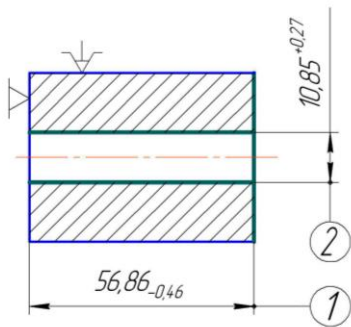
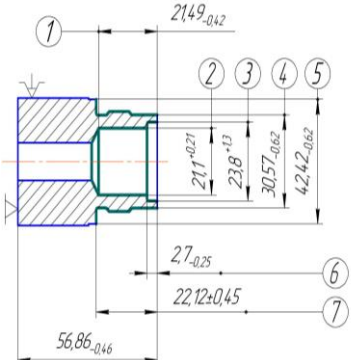
					039В-24.00.00.00.000ПЗ	Арк.
						19
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

положення всіх деталей, що приєднуються до неї.

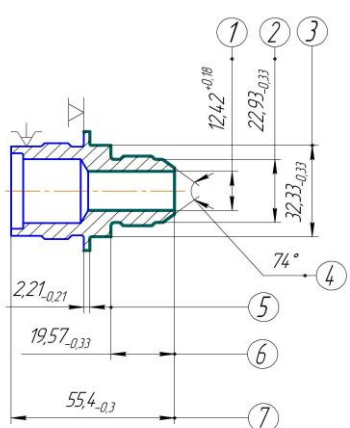
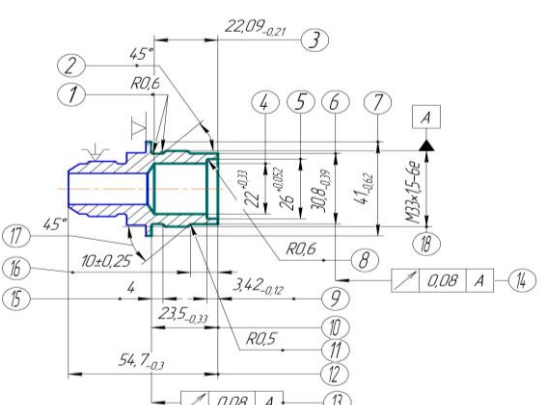
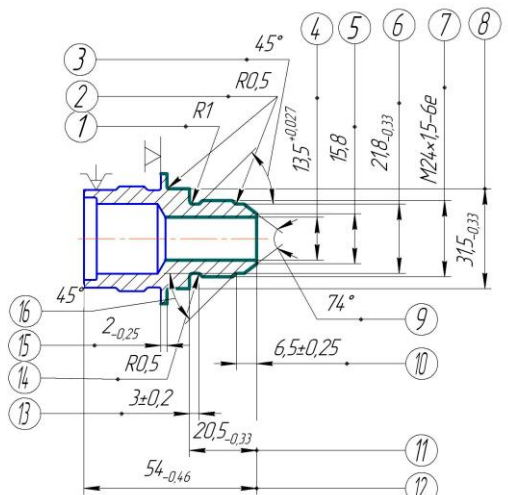
Виконавчими поверхнями називаються поверхні, які виконують службове призначення деталі.

Вільні поверхні – це поверхні, що не стикаються з поверхнями інших деталей і призначені для з'єднання основних, допоміжних і виконавчих поверхонь між собою з утворенням необхідної для конструкції форми деталі. Обчислення похибок обробки показані у таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Похибка обробки

Операція	Розрахунок похибки обробки
1	2
<p>005 Токарна чорнова</p> 	<p>1. $W_{\Sigma} = W_{н.р.} + W_{м.с.} + W_{уст.};$ $W_{с.} = W_{н.р.} + W_{м.с.}$ $W_{уст.} = 100 \text{ мкм} = 0,1 \text{ мм};$ $W_{с.} = 0,12 \text{ мм};$ $W_{\Sigma} = 0,1 + 0,12 = 0,22 \text{ мм.}$ $A = 32 \pm 0,031 \text{ мм};$ $T = 0,062 \text{ мм.}$</p>
<p>010 Токарна чорнова</p> 	<p>1. $W_{\Sigma} = W_{н.р.} + W_{м.с.} + W_{уст.};$ $W_{с.} = W_{н.р.} + W_{м.с.}$ $W_{уст.} = 100 \text{ мкм} = 0,1 \text{ мм};$ $W_{с.} = 0,3 \text{ мм};$ $W_{\Sigma} = 0,1 + 0,3 = 0,4 \text{ мм.}$ $A = 43 \pm 0,12 \text{ мм};$ $T = 0,25 \text{ мм.}$</p>

Продовження таблиці 2.3

1	2
<p style="text-align: center;">015 Токарна чорнова</p> 	<p>1. $W_{\Sigma} = W_{н.р.} + W_{м.с.} + W_{уст.};$ $W_{с.} = W_{н.р.} + W_{м.с.}$ $W_{уст.} = 100 \text{ мкм} = 0,1 \text{ мм};$ $W_{с.} = 0,3 \text{ мм};$ $W_{\Sigma} = 0,1 + 0,3 = 0,4 \text{ мм}.$ $A = 43 \pm 0,12 \text{ мм};$ $T = 0,25 \text{ мм}.$</p>
<p style="text-align: center;">020 Токарна чистова</p> 	<p>1. $W_{\Sigma} = W_{н.р.} + W_{м.с.} + W_{уст.};$ $W_{с.} = W_{н.р.} + W_{м.с.}$ $W_{уст.} = 120 \text{ мкм} = 0,12 \text{ мм};$ $W_{с.} = 0,2 \text{ мм};$ $W_{\Sigma} = 0,12 + 0,2 = 0,32 \text{ мм}.$ $A = 101 \pm 0,16 \text{ мм};$ $T = 0,35 \text{ мм}.$</p>
<p style="text-align: center;">025 Токарна чистова</p> 	<p>1. $W_{\Sigma} = W_{н.р.} + W_{м.с.} + W_{уст.};$ $W_{с.} = W_{н.р.} + W_{м.с.}$ $W_{уст.} = 120 \text{ мкм} = 0,12 \text{ мм};$ $W_{с.} = 0,2 \text{ мм};$ $W_{\Sigma} = 0,12 + 0,2 = 0,32 \text{ мм}.$ $A = 101 \pm 0,16 \text{ мм};$ $T = 0,35 \text{ мм}.$</p>

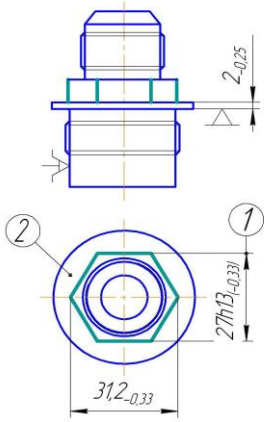
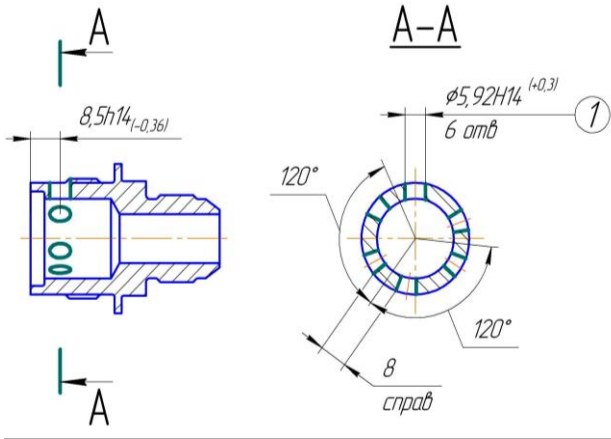
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата
-----	------	-------------	--------	------

039В-24.00.00.00.000ПЗ

Арк.

21

Продовження таблиці 2.3

1	2
<p>030 Фрезерна</p> 	<p>1. $W_{\Sigma} = W_{н.р.} + W_{м.с.} + W_{уст.}$; $W_{с.} = W_{н.р.} + W_{м.с.}$ $W_{уст.} = 120 \text{ мкм} = 0,12 \text{ мм}$; $W_{с.} = 0,2 \text{ мм}$; $W_{\Sigma} = 0,12 + 0,2 = 0,32 \text{ мм}$. $A = 101 \pm 0,16 \text{ мм}$; $T = 0,35 \text{ мм}$.</p>
<p>035 Радіально-свердлильна</p> 	<p>1. $W_{\Sigma} = W_{н.р.} + W_{м.с.} + W_{уст.}$; $W_{с.} = W_{н.р.} + W_{м.с.}$ $W_{уст.} = 90 \text{ мкм} = 0,09 \text{ мм}$; $W_{с.} = 0,15 \text{ мм}$; $W_{\Sigma} = 0,09 + 0,15 = 0,24 \text{ мм}$. $A = 23 \pm 0,1 \text{ мм}$; $T = 0,21 \text{ мм}$.</p>

2.3 Визначення допусків на технологічні розміри і розрахунок припусків

При виконанні механічної обробки будь-яка заготовка виготовляється з необхідними припусками, які гарантують відповідність заданим кресленням щодо розмірів та шорсткості її поверхні [9].

Зайві припуски призводять до додаткових витрат на виготовлення деталі, що підвищує її вартість. Вилучення зайвих припусків ускладнює процес обробки. З іншого боку, недостатні припуски не забезпечують необхідної точності та чистоти механічної обробки.

Розміри припусків для механічної обробки залежать від різних факторів, включаючи матеріал заготовки, її конфігурацію, розміри, тип і спосіб виготовлення, вимоги до обробки, а також технічні умови щодо якості, шорсткості поверхні та точності розмірів деталі [10].

Розрахунково-аналітичний метод визначення припусків для обробки ґрунтується на аналізі чинників, що впливають на припуски у різних етапах технологічного процесу та наведені в табл. 2.4.

Таблиця 2.4 – Розрахунок припуску за допомогою розрахунково-аналітичного методу

Переходи обробки поверхні	Елементи припуску				припуск, розрахунковий мкм	розмір d_{p_i} , мм	Допуск, мкм	Діапазон розміру, мм		Діапазон припусків	
	$R_{z_{i-1}}$	h_{i-1}	ρ_{i-1}	W_{y_i}				d_{\min}	d_{\max}	$2Z_{\min}^{np}$	$2Z_{\max}^{np}$
Заготовка	200	300	70	0	–	22,62	400	22,58	22,62	–	–
Розточування чорнове	50	50	17	30	2×57 6	23,77	80	23,69	23,77	1110	1150
Розточування чистове	20,2	25	2,1	0	2×11 7	24	39	23,96	24	40	270
										1150	1420

Заготовка виготовлена методом прокат 3-го класу точності масою 0,55 кг. Технологічний маршрут обробки отвору 24h8 має два переходи: чорнове та чистове розточування, яке виконуються на деталі при одному установі. Базами служать поверхня основи 36H8.

Сумарне значення R_z і T , що характеризують якість поверхні заготовки із прокату, становить 500 мкм.

Сумарне значення відхилень для заготовки визначається за формулою:

$$\rho_3 = \sqrt{\rho_{кор.}^2 + \rho_{зм.}^2} \quad (2.1)$$

В діаметральному та осьовому перерізі варто враховувати короблення отвору:

												Арк.
												23
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	039В-24.00.00.00.000ПЗ							

– заготовка:

$$d_{p_1} = d_{p_2} - 2 \cdot Z_{\min_1} = 23,77 - 2 \cdot 0,576 = 22,62 \text{ мм};$$

Допуск на отвір у заготовки 1 класу точності по ДСТУ 7809:2015 складає $\delta = 400 \text{ мкм}$ [12].

Найбільше значення d_{\max} отримаємо з розрахункових розмірів, які заокруглюються до точності допуску необхідного переходу. Найменший мінімальний розмір d_{\min} обчислюємо з найбільших максимальних розмірів.

Для чистового розточування:

$$d_{\max} = 24,039 \text{ мм};$$

$$d_{\min} = 24,039 - 0,039 = 24 \text{ мм};$$

– чорнове розточування:

$$d_{\max} = 23,77 \text{ мм}; \quad d_{\min} = 23,77 - 0,08 = 23,69 \text{ мм};$$

– заготовка:

$$d_{\max} = 22,62 \text{ мм}; \quad d_{\min} = 22,62 - 0,4 = 22,58 \text{ мм};$$

Мінімальний припусків Z_{\min}^{np} дорівнюють різниці найбільших розмірів переходів, а максимальні значення Z_{\max}^{np} – різниці найменших розмірів.

Чистове розточування:

$$2 \cdot Z_{\min_2}^{гр} = 24 - 23,96 = 0,04 \text{ мм} = 40 \text{ мкм};$$

$$2 \cdot Z_{\max_2}^{гр} = 23,96 - 23,69 = 0,27 \text{ мм} = 270 \text{ мкм};$$

– для чорнового:

$$2 \cdot Z_{\min_1}^{гр} = 23,77 - 22,62 = 1,15 \text{ мм} = 1110 \text{ мкм};$$

$$2 \cdot Z_{\max_1}^{гр} = 23,69 - 22,58 = 1,11 \text{ мм} = 1150 \text{ мкм}.$$

Припуски загальні $Z_{0\min}$ і $Z_{0\max}$ можна визначити:

$$2 \cdot Z_{0\min} = 40 + 1110 = 1150 \text{ мкм};$$

$$2 \cdot Z_{0\max} = 270 + 1150 = 1430 \text{ мкм}.$$

					039В-24.00.00.00.000ПЗ	Арк.
						25
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Графічне позначення припусків та допусків на обробку Ø24 штуцера показано на рисунку 2.1.

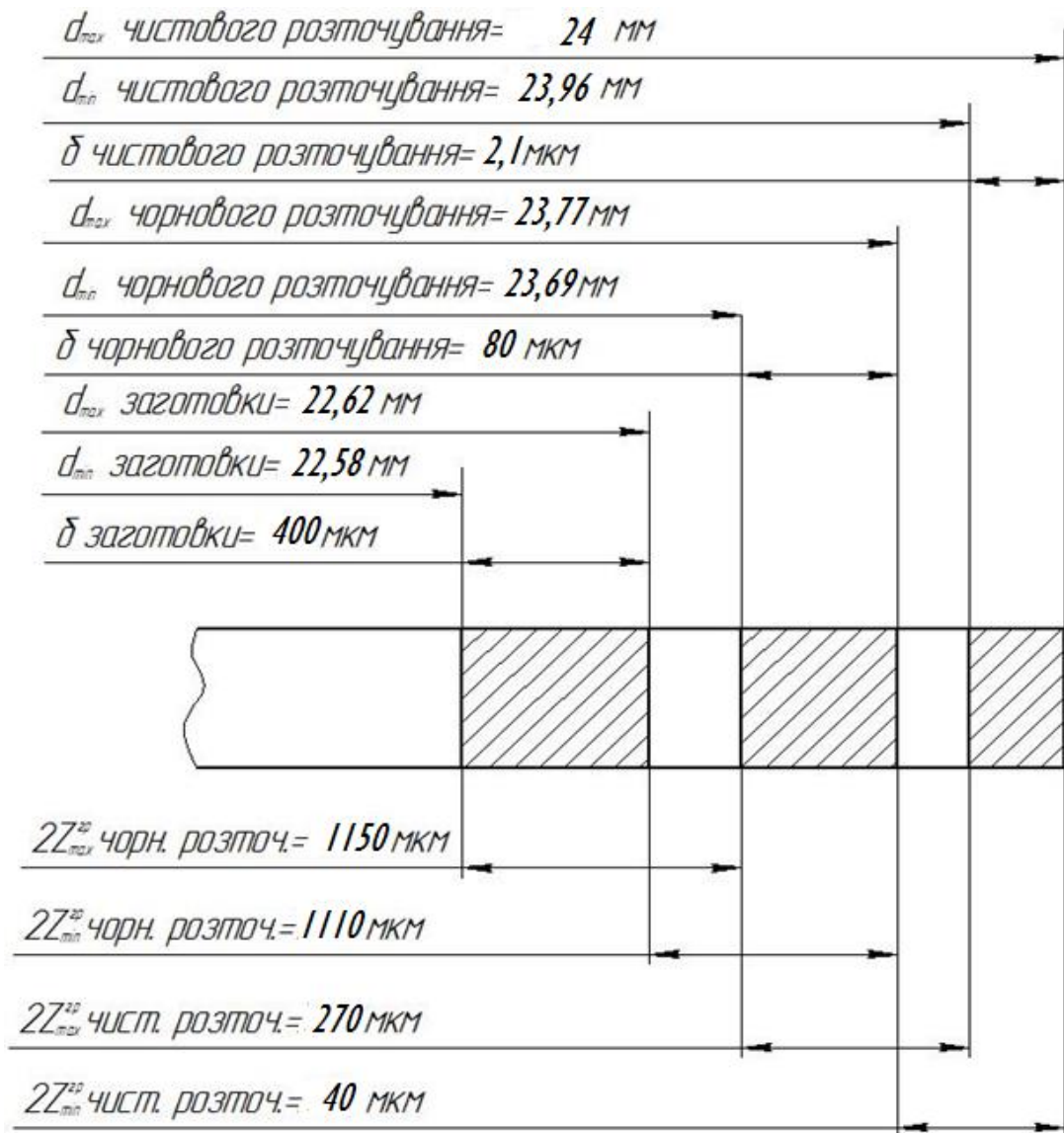


Рисунок 2.1 Схема графічного позначення припусків і допусків

2.4 Розрахунок режимів різання та вибір обладнання

Розглянемо розрахунок режиму різання для переходу № 1 операції 010 Токарної чорнової та переходу № 1 операції 015 Токарної чорнової з обґрунтуванням обладнання [13]. Результати розрахунку режимів різання інших операцій зведемо у загальну таблицю.

Операція 010 Перехід № 1.

					039В-24.00.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		26

Загальний поправочний коефіцієнт K_p на силу різання:

$$K_p = K_{mp} \times K_{\varphi\varphi} \times K_{\gamma\gamma} \times K_{\lambda\lambda} \times K_{np}, \quad (2.9)$$

Коефіцієнт, що враховує вплив якості сплаву на силу різання, визначаємо за довідником [16], $K_{mp} = 0,75$.

Коефіцієнти, що враховують геометричні параметри різця, визначаємо за довідником, при $\varphi = 45^\circ$ $K_{\varphi\varphi} = 1,0$, при передньому куті $\gamma=15^\circ$ $K_{\gamma\gamma}=1,15$, для розрахунку тангенційної сили $K_{\lambda\lambda}=1,0$, K_{np} – не враховується різців із пластинками із твердого сплаву.

Підставивши значення для загального поправочного коефіцієнта, отримаємо:

$$K_p = 0,75 \times 1,0 \times 1,15 \times 1,0 = 0,8625.$$

Тепер визначимо тангенційну складову сили різання:

$$P_z = 204 \times 14^{1,0} \times 0,6^{0,75} \times 0,8625 = 1679,3 \text{кГ}$$

Тоді потужність, що споживається на процес різання, дорівнює:

$$N_p = \frac{1679,3 \times 68,45}{0,85 \times 1020 \times 60} = 2,2 \text{кВт} \leq N_{cm} = 7,1 \text{кВт}$$

Оскільки умову $N_p \leq N_{cm}$ дотримано, то верстат витримає цей режим.

Також розраховуємо для інших переходів даної операції та для операції 015 та їх переходів. Значення коефіцієнтів та розрахунків заносимо до таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Режими різання

Операція	S ₂ , мм/об	S ₄ , мм/об	t ₂ , мм	t ₄ , мм	V ₂ , мм/хв	V ₄ , мм/хв	n ₂ , об/хв	n ₄ , об/хв	η	кρ	Pz ₂ , Н	Pz ₄ , Н	Np ₂ , кВт	Np ₄ , кВт
010	0,2	0,5	1,5	2	48,3 6	81,6	700	1000	0,85/ 0,85	0,86/0, 81	7734	1200,4	1,7	1,88
015	0,2 5	0,2	1	1,5	128, 7	46,6	1100	1600	0,85	0,56/0, 81	4314	6002	1,06	5,3

Вертикально-свердильний верстат TS2e

Характеристики: кількість швидкостей шпинделя 12, $n = 22-1000$ об/хв, кількість подач револьверної головки 12, $S = 0,05-2,24$ мм/об, потужність електродвигуна $N = 2,8$ кВт.

Горизонтально-фрезерний верстат 6Н81

Характеристики: розміри робочої поверхні столу 250×1000 , кількість швидкостей шпинделя 16, $n = 50-1600$ об/хв, $S_{\text{под.}} = 35-1020$ мм/хв, $S_{\text{попер.}} = 28-790$ мм/хв, потужність електродвигуна $N = 5,5$ кВт.

3.2 Проектування контрольного пристрою

Штангенциркуль – універсальний вимірювальний інструмент, призначений для вимірювання зовнішніх та внутрішніх діаметрів, довжин, товщин, глибин тощо [18].

За допомогою шкали ноніуса штангенциркуля визначається точність. Завдяки цьому можна отримати відлік дробових частин міліметра (0,1; 0,05 та 0,02 мм). Основним елементом штангенциркуля є штанга поділками до міліметра. Шкала ноніуса має поділку, що відрізняється від цілого числа поділок штанги на знання відліку. У штангенциркуля зі значенням відліку 0,1 мм поділ ноніуса дорівнює 1,9 (або 4,9) мм, у штангенциркуля зі значенням відліку 0,05 мм поділ ноніуса – 1,95 мм, а у штангенциркуля зі значенням відліку 0,098 мм при довжині шкали ноніуса відповідно 19 (або 49), 39 і 49 мм та числі поділів ноніуса 10, 20 та 50.

За ДСТУ 166:2009 виготовляються штангенциркулі трьох типів: ШЦ-I, ШЦ-II та ШЦ-III.

Штангенциркуль ШЦ-I із двостороннім розміщенням призначений для зовнішніх і внутрішніх вимірювань, він має лінійку для вимірювання глибин, межі вимірювань 0-125 мм та значення відліку 0,1 мм.

Штангенциркуль ШЦ-II із двостороннім розміщенням призначений для вимірювання і розмітки, межі вимірювання 0-200 і 0-320 мм, значення відліку

					039В-24.00.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		31

0,05 мм і 0,1 мм.

Штангенциркуль ШЦ-III з одностороннім розміщенням має межі вимірювання 0-500 мм при значенні відліку 0,05 та 0,1 мм та 240-710, 320-1000, 500-1400, 800-2000 мм при значенні відліку 0,1 мм.

Штангенциркуль зі значенням відліку 0,02 мм та межами вимірювання 0-300 мм.

У штангенциркулів з одним ноніусом нанесений розмір для внутрішніх вимірювань, який необхідно враховувати під час вимірювань.

Для вимірювання розмірів деталі штуцер ми обрали Штангенциркуль ШЦ-II-250-0,05 ДСТУ 166:2009.

					039В-24.00.00.00.000ПЗ	Арк.
						32
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

4 ПРОЕКТУВАННЯ МЕХАНІЧНОЇ ДІЛЬНИЦІ

4.1 Уточнення типу виробництва

Тип виробництва уточнюємо [19]. Вираховуємо кількість обладнання, яке потрібне для обробки деталі:

$$m_p = \frac{N \cdot T_{ш-к}}{60 \cdot F_o \cdot \eta_{з.н.}}, \quad (4.1)$$

де N – програма випуску в рік;

F_o – фонд роботи обладнання в рік ($F_o = 3720 \text{ год}$);

$T_{ш-к}$ – час штучно-калькуляційний;

$\eta_{з.н.}$ – коефіцієнт обладнання завантаження.

Обчислюємо m_p й отримуємо робочі місця P . Проведено розрахунок Для операції 005:

$$m_p = \frac{90000 \cdot 0,722}{60 \cdot 3720 \cdot 0,7} = 0,416; \quad P = 1;$$

Коефіцієнт завантаження обладнання:

$$\eta_{з.ф.} = \frac{0,416}{1} = 0,416;$$

Розраховуємо кількість операцій. “ O ” не округлюється:

$$O = \frac{0,7}{0,416} = 1,683;$$

Для операцій розрахунки наведені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Визначення операцій для обробки та задіяних верстатів

Операція	$T_{ш-к}$	m_p	P	$\eta_{з.ф.}$	O
005	0,722	0,416	1	0,416	1,683
010	0,875	0,504	1	0,504	1,389
015	1,677	0,966	1	0,966	0,725
020	1,268	0,73	1	0,73	0,959
025	0,152	0,088	1	0,088	7,955

$$\Phi_{po} = 253 \cdot 8 \cdot \left(1 - \frac{11}{100}\right) = 1801, \text{ л.}$$

При багатостатному обслуговуванні формулу (4.5) замість величини t_{ij} підставляємо t_{nij} , величина якої визначаємо за формулою:

$$t_{nij} = \frac{t_{ij}}{n_c} \cdot K_{um}, \quad (4.5)$$

де n_c – число верстатів, які обслуговуються одним працівником;

K_{um} – коефіцієнт штучного часу, що залежить від числа верстатів, які обслуговуються і враховує випадки зупинок верстата, а також враховує інтенсифікацію праці при багатостатному обслуговуванні.

Кількість працівників встановлюється шляхом відповідного заокруглення отриманого значення $Ч_{осн.пр.}$ до цілого.

Токарі:

$$Ч_{осн.пр.} = \frac{(22,79 + 11,96 + 11,57 + 26,24 + 4,8) \cdot 2000}{60 \cdot 1801 \cdot 1,15} = 1,25, \text{ л.}$$

Приймаємо кількість основних працівників, що буде дорівнювати 2 особам.

Фрезерувальники:

$$Ч_{осн.пр.} = \frac{8,24 \cdot 2000}{60 \cdot 1801 \cdot 1,15} = 0,13, \text{ л.}$$

Приймаємо – 1 особу.

Свердлувальники:

$$Ч_{осн.пр.} = \frac{(12,12 + 28,87) \cdot 2000}{60 \cdot 1801 \cdot 1,15} = 0,65 \text{ л.}$$

Приймаємо кількість працівників – 1 особу.

Розрахунок необхідної кількості основних робітників оформлено у таблиці 4.2.

					039В-24.00.00.00.000ПЗ	Арк.
						35
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

$t_{зм.}$ – тривалість робочої зміни, год;

K_{II} – втрати часу планові, ремонт, %, $K_{II} = 2-8$ %.

Підставляючи в рівняння (4.9) вихідні числові значення згідно з завданням на дипломне проектування знаходимо:

$$F_{эф.і} = 253 \cdot 1 \cdot 8 \cdot \left(1 - \frac{5}{100}\right) = 1923 \text{ л.}$$

Відповідно до розробленого маршрутного технологічного процесу та річної програми випуску деталей за рівнянням (4.8) визначаємо потреби в обладнанні за деякими групами металорізальних верстатів.

Верстат токарний моделі 16К20:

$$C_p = \frac{(22,79 + 11,96 + 11,57 + 26,24 + 4,8) \cdot 2000}{1,15 \cdot 1923 \cdot 60} = 1,16.$$

Приймаємо: $C_{II} = 2$ верстати.

Верстат фрезерний:

$$C_p = \frac{8,24 \cdot 2000}{1,15 \cdot 1923 \cdot 60} = 0,12.$$

Приймаємо $C_{II} = 1$ верстат.

Верстат вертикально-свердлильний:

$$C_p = \frac{(12,12 + 28,87) \cdot 2000}{1,15 \cdot 1923 \cdot 60} = 0,61;$$

Приймаємо $C_{II} = 1$ верстат.

Середні коефіцієнти завантаження обладнання ділянки $K_{зy}$ та за групами $K_{зі}$ розраховуємо за формулами:

$$K_{зі} = \frac{C_{pi}}{C_{IIi}}; \quad (4.8)$$

$$K_{зy} = \frac{\sum_{i=1}^m C_{pi}}{C_{IIi}}, \quad (4.9)$$

де m – число груп обладнання на ділянці.

					039В-24.00.00.00.000ПЗ	Арк.
						37
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Таблиця 4.4 – Виробнича площа дільниці

Операції	Обладнання	Площа, м ²	Кількість обладнання	Виробнича площа, м ²	Загальна площа, м ²
Токарна	16К25	4х3	2	25	50
Фрезерна	6Н81	4х3	1	25	25
Вертикально-свердлильна	2М112	4х3	1	25	25

Загальна кількість обладнання – 4.

Виробничу площу ділянки $S_{вир.}$ знаходимо за формулою:

$$S_{вир.} = S_n \cdot n, \quad (4.10)$$

де S_n – питома площа на один верстат, м²;

n – кількість верстатів.

$$S_{вир.} = 25 \cdot 4 = 100, \text{ м}^2.$$

Проходи та проїзди становлять 20 % виробничої площі, що становить 20 м².

При розробці схеми механічної дільниці необхідно врахувати, що предметно замкнуті ділянки мають, як правило, комірчасту структуру, тобто обладнання, призначене для випуску однотипних виробів або конструктивні та технологічні подібні деталі групуються в одному місці [23]. Така побудова дільниці дає можливість розставити все обладнання в процесі технологічного процесу і зберегти шлях руху деталей методом усунення перепон та забезпечення передачі їх з операції на операцію без завезення на склад.

ВИСНОВОК

В результаті розробки технологічного процесу механічної обробки деталі «Штуцер» було встановлено ефективну схему виробництва для масового виготовлення цих деталей. Використання потокової організації виробництва та впровадження комбінованого інструменту дозволило зменшити час обробки та підвищити продуктивність процесу. Для виготовлення деталей використовували заготовки отримані методом прокату. Для механічної обробки використовували токарно-гвинторізні, фрезерний та радіально-свердлильний верстати.

Розраховані припуски на механічну обробку, визначені технологічні норми часу та розроблені необхідні пристосування для оптимізації виробничого процесу. Розроблені спеціальне пристосування для свердління та контрольний пристрій для перевірки перпендикулярності торця деталі відносно осі отвору.

Отже, розроблений технологічний процес механічної обробки деталі «Штуцер» є ефективним і може бути успішно використаним у виробництві.

					039В-24.00.00.00.000ПЗ	Арк.
						40
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

10. Технологія обробки типових деталей та складання машин : 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. Луцьк : Луцький НТУ, 2022. 80 с.

11. Технологічні основи машинобудування : 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. 63 с.

12. Проектування та технологія виготовлення металорізальних інструменти: конспект лекцій для студентів напряму підготовки 6.050502 «Інженерна механіка / уклад. Н.Т. Зубовецька, Г.А Герасимчук. Луцьк: Луцький НТУ, 2016. 152 с.

13. 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.

14. Основи теорії різання матеріалів: підручник [для вищ. навч. закладів] / [М.П. Мазур, Ю.М. Внуков, А.І. Грабченко, В.Л. Доброскок, В.О. Залога, Ю.К. Новосьолов, Ф.Я. Якубов ; під заг. ред. М.П. Мазура.] – 3-є вид. перероб. і доп. Львів: Новий Світ-2000, 2020. 471 с.

15. Різальний інструмент та інструментальне забезпечення автоматизованого виробництва Електронний ресурс: Метод. вказівки до викон. лаборатор. роботи «Осьовий інструмент. Зенкери» для студ. напряму підготовки 6.050503 Машинобудування / Уклад.: В.І. Солодкий, І.В. Слободянюк, С.В. Майданюк. К.: НТУУ «КПІ», 2016. 10 с.

16. Булига, Ю. В. Теорія різання. Розрахунок режимів різання : практикум / Булига Ю. В., Веселовська Н. Р., Міськов В. П. Вінниця : ВНТУ, 2019. 67 с.

					039В-24.00.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		42

17. Гевко Б.М. Технологія обробки на верстатах з ЧПК: навч. посібник. / Гевко Б.М., Матвійчук А.В. Тернопіль: ТДТУ, 2004 . 131 с.

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

19. 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.

20. 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.

21. ДСТУ 7809:2015 Прокат сортовий, калібрований зі спеціальним обробленням поверхні з вуглецевої якісної конструкційної сталі. Загальні технічні умови.

22. Дусанюк Ж.П. Механоскладальні дільниці та цехи в машинобудуванні / Ж.П. Дусанюк, Н.С. Семичаснова, І.В. Гунько Вінниця : ВДТУ, 1998. 77 с.

23. 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.

					039В-24.00.00.00.000ПЗ	Арк.
						43
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

ДОДАТКИ

					039В-24.00.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		44