Міністерство освіти і науки України

Луцький національний технічний університет

Факультет транспорту та механічної інженерії

Кафедра прикладної механіки та мехатроніки

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

ЗА СТУПЕНЕМ ВИЩОЇ
ОСВІТИ «БАКАЛАВР»

ПРОЕКТУВАННЯ ДІЛЬНИЦІ З РОЗРОБКОЮ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ДЕТАЛІ «СТУПИЦЯ» 46.37.168

спеціальність 131 Прикладна механіка
освітня програма Прикладна механіка

Виконав: здобувач вищої освіти
Групи ІМ-41
Батюк Дем'ян Русланович

_____
(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

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

Батюку Дем'яну Руслановичу

1. Тема кваліфікаційної роботи *Проектування дільниці з розробкою технологічного процесу механічної обробки деталі «Ступиця» 46.37.168*.

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 ступиця 46.37.168, річна програма випуску 80000шт/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).

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання *04.02.2024 р.*

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи бакалавра	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	*Загальна частина*	*17.02.2024р.*	
2.	*Технологічна частина*	*23.03.2024р.*	
3.	*Конструкторська частина*	*13.04.2024р.*	
4.	*Проектування механічної дільниці*	*11.05.2024р.*	
5.	*Охорона праці*	*18.05.2024р.*	
6.	*Висновки та пропозиції*	*25.05.2024р.*	
7.	*Формування списку використаних джерел*	*25.05.2024р.*	
8.	*Формування додатків*	*25.05.2024р.*	
9.	*Оформлення ілюстративного матеріалу*	*01.06.2024р.*	
10.	*Нормоконтроль*	*01.06.2024р.*	
11.	*Інструментальна перевірка на академічний плагіат*	*01.06.2024р.*	
12.	*Представлення кваліфікаційної роботи бакалавра до захисту*	*03.06.2024р.*	

Здобувач вищої освіти _____ *Батюк Д.Р.*

Керівник кваліфікаційної роботи _____ *Гулієва Н.М.*

АНОТАЦІЯ

Батюк Д. Р. Проектування дільниці з розробкою технологічного процесу механічної обробки деталі «Ступиця» 46.37.168. 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.

ABSTRACT

Batiuk D.R. Design of the site with the Development of the Technological Process of Mechanical Processing of the Part "Hub" 46.37.168. 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.

ЗМІСТ

ВСТУП 7
1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА.....9
1.1 Службове призначення і характеристика обєкта виробництва, аналіз технічних умов на деталь 9
1.2 Вибір методу одержання заготовки 12
1.3 Вибір методу обробки поверхонь.....13
1.4 Визначення типу та організаційної форми виробництва 14
2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА 21
2.1 Аналіз технологічності конструкції деталі.....21
2.2 Вибір технологічних баз.....22
2.3 Визначення допусків на технологічні розміри і розрахунок припусків.....24
2.4 Розрахунок режимів різання, вибір обладнання 26
3 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА 30
3.1 Проектування технологічного оснащення.....30
3.2 Проектування контрольного пристрою 33
4 ПРОЕКТУВАННЯ МЕХАНІЧНОЇ ДІЛЬНИЦІ 35
4.1 Уточнення типу виробництва 35
4.2 Визначення кількості працівників на дільниці 36
4.3 Розрахунок виробничої площі дільниці.....36
4.4 Розробка технологічного планування дільниці.....37
ВИСНОВОК.....39
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ 40
ДОДАТКИ.....42

ВСТУП

Для виконання кваліфікаційної роботи бакалавра потрібно спроектувати дільницю з розробкою технологічного процесу механічної обробки деталі «Ступиця». Це завдання, яке передбачає комплексний підхід та ретельне вивчення кожного етапу виробництва. В контексті сучасного промислового середовища, де швидкість, якість та ефективність виробництва є визначальними факторами конкурентоспроможності, проектування оптимального технологічного процесу стає вагомим елементом виконання роботи.

В даній роботі буде розглянуто не лише технологічні аспекти механічної обробки деталі, але й враховано питання ергономіки, безпеки праці та використання сучасного обладнання для досягнення оптимального результату.

Актуальність теми роботи має вагоме значення в контексті сучасної промисловості. З одного боку, технологічний прогрес і постійний розвиток матеріалознавства ставлять перед виробництвом виклик оптимізації процесів обробки для досягнення найвищої якості та ефективності. З іншого боку, конкурентне середовище вимагає швидкості та гнучкості виробництва, а отже, високою стає вимога до оптимізації та автоматизації технологічних процесів. Проектування ефективної дільниці для обробки деталі «Ступиця» не лише сприятиме підвищенню продуктивності та якості виробництва, але й дозволить підприємству бути конкурентоспроможним на ринку.

Завдання на дослідження:

1) дослідити оптимальні технологічні методи механічної обробки деталі «Ступиця» з урахуванням вимог до якості та точності виготовлення;

2) вивчити можливості використання сучасного обладнання та технологій для оптимізації процесу обробки з метою зниження часу виготовлення та витрат сировини;

3) проаналізувати ергономічні аспекти робочого середовища на дільниці з метою мінімізації травматизму та підвищення комфорту працівників;

4) дослідити ефективність та вибір оптимальної стратегії здійснення контролю якості обробки на кожному етапі виробництва;

5) вивчити можливості впровадження автоматизованих систем моніторингу та керування процесом обробки для забезпечення стабільної якості виробництва;

6) проаналізувати вплив різних параметрів обробки (швидкість різання, подача інструменту, тип інструменту тощо) на якість та продуктивність виробництва.

1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

1.1 Службове призначення і характеристика обєкта виробництва, аналіз технічних умов на деталь

Деталь «Ступиця» 46.37.168 є запчастиною до переднього колеса та віднесена до групи фланців. Вона є складальною одиницею переднього моста трактора Т30 і призначена для монтування передніх коліс [1].

Ступиця переднього колеса 46.37.168 монтується на підшипниках піввісей переднього моста (див. рис. 1.1). На неї кріпиться кільце переднього колеса.

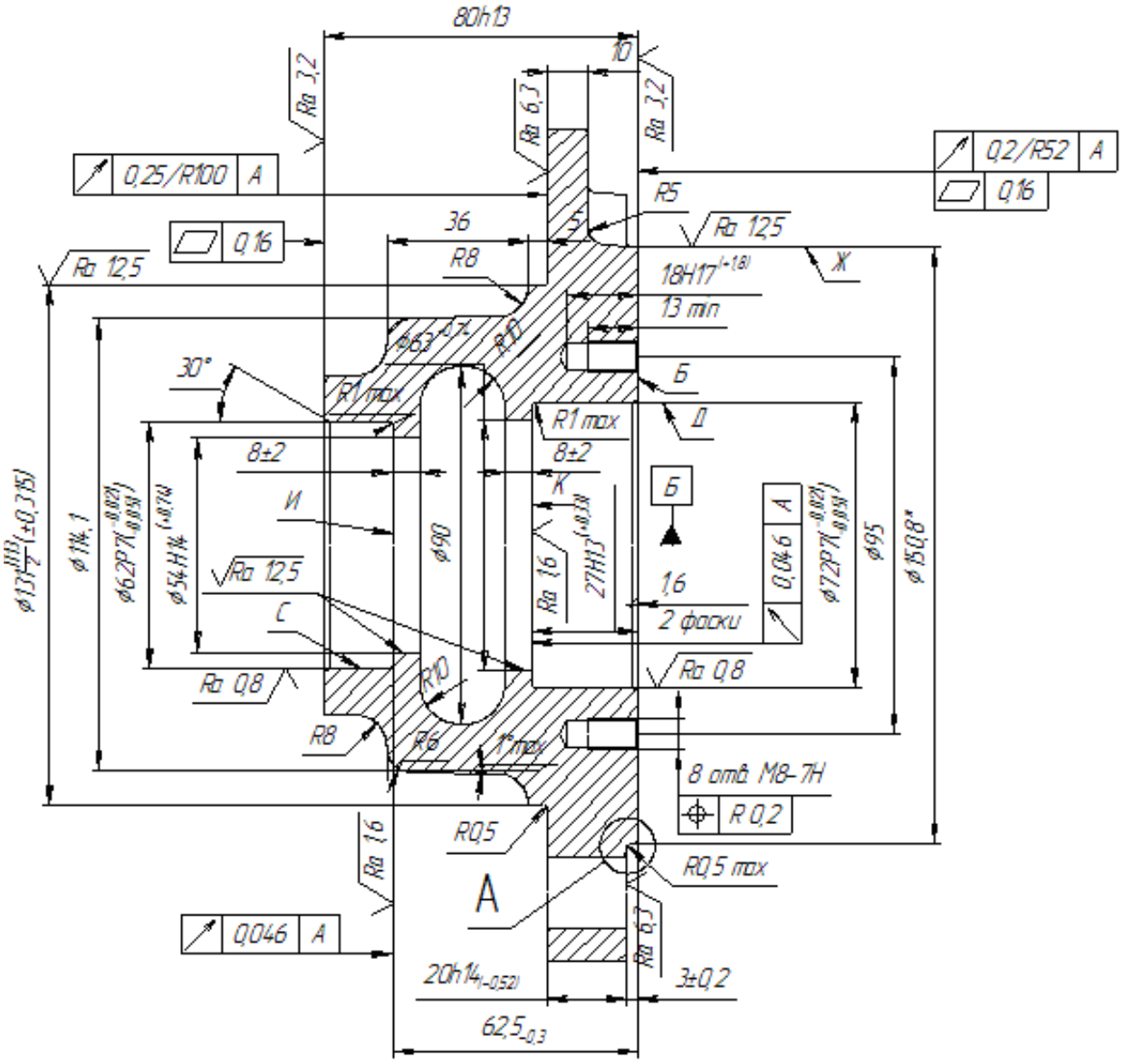


Рисунок 1.1 Ескіз деталі «Ступиця»

Головними поверхнями деталі є внутрішні отвори для підшипників, торець «А», де монтується диск кільця колеса, отвір для кріплення ступиці разом з диском кільця колеса, а також поверхня ступиці для закріплення кришок (див. рис. 1.2).

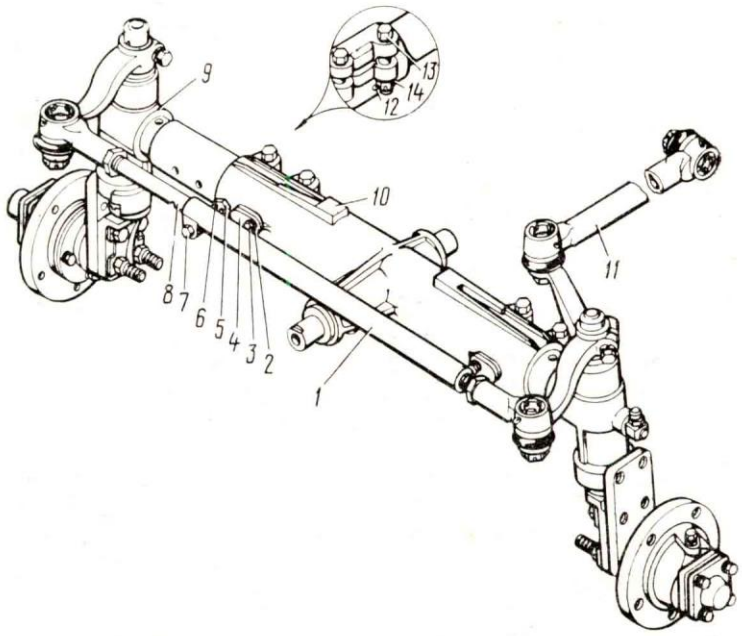


Рис. 1.2 – Міст передній: *1* – поперечна тяга; *2 і 6* –пружинні шайби; *3* – болт; *4* – планка; *5* і *14* – гайки; *7* і *13* – болти; *8* – стержень тяги; *9* – корпус; *10* – балансир; *11* – тяга поздовжня; *12* – шплінт

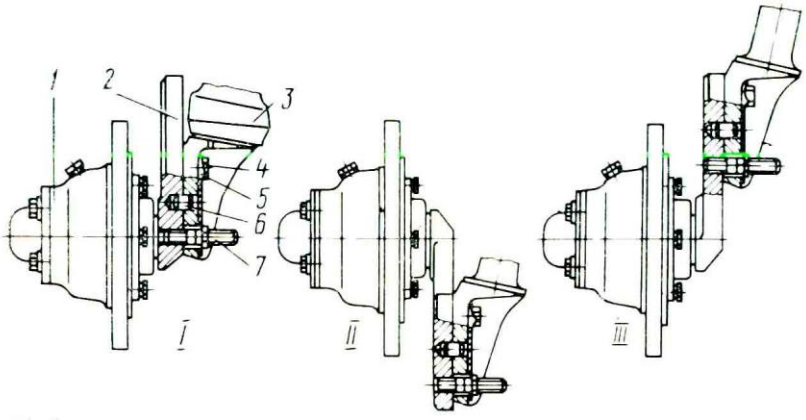


Рис. 1.3 – Піввісь

Передній (ходовий) міст виконує такі функції:

– забезпечення прямолінійного руху трактора;

– керування рухом трактора;

– регулювання ширини колії та висоти агротехнічного проходу трактора.

Передній міст складається з балансира 10, в якому розміщуються корпуси кулаків правого 9 і лівого колеса, в яких встановлені вісі з прикріпленими до них півосями.

На цих вісях закріплені важелі і тяги кермового керування. Ручне регулювання ширини колії передніх коліс здійснюється переміщенням поворотних кулаків в балансирі. Керування передніми колесами відбувається з кабіни тракториста за допомогою кермового механізму, з використанням поздовжньої кермової тяги, що з'єднана з сошкою і важелем віссі поворотного кулака. Зміна збіжності передніх коліс здійснюється за допомогою поперечної кермової тяги, шляхом її подовження або скорочення.

Ступиця переднього колеса закріплюється на піввісі двох підшипників з внутрішніми циліндричними поверхнями діаметром ø62 Р7 і ø72 Р7. Сама піввісь закріплюється гайкою М16×1,5, яка зафіксована на валу за допомогою шплінта через поперечний отвір у різьбі $ø4^{+0,3}$. На різі є виємка, що використовується для установлення шайби з некруглим отвором, щоб запобігти самовідкручуванню ступиці колеса під час руху трактора. На зовнішній циліндричний поверхні піввісі $ø38^{-0,1}$ встановлюється ущільнення, яке захищає підшипники ступиці колеса від попадання пилу та бруду.

Хімічні, ливарно-технологічні, механічні й фізичні характеристики представлено у таблицях 1.1 та 1.4.

Таблиця 1.1 – Хімічний склад чавуну марки СЧ15, % ДСТУ 8833:2019 [2]

C	S	P	Si,	Mn	Fe
3,5-3,7	≤0,15	≤0,02	2-2,24	0,5–0,8	залишок

Таблиця 1.2 – Ливарні та технологічні властивості матеріалу СЧ15

Ливарна усадка	1,1 %

Таблиця 1.3 – Механічні властивості при Т=20 ºС матеріалу СЧ15

Асортимент	S_B	Твердість, $HB\ 10^{-1}$,
	МПа	МПа
Виливки, ДСТУ 8833:2019	150	130...241

Таблиця 1.4 – Фізичні властивості СЧ15

Т	а 10^6	Е 10^{-5}	С	r	1
Град	1/Град	МПа	Дж/(кг·град)	кг/м^3	Вт/(м·град)
20	-	0,9	-	7000	59
100	9	-	460	-	-

1.2 Вибір методу одержання заготовки

Фактори, що впливають на вибір методу отримання заготовки, включають матеріал деталі, її призначення, механічні вимоги до виготовлення, об'єм і серія випуску, форма поверхні і розміри деталі. Оптимальний метод вибирається після аналізу цих факторів та оцінки технологічної собівартості деталі. Метод, що забезпечує технологічність виготовлення при мінімальній собівартості, є найбільш оптимальним.

Сірий чавун СЧ15 використовується для виготовлення деталі, тому найбільш вигідним варіантом буде лиття. Порівняємо вартість лиття в пісчано-глиняні форми та лиття в кокіль. Обчислюємо вартість заготовки та деталі, отриманої литтям [3].

$$M_{дет.} = 847 \cdot 7{,}2 \approx 6{,}1кг$$

$$M_{заг.} = 972 \cdot 7{,}2 \approx 7кг$$

$C_i = 38000 кг/т;$

$C_{відх.} = 7000 кг/т.$

$$S_{заг.1} = \left(\frac{38000}{1000} \cdot 1{,}5 \cdot 1{,}1 \cdot 0{,}83 \cdot 1 \cdot 1{,}08 \cdot 1\right) - (1{,}5 - 0{,}83) \cdot \frac{7000}{1000} = 51{,}5;$$

$$S_{заг.2} = \left(\frac{38000}{1000} \cdot 1{,}06 \cdot 1{,}1 \cdot 0{,}83 \cdot 1 \cdot 1{,}08 \cdot 1\right) - (1{,}06 - 0{,}83) \cdot \frac{7000}{1000} = 38{,}1.$$

Визначаємо економічний ефект отримання заготовки:

$$E_{з.} = (51{,}5 - 38{,}1) \times 80000 = 1072000 грн.$$

1.3 Вибір методу обробки поверхонь

Обробку поверхонь виконують у кілька етапів, кожен з яких передбачає використання певного типу обробки (від чорнової до чистової). У деталі «Ступиця» є поверхні, для яких не встановлені високі вимоги, тому їм достатньо лише чорнової обробки [4].

Загальне уточнення полягає в наступному:

$$\varepsilon = \frac{T_{з.}}{T_{д.}}, \tag{1.1}$$

де $T_{з.}$ й $T_{д.}$ – допуски параметрів для заготовки й деталі.

Для вибору числа ступенів застосовуємо формулу:

$$n = \frac{\lg \varepsilon}{0,46}. \tag{1.2}$$

Наприклад, для деталі, яка має внутрішню циліндричну поверхню ø54мм із допуском Н14.

Заготовка методом лиття в кокіль виготовляється при точності Н14.

Загальне уточнення:

$$\varepsilon = \frac{680}{66} = 10{,}3;$$

$$n = \frac{lg\,10{,}3}{0{,}42} = 2{,}4.$$

Початкова точність Н14 та після чорнової обробки стає Н11 (від 3 до 2); після виконання чистової обробки наближається до Н9 (з 2 до 1). Це повністю задовольняє умови вибору механічної обробки.

1.4 Визначення типу та організаційної форми виробництва

1. Обчислимо річну програму випуску деталей:

$N_{вип.}$ = 80000 *шт.*

$$N_{зап.} = 80000 \cdot \left(1 + \frac{4}{100} + \frac{5}{100} + \frac{5}{100}\right) = 91200 шт.$$

На початковому етапі проектування технології за допомогою програми запуску встановлюється, що вид виробництва може бути масовим, що відповідає значенню $K_{з.}$ = 1 ... 10 (ДСТУ 3.1128:2014) [5].

Методом узагальнення за допомогою приблизних формул обчислюємо основний час.

Штучно-калькуляційний час визначається як:

$$T_{ш-к} = T_0 \cdot \varphi_к \quad (1.3)$$

де $\varphi_к$ – поправочний коефіцієнт.

005 Токарна

1. Точити отвір:

$T_o = 0{,}18 \cdot 210 \cdot 35 \cdot 10^{-3} = 1{,}323 хв.$

2. Підрізати торець 210мм начорно:

$T_o = 0{,}037 \cdot (210^2 - 45^2) \cdot 10^{-3} = 1{,}557 хв.$

3. Точити отвір 63мм начорно:

$T_o = 0{,}18 \cdot 63 \cdot 15 \cdot 10^{-3} = 0{,}17 хв.$

4. Підрізати торець 153,3мм начорно:

$T_o = 0{,}037 \cdot (153{,}3^2 - 45^2) \cdot 10^{-3} = 0{,}795 хв.$

5. Точити фаску 72мм:

$T_o = 0{,}18 \cdot d \cdot l \cdot 10^{-3} = 0{,}18 \cdot 72 \cdot 30 \cdot 10^{-3} = 0{,}389 хв.$

6. Точити отвір 60,6мм начорно:

$T_o = 0{,}18 \cdot d \cdot l \cdot 10^{-3} = 0{,}18 \cdot 60{,}6 \cdot 23 \cdot 10^{-3} = 0{,}25 хв.$

7. Підрізати торець 210мм начисто:

$T_o = 0{,}052 \cdot (D^2 - d^2) \cdot 10^{-3} = 0{,}052 \cdot (210^2 - 44^2) \cdot 10^{-3} = 2{,}193 хв.$

8. Точити отвір 54мм начорно:

$T_o = 0{,}18 \cdot d \cdot l \cdot 10^{-3} = 0{,}18 \cdot 54 \cdot 186 \cdot 10^{-3} = 1{,}811 хв.$

9. Підрізати торець:

$T_o = 0{,}037 \cdot (102^2 - 6^2) \cdot 10^{-3} = 0{,}384 хв.$

10. Точити фаску 62,4мм:

$T_o = 0{,}18 \cdot 62{,}4 \cdot 96 \cdot 10^{-3} = 1{,}078 хв.$

$T_{o\sum} = 1{,}323 + 1{,}557 + 0{,}17 + 0{,}795 + 0{,}389 + 0{,}25 + 2{,}193 + 1{,}811 + 0{,}384 + 1{,}078 = 9{,}95 хв.$

Штучно-калькуляційний час:

$T_{ш-к} = 9{,}95 \cdot 1{,}5 = 14{,}92 хв.$

010 Агрегатна

1. Свердлити отвір:

$T_o = 0{,}857 \cdot 6{,}8 \cdot 18 \cdot 10^{-3} = 0{,}107 хв.$

Чотири отвори:

0,107×4=0,42*хв.*

2. Зенкерувати фаску:

$T_o = 0{,}21 \cdot 6{,}8 \cdot 20 \cdot 10^{-3} = 0{,}027 хв.$

Чотири отвори:

0,27×4=1,16*хв.*

3. Свердлити отвір:

$T_o = 0{,}857 \cdot d \cdot l \cdot 10^{-3} = 0{,}857 \cdot 16 \cdot 17 \cdot 10^{-3} = 0{,}233 хв.$

П’ять отворів:

0,233×5=1,165*хв.*

4. Зенкерувати отвір:

$T_o = 0{,}21 \cdot 17{,}7 \cdot 27 \cdot 10^{-3} = 0{,}100 хв.$

П’ять отворів:

0,1×5=0,5*хв.*

5. Розгорнути отвір:

$$T_o = 0{,}86 \cdot d \cdot l \cdot 10^{-3} = 0{,}86 \cdot 18 \cdot 38 \cdot 10^{-3} = 0{,}588 хв.$$

П’ять отворів:

0,588×5=2,94*хв.*

6. Точити фаску 8мм:

$$T_o = 0{,}18 \cdot d \cdot l \cdot 10^{-3} = 0{,}18 \cdot 8 \cdot 5 \cdot 10^{-3} = 0{,}007 хв.$$

Чотири отвори:

0,007×4=0,028*хв.*

7. Нарізати різь:

$$T_o = 0{,}4 \cdot d \cdot l \cdot 10^{-3} = 0{,}4 \cdot 8 \cdot 13 \cdot 10^{-3} = 0{,}042 хв.$$

Чотири отвори:

0,042×4=0,168*хв.*

$$T_{o\sum} = 0{,}42 + 1{,}16 + 1{,}165 + 0{,}5 + 2{,}94 + 0{,}028 + 0{,}168 = 6{,}381 хв.$$

Штучно-калькуляційний час:

$$T_{ш-к} = 6{,}381 \cdot 1{,}5 = 9{,}572 хв.$$

015 Агрегатна

1. Свердлити отвір:

$$T_o = 0{,}857 \cdot d \cdot l \cdot 10^{-3} = 0{,}857 \cdot 6{,}8 \cdot 20 \cdot 10^{-3} = 0{,}117 хв.$$

Чотири отвори:

0,117×4=0,468*хв.*

2. Зенкерувати фаску:

$$T_o = 0{,}21 \cdot d \cdot l \cdot 10^{-3} = 0{,}21 \cdot 6{,}8 \cdot 20 \cdot 10^{-3} = 0{,}029 хв.$$

Чотири отвори:

0,029×4=0,116*хв.*

3. Розточити фаску:

$$T_o = 0{,}18 \cdot d \cdot l \cdot 10^{-3} = 0{,}18 \cdot 8 \cdot 5 \cdot 10^{-3} = 0{,}007 хв.$$

Чотири отвори:

0,007×4=0,028*хв.*

4. Нарізати різь:

$$T_o = 0{,}4 \cdot d \cdot l \cdot 10^{-3} = 0{,}4 \cdot 8 \cdot 38 \cdot 10^{-3} = 0{,}122 хв.$$

Чотири отвори:

0,122×4=0,488*хв.*

$$T_{o\sum} = 0{,}468 + 0{,}116 + 0{,}028 + 0{,}488 = 1{,}1 хв.$$

Штучно-калькуляційний час:

$$T_{ш-к} = 1{,}1 \cdot 1{,}5 = 1{,}65 хв.$$

020 Алмазно-розточна

1. Підрізати торець:

$$T_o = 0{,}052 \cdot (D^2 - d^2) \cdot 10^{-3} = 0{,}052 \cdot (62^2 - 23^2) \cdot 10^{-3} = 0{,}172 хв.$$

2. Підрізати торець:

$$T_o = 0{,}052 \cdot (D^2 - d^2) \cdot 10^{-3} = 0{,}052 \cdot (72^2 - 30^2) \cdot 10^{-3} = 0{,}223 хв.$$

$$T_{o\sum} = 0{,}172 + 0{,}223 = 0{,}395 хв.$$

Штучно-калькуляційний час:

$$T_{ш-к} = 0{,}395 \cdot 1{,}5 = 0{,}593 хв.$$

2. Нормативний коефіцієнт обладнання завантаження $\eta_{з.н.}$. Для великосерійного виробництва 0,65-0,75. Приймаємо $\eta_{з.н.}$=0,75.

3. Визначаємо кількість обладнання m_p і отримуємо робочі місця “Р”.

005

$$m_p = \frac{80000 \cdot 14{,}92}{60 \cdot 3720 \cdot 0{,}75} = 7{,}13; \; P = 8;$$

010

$$m_p = \frac{80000 \cdot 9{,}572}{60 \cdot 3720 \cdot 0{,}75} = 4{,}574; \; P = 5;$$

015

$$m_p = \frac{80000 \cdot 1{,}65}{60 \cdot 3720 \cdot 0{,}75} = 0{,}789; \quad P = 1;$$

020

$$m_p = \frac{80000 \cdot 0{,}593}{60 \cdot 3720 \cdot 0{,}75} = 0{,}283; \quad P = 1.$$

4. Розраховуємо коефіцієнт завантаження обладнання:

005

$$\eta_{з.ф.} = \frac{7{,}13}{8} = 0{,}891;$$

010

$$\eta_{з.ф.} = \frac{4{,}574}{5} = 0{,}915;$$

015

$$\eta_{з.ф.} = \frac{0{,}789}{1} = 0{,}789;$$

020

$$\eta_{з.ф.} = \frac{0{,}283}{1} = 0{,}283.$$

2. Розраховуємо кількість операцій:

$$O = \frac{\eta_{з.н.}}{\eta_{з.ф.}}. \qquad (1.4)$$

Виконуємо розрахунки:

005 $O = \frac{0{,}75}{0{,}891} = 0{,}842;$

010 $O = \frac{0{,}75}{0{,}915} = 0{,}82;$

015 $O = \frac{0{,}75}{0{,}789} = 0{,}95;$

020 $O = \frac{0{,}75}{0{,}283} = 2{,}65.$

Розрахунки операцій заносимо в таблицю 1.5.

Таблиця 1.5 – Необхідна кількість операцій і верстатів

Операція	$T_{ш-к}$	m_p	Р	$\eta_{з.ф.}$	О
005	14,92	7,13	8	0,891	0,842
010	9,572	4,574	5	0,915	0,82
015	1,65	0,789	1	0,789	0,95
020	0,593	0,283	1	0,283	2,65

$$\sum O = 0{,}842 + 0{,}82 + 0{,}95 + 2{,}65 = 5{,}262;$$

$$\sum P = 8 + 5 + 1 + 1 = 15.$$

Обчислюємо коефіцієнт закріплення операції:

$$K_{з.} = \frac{\sum O}{\sum P} = \frac{5{,}262}{15} = 0{,}35.$$

Вираз відповідає умові $0 \le K_{з.о.} = 0{,}35 \le 10$ – багатосерійному типу виробництва.

Визначаємо форму виробництва:

$$N_c = \frac{80000}{254} \approx 315 шт.$$

Добова продуктивність потокової лінії:

$$\eta_{з.ф.} = \frac{0{,}891 + 0{,}915 + 0{,}789 + 0{,}283}{15} = 0{,}192;$$

$$T_{шк.-ср.} = \frac{14{,}92 + 9{,}572 + 1{,}65 + 0{,}593}{15} = 1{,}78;$$

$$Q_c = \frac{952}{1{,}78} \cdot 0{,}192 = 103 шт.$$

360>103·0,8=82.

Отже, за розрахунками потокова форма виробництва.

$F_д = 3720 год.$

N – програма випуску.

$$t_в = \frac{60 \cdot 3720}{80000} = 2{,}79 хв.$$

Отже, для обробки деталі «Ступиця» приймаємо багатосерійний тип виробництва із потоковою формою організації.

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Аналіз технологічності конструкції деталі

Оцінка технологічності конструкції деталі полягає в її здатності забезпечувати просте та економічне виготовлення з мінімальними витратами та високою продуктивністю. Ця оцінка проводиться для конкретних умов виробництва і може бути якісною або кількісною [6].

Якісна оцінка технологічності полягає в аналізі можливості обробки деталі зі збереженням принципу єдності баз. Деталь «Ступиця» переднього колеса, має задовільну оброблюваність матеріалу та конструктивну форму, що дозволяє виконувати вимоги по обробці механічною обробкою без ускладнень.

Кількісна оцінка технологічності проводиться за допомогою розрахунків коефіцієнтів уніфікації, стандартизації, точності обробки поверхонь, якості обробки (шорсткості поверхонь) та використання матеріалу.

Квалітети на поверхні наведено в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Квалітети точності

A_i	n_i	$A_i \times n_i$
H17	46	782
H15	2	30
H14	2	28
H13	4	52
H8	6	48
H7	3	21
	$\sum = 63$	$\sum$=961

$$A_{CP.} = \frac{961}{63} = 15{,}25,$$

$$K_{T.O} = 1 - \frac{1}{15{,}25} = 0{,}93 \geq 0{,}8 \Rightarrow$$ отже, деталь є технологічною.

Шорсткість поверхонь наведені в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Шорсткість поверхні

$Б_i$	n_i	$Б_i \cdot n_i$
2	30	60
4	4	16
5	8	40
6	8	48
7	3	21
8	3	24
	$\sum = 56$	$\sum = 209$

$$Б_{сер.} = \frac{209}{56} = 3{,}73;$$

$K_{ш.} = \frac{1}{3{,}73} = 0{,}268 \Rightarrow$ деталь технологічна.

Коефіцієнт використання матеріалу:

$$K_{в.м.} = \frac{6{,}1}{7} = 0{,}87.$$

Деталь «Ступиця» є технологічною, адже вона задовольняє всі необхідні умови.

2.2 Вибір технологічних баз

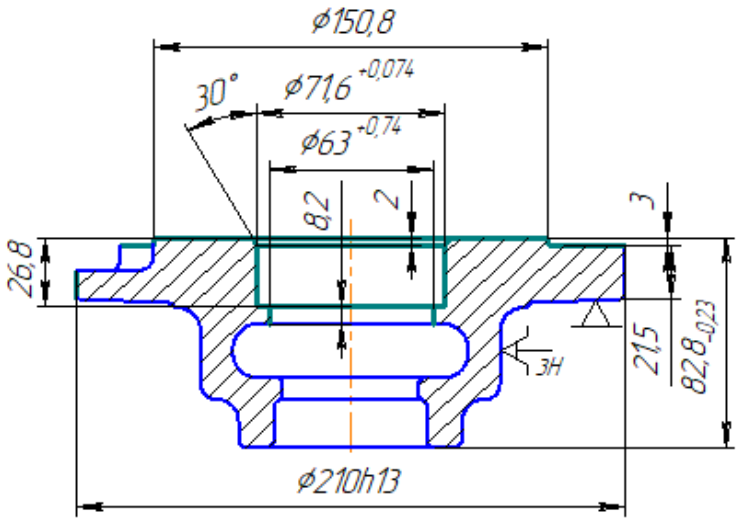
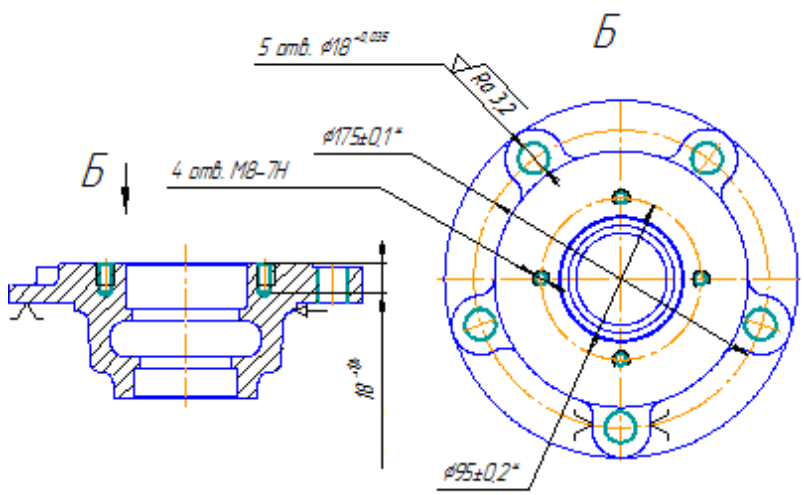
Вибір й обґрунтування технологічних баз є одним із найскладніших етапів у проектуванні технологічного процесу. Розробка маршруту та вибір баз виконується паралельно [7].

Під час першої операції обробляються ті поверхні, які потім використовуються як базові. Після цієї операції базування здійснюється на вже обробленій поверхні.

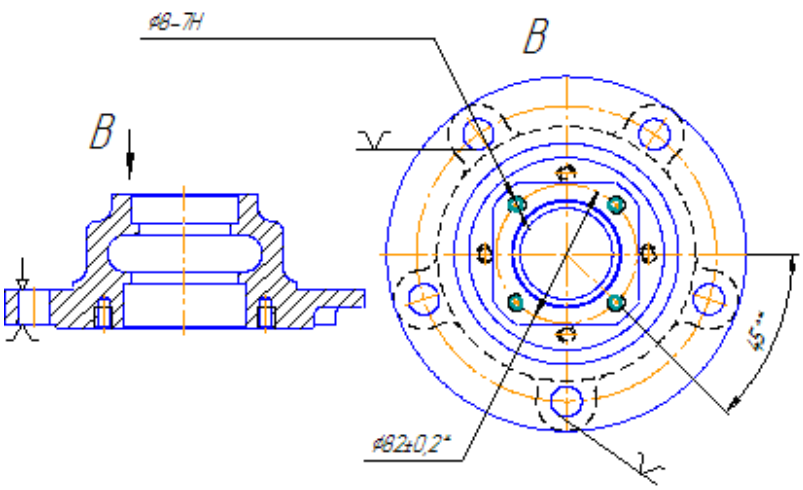
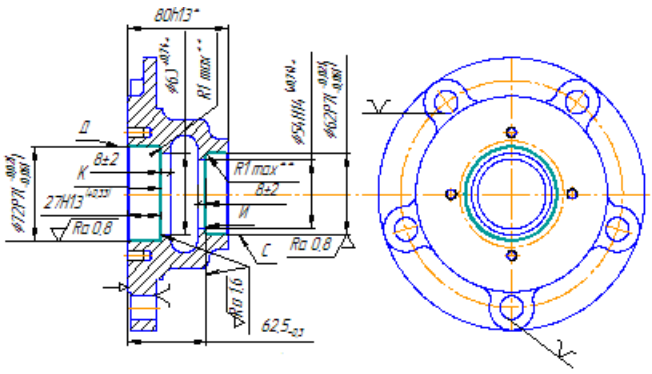
Всі оброблювані поверхні позначаються товщою лінією.

Загальна похибка обробки повинна бути меншою, ніж допуск на розмір. Це стосується всіх отриманих розмірів для кожної технологічної операції. Розрахунки в табл. 2.3.

Таблиця 2.3 – Похибка обробки

Операція	Розрахунок похибки обробки
1	2
005 Токарна 	$W_{уст,}$=0,12мм $W_{c,}$=0,4мм W_{Σ}=0,12+0,4=0,55мм A=63+0,74мм T=0,23
010 Агрегатна 	$W_{уст,}$=0,12мм $W_{c,}$=0,08мм W_{Σ}=0,12+0,08=0,2мм A=175±0,1мм T=0,2

Продовження таблиці 2.3

1	2
015 Агрегатна 	$W_{уст,}$=0,12мм $W_{с,}$=0,08мм W_{Σ}=0,12+0,08=0,2мм A=82±0,2мм T=0,4
025 Алмазно-розточна 	$W_{уст,}$=0,12мм $W_{с,}$=0,08мм W_{Σ}=0,12+0,08=0,2мм A=80±0,2мм T=0,3

2.3 Визначення допусків на технологічні розміри і розрахунок припусків

Для визначення припусків на механічну обробку застосовується метод розрахунково-аналітичного характеру [8]. За цим методом припуск обчислюємо для головної поверхні деталі, тоді як для інших поверхонь припуски встановлюємо відповідно до вимог ДСТУ.

Виконуємо розрахунок припуску розрахунково-аналітичним методом та представляємо його у вигляді таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Розрахунок припуску

Обробка поверхні	R	h	ρ	W	Припуск	d	Допуск	d_{min}	d_{max}	$2Z^{np}_{min}$	$2Z^{np}_{max}$
Заготовка	300	400	402	-	-	60,01	500	59,61	60,01	-	-
Чорнове розточування	60	60	22	30	2×905,11	61,80	200	61,62	61,83	1790	2010
Чистове розточування	30	35	1,0	0	2×120,2	62,073	74	62	62,07	242	350
										2032	2360

Графічне значення припусків і допусків на обробку отвору ø62Р7 деталі «Ступиця» наведено на рис. 2.1.

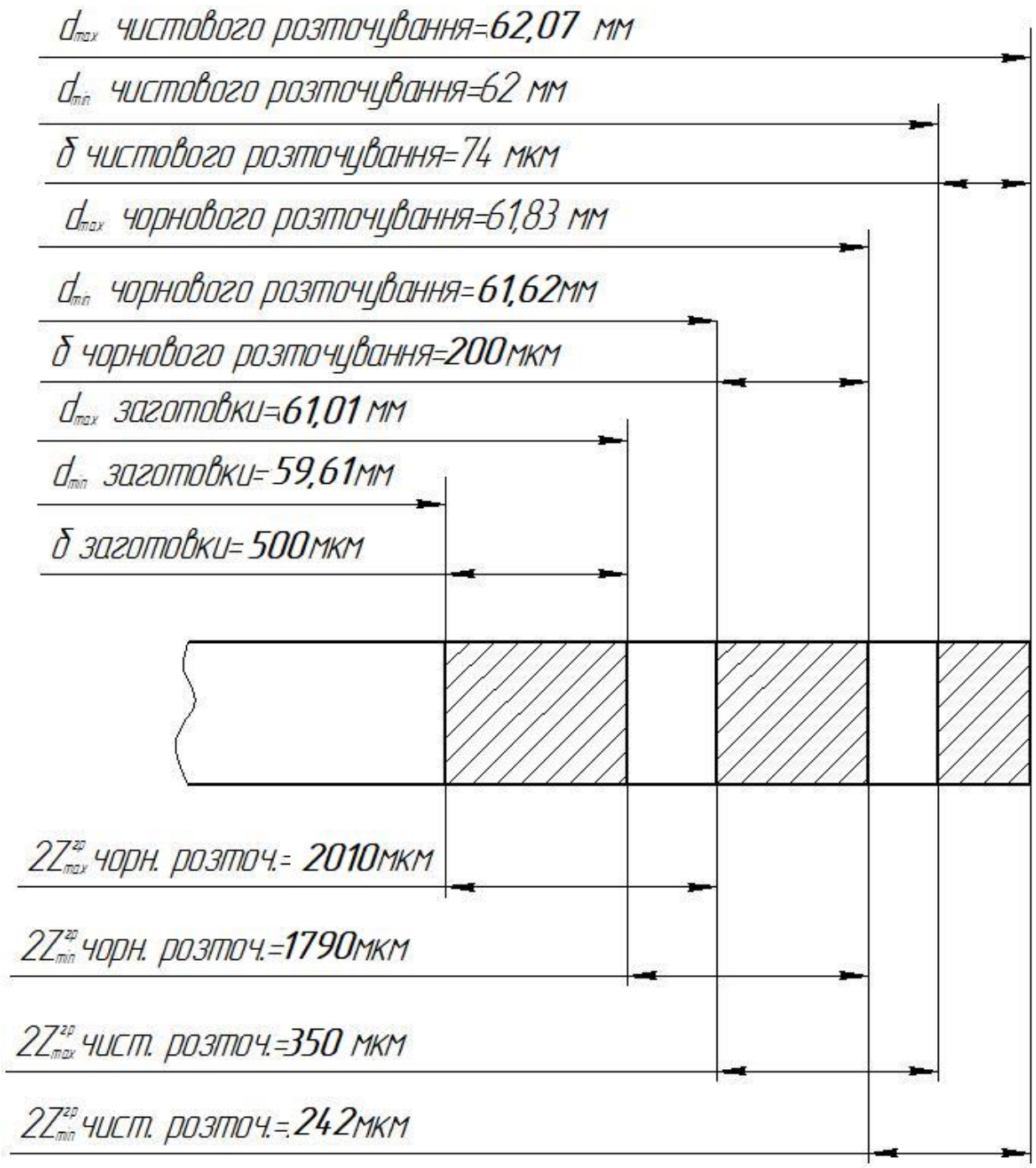


Рисунок 2.1 Схема графічного позначення

2.4 Розрахунок режимів різання та вибір обладнання

При визначенні параметрів різання враховуються характер обробки, розміри та тип інструменту, матеріал ріжучої частини, матеріал та стан заготовки, а також тип та стан обладнання [9].

Розглянемо послідовність розрахунку параметрів різання на прикладі розточування отвору ø62Р7.

1.Обчислюємо глибину різання:

$t_{1чор.} = 3,2\,мм;$

$t_{2чор.} = \frac{2}{3} \cdot t_{заг} = \frac{2}{3} \cdot 2,5 = 1,7\,мм;$

$t_{3чист.} = \frac{1}{3} \cdot t_{заг} = \frac{1}{3} \cdot 2,5 = 0,8\,мм.$

Обираємо подачу:

$S_{1чорн.} = 0,4 мм / хв;$

$S_{2чорн.} = 0,8 мм / хв;$

$S_{3чорн.} = 0,15 мм / хв.$

2.Визначаємо швидкість різання:

$$V_{1чорн.} = \frac{420}{60^{0,2} \times 3,2^{0,15} \times 0,4^{0,2}} \times 1,336 \times 0,9 = 1095 мм / хв.$$

$$V_{2чорн.} = \frac{420}{60^{0,2} \times 3,2^{0,15} \times 0,8^{0,2}} \times 1,336 \times 0,9 = 548 мм / хв.$$

$$V_{3чорн.} = \frac{420}{60^{0,2} \times 3,2^{0,15} \times 0,15^{0,2}} \times 1,336 \times 0,9 = 2923 мм / хв.$$

3.Обчислюємо число обертів шпинделя:

$$n_{1чорн.} = \frac{1000 \times 1095}{3,14 \times 91} = 3832 хв^{-1}.$$

За паспортними даними верстата коректуємо швидкість різання:

$n_{д.чорн.} = 3850 хв^{-1}.$

$$n_{2чорн.} = \frac{1000 \times 548}{3,14 \times 62} = 2815 хв^{-1}.$$

Приймаємо:

$n_{д.чорн.} = 2850 хв^{-1}.$

$$n_{3чорн.} = \frac{1000 \times 2923}{3,14 \times 250} = 3724 хв^{-1}.$$

За паспортними даними верстата коректуємо швидкість різання:

$n_{д.чорн.} = 3750 хв^{-1}.$

Визначаємо швидкість різання:

$$V_{д.1чорн.} = \frac{3{,}14 \times 91 \times 3850}{1000} = 1100 мм/хв.$$

$$V_{д.2чорн.} = \frac{3{,}14 \times 62 \times 2850}{1000} = 555 мм/хв.$$

$$V_{д.3чорн.} = \frac{3{,}14 \times 250 \times 3750}{1000} = 2944 мм/хв.$$

5. Обчислюємо силу різання:

$$P_{z1чорн.} = 20 \times 280 \times 3{,}2 \times 0{,}8^{0{,}75} \times 215^{-0{,}15} \times 0{,}8 = 2180 Н;$$

$$P_{z2чорн.} = 20 \times 280 \times 1{,}7 \times 0{,}6^{0{,}75} \times 215^{-0{,}15} \times 0{,}8 = 1286 Н;$$

$$P_{z3чорн.} = 20 \times 280 \times 0{,}8 \times 0{,}14^{0{,}75} \times 384^{-0{,}15} \times 0{,}8 = 192 Н.$$

$$P_{y1чорн.} = 20 \times 240 \times 3{,}2^{0{,}9} \times 0{,}6^{0{,}6} \times 215^{-0{,}4} \times 1{,}1 = 584 Н;$$

$$P_{y2чорн.} = 20 \times 240 \times 1{,}7^{0{,}9} \times 0{,}6^{0{,}6} \times 245^{-0{,}4} \times 1{,}1 = 346 Н;$$

$$P_{y3чорн.} = 20 \times 280 \times 0{,}8^{0{,}9} \times 0{,}14^{0{,}6} \times 384^{-0{,}4} \times 1{,}1 = 82 Н.$$

$$P_{x1чорн.} = 20 \times 328 \times 3{,}2^{1} \times 0{,}6^{0{,}6} \times 215^{-0{,}4} \times 1{,}18 = 1084 Н;$$

$$P_{x2чорн.} = 20 \times 328 \times 1{,}7^{1} \times 0{,}6^{0{,}6} \times 245^{-0{,}4} \times 1{,}18 = 568 Н;$$

$$P_{x3чорн.} = 20 \times 328 \times 0{,}8^{1} \times 0{,}14^{0{,}6} \times 384^{-0{,}4} \times 1{,}18 = 122 Н.$$

6. Розраховуємо потужність різання:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60}; \qquad (2.7)$$

$$N_{1чорн.} = \frac{2180 \times 1092}{1020 \times 60} = 38{,}9 кВт;$$

$$N_{2чорн.} = \frac{1286 \times 548}{1020 \times 60} = 11{,}5 кВт;$$

$$N_{Зчорн.} = \frac{192 \times 2923}{1020 \times 60} = 9{,}2 кВт.$$

Обираємо верстат з потужністю електродвигуна 40кВт – це буде верстат марки 16К20.

3 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

3.1 Проектування технологічного оснащення

Планується розробка обладнання для виробництва у великих об’ємах, то наша мета полягає в оптимізації обладнання, яке дозволить мінімізувати або, за можливості, уникнути ручної роботи низької якості, пов’язаної з установкою та закріпленням деталей [10].

Наша робота полягає в розробці верстатного пристрою для свердління двох отворів діаметром ø62Р7 та ø72Р7 наведено на рис. 3.1.

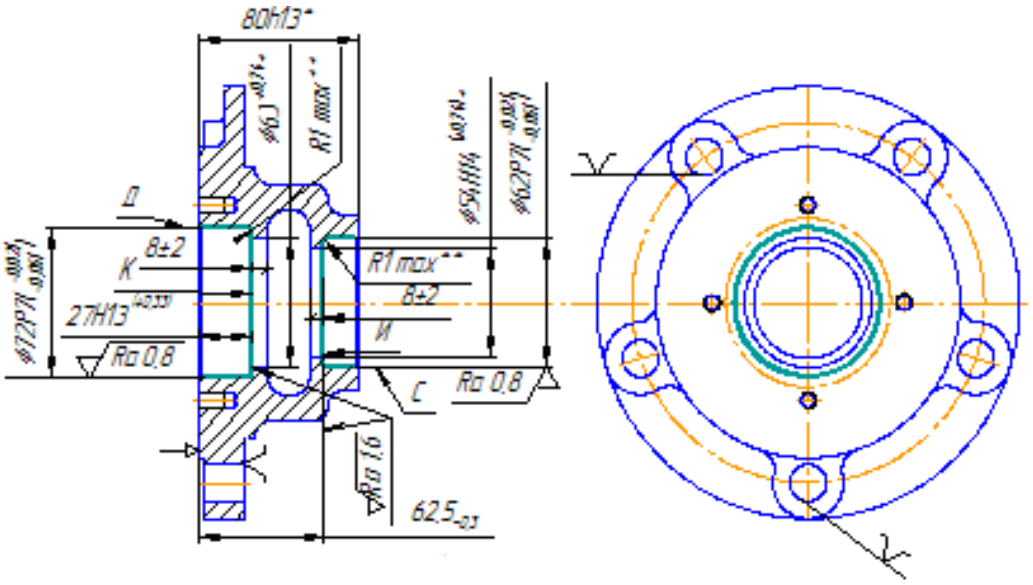


Рисунок 3.1 Схема базування деталі

Проектований верстат є спеціальним обладнанням, що має настановчі бази, які затискають елементи.

Конструкція його складається з таких елементів: корпус *2* має форму швелера з двома отворами для кріплення до столу верстата. У центральній частині корпусу є великий отвір із чотирма гвинтами *15*, де розміщується установча втулка *3*. Установча втулка містить два настановних штифта *4*. Колодка *13* закріплена вище на чотирьох гвинтах *14*, забезпечуючи точне розташування відносно корпусу. Два штифта *21* забезпечують точність розташування. Через прокладку *9* до верхньої частини корпусу кріпляться чотири болти *17*, а також встановлюється пневмоциліндр *1*. Шток *10*, що виконує роль

плеча, з'єднаний з вилкою вісі *20*. У вісь для вільного переміщення вставляється шплінт, а для продовження терміну експлуатації між шплінтом *19* і вилкою ставиться шайба *18*. Сережка *8* виконує роль точки опори, з'єднуючи вилку і колодку *20*. Вилка з важелем *6* з'єднана за допомогою штифта *7* дозволяє важелю обертатися. У робочому положенні деталь прижимається гойдалкою, кріпленою до важеля *6* за допомогою двох осей *11*. Щоб забезпечити хороше закріплення деталі, гойдалка забезпечується зазором між нею і важелем. Сталість цього зазору забезпечується шайбою *17*, що стоїть на осі між важелем і гойдалкою *5*. Вісь *12* закріплена гвинтом *16*, щоб зберегти своє становище. Обертання гойдалки обмежується штифтом *22*, що дозволяє обертатися лише на кілька градусів. Взаємодія сил різання і сил затиску на деталь наведено на рис. 3.2.

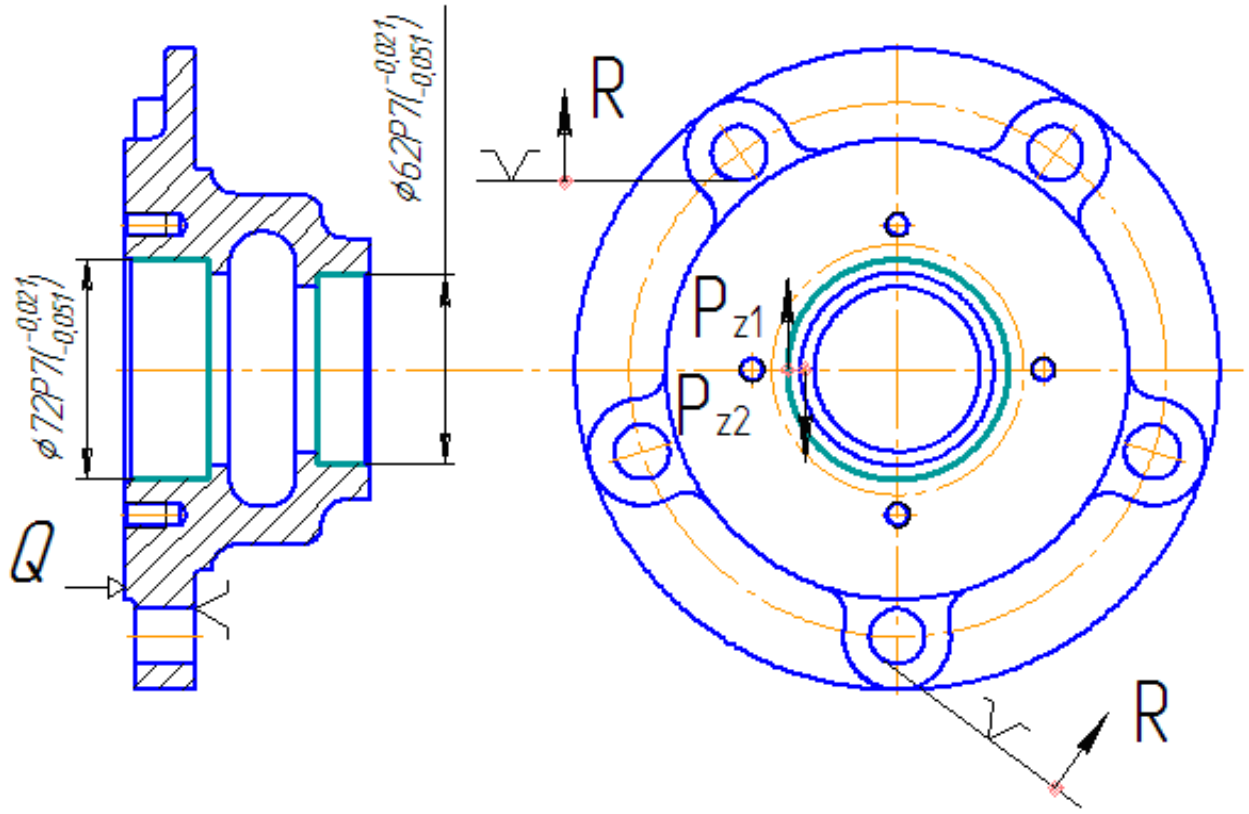


Рисунок 3.2 Схема сил різання і затиску

Обчислюємо силу затиску:

$$P_{Z1} = 10 \times 92 \times 0{,}2^{1} \times 0{,}05^{0{,}75} \times 116^{0} \times 1 = 20{,}5H;$$

$$P_{Z2} = 10 \times 92 \times 0{,}2^{1} \times 0{,}05^{0{,}75} \times 85^{0} \times 1 = 20{,}5H.$$

Обчислюємо момент різання:

$$M_{різ.1} = 20{,}5 \times \frac{72}{2} = 738 H \cdot мм;$$

$$M_{різ.2} = 20{,}5 \cdot \frac{62}{2} = 635{,}5 H \cdot мм.$$

Обчислюємо опір:

R=738-635,5=102,5 H.

Для уникнення вібрації деталі під час обробки та збереження її від випадкового зрушення, достатньо застосувати лише необхідне зусилля затиску, яке вимірюється за допомогою двох штифтів.

Для затиску деталі використовуємо діаметр пневмоциліндра $D=100мм$.

Обчислюємо зусилля штоку:

$$P_{ШТ} = \frac{\pi \cdot D \cdot P \cdot \eta}{4} = \frac{3{,}14 \cdot 0{,}01 \cdot 80000 \cdot 0{,}85}{4} = 534 H;$$

де: P – тиск повітря Па ($Н/м^2$).

Обчислюємо зусилля затиску:

$$Q_{З.} = \frac{534 \cdot 75}{185} = 217 H.$$

Обчислення на точність. Розрахунок похибки $\varepsilon_{пр}$ зводиться до віднімання з допуска виконуваного розміру всіх інших складових загальної похибки обробки:

Похибка від перекосу інструменту:

$$\varepsilon_n = \frac{2 \times 0{,}06 \times 0{,}2 \times 5}{16 - 0{,}2 \times 5} = 0{,}008 мм,$$

де l –довжина, мм;

s_1 – радіальний зазор мм;

d – діаметр, мм.

Похибка, яка характеризує знос робочої поверхні опор при виконанні даної програми випуску [3]:

$$\varepsilon_u = 0{,}002 \cdot 80000 = 160 мм,$$

де β_2 – коефіцієнт від виду опорних елементів. Приймаємо $\beta_2 = 0,002$.

$N = 80000шт$ – річна програма випуску.

Обчислюємо:

$$\varepsilon_{пр} \le 1{,}06 - 0{,}83 \times \sqrt{(0{,}82 \times 0{,}2)^2 + 0{,}1^2 + 0{,}015^2 + 0{,}14^2 + 0{,}012^2 + (0{,}7 \times 0{,}1)^2} = 0{,}38мм,$$

Відповідає умовам.

3.2 Проектування контрольного пристрою

На контрольний пристрій впливає точність вимірювальних головок, опорних плит і штативу, на які кріпиться деталь [11]. Оскільки опорна плита має дуже гладку поверхню, то можна знехтувати похибкою розміщення на цій плиті. Тоді похибка вимірювання складається з похибки вимірювальної головки та похибки штативів, але вона не впливає на кінцевий результат процесу вимірювання.

Загальний принцип конструкції контрольного пристрою передбачає наступні вимоги:

– перевірка співвісності отворів С і Д повинна бути не більше 0,08 мм;

– перевірка биття торців І і К відносно А не повинна перевищувати 0,046 мм;

– перевірка биття торця А не повинна перевищувати 0,2 мм на радіусі 100 мм;

– перевірка биття торця Б не повинна перевищувати 0,2 мм на радіусі 52 мм;

– радіальне биття поверхні Ж не повинно перевищувати 0,15 мм.

Верстатне пристосування складається з комплекту, який включає дві пробки і п’ять калібрів. Обидві пробки призначені для перевірки співвісності отворів С і Д і є базою для вимірювань у робочому положенні. Калібри використовуються для перевірки биття.

Пробка має таку конструкцію: пробка, ручка, качалка (довга, яка проходить через центральний отвір маточини), штифт (що кріпить ручку і качалку всередині пробки). Друга пробка складається лише з пробки і ручки.

Калібри 3, 4, 7 складаються з калібру, до якого кріпляться дві настановчі втулки для установки на ручку пробки, одна з яких впирається в торець пробки. На зовнішньому діаметрі калібру є вічко, на яке кріпляться деталі (стійки, рейки і штанги), що дозволяє надійно закріпити індикатор в потрібному положенні.

Калібри 5 і 6 відрізняються конструкцією. Вони мають вічка іншої форми, на які кріпиться втулка. У парі з іншою втулкою вони є місцем для установки індикатора та корпусом щупа. Віджимна пружина розташована у втулках та інші елементи кріплення. Індикатор встановлюється на щуп, що дозволяє контролювати внутрішню поверхню К (і І).

4 ПРОЕКТУВАННЯ МЕХАНІЧНОЇ ДІЛЬНИЦІ

4.1 Уточнення типу виробництва

Обчислюємо кількість обладнання, яке необхідне для виконання операцій [12].

Обчислюємо m_p і отримуємо кількість робочих місць “Р”. Для операції 005 проведено розрахунок:

$$m_p = \frac{80000 \cdot 6{,}674}{60 \cdot 3720 \cdot 0{,}75} = 3{,}19; \; P = 4;$$

Коефіцієнт для завантаження обладнання:

$$\eta_{з.ф.} = \frac{3{,}19}{4} = 0{,}8;$$

Розраховуємо необхідну кількість операцій:

$$O = \frac{0{,}75}{0{,}8} = 0{,}938;$$

Розрахунки для операцій наведені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Обчислення необхідної кількості верстатів й операцій

Операція	m_p	Р	$\eta_{з.ф.}$	$T_{ш-к}$	О
005	3,19	4	0,8	6,674	0,938
010	1,689	2	0,845	3,534	0,888
015	1,189	2	0,595	2,487	1,26
020	1,387	2	0,694	2,902	1,081

$$\sum O = 0{,}938 + 0{,}888 + 1{,}26 + 1{,}081 = 4{,}167;$$

$$\sum P = 4 + 2 + 2 + 2 = 10.$$

Коефіцієнт закріплення операції:

$$K_{з.о.} = \frac{\sum O}{\sum P} = \frac{4{,}167}{10} = 0{,}4.$$

При 0,4=$К_{з.о.}$ <1 приймається масове виробництво.

4.2 Визначення кількості працівників на дільниці

Обчислення кількості працівників основних [13]. K_m – коефіцієнт багатоверстатний. Застосовується для багатосерійного виробництва $K_m = 1,5 \div 1,8$. Отже, $K_m = 1,7$.

$$M_{р.в.} = \frac{7}{1,7} = 4,12 \approx 5.$$

$m = 2$ – число змін в добу;

$K_п$ – коефіцієнт додаткової кількісті працівників:

$Ф_{н.р.}$= 2070 *год* – річний фонд часу для працівника;

$Ф_{д.р.}$= 1820 *год* – річний фонд часу для працівника.

$$K_п = \frac{2070}{1820} = 1,14.$$

Тоді

$$P_в = 5 \cdot 2 \cdot 1,14 = 11,4 \approx 12.$$

Нормування кількості основних робітників, не верстатників, зазвичай є складним завданням і часто залишається не визначеним. Тому кількість таких працівників визначається у відсотках від загальної кількості верстатників.

У випадку багатосерійного або масового виробництва, яке становить 1–3 %, це здійснюється наступним чином:

$$P_{нев} = P_в \cdot (1 \div 3\%) = 12 \cdot 2\% = 0,24 \approx 1.$$

Кількість допоміжних працівників на дільниці встановлюється відповідно до штатного розпису аналогічних виробничих дільниць. Дільниці з невеликою кількістю обладнання, зазвичай обслуговуються загально цеховим штатом допоміжних працівників.

4.3 Розрахунок виробничої площі дільниці

При аналізі загальної виробничої площі дільниці використовують показники, що відображаються в загальних площах – тобто площа, на яку припадає одне обладнання, одне робоче місце або на одного працівника [14].

Для зручності подальшого аналізу виробничої площі дільниці ми представляємо результати розрахунків у вигляді таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Виробнича площа дільниці

Операції	Обладнання	Площа, $м^2$	Кількість обладнання	Виробнича площа, $м^2$	Загальна площа, $м^2$
Токарна	1К282	4х3	2	30	60
Алмазно-розточна	ОС-4555	3х2	2	15	30
Агрегатна	АМ-7787	4х3	2	30	60

Загальна кількість обладнання – 6.

Загальна площа:

$F_{вир.} = 60 + 60 + 30 = 150 м^2$.

4.4 Розробка технологічного планування дільниці

Технологічне планування є важливим етапом у розробці дільниці, оскільки воно визначає розміщення всього виробничого, допоміжного і підйомно-транспортного обладнання, стелажів та робочих місць слюсарів і вантажних транспортних засобів [15].

Під час розміщення обладнання важливо дотримуватися оптимальної організації виробництва з максимальною ефективністю використання виробничих площ і забезпеченням необхідних проїздів.

У плануванні дільниці необхідно керуватися нормами відстаней між обладнанням і елементами будівлі, між самим обладнанням у різних напрямах, а також враховувати розміри проходів та проїздів, особливості розташування обладнання при обслуговуванні кількох верстатів.

Процес планування дільниці розпочинається з визначення місцеположення колон, стін будівлі, а потім обладнання. Зображуються робочі місця, підйомно-

транспортні засоби, магістральні і виробничі проїзди, вказуються розміри у різних напрямах. На плані дільниці робочі місця робітників умовно позначаються кругами, половина яких затемнена, що вказує на напрямок їх роботи.

На масштабі 1:100 викреслюється план дільниці, на якій розміщені 4 верстати: 1 токарний, 2 агрегатних і 1 алмазно-розточний. Для цієї дільниці обрана сітка колон з шириною L = 24 м і кроком t = 12 м. Розміри основних колон у поперечному перерізі прийнято 0,5×0,5 м.

Наведемо основні техніко-економічні показники дільниці. Для виробництва деталі «Ступиця» річна програма випуску 143 т.; працеємність виготовлення 7919,33 год.; основного обладнання: дрібного 1, середнього 1, великого 2; тип виробництва – багатосерійний; працівників 7; основні виробничі площі 105 м²; середній коефіцієнт завантаження обладнання 0,112; питома площа на один основний верстат, м²: загальна 14,1, виробнича 12,9; річний випуск на один основний верстат 1131,3 год; річний випуск на одного працівника 660 год; площа на одного працівника 7,5 м².

ВИСНОВОК

У результаті проведеного дослідження та виконання випускної роботи бакалавра було розроблено проект механічної дільниці для виготовлення деталі «Ступиця». Визначено оптимальну технологію для виготовлення деталі в умовах багатосерійного виробництва з організацією у вигляді потокової форми.

При виготовленні цих деталей використовуються заготовки, виготовлені за допомогою лиття в кокіль. Для обробки таких заготовок використовуються токарні, агрегатні та алмазно-розточувальні верстати.

Проведено розрахунок допусків на механічну обробку, що дозволило точно визначити параметри обробки та забезпечити високу якість виготовлення деталі. Розроблено технологічні норми часу для кожного етапу обробки, що дозволяє ефективно планувати та контролювати час виробництва.

Обрано та розраховано необхідні пристосування та контрольні пристрої, що забезпечують точність та надійність процесу обробки. Запропоновано використання комбінованого інструменту для скорочення часу обробки деталі, що сприяє підвищенню продуктивності роботи дільниці.

Отже, розроблений проект дільниці з розробкою технологічного процесу механічної обробки деталі «Ступиця» відповідає сучасним вимогам виробництва, забезпечує ефективність та якість виготовлення деталі при оптимальному використанні ресурсів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Бондаренко С.Г. Основи технології машинобудування: навч. посібник для студ. вищих техн. навчальних закладів / С.Г. Бондаренко. Львів : Магнолія 2009. 567 с.
2. ДСТУ 8833:2019. Виливки з сірого чавуну з пластинчастим графітом. Загальні технічні умови.
3. Боженко П.І. Технологія виробництва заготовок в машинобудуванні / П.І. Боженко. К.: УМКВО, 1990. 264 с.
4. 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.
5. ДСТУ ГОСТ 3.1128:2014. Єдина система технологічної документації. Загальні правила виконання графічних технологічних документів.
6. 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 «Чернігівськаполітехніка», 2020. 39 с.
7. 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.
8. 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.

9. 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.

10. 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.

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

12. 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.

13. 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.

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

15. 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.

ДОДАТКИ