

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ КОРАБЛЕБУДУВАННЯ
імені адмірала Макарова

Машинобудівний навчально-науковий інститут

Кафедра інженерної механіки та технології машинобудування

«Допущений до захисту»

Завідувач кафедри ІМ та ТМ

д-р техн. наук, професор

М.Р. Ткач

«__» _____ 2026 р.

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи бакалавра

на тему: «Проектування технології виготовлення
вал-шестерні ($m=4$ мм, $z=28$)»

Галузь знань 13 «Механічна інженерія»

Спеціальність 131 «Прикладна механіка»

Освітньо-професійна програма «Технології машинобудування»

Студент групи 4267ст3



Ігошин О.М.
(прізвище та ініціали)

Керівник



Боду С.Ж.
(прізвище та ініціали)

Миколаїв 2026

**Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова**

Інститут _____ Машинобудівний навчально-науковий
Кафедра _____ Інженерної механіки та технології машинобудування
Освітній рівень _____ Бакалавр
Спеціальність _____ 131 «Прикладна механіка»
(шифр і назва)
Освітньо-професійна програма _____ «Технології машинобудування»
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри ІМ та ТМ
д.т.н., професор **М.Р.ТКАЧ**

“ _____ ” _____ 2026 р.

**З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА**

Студент _____ Ігошин Олександр Миколайович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи „Проектування технології виготовлення вал-шестерні ($m=4$ мм, $z=28$)”

керівник роботи доцент Боду С.Ж.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від “22”04.2026р. №291-уч

2. Строк подання студентом роботи _____ 1.06.2026 р.

3. Вихідні дані до роботи _____ Робоче креслення деталі; нормативна література; держстандарт; довідники

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1) Загальний розділ: Призначення та аналіз технологічності деталі.

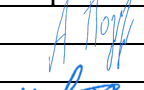
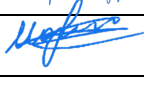
2) Технологічний розділ: Аналіз заводського техпроцесу. Вибір заготовки. Розробка маршрутної та операційної технології. Розрахунок припусків та режимів різання на одну з поверхонь деталі. Технічне нормування. Вибір обладнання, ріжучого та вимірювального інструменту.

3) Конструкторський розділ: Розрахунок і проектування спеціальних конструкцій пристроїв для верстатів та спеціального металорізального інструменту.

4) Охорона праці та навколишнього середовища: Розробка заходів з охорони праці та навколишнього середовища на дільниці

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
Креслення деталі, заготовки, спеціального пристрою до металорізального
верстату, спеціального металорізального або вимірювального інструменту,
налагодження до однієї з технологічних операцій,

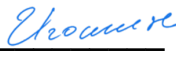
6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
4	К.т.н., доц.Познанський А.С.		
Нормоконтроль	К.т.н., доц.Моргун С.О.		

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів проекту	Примітка
1	Оформлення та затвердження технологічного процесу. Оформлення креслення деталі (роздруковка у форматі А3)	25.03.2026	
2	Оформлення загального та технологічного розділів (1, 2)	15.04.2026	
3	Оформлення конструкторського розділу (3)	25.04.2026	
4	Оформлення розділу з охорони праці та навколишнього середовища (4)	25.05.2026	
5	Оформлення креслень	25.05.2026	
6	Перевірка на плагіат	1-10.06.2026	
7	Нормоконтроль (креслення у форматі А3)	1-9.06.2026	
8	Затвердження КРБ на кафедральному перегляді (ПЗ, креслення у форматі А1)	10-16.06.2026	
9	Оформлення та передача електронного варіанту роботи(текстові та графічні матеріали у форматі PDF)	12-16.06.2026	
10	Затвердження КРБ зав.кафедрою (подання, анотація)	12-16.06.2026	
11	Рецензування	16-22.06.2026	

Студент 
 (підпис)

Ігошин О.М.
 (прізвище та ініціали)

Керівник роботи 
 (підпис)

Боду С.Ж.
 (прізвище та ініціали)

« ____ » _____ 2026 р.

АНОТАЦІЯ

В бакалаврській роботі на тему «Проектування технології виготовлення вал-шестерні ($m=4$ мм, $z=28$)» надано опис призначення деталі та характеристика матеріалу, з якого вона виготовлена, зроблено аналіз її технологічності, вибір та обґрунтування типу виробництва, розроблено технологічний процес виготовлення деталі.

В бакалаврській роботі наведені розрахунки спеціальних пристосувань та ріжучого і вимірювального інструментів, розроблені заходи з охорони праці та навколишнього середовища на дільниці.

Ключові слова: вал-шестерня, заготівка, припуски, шевер, настановне пристосування, завантажувальний пристрій.

ABSTRACT

In the bachelor's thesis on the topic "Design of the technology for manufacturing a shaft-gear ($m=4$ mm, $z=28$)" a description of the purpose of the part and the characteristics of the material from which it is made are provided, an analysis of its manufacturability is made, the choice and justification of the type of production is made, a technological process for manufacturing the part is developed.

The bachelor's thesis provides calculations of special devices and cutting and measuring tools, and measures for labor protection and the environment at the site are developed.

Key words: gear shaft, workpiece, allowances, measuring, shear, mounting fixture, loading device.

ЗМІСТ

ВСТУП	6
1. ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА	8
1.1. Призначення деталі та вузла	9
1.2. Конструкторсько-технологічний аналіз деталі "вал-шестерня"	9
1.3. Характеристика властивостей матеріалу заготовки	12
1.4. Визначення типу виробництва	14
2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	16
2.1. Вибір та обґрунтування методу отримання заготовки	17
2.2. Розрахунок вартості основних матеріалів	18
2.3. Проектування заготовки	19
2.4. Аналіз заводського і прийнятого технологічного процесу	22
2.5. Розрахунок операційних припусків і проміжних розмірів заготовки	26
2.6. Вибір обладнання	29
2.7. Вибір ріжучого та вимірювального інструменту	31
2.8. Розрахунок режимів різання	33
2.9. Технічне нормування	34
3. КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА	36
3.1. Настановне пристосування	37
3.2. Розрахунок і конструювання шевера	39
3.3. Накатник зубчастих коліс	40
3.4. Скоба вимірювальна	41
4. ОХОРОНА ПРАЦІ	43
4.1. Аналіз потенційних небезпек і шкідливостей на проєктованій дільниці	44
4.2. Охорона праці при роботі на металоріжучому обладнанні	48
4.3. Охорона навколишнього середовища	52
Висновки	55
Література	56

						Арк.
						5
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вступ

У сучасних умовах розвитку суспільства одним із самих значних факторів технічного прогресу в машинобудуванні є вдосконалювання технології виробництва. Перетворення виробництва можливо в результаті більш досконалих засобів праці, розробки принципово нових технологій.

Розвиток й удосконалювання будь-якого виробництва в цей час пов'язане з його автоматизацією, створенням робототехнічних комплексів, широким використанням обчислювальної техніки, застосуванням верстатів автоматів. Все це становить базу на якій створюються автоматизовані системи керування, стає можливою оптимізація технологічних процесів і режимів обробки, створення гнучких автоматизованих комплексів.

Розвиток технології машинобудування буде йти в напрямку подальшої уніфікації й стандартизації технологічних процесів виготовлення виробів; скорочення верстатоемності й працемісткості обробки за рахунок концентрації багатошпindelного й багатоінструментального устаткування.

Механізація й автоматизація виробничих процесів є основою підвищення продуктивності праці й збільшення випуску продукції.

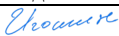
Одним з генеральних напрямків переоснащення верстатного парку є застосування верстатів автоматів (особливо в умовах серійного й масового виробництва). Програмне керування універсальними металоріжучими верстатами дозволяє автоматизувати цикл їхньої роботи, значно скоротити час на переналагодження. і тим самим розширити можливості застосування верстатів для виконання завдань по виготовленню деталей дрібними партіями. Спільне застосування верстатів автоматів й уніфікованих ділень.

Величезні перспективи. що відкриваються перед технологічною наукою у зв'язку із застосуванням ЕОМ. Виявлення й формалізація факторів і закономірностей протікання технологічних процесів стало можливим лише при використанні ЕОМ. За допомогою обчислювальної техніки здійснюється класифікація та групування деталей, розрахунок припусків і режимів різання, окремі й загальні побудови технологічних процесів.

						Арк.
						6
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У даній бакалаврській роботі розроблений технологічний маршрут операцій для обробки деталі, а також вирішені задачі виготовлення валів із застосуванням сучасного високопродуктивного устаткування, ріжучого інструменту, технологічного оснащення й засобів механізації виробництва.

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

					4267см3.08.КРБ.04.01.ПЗ				
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Загальна частина	Літ		Арк.	Аркушів
Розробив		Ігошин О.М.				КРБ		8	7
Перевірив		Боду С.Ж.				НУК			
Консульт.									
Н.контр.		Моргун С.О.							
Ватвердив		Ткач М.Р.							

1. Загальна частина

1.1. Призначення деталі та вузла

Вал-шестерня є однією зі складальних одиниць лебідок або шпилів швартових, призначених для роботи в складі підйомно-спускових пристроїв або пристроїв швартування судна, установлених на судах необмеженого району плавання.

У вузол вал-шестерні входять: вантажне колесо; цапфи; кришки; втулки; підшипники кочення.

Найбільш відповідальна деталь вузла – вал-шестерня.

За конструкцією вал-шестерня належить до деталей типу тіла обертання.

Поверхні вала $\varnothing 55k6$ та $\varnothing 110k6$ призначені для установки підшипників. Різьбові отвори M10-6g використовуються для кріплення стопорної шайби, що запобігає осьовому переміщенню підшипника.

Таким чином, конструкція деталі забезпечує виконання її функцій у вузлі. Основними навантаженнями, що викликають деформацію вигину вал-шестерні, є зусилля в зубчастому зачепленні та натяг тросу.

З урахуванням викладеного робимо висновок, що матеріал вал-шестерні (сталі 40Х ДСТУ 7806:2015) обраний правильно.

1.2. Конструкторсько-технологічний аналіз деталі "вал-шестерня"

Точність розмірів

Поверхні з розмірами, обмеженими полями допусків js14 та k6 забезпечують у з'єднанні перехідні (щільні) посадки кращого застосування. Це дозволяє підвищити точність центрування при складанні вала з іншими деталями.

Розміри з полями допусків H14, h14 і H9 належать до розмірів з більшими допусками.

M10-6H – різьба метрична кріпильна з основним кроком $S = 1$, поле допуску різьби болта 6H, клас точності середній кращого застосування.

Розміри фасок і радіусів відповідають рекомендаціям ОСТ 92-0093-84. Незазначені граничні відхилення радіусів закруглень, фасок і кутів у

					4267ст3.08.КРБ.04.01.ПЗ	Арк.
						9
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

загальному записі не обмовляються, а виконуються за таблицею СТСЕВ 302-76.

Шорсткість поверхонь

Шорсткість поверхонь задана параметром $Ra = 2,5; 5$ мкм і відповідає кращому ряду.

Норми шорсткості обрані залежно від функціонального призначення поверхонь (з'єднання зубчасте, шпонкове, різьбове, рухливе).

Шорсткість поверхні під підшипник $Ra = 1,25$ мкм регламентовано ДСТУ 9078:2021.

$\sqrt{Ra20(\sqrt{\quad})}$ – шорсткість поверхонь, на яких вона не позначена, однакова і дорівнює $Ra = 20$ мкм.

Винесення:

А – винесення перетину канавки в масштабі (5:1);

Б – винесення перетину різьбового отвору в масштабі (1:1).

Допуск розташування:

Базою для контролю відхилень розташування є вісь деталі.

$0,045 A$ – допуск радіального биття поверхні щодо поверхні А $0,045$ мкм.

Допуск радіального биття відповідає шостому ступеню точності за ДСТУ ГОСТ 2.308:2013 і призначається для посадкових поверхонь валів, осей під зубчасті колеса.

Технічні вимоги:

Послідовність викладу технічних вимог відповідає ДСТУ Б А.2.4-4-99.

п.1 – твердість поверхні вала 248-302 НВ

п.2. - $\pm \frac{IT_{14}}{2}$ - незазначені граничні відхилення розмірів

п.3 - * розміри для довідок

п.4 – поверхні, відзначені буквою В необхідно покрити ґрунтувальним шаром ВЛ-0,2 в один шар, емаллю ВЛ-515 червоно-коричневої фарби в три шари.

					4267ст3.08.КРБ.04.01.ПЗ	Арк.
						10
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Аналіз конструкторсько-технологічних вимог креслення дозволяє зробити висновок, що вони відповідають функціональному призначенню деталі у вузлі.

Під терміном "технологічність конструкції" розуміють таке проектування, що при дотриманні всіх експлуатаційних якостей, забезпечує мінімальну працемісткість виготовлення, матеріалоемність і собівартість, а також можливість швидкого освоєння випуску виробів у заданому обсязі з використанням сучасних методів обробки та складання.

Технологічність – найважливіша технічна основа, що забезпечує використання конструкторських резервів для виконання завдань по підвищенню техніко-економічних показників виготовлення і якості виробів.

При виконанні робіт, пов'язаних з технологічністю, варто керуватися групою стандартів, що входять у Єдину систему технологічної підготовки виробництва (ЄСТПВ), а саме ГОСТ 2.106-96 "Технологічний контроль у конструкторській документації".

Технологічність конструкції деталей зумовлюється:

- а) раціональним вибором вихідних заготовок і матеріалів;
- б) технологічністю форми деталі;
- в) раціональною ростановкою розмірів;
- г) призначенням оптимальної точності розмірів, форми й взаємного розташування поверхонь, параметрів шорсткості і технічних вимог.

Технологічність деталі залежить від типу виробництва; обраного технологічного процесу, устаткування та оснащення; організації виробництва, а також від умов роботи деталі і складальної одиниці у виробі й умов ремонту.

Ознаками технологічності конструкції вал-шестерні є наявність у неї невеликих перепадів діаметрів щаблів, розташування східчастих поверхонь із убутанням діаметра від середини, доступність всіх оброблюваних поверхонь для механічної обробки, можливість застосувати для виготовлення деталі вихідну заготовку прогресивного виду, що за формою й розмірами близька до форми й розмірів готової деталі – штамповану заготовку підвищеної точності.

					4267ст3.08.КРБ.04.01.ПЗ	Арк.
						11
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для кількісної оцінки технологічності конструкції використовують основні і додаткові показники.

Чотири основних показники технологічності конструкції виробу гостовані.

Працемісткість виготовлення виробу:

$$T_{\text{и}} = \sum T_i,$$

де T_i – працемісткість виготовлення та випробувань i -ї складової частини, н.-год.

Рівень технологічності конструкції працемісткості виготовлення являє собою відношення досягнутої працемісткості виробу $T_{\text{и}}$ до базового показника працемісткості $T_{\text{би}}$:

$$K_{\text{ут}} = \frac{T_{\text{и}}}{T_{\text{би}}}.$$

Технологічна собівартість дорівнює сумі витрат на виготовлення одиниці виробу, що виражається в сумі вартості матеріалів, заробітній платні виробничих робітників з нарахуваннями і цеховими витратами:

$$C_{\text{т}} = 9,78 \text{ грн.}$$

Рівень технологічності конструкції за технологічною собівартістю визначається як відношення досягнутої собівартості виробу $C_{\text{т}}$ до базового показника технологічної собівартості виробу $C_{\text{бт}}$:

$$K_{\text{ут}} = \frac{C_{\text{т}}}{C_{\text{бт}}}.$$

1.3.Характеристика властивостей матеріалу заготовки

Вал-шестерня виготовляється зі сталі 40Х, а вал вихідний та вал – зі сталі 40ХН - сталі конструкційної і легованої ДСТУ 7806:2015. Це хромонікелева сталь, що містить, як легуючі елементи хром (менше 1 %), нікель (3 %). Якість сталі підвищена.

Хімічний склад сталі: вуглець – 0,3-0,4%; кремній – 0,17-0,37%; марганець – 0,25-0,5 %; хром – 0,8-1,2 %; нікель – 2,75-3,25 %; фосфору – не більше 0,025 %; сірки – не більш 0,025 %; міді – не більш 0,3 %.

					4267ст3.08.КРБ.04.01.ПЗ	Арк.
						12
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У цій сталі допускається наявність вольфраму до 0,2 %, титану до 0,03 %, ванадію до 0,05 %.

Масова частка азоту в киснево-конвекторній сталі не повинна перевищувати 0,008 %.

Для високоякісної сталі, виплавленої в основних мартенівських печах та у печах з кислою футеровкою допускається масова частка фосфору до 0,03 %.

Легуючі елементи надають на властивості матеріалу наступний вплив:

Хром – незначно зменшує схильність до нагрівання при термообробці, твердість при температурі 293 К, міцність при температурі 293К і вище, опір окислюванню при температурі вище 293К.

Нікель - мало впливає на схильність до нагрівання, збільшує прокалюваність, пластичність, твердість при температурі 293К і вище; зменшує температуру нагрівання при термообробці; незначно збільує опір окислюванню при температурі вище 293К.

Твердість по Бринелю відпаленої або високо відпущеної сталі 40ХН – не більш 241 НВ. Діаметр відбитку – не менш 3,7 мм.

Механічні властивості сталей 40Х та 40ХН при нормальній температурі, обумовлені на поздовжніх термічно оброблених зразках або зразках, виготовлених з термічно оброблених заготовок, такі:

1) Термообробка:

- температура одного загартування або нормалізації – 850 °С, середовище охолодження - масло;
- температура відпустки 590 °С, середовище охолодження – повітря;

2) межа плинності $\sigma_T = 100 \text{ кгс/мм}^2 = 981 \text{ МПа}$;

3) тимчасовий опір $\sigma_b = 110 \text{ кгс/мм}^2 = 1079 \text{ МПа}$;

4) відносне подовження $\delta = 12 \%$;

5) відносне звуження поперекового переріза $\psi = 50 \%$;

6) ударна в'язкість $a_n = 8 \text{ кгс} \cdot \text{м/см}^2 = 78 \text{ Дж/см}^2$.

					4267ст3.08.КРБ.04.01.ПЗ	Арк.
						13
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При термообробці допускаються наступні відхилення по температурі нагрівання: при загартуванні $\pm 15^{\circ}\text{C}$, при низькій відпустці $\pm 30^{\circ}\text{C}$, при високій відпустці $\pm 50^{\circ}\text{C}$.

Хромонікелеву сталь додатково випробують на ударну в'язкість при нормальній температурі.

1.4. Визначення типу виробництва

У машинобудуванні виробництво поділяється на масове, серійне та одиничне.

При серійному виробництві виробу обмеженої номенклатури і порівняно великого обсягу випуску виготовляють періодично повторюваними партіями. Технологічне устаткування спеціалізується на виконанні декількох операцій, що чергуються в певній послідовності. Серійне виробництво поділяється на дрібносерійне, середньосерійне і крупносерійне.

Тип виробництва характеризується коефіцієнтом закріплення операцій:

$$K_{з.о} = \frac{Q}{P},$$

де Q – число різних операцій, які виконуються на дільниці за один місяць;

P – число робочих місць, на яких виконуються різні операції.

Типи виробництва характеризуються наступними значеннями коефіцієнтів закріплення операцій.

Типи виробництва

Таблиця 1.1

Тип виробництва	$K_{з.о.}$
Масове	1
Серійне: крупносерійне середньосерійне дрібносерійне	Більше 1 до 10 Більше 10 до 20 Більше 20 до 40
Одиничне	Більше 40

Для попереднього визначення типу виробництва можна використовувати річний обсяг випуску і масу деталі за табл.1.2.

Залежність типу виробництва від обсягу випуску (шт.) і маси деталі

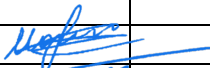
					4267ст3.08.КРБ.04.01.ПЗ	Арк.
						14
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.2

Маса деталі, кг	Тип виробництва				
	одинич.	дрібносер.	середньoser.	крупносер.	масове
< 1,0	< 10	10-2000	1500- 100 000	75 000- 200 000	200 000
1,0-2,5	< 10	10-1000	1000- 50 000	50 000- 100 000	100 000
2,5-5,0	< 10	10-500	500-35 000	35 000-75 000	75 000
5,0-10	< 10	10-300	300-25 000	25 000-50 000	50 000
> 10	< 10	10-200	200-10 000	10 000-25 000	25 000

Річний обсяг випуску деталей - 5000 шт., маса деталі - 10,38 кг. Це відповідає середньoserійному типу виробництва.

					4267ст3.08.КРБ.04.01.ПЗ	Арк.
						15
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

					4267см3.08.КРБ.04.02.ПЗ					
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						
Розробив		Ігошин О.М.			Технологічна частина		Літ		Арк.	Аркушів
Перевірив		Боду С.Ж					КРБ		16	19
Консульт.							НУК			
Ч.контр.		Моргун С.О.								
Затвердив		Ткач М.Р.								

2. Технологічна частина

2.1. Вибір та обґрунтування способу одержання заготовки

Зі сталі 40Х ДСТУ 7806:2015 виготовляють вал-шестерню масою 10,38 кг. Виробництво – середньосерійне (5000 штук у річному замовленні).

Матеріал заготовки сталь 40Х ДСТУ 7806:2015 - сталь легована конструкційна. З неї виробляють деталі відповідального призначення, що піддають термічній обробці (шестерні, вали, траверси та ін.).

Обираючи вид заготовки, треба, у першу чергу, виходити з особливостей матеріалу деталі та вимог, пропонованих до нього відносно структурного стану і фізико-механічних властивостей.

Не менш серйозна увага повинна бути надана відповідності конструктивних форм деталі технологічним можливостям обраного технологічного процесу. При цьому, необхідно враховувати розміри, складність геометричних форм, наявність внутрішніх порожнин, товщину стінок та ін.

З декілька можливих способів одержання заготовки вибирають той, котрий забезпечує мінімальну технологічну собівартість:

$$C_{\Sigma} = C_3 + C \rightarrow \min,$$

де C_3 – вартість заготовки;

C – вартість обробки.

Вибираємо заготовку, аналізуючи вартість отримання заготовок.

Заготовку вал-шестерні можна отримати гарячим штампуванням. Крім того, як заготовка може служити прокат. Порівняємо ці два способи.

Вартість штампованої заготовки визначається за формулою:

$$C_{\text{заг}} = \left(\frac{C_{\text{баз}}}{1000} \cdot Q \cdot k_m \cdot k_c \cdot k_B \cdot k_M \cdot k_n \right) - (Q - q) \cdot \frac{S_{\text{відх}}}{1000},$$

де $C_{\text{баз}}$ – оптова ціна за 1т базових заготовок, грн.;

k_m, k_c, k_B, k_M, k_n – коефіцієнти, що враховують клас точності, групу складності, масу, марку матеріалу і обсяг виробництва заготовок;

Q – маса заготовки, кг;

q – маса готової деталі, кг;

					4267ст3.08.КРБ.04.02.ПЗ	Арк.
						17
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$S_{\text{відх}}$ - ціна 1т відолдів, грн.

Оптова вартість й тони базових заготовок масою:

$$Q = q \cdot K_p,$$

де $K_p = 1,4$ – розрахунковий коефіцієнт.

$$Q = 10,38 \cdot 1,4 = 14,532 \text{ кг.}$$

Заготовка 1-ї групи складності (С1), четвертого класу точності (Т4), 1-ї групи серійності, зі сталі 40Х прийнята $C_{\text{баз}} = 24530$ грн.

Тоді,

$$C_{\text{заг}} = \left(\frac{24530}{1000} \cdot 14,532 \cdot 1,1 \cdot 0,89 \cdot 0,89 \cdot 1,16 \cdot 0,96 \right) - (14,532 - 10,38) \cdot \frac{1200}{1000} = 340,9 \text{ грн.}$$

Вартість заготовки з прокату:

$$C_{\text{з пр.}} = Q \cdot S - (Q - q) \cdot \frac{S_{\text{відх}}}{1000},$$

де S – ціна 1 кг матеріалу заготовки, грн.;

$S_{\text{відх}}$ - ціна 1т відходів, грн.;

$Q = 18,2$ кг – маса заготовки, кг;

q – маса готової деталі, кг.

Тоді,

$$C_{\text{з пр.}} = 18,2 \cdot 24,53 - (18,2 - 10,38) \cdot 1,2 = 438,63 \text{ грн.}$$

Таким чином, дійдемо висновку, що найбільш доцільно отримувати заготовку вал-шестерні гарячим об'ємним штампуванням, тому що цей спосіб забезпечує мінімальну технологічну вартість деталі.

На базовому підприємстві заготовку вал-шестерні одержують з прокату, але, як бачимо, це недоцільно в серійному виробництві.

2.2. Розрахунок вартості основних матеріалів

Витрати на основні матеріали визначаються, виходячи з величини заданого річного обсягу випуску продукції, прогресивних норм витрат матеріалу на одиницю продукції, норм відходів і планових цін на матеріали та відходи.

					4267ст3.08.КРБ.04.02.ПЗ	Арк.
						18
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Витрати на основні матеріали на даний виріб:

$$M = K_{ТЗ} \cdot m \cdot C_M - q \cdot C_{відх},$$

де $K_{ТЗ}$ – коефіцієнт, який враховує транспортно-заготівельні витрати;

m – маса заготовки, кг;

C_M – ціна матеріалу заготовки, грн./кг;

q – маса відходів при виготовленні деталі, кг;

$C_{відх}$ – ціна реалізованих відходів, грн./кг.

$$M = 1,07 \cdot 14,532 \cdot 24,53 - (14,532 - 10,38) \cdot 1,2 = 376,44 \text{ грн.}$$

Результат розрахунку витрат на основні матеріали зведено до табл.2.1.

Розрахунок витрат на основні матеріали

Таблиця 2.1

Вал-шестерня	Найменування деталі	Річний обсяг, шт.	Марка матеріалу	Норма витрат на 1 деталь, кг	Витрати на програму, т	Ціна 1 т, грн.	Сума, грн.	Маса відходів на 1 деталь, кг	Маса відходів на програму, т	Ціна реалізації 1 т відходів, грн.	Сума від реалізації відходів, грн.	Разом витрати на матеріали,
15000												
40X												
10,38												
155,7												
24530												
3819321												
4,152												
62,28												
1200												
74736												
3744585												

2.3. Проектування заготовки

Заготовки даних валів одержують штампуванням на горизонтально-кувальних машинах. Таке штампування відрізняється високим коефіцієнтом використання матеріалу, відсутністю на заготовці заусенців. Маса штампувань – від 0,1 до 100 кг. Вироби штампують із прокату підвищеної точності труб. Метод видаляє операцію відрізання заготовок і дозволяє після одного нагрівання виготовляти кілька кувань. Припуски і допуски призначають за ГОСТ 7505-89.

Горизонтально-кувальні машини кривошипної дії, багатопозиційні з рознімними матрицями мають, наприклад, такі позиції:

					4267ст3.08.КРБ.04.02.ПЗ	Арк.
						19
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 – подача, обтискання та відрізання заготовки;

2-3 – робочі позиції;

4 – відкриплення та зняття заготовки.

Визначимо загальні припуски.

Клас точності заготовки вал-шестерні Т4 (середньосерійне виробництво). Сталь 40Х відноситься до групи М2.

Визначаємо ступінь складності:

$$C = \frac{G_{\text{поковки}}}{G_{\text{фігури}}},$$

$$\text{де } G_{\text{поковки}} = 14,532$$

$$G_{\text{фігури}} = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot L \cdot \rho = \frac{3,14 \cdot 11,5^2}{4} \cdot 22,5 \cdot 7,8 = 18219,87 \text{ г} = 18,2 \text{ кг.}$$

$$C = \frac{14,532}{18,2} = 0,8.$$

Ступінь складності вал-шестерні – С1.

Таким чином, вал-шестерня має наступники показники:

клас точності	Т4
група матеріалу	М2
ступінь складності	С1
маса	14,532
індекс	13

Розрахунки розмірів діаметрів штампування вал-шестерні із припустимими відхиленнями привожу у вигляді табл.3.2.

Твердість 248...302 НВ.

Незазначені штампувальні ухили 7°, радіуси 5 мм.

Припустимий заусенець до 1,8 мм.

					4267ст3.08.КРБ.04.02.ПЗ	Арк.
						20
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розміри діаметрів вал-шестерні

Таблиця 2.2

Діаметр шабля вала, мм	Шорсткість поверхні Ra, мм	Загальний припуск на діаметр, мм	Діаметр шабля штампування, мм	Допуск розміру штампування, мм
115	20	$2 \times 1,4 = 2,8$	117,8	$+1,8, -1,0$
105	20	$2 \times 1,7 = 3,4$	108,8	$+1,8, -1,0$
70	20	$2 \times 1,5 = 3,0$	73	$+1,6, -0,9$
92,85	5	$2 \times 1,8 = 3,6$	96,45	$+1,6, -0,9$
55	1,25	$2 \times 2 = 4$	59	$+1,6, -0,9$
110	2,5	$2 \times 2 = 4$	114	$+1,8, -1,0$
105,05	5	$2 \times 2 = 4$	101,05	$+1,8, -1,0$
91	5	$2 \times 1,8 = 3,6$	87,4	$+1,6, -0,9$
40	20	$2 \times 1,4 = 2,8$	37,2	$+1,6, -0,9$

При розрахунку довжин шаблів вал-шестерні використовуємо також табл.2.3.

Розрахунок довжин шаблів вал-шестерні

Таблиця 2.3

Діаметр шабля вала, мм	Шорсткість поверхні Ra, мм	Загальний припуск на діаметр, мм	Діаметр шабля штампування, мм	Допуск розміру штампування, мм
225	5	$2 \times 3,9 = 7,8$	232,8	$+2,1, -1,1$
28	5	$1 \times 1,7 = 1,7$	29,7	$+1,4, -0,8$
20	2,5	$2 \times 1,7 = 3,4$	23,4	$+1,4, -0,8$
90	5	$2 \times 1,8 = 3,6$	93,6	$+1,6, -0,9$
31	2,5	$1 \times 1,7 = 1,7$	32,7	$+1,4, -0,8$
92	5	$2 \times 1,8 = 3,6$	95,6	$+1,6, -0,9$
32,9	5	$1 \times 1,7 = 1,7$	34,6	$+1,4, -0,8$
84	20	$2 \times 1,5 = 3,0$	81	$+1,6, -0,9$
180	20	$1 \times 1,9 = 1,9$	176,2	$+2,1, -1,1$

2.4. Аналіз базового та прийнятого технологічного процесу

Технологічний процес на базовому підприємстві складається з таких операцій.

Операція 005 – відрізна. Відрізають заготовку $\varnothing 120$ мм; $l = 235$ мм і пробу $l = 160$ мм – 1 шт. на партію. Відрізання проби роблять від одного прутка із заготовкою

Операція 010 – токарна. Точіння заготовки до $\varnothing 115/\varnothing 40$ мм; $l = 160$ мм, торці допускається не підрізати.

Операція 015 – маркірування. Таврують на заготовці і пробі трафарет.

Операція 016 – технічний контроль. Проводиться контроль операцій 010 і 015.

Операція 020 – програмно-токарна. Використовують імпортований токарний напівавтомат з ЧПК MDR-21. Точіння вал-шестерні за керуючою програмою № 2037/I.

Операція 025 – програмно-токарна. Точіння вал-шестерні за керуючою програмою № 2037/II.

Операція 026 – технічний контроль. Таврують, перевіряють розміри за ескізом та проводиться контроль операцій 020 і 025.

Операція 030 – маркірування. Таврують на торці заготовки і пробі трафарет. Пред'являють до ВТК.

Операція 031 – технічний контроль. Проводиться контроль операції 030.

Операція 035 – термічна. Проводять термообробку і додаткові випробування на твердість (248...302 HB).

Операція 040 – програмно-токарна. Використовують імпортований токарний напівавтомат з ЧПК MDW-23. Закріплюють заготовку в патроні, підрізають торець у розмір $226,5 \pm 0,5$; розточують всі внутрішні поверхні відповідно до креслення; точити $\varnothing 115,6 \pm 0,1$; $\varnothing 110,6 \pm 0,1$; канавку і фаску за керуючою програмою № 2037/III.

Операція 041 – технічний контроль. Контроль здійснюється за кресленням та ескізом в операційній карті.

					4267ст3.08.КРБ.04.02.ПЗ	Арк.
						22
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Операція 045 – маркірування. Виготовляють бирку, таврують трафарет і прикріплюють бирку до деталі.

Операція 050 – токарна. Кріплять заготовку в патроні за шийку $\varnothing 110,6$; вивіряють установку по $\varnothing 115,6$ до $0,05$ мм; підрізають другий торець у розмір $225 \pm 0,57$ і центрують $\varnothing 6,3$ до $D = 13,2$ мм.

Операція 051 – технічний контроль. Перевіряють биття на верстаті до $0,05$ мм, контролюють розміри за кресленням.

Операція 055 – шліфувальна. Забивають в отвір $\varnothing 91H7$ заглушку. Заправляють коло для забезпечення R1 під буртом $\varnothing 105$. Установлюють і закріплюють деталь у центрах, вивіряють установку, по шийках до $0,03$ мм. Шліфують шийки $\varnothing 110k6$ ($^{+0,025}_{+0,003}$), $\varnothing 115h9$ і торець $\varnothing 115$; шліфують шийку $\varnothing 55k6$ ($^{+0,021}_{+0,002}$).

Операція 056 – технічний контроль. Перевіряють установку на верстаті, розміри по операції 055 контролюють за кресленням.

Операція 060 – зубодовбальна. Налагоджують верстат, вивіряють довб'як по зовнішньому діаметру до $0,04$ мм і пристосування до $0,02$ мм. Встановлюють і закріплюють деталь у пристосуванні, вивіряють деталь із точністю до $0,02$ мм і пред'являють до ВТК. Довбають зубці $m = 2,5$ мм; $z = 38$ остаточно.

Операція 061 – технічний контроль. Перевіряють биття довб'яка, пристосування, деталі; контролюють зубці комплексним шаблоном.

Операція 065 – зубофрезерувальна. Налагоджують верстат, встановлюють і закріплюють деталь у патроні із червоно-мідними прокладками; встановлюють і закріплюють фрезу по центрі; вивіряють биття по зовнішньому діаметру до $0,02-0,03$ мм. Фрезерують зубці з $m = 4$ мм; $z = 21$ попередньо.

Операція 066 – технічний контроль. Вивіряють установку фрези і деталі на верстаті; контролюють зубці за кресленням.

Операція 070 – зубофрезерувальна. Фрезерують зубці з $m = 4$ мм; $z = 21$ остаточно (напрямок лінії зубця - правий).

					4267ст3.08.КРБ.04.02.ПЗ	Арк.
						23
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Операція 071 – технічний контроль. Контролюють зубці по загальній нормалі відповідно до креслення.

Операція 075 – слюсарна. Запиляти заусенці й гострі крайки по зовнішніх і внутрішніх зубцях.

Операція 080 – свердлильна. Закріплюють деталь із кондуктором до столу верстата планками. По кондуктору свердлять два гнізда під різьбу М10-6Н, розсвердлюють фаски, нарізають різьбу по калібру.

Операція 081 – технічний контроль. Контролюють розміри після операції 080.

Операція 085 – маркірування. Виготовляють бирку, таврують трафарет і прикріплюють бирку до деталі.

Операція 090 – мастильна. Змащують місце консервації мастилом К-17 згідно СТП 5.51-525-79 п.4.7.

Проаналізувавши базовий технологічний процес виготовлення вал-шестерні, можна зробити висновок про те, що у зв'язку з використанням універсальних устаткування та пристосувань для закріплення заготовки у процесі обробки, виникає необхідність у вивірці положення заготовки. З метою вилучення браку в технологічний процес введена велика кількість операцій технічного контролю. Це прийнятно для одиничного виробництва. Тому в пропонованому технологічному процесі обробка вал-шестерні виконується на верстатах – напівавтоматах з автоматично налагодженим інструментом, у спеціальних пристосуваннях. Контроль якості обробки проводиться вибірково самим робітником-верстатником, що працює на даному верстаті та відповідно до обраного технологічного процесу.

У пропонованому технологічному процесі, на відміну від базового, введена високопродуктивна операція підрізання торців (одночасно підрізаються два торці деталі).

Крім того, у пропонованому технологічному процесі обробка виконується на імпортних дорогих верстатах, а на вітчизняних токарних верстатах-напівавтоматах.

					4267ст3.08.КРБ.04.02.ПЗ	Арк.
						24
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Наявність вал-шестерні з поверхнями, виконуваними із шорсткістю 1,25 мкм і 6-го квалітету точності, наявність термообробки свідчить про те, що план обробки валу повинен складатися мінімум з трьох етапів: чорнового, напівчистового, чистового.

Чорнові операції містять у собі обробку базових поверхонь

На напівчистових операціях виконують токарну обробку зовнішніх поверхонь, залишаючи припуск на робочих поверхнях для їхньої остаточної обробки на чистовому етапі. Неробочі поверхні-виточення для виходу ріжучого інструменту, фаски – обробляються остаточно.

Введення чистових операцій зумовлено тим, що шорсткість робочих поверхонь вал-шестерні $Ra = 1,25$ мкм і точність 6 квалітету неможливо забезпечити методами токарної обробки. Цього можна досягти круглим зовнішнім шліфуванням.

Термообробку необхідно проводити перед механічною обробкою, тому що після термообробки в матеріалі заготовки виникають і перерозподіляються напруги, які приводять до несиметричних деформацій (жолобленню) заготовки вал-шестерні. Після нагрівання заготовки в поверхневому шарі утвориться окалина. Тому певний припуск знімається при механічній обробці.

На підставі наведеного технологічного аналізу конструктивних особливостей і технологічних вимог на виготовлення вал-шестерні для серійного виробництва приймаємо наступний маршрут виконання операцій технологічного процесу:

005 Технічний контроль

010 Фрезерувально-центрувальна

015 Термічна

020 Автоматна токарна

025 Автоматна токарна

030 Технічний контроль

035 Зубодовбальна

040 Зубофрезерувальна

045 Технічний контроль

					4267ст3.08.КРБ.04.02.ПЗ	Арк.
						25
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

050 Вертикально-свердлильна

055 Круглошліфувальна

060 Круглошліфувальна

065 Технічний контроль

070 Зубошевінгувальна

075 Токарно-гвинторізна

080 Технічний контроль

2.5. Розрахунок операційних припусків і проміжних розмірів заготовки

Технологічний маршрут обробки поверхні $\varnothing 556 \begin{smallmatrix} +0,021 \\ +0,002 \end{smallmatrix}$ складається з однократного точіння та однократного шліфування.

Розрахунок мінімальних значень припусків робимо, користуючись основною формулою:

$$2Z_{\min} = 2 [(Rz + h)_I + \Delta \Sigma_i + \epsilon_i].$$

Мінімальний припуск:

під однократне точіння

$$2Z_{\min 1} = 2 (200 + 250 + 200) = 2 \cdot 650 = 1300 \text{ мкм.}$$

під однократне шліфування

$$2Z_{\min 2} = 2 (32 + 30 + 25) = 2 \cdot 87 = 174 \text{ мкм.}$$

Аналогічно попередньому прикладу робимо розрахунок по інших графах табл.2.4.

Графа «Розрахунковий мінімальний розмір» заповнюється, починаючи з кінцевого розміру, шляхом послідовного додатка розрахункового мінімального припуску кожного технологічного переходу:

$$d_1 = 55,002 + 0,174 = 55,176 \text{ мм;}$$

$$d_2 = 55,176 + 1,3 = 56,476 \text{ мм.}$$

Записавши у відповідній графі розрахункової таблиці значення допусків на кожен технологічний перехід і заготовку, у графі «Найменший граничний розмір» визначимо їхні значення для кожного технологічного переходу, округлюючи розрахункові розміри збільшенням їхніх значень. Найбільші

					4267ст3.08.КРБ.04.02.ПЗ	Арк.
						26
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

граничні розміри обчислюємо додатком допуску до округленого найменшого граничного розміру:

$$d_{\max 2} = 55,01 + 0,03 = 55,04 \text{ мм};$$

$$d_{\max 1} = 55,18 + 0,12 = 55,30 \text{ мм};$$

$$d_{\max 3} = 56,48 + 3,00 = 59,48 \text{ мм}.$$

Граничні значення припусків $Z_{\max}$ визначаємо як різницю найбільших граничних розмірів та $Z_{\min}$ як різницю найменших граничних розмірів попередніх і виконуваного переходів:

$$2Z_{\max 2} = 55,18 - 55,01 = 0,17 \text{ мм}$$

$$2Z_{\max 1} = 56,48 - 55,18 = 1,3 \text{ мм}$$

$$2Z_{\min 2} = 55,30 - 55,04 = 0,26 \text{ мм}$$

$$2Z_{\min 1} = 59,48 - 55,30 = 4,18 \text{ мм}$$

На інші оброблювані поверхні деталі припуски і допуски приймаємо по таблиці й записуємо їхнього значення в табл.2.5.

Розрахунок припусків і граничних розмірів по технологічних переходах на обробку поверхні $\varnothing 55^{+0,021}_{+0,002}$

Таблиця 2.4

Елементарна поверхня деталі й технологічні переходи	Елементи припуску, мкм				Розрахунковий припуск $2Z_{\min}$, мкм	Розрахунковий мінімальний розмір, мм	Допуск на виготовлення T_d , мкм	Прийняті (округлені) розміри по переходах, мм		Отримані граничні припуски, мкм	
	Rz	h	Δ	ε				$d_{\max}$	$d_{\min}$	$2Z_{\max}$	$2Z_{\min}$
заготівка	200	250	200	-	-	56,476	3000	59,48	56,48	-	-
точіння	32	30	25	-	1300	55,176	120	55,30	55,18	4180	1300
Шліфування	5	10	-	-	174	55,002	30	55,04	55,01	260	170

					4267ст3.08.КРБ.04.02.ПЗ	Арк.
						27
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Припуски й допуски на оброблювані поверхні вал-шестерні

Таблиця 2.5

Поверхні деталі і маршрут її обробки	Точність	Шорсткість, мкм	Допуск, мм	Припуск, мм	Розмір
Ø110 1.Заготівка 2.Токарна 3.Шліфувальна	T4 h14 k6	80 5 2,5	+1,8 -1,0 +0,10 -0,05 +0,025 +0,003	- 3 1	114 ^{+1,8} _{-1,0} 111 ^{+0,10} _{-0,05} 110 ^{+0,025} _{+0,003}
Ø115 1.Заготівка 2.Токарна	T4 h14	80 20	+1,8 -1,0 0	- 2,8	117,8 ^{+1,8} _{-1,0} 115
Ø105 1.Заготівка 2.Токарна	T4 h14	80 20	+1,8 -1,0 0	- 3,4	107,8 ^{+1,8} _{-1,0} 105
Ø70 1.Заготівка 2.Токарна	T4 h14	80 20	+1,6 -0,9 0	- 3	73 ^{+1,6} _{-0,9} 70
Ø92,85 1.Заготівка 2.Токарна 3.Зубофрезерувальна	T4 - h14	80 5 2,5	+1,6 -0,9 +0,8 -0,5 -0,14	- 3,45 0,15	96,45 ^{+1,6} _{-0,9} 93 ^{+0,8} _{-0,5} 92,85 ^{+0,14}
Ø91 1.Заготівка 2.Токарна 3.Зубодовбальна	T4 - h14	80 20 5	+1,6 -0,9 +0,8 -0,4 0	- 3,6 -	87,4 ^{+1,6} _{-0,9} 91 ^{+0,8} _{-0,4} 91
Ø40 1.Заготівка 2.Свердлильна 3. Токарна	T4 - h14	80 40 20	+1,4 -0,8 +0,7 -0,3 0	- 2,4 1	36,6 ^{+1,4} _{-0,8} 39 ^{+0,7} _{-0,3} 40
225 1.Заготівка 2.Токарна	T4 js14	80 5	+2,1 -1,1 0	- 7,8	232,8 ^{+2,1} _{-1,1} 225
20 1.Заготівка 2.Токарна	T4 h14	80 2,5	+1,4 -0,8 0	- 3,4	23,4 ^{+1,4} _{-0,8} 20
60 1.Заготівка 2.Токарна	T4 js14	80 5	+1,6 -0,9 0	- 3	63 ^{+1,6} _{-0,9} 60
90 1.Заготівка 2.Токарна	T4 h14	80 5	+1,6 -0,9 0	- 3,6	93,6 ^{+1,6} _{-0,9} 90

2.6. Вибір обладнання

При виборі обладнання необхідно враховувати:

- відповідність розмірів робочої зони верстата габаритним розмірам деталі;
- можливість на даному етапі забезпечити потрібну точність обробки;
- потужність верстата (вона повинна відповідати або перевищувати потужність потрібної для обробки);
- продуктивність верстата.

У випадку недостатньої продуктивності одного верстата операцію слід проводити на декількох верстатах. З другої сторони, верстат надмірно великої продуктивності не буде завантажений, тому використання верстатів підвищеної продуктивності повинно бути достатньо обґрунтовано.

При виборі пристроїв враховують, що вибрані пристрої повинні:

- забезпечити задану точність обробки;
 - враховувати допоміжний час при виконанні технологічних операцій;
 - полегшити працю верстатника при установці, знятті і заміні деталей;
 - підвищити продуктивність верстата;
- і так далі.

Фрезерувально–центрувальна операція

В якості обладнання вибираємо фрезерувально–центрувальний півавтомат моделі МР – 71М.

Технічна характеристика

Діаметр оброблюваної заготовки, мм	– 25 – 80
Довжина оброблюваної заготовки, мм	– 50 – 1250
Число швидкостей шпинделя фрези	– 6
Границя частот обертання шпинделя фрези за хвилину	– 270 – 1255
Найбільший хід головки фрези (столу), мм	– 220
Межа робочих подач фрези (безступінчасте регулювання), мм/хв.	– 270 – 1255
Хід свердлильної головки, мм	– 15.

					4267ст3.08.КРБ.04.02.ПЗ	Арк.
						29
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Межі можливих подач свердлильної головки (безступінчасте регулювання) мм/хв. – 200 – 300

Потужність електродвигунів, кВт

фрезерувальної головки – 5,5

свердлильної головки – 1,1

Габарити верстата, мм

довжина – 3300

ширина – 1575.

Токарна чорнова операція

Обладнання – верстат токарно–гвинторізний моделі 16К20.

Технічна характеристика

Максимальний діаметр заготовки:

встановленої над направляючою станини, мм 400

над верхньою частиною супорта, мм 220

Кількість швидкостей обертання шпинделя 23

Межі частот обертання шпинделя в об/хв. 12,5 -2000

Межі подач, мм/об,

поздовжніх 0,025–0,6

поперекових 0,025–1,4

Потужність двигуна, кВт 10

Потужність по слабкій ланці, кВт 7,6 – 8,5

Круглошліфувальна операція

Використовується верстат круглошліфувальний моделі 3М153У

Технічна характеристика

Найбільший діаметр встановлюваного виробу, мм 140

Найбільша довжина виробу, мм 500

Найбільша довжина шліфування, мм 450

Висота центрів над столом, мм 90 ± 2

					4267ст3.08.КРБ.04.02.ПЗ	Арк.
						30
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Тип і розмір круга

ПП 500 × 63 × 203

(зовнішній діаметр × висота × діаметр × отвору).

Швидкість шліфування круга 50 м/с

Найбільша потужність шліфування, кВт

5

Частота обертання виробу (безступінчасте регулювання)об/мм 55 – 900

Габарити верстата

2260 × 1920 × 1780

Потужність електродвигунів

12,5 кВт.

2.7. Вибір ріжучого та вимірювального інструменту

Ріжучий та вимірювальний інструмент, який використовується у технологічному процесі виготовлення деталі вал-шестерня, для зручності занесено до табл.2.6.

Ріжучий та вимірювальний інструмент

Таблиця 2.6

№	Найменування операції	Обладнання	Ріжучий інструмент	Вимірювальний інструмент
1.	Фрезерувально-центрувальна	Фрезерувально-центрувальний напів автомат мод.МР-71М	Фреза насадна торцева Т15К10 ГОСТ 1092-94; Свердло центрувальне ВК8 ГОСТ 14952-95	Лінійка ГОСТ 27-95; ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-89
2.	Автоматна токарна	Токарний багато різцевий копіювальний напів автомат мод.1Н713	Різець прохідний Т15К6 ГОСТ 18877-93; Різець підрізний ГОСТ 18871-33; Різець фасонний;	Скоби листові ГОСТ 1775-92; Зразки шорсткості Ra20
3.	Автоматна токарна	Токарний багато шпиндельний вертикальний напів автомат мод.1284	Різець прохідний Т15К6 ГОСТ 18877-93; Різець канавковий; Свердло спіральне подовжене ВК8 ГОСТ 2092-93; Різець розточний ГОСТ 18882-83; Різець канавковий Т15К6	Скоби листові ГОСТ 1775-92; Зразки шорсткості Ra20; ШЦ I-0-125-0,1 ГОСТ 166-89; Нутромір мікрометричний НМ-125-0,01 ГОСТ 10-75

					4267ст3.08.КРБ.04.02.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

Продовж.табл.2.6				
4.	Зубодовбальна	Зубодовбальний напівавтомат 5122Б	Довб'як зуборізний дисковий ГОСТ 9325-89;	Індикатор 0-10-0,01; комплексний шаблон
5.	Зубофрезерувальна	Зубофрезерувальний напівавтомат 53А80	Фреза черв'ячна трьохзахідна суцільна класу точності А типу 2 ГОСТ 9324-90	393111 Штангензубомір 0,05 ШЗ-18 ТУ 2-034-773-84
6.	Вертикально-свердлильна	Вертикальний агрегатний свердлильний трьохпозиційний верстат ХА-2115-3	Свердло спіральне з конічним хвостовиком ГОСТ 10903-97; Мітчик з прохідним хвостовиком ГОСТ 3266-81	ШЦ І-125-0,1 ГОСТ 166-89; Калібр-пробка різьбова М10-6Н
7.	Круглошліфувальна	Круглошліфувальний верстат 3М163	Шліфувальний круг 25А40С26К4	Навісна двох контактна вимірювальна скоба; зразки шорсткості Ra2,5
8.	Круглошліфувальна	Круглошліфувальний верстат 3М163	Шліфувальний круг 25А40С26К4	Навісна двох контактна вимірювальна скоба; зразки шорсткості Ra2,5
9.	Зубошевінгувальна	Зубошевінгувальний 5714	Шевер 9330-6003; 9691-3004 Пристосування, 9570-3009	Еталон; Індикатор ИЧ-10 кл.1 ГОСТ 577-98
10.	Токарно-гвинторізна	Токарно-гвинторізний 16К20	Накатник спеціальний Т15К6; різець прохідний упорний з мех.кріпленням пластин Т15К6 ГОСТ 20872-93; різець різбовий Т15К6 ГОСТ 18885-93	Візирна вимірювальна труба ППС-7 ТУ 3-3.370-81166-89; ШЦ П-0-160-0,1 ГОСТ 166-89; ШЦ І-0-125-0,1 ГОСТ 166-89; Кільця різбові М100х1,5 ГОСТ 17756-93
11.	Круглошліфувальна	Круглошліфувальний 3У131ВМ	Шліфувальний круг ПП 600х63х305 24А 40-НСТ17К5 А ГОСТ 2424-93;	МК 100-125-0,01 ГОСТ 6507-89
12.	Внутрішньошліфувальна	Внутрішньошліфувальний 3А229	Шліфувальний круг ПП 20х25х10 24А 40-НСТ17К5 А ГОСТ 2424-93	Скоба гладка Ø56h6
13.	Зубофрезерувальна	Зубофрезерувальний 5К310	Фреза черв'ячна модульна m =2,5 Р6М5;	Індикатор ИЧ-2 ГОСТ 577-89; Ролики мірні
14.	Вертикально-фрезерувальна	Вертикально-фрезерувальний 6Н13П	Фреза шпонкова Ø12 Р6М5 ГОСТ 17025-93	ШЦ І-0-125-0,1 ГОСТ 166-89

					4267ст3.08.КРБ.04.02.ПЗ	Арк.
						32
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.8. Розрахунок режимів різання

Розрахуємо режими різання для точіння, виконуваного на токарному багато різцевому копіювальному напівавтоматі 1Н713. Точіння шийки вал-шестерні виконується за один прохід різцем прохідним Т15К6 ГОСТ 18887-83.

Встановлюємо глибину різання. Припуск на обробку видаляємо за один прохід (у цьому випадку це можливо, тому що припуск невеликий). Глибина різання (дорівнює припуску на сторону) визначається:

$$l = \frac{D-d}{2} = \frac{59-56}{2} = 1,5 \text{ мм.}$$

Призначаємо подачу. Для обробки заготовки з конструкційної сталі діаметром до 100 мм, при глибині різання до 1,5 мм:

$$S = 0,6 - 0,9 \text{ мм/об. Приймаємо } S = 0,8 \text{ мм/об.}$$

Призначаємо період стійкості різця. При одноінструментальній обробці пропонується

$$T = 60 \text{ хв.}$$

Визначаємо швидкість різання, що допускається ріжучими властивостями різця

$$V = \frac{C_v}{T^{m_v} \cdot S^{x_v} \cdot l^{y_v}} \cdot K_v.$$

З таблиці виписуємо значення коефіцієнта та показників ступенів формули: при зовнішньому поздовжньому точінні з подачею S більше 0,7 мм/об, для різця із пластиною зі сплаву Т15К6 знаходимо

$$C_v = 340; x_v = 0,15; y_v = 0,45; m = 0,2.$$

Коефіцієнт K_v є добутком коефіцієнтів, що враховують вплив матеріалу заготовки, стану поверхні, матеріалу інструмента.

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv}$$

$$K_{MV} = K_r \cdot \left(\frac{750}{G_B}\right)^{n_v} = 0,8 \left(\frac{750}{700}\right)^{1,0} = 0,86;$$

$$K_{nv} = 1,0; K_{uv} = 1,0;$$

$$K_v = 0,86 \cdot 1 \cdot 1 = 0,86;$$

$$V = \frac{340 \cdot 0,86}{60^{0,2} \cdot 1,5^{0,15} \cdot 0,8^{0,45}} = 53 \text{ м/хв.}$$

					4267ст3.08.КРБ.04.02.ПЗ	Арк.
						33
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Частота обертання шпинделя, що відповідає знайденій швидкості різання

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 53}{\pi \cdot 56} = 307 \frac{\text{об}}{\text{хв}}.$$

Корегуємо частоту обертання за паспортними даними верстата і встановлюємо дійсну частоту обертання

$$n_d = 300 \text{ об/в.}$$

Дійсна швидкість різання

$$V_d = \frac{\pi \cdot D \cdot n_d}{1000} = \frac{\pi \cdot 56 \cdot 300}{1000} = 52,75 \text{ м/хв.}$$

Потужність, яка витрачається на різання

$$N_{\text{різ}} = \frac{P_z \cdot V_d}{60 \cdot 10^2}$$

Сила різання

$$P_z = C_{p2} \cdot t^{x_p} \cdot S^{y_p} \cdot V^{n_p} \cdot K_p$$

З таблиці виписуємо коефіцієнт і показники ступенів формули; для заданих умов обробки

$$C_{p2} = 300; x_p = 1; y_p = 0,75; n_p = -0,15.$$

Поправочний коефіцієнт K_p являє собою добуток ряду коефіцієнтів, що врахують фактичні умови різання

$$K_p = K_{\text{мр}} \cdot K_{\text{фр}} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\text{гр}} = 0,75 \cdot 0,94 \cdot 1 \cdot 1,25 \cdot 0,93 = 0,82;$$

$$P_z = 300 \cdot 1,5 \cdot 0,8^{0,75} \cdot 52,75^{-0,15} \cdot 0,82 = 1270 \text{ Н (127 кгс);}$$

$$N = \frac{127 \cdot 52,75}{60 \cdot 10^2} = 1,1 \text{ кВт.}$$

Перевіряємо, чи достатня потужність привода верстата за умовою

$$N_{\text{різ}} \leq N_{\text{шт.}} \quad 1,1 \leq 1,5.$$

2.9. Технічне нормування

Визначаємо норми часу на шліфувальну операцію.

Основний (технологічний) час знаходиться за формулою

$$T_o = \frac{L \cdot i}{n \cdot S_o},$$

де L – робоча довжина ходу інструмента, мм;

i – число проходів інструмента;

					4267ст3.08.КРБ.04.02.ПЗ	Арк.
						34
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

n – частота обертання шпинделя;

S_o – подача на оберт шпинделя, мм/об;

$$T_o = \frac{34 \cdot 1}{80 \cdot 0,4} = 1,1 \text{ хв.}$$

Норма допоміжного часу

$$T_{\text{доп}} = t_{\text{уст}} + t_{\text{пер}} + t_{\text{інст}} + t_{\text{вим}},$$

де $t_{\text{уст}}$ – час на установку й зняття деталі, хв.;

$t_{\text{пер}}$ – час, пов'язаний з переходами, хв.;

$t_{\text{інст}}$ – час на зміну інструмента, хв.;

$t_{\text{вим}}$ – час на контрольні виміри, хв.

$$T_{\text{доп}} = 0,5 + 0,41 + 0 + 0 = 0,91 \text{ хв.}$$

Норма штучного часу на операцію:

$$T_{\text{шт}} = T_o + T_{\text{доп}} + T_{\text{обсл}} + T_{\text{відп}},$$

де $T_{\text{обсл}}$ – час на організаційно-технічне обслуговування (становить 3-5 % від оперативного часу, де $T_{\text{опер}} = T_o + T_{\text{доп}}$), хв.;

$T_{\text{відп}}$ – час відпочинку та особистих потреб, хв.

$$T_{\text{шт}} = 1,1 + 0,91 + 0,035 \cdot (1,1 + 0,91) + 0,07 \cdot (1,1 + 0,91) = 2,33 \text{ хв.}$$

Штучно-калькуляційний час визначається:

$$T_{\text{шт.к}} = \frac{T_{\text{п.з}}}{N} + T_{\text{шт}},$$

де $T_{\text{п.з}}$ – підготовчо-заклучний час, хв.;

N – кількість деталей в операційній партії, шт.

$$T_{\text{шт.к}} = \frac{11}{10} + 2,33 = 2,44 \text{ хв.}$$

					4267ст3.08.КРБ.04.02.ПЗ	Арк.
						35
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

					4267см3.08.КРБ.04.03.ПЗ					
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Конструкторська частина		Літ		Арк.	Аркушів
Розробив		Ігошин О.М.	<i>Ігошин О.М.</i>	КРБ					36	6
Перевірив		Боду С.Ж	<i>Боду С.Ж.</i>	НУК						
Консульт.										
Ч.контр.		Моргун С.О.	<i>Моргун С.О.</i>							
Ватвердив		Ткач М.Р.	<i>Ткач М.Р.</i>							

3. Конструкторська частина

3.1. Наставне пристосування

Пристосування наставне застосовується при обробці деталей класу валів. Оброблювану деталь разом з полетом підйомник опускає на підпружинений центр. Верхній центр задньої стойки притискає зцентровану заготовку до трьох загострених ножів, що є повідцем під час різання. Як настановні елементи використовують центри з кутом 60° . Центри виконують зі сталей 45, У6А, У8А і піддають термічній обробці до твердості 55-60 Н С. Зносостійкість підвищують наплавленням твердого сплаву. Форму заднього центрового гнізда при токарській обробці зберігають застосуванням обертових центрів.

Для точної установки по довжині застосовують плаваючий передній центр; змінна глибина центрового гнізда не впливає при цьому на осьове положення заготовки. При упорі останньої в торець проміжної втулки сполучаються технологічна й вимірювальна бази, тобто дотримується умови того, що похибка базування дорівнює нулю.

При відхиленні від співвісності центрових гнізд виникає крайкове торкання центрів із гніздами. Те ж відбувається при розбіжності кутів гнізд і центрів. Під дією радіальної сили заготовка зміщується в поперековому і поздовжньому напрямках, у результаті зминання та зношування крайок. При відхиленні від співвісності із центрових гнізд кут перекосу заготовки довжиною l

$$\operatorname{tg} \alpha \approx \frac{c}{l}.$$

Поперековий зсув заготовки за час від початку зминання крайок до утворення контакту по всій поверхні центрових гнізд

$$y = a \frac{\sin \alpha}{\sin 60^\circ},$$

де a – довжина утворюючого конуса центрового гнізда.

Зсув заготовки в осьовому напрямку

$$x = \frac{y}{\operatorname{tg} 30^\circ} = \frac{1,15}{\operatorname{tg} 30^\circ} \cdot a \cdot \frac{c}{l} = 2a.$$

					4267ст3.08.КРБ.04.03.ПЗ	Арк.
						37
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Цей зсув помітно при звичайних умовах обробки. Так, при відхиленні від співвісності центрових гнізд 1 мм, довжині заготовки 225 мм і довжині утворюючого гнізда 5 мм зсув дорівнює 0,05 мм.

Заготівка, оброблювана в центрах універсального настановного пристосування, є під впливом моменту $M_{\text{різ}}$ й осьової складової сили різання P_x . Сумарна сила затискача перебуває зі співвідношення:

$$W_{\text{сум}} \cdot R \cdot f = K \cdot M_{\text{різ}},$$

$$W_{\text{сум}} = \frac{K M_{\text{різ}}}{f R}; W = \frac{W_{\text{сум}}}{Z},$$

де $M_{\text{різ}}$ – момент сили різання;

R - радіус заготовки;

K – коефіцієнт запасу;

f - коефіцієнт тертя;

W – сила затиску на одну опору;

Z – число опор.

$$M_{\text{різ}} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 100},$$

де D – діаметр фрези, мм;

P_z – сила різання (окружна), Н;

$$P_z = \frac{10 C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot B^{n \cdot Z}}{D^q \cdot n^w} K_{mp},$$

де Z – число зубців фрези;

n – частота обертання фрези, об/хв.

$$P_z = \frac{10 \cdot 261 \cdot 9^{1,1} \cdot 1,18^{0,75} \cdot 60^{1,1} \cdot 10}{100^{1,3} \cdot 40^{0,2}} \cdot 0,75 = 19919 \text{ Н},$$

$$M_{\text{різ}} = \frac{19919 \cdot 100}{2 \cdot 100} = 9960 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

$$W_{\text{сум}} = \frac{2 \cdot 9960}{0,7 \cdot 58,9} = 483 \text{ Н},$$

$$W = \frac{483}{3} = 161 \text{ Н}.$$

Знайдене значення $W_{\text{сум}}$ перевіряється на відсутність осьового зрушення заготовки:

$$W_{\text{сум}} \cdot f \geq K \cdot P_x$$

$$W_{\text{сум}} \geq \frac{K P_x}{f}.$$

					4267ст3.08.КРБ.04.03.ПЗ	Арк.
						38
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Знаходимо P_x з відношення:

$$\frac{P_x}{P_z} = 0,5;$$

$$W_{\text{сум}} \geq \frac{K P_x \cdot 0,5}{f};$$

$$483 \geq \frac{2 \cdot 19919 \cdot 0,5}{0,7}.$$

3.2. Розрахунок і конструювання шевера

Для забезпечення плями контакту на зубошевінгувальній операції застосуємо шевер. Шевером називається інструмент, призначений для обробки не шліфованих, незагартованих зубчастих коліс із метою підвищення точності і поліпшення поверхні зубців.

Шевер за ГОСТ 19265-90 другого типу класу В – для коліс 7-го ступеня точності. По другому типі шевер має модуль 7 мм і номінальний діаметр 237,23 мм, кут нахилу зубців 15° . Шевер виготовляється із правим напрямком лінії зуба. Шевер має форму загартованого і шліфованого зубчастого колеса із прямими зубцями та більшим числом стружкових канавок, розташованих на бічній поверхні зубців. Шевер типу два – глухий розташований паралельно торцям, перпендикулярно напрямку лінії зубу, і канавки трапецеїдальної форми. Міцність зубчиків із трапецеїдальної форми канавками вище міцності зубчиків з паралельними бічними сторонами, умови різання гірші.

Шевер виготовляють зі швидкоріжучої сталі Р9 ДСТУ 4738:2007. Твердість ріжучої часини шевера 62-65 HRC. Параметр шорсткості бічних поверхонь зубців $R_z = 1,6$ мкм.

Діаметр шевера вибираємо максимально можливим по розмірах шевінгувального верстата, особливо при обробці коліс із малим числом зубців. Число зубців шевера не повинне бути кратним числу зубців оброблюваного колеса. Кути схрещування, що забезпечують гарні умови різання, для коліс зовнішнього зачеплення $10-15^\circ$, для внутрішнього зачеплення – близько 3° . Збільшення кута схрещування поліпшує умови різання, але погіршує напрямна дія зубців шевера в западині зубців колеса; похибка профілю збільшується. Під шевінгування зубці черв'ячної фрези або довб'яка повинні мати

					4267ст3.08.КРБ.04.03.ПЗ	Арк.
						39
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

модифікований профіль. Стовщення на головці зуба фрези служать для підрізання зубу колеса з метою забезпечення зазору головці зуба шевера при шевінгуванні. Величина підрізання повинна бути на 0,015-0,025 мм більше, ніж знімає припуск, що, з боку зуба. Фланкірована ділянка на зубах фрези робиться для зняття невеликих фасок на головці зуба оброблюваного колеса.

Для сполученої пари звичайно виготовляють один шевер із чисто евольвентним профілем зубців, у іншого профіль зубців корегується для компенсації деформації при термічній обробці та зниженні рівня шуму. Стружкові канавки у шеверів для дотичного і урізного шевенгування розташовані по гвинтовій лінії, щоб замінити відсутність поздовжньої подачі при знятті стружки. При урізному шевінгуванні зубці шевера в поздовжньому напрямку мають увігнуту форму; якщо необхідно, ураховується бочкоподібність зубців колеса.

3.3. Накатник зубчастих коліс

Інструмент для пластичного деформування робочих поверхонь зубчастої деталі, з метою підвищення зносостійкості оброблюваних деталей за рахунок створення мастильних мікроканавок, він постачений конічним роликом, на робочій поверхні якого виконані кільцеві або гвинтові виступи.

Інструмент для пластичного деформування поверхонь зубчастої деталі, що містить корпус, виконаний у вигляді диска, що деформують ролики з евольвентним профілем, установлені на поверхні корпуси за допомогою елементів, що базують, і елемент пружного з'єднання роликів між собою, виконаний у вигляді пружного шару, що контактує з елементами, які базують.

До недоліків відомого інструмента ставиться неможливість одержання на оброблюваній поверхні мастильних канавок.

Інструмент містить корпус, виконаний у вигляді диска, встановлений в ньому деформуючі ролики з евольвентним профілем й один ролик, на робочій поверхні якого виконані, наприклад, кільцеві або гвинтові виступи. Деформуючі ролики встановлені в корпусі за допомогою кульок,

					4267ст3.08.КРБ.04.03.ПЗ	Арк.
						40
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

розташованих між деформуючими роликами й підгорнутих кришкою через пружний шар за допомогою болта.

Утворююча ролика, дотична до верхівок виступів, виконана прямолінійною таким чином, що профіль ролика збігається з евольвентним профілем на його головці й ніжці.

Інструмент працює в такий спосіб.

Корпус закріплюють на супорті верстата з можливістю обертання навколо своєї осі. Оброблюване колесо закріплюють у шпинделі верстата. Деформуючі ролики вводять у контакт із колесом, створюючи необхідний натяг. Вмикають обертання шпинделя й поздовжню подачу. При цьому деформуючі ролики з евольвентним профілем зміцнюють поверхню зубців, а ролик з виступами послідовно видавлює на зубцях мастильні мікроканавки. Форма ролика забезпечує менший натяг на рівні ділильної окружності зубців і більший у головки і ніжки зуба, тому в останньому випадку мастильні канавки будуть мати більший обсяг, що необхідно для кращих умов праці зубчастого колеса.

3.4. Скоба вимірювальна

На проектованій ділянці для вимірювання проміжних розмірів на деталі типу вал-шестерня, застосовують скоби листові зі сталі 15 або 20.

Контрольні і вимірювальні прилади підвищують продуктивність праці контролерів, поліпшують умови їх праці, підвищують якість й об'єктивність контролю. Вони також зменшують влучення браку в придатні деталі й пропуск придатних деталей у брак.

Похибка вимірювання, під якою розуміють відхилення знайденого значення величини від її щирого значення, повинна бути за можливості малою.

Похибку вимірювання залежно від призначення виробу допускають у межах 8-30 % поля допуску на контрольований об'єкт. Загальна похибка виміру визначається поруч її складових: похибкою, властивій самій схемі; похибкою установки контрольованого виробу; похибкою налагодження

					4267ст3.08.КРБ.04.03.ПЗ	Арк.
						41
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

інструмента за еталоном; зносом деталей інструмента, а також коливаннями температури.

При 100% перевірці деталей у потоковому виробництві час контролю не повинен перевищувати темп праці потокової лінії. Для вибіркового контролю деталей при стабільних технологічних процесах виготовлення вимоги до продуктивності контрольного пристосування та інструмента можуть бути знижені.

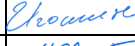
Скоба є пасивним вимірювальним приладом, тому що застосовується після виконання операцій обробки.

Вимірювальний інструмент повинен забезпечувати задану точність і продуктивність контролю, бути зручним в експлуатації, простим у виготовленні, надійним при тривалій праці та економічним.

Технічні вимоги на скобу приймаємо за ГОСТ 2216-84.

Виконуємо креслення скоби листової із вказівкою всіх граничних відхилень і технічних вимог.

					4267ст3.08.КРБ.04.03.ПЗ	Арк.
						42
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

					4267см3.08.КРБ.04.04.ПЗ				
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					
Розробив		Ігошин О.М.			Охорона праці та навколишнього середовища	Літ		Арк.	Аркушів
Перевірив		Боду С.Ж.				КРБ		43	11
Консульт.		Познанський АС							
Ч.контр.		Моргун С.О.							
Затвердив		Ткач М.Р.							

4. Охорона праці

4.1. Аналіз потенційних небезпек і шкідливостей на проектованій дільниці

На проектованій дільниці з механічної обробки вал-шестерні передбачений ряд заходів, що забезпечують безпеку в роботі й створюють нормальні умови праці робітників.

При механічній обробці вал-шестерні застосовуються наступні металоріжучі верстати: фрезерувальні, токарні, свердлильні, шліфувальні, зуборізні. Механічне обладнання дільниці має ряд вузлів, які становлять небезпеку для працюючих: ріжучий інструмент, який не захищає зона обробки, відсутність огорожень обертових і частин, що рухаються, устаткування, відсутність захисного заземлення.

При роботі на металоріжучих верстатах нещасні випадки можуть відбутися при контакті зі столами, що рухаються, і інструментами, а також при влученні в працюючого стружкою, яка відлітає. Щоб уникнути нещасних випадків всі небезпечні зони потрібно відгородити. Внутрішні поверхні захисних огорожень і посадкові місця для них повинні бути пофарбовані в яскраво-червоні кольори, що сигналізує про небезпеку у випадку їхньої відсутності.

Відходи, які відлітають із зони різання, металів, виділювані при різанні пари ЗОР створюють небезпека отруєння працюючими шкідливими речовинами. На дільниці в якості ЗОР використовуються сульфифрезол та емульсія за ГОСТ 12.1.005-88 «Повітря робочої зони». Гранично припустима концентрація 10 % - і емульсії й сульфифрезола за 4 класом небезпеки не повинна перевищувати 10 мг/м³.

Для видалення з повітря різних шкідливостей для людини на дільниці передбачена загальна вентиляція. Природна вентиляція здійснюється через спеціальні вентиляційні прорізи, які розташовані в стінах цеху: на висоті 1,8 м для подавання повітря в літню пору й на висоті 4,0 м – в зимовий час. Для індивідуального захисту особи та органів дихання людини від пилу варто застосовувати протипилові респіратори.

					4267ст3.08.КРБ.04.04.ПЗ	Арк.
						44
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При роботі з механічним устаткуванням людина може одержати не тільки травму. Існують різного роду професійні захворювання, що виникають у людей, які працюють із механізмами підвищеної гучності та вібрації. Під впливом шуму, що перевищує на середніх частотах 85-95 дБ, у першу чергу, знижується слухова чутливість і швидкість реакції на високих частотах. У зв'язку з тим, що сильний шум і вібрація шкідливо відбивається на здоров'я людини, при проектуванні нових виробничих приміщень ураховують рівень шуму і вібрації, які не повинні перевищувати нормальної. За нормативами промислової санітарії в механічних цехах допускається використовувати в якості нормативного граничного спектра ПС-80, де 80 дБ при частоті 1000 Гц – нормативний рівень звукового тиску для постійних робочих місць. Цим спектром визначені наступні припустимі рівні звукового тиску для постійних робочих місць в 8-ми октавних смугах частот (див.табл.4.1).

Нормовані параметри шуму на робочих місцях визначені за ГОСТ 12.1.003-86.

Припустимі рівні звукового тиску

Таблиця 4.1

Середні геометричні частоти октавних смуг, Гц								Рівні звуку та еквівалентні рівні звуку, дБ
6	25	50	00	000	000	000	000	
Рівні звукового тиску, дБ								Рівні звуку, дБ
9	2	6	3	0	8	6	4	85

Відповідно до ДСТУ ГОСТ 12.1.012:2008 системи стандартів безпеки праці «Вібрація, загальні вимоги безпеки», встановлені припустимі значення і методи оцінки гігієнічних характеристик вібрації, що визначають її вплив на людину. Наведені в нормах припустимі значення параметрів вібрації призначені для постійних робочих місць у виробничих приміщеннях при безперервному впливу в перебігу робочого часу (див.табл.4.2).

Значення параметрів вібрації у виробничих приміщеннях

Таблиця 4.2

Середні геометричні частоти октавних смуг, Гц	Додаткова коливальна швидкість, мм/с	Рівень звукового тиску, дБ
2	11,2	107
4	5	100
8	2	92
16	2	92
32	2	92
64	2	92

Джерелами вібрації на ділянці є вузли верстатів: шліцові з'єднання, кулачкові муфти, електродвигуни та ін. Цьому явищу може також сприяти неправильно обрані амортизатори для монтажу устаткування.

Основними шляхами зниження вібрації та шуму є застосування малошумних передач і двигунів, високоякісних підшипників, раціональна установка амортизаційних прокладок, раціональне конструювання інструментів і пристосувань.

Більшість із розглянутих шкідливостей виникають у процесі виробництва і сприймаються органами почуттів людини, тому їх легше виявити і вжити заходів для попередження шкідливих наслідків. Однак, ряд з них не може бути безпосередньо виявлений і це збільшує небезпеку поразки. До них ставиться небезпека поразки електричним струмом. Тому на проєктованій ділянці передбачається захист персоналу, виконаний у вигляді захисного заземлення. необхідний за правилами пристрою електроустановок припустимий опір заземлюючого проводу на електричних пристроях напругою до 1000 В – $\Gamma_3 = 4,0 \text{ Ом}$.

Керівництвом для робітників різних професій за безпечними правилами праці і методом виконання конкретних робіт служать інструкції з техніки безпеки і виробничої санітарії.

					4267ст3.08.КРБ.04.04.ПЗ	Арк.
						46
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Метеорологічні умови на виробничій дільниці визначаються температурою повітря t °С, відотною вологістю ψ %, швидкістю руху повітря на робочому місці V м/с і барометричним тиском p мм рт.ст. Життєдіяльність людини може протікати в досить широкому діапазоні тисків = 500-950 мм рт.ст., однак, нормальною величиною тиску є $p = 760$ мм рт.ст. відповідно до ГОСТ 12.1.005-88 на проєктованій дільниці для робіт середньої важкості в приміщенні з незначним надлишком явної теплоти в холодну пору року допускаються такі параметри метеорологічних умов: $t = 18-20$ °С, $\psi = 60-40$ %, $V = 0,2$ м/с. У теплу пору року: $t = 21-23$ °С, $\psi = 60-40$ %, $V = 0,3$ м/с.

Тому що дільниця працює у дві зміни, то на ньому необхідно застосовувати штучне освітлення. Нормативним документом по штучному висвітленню є ДБН В.2.5-28:2006, затверджений Держбудом. на дільниці прийнята наступна система штучного освітлення: загальна – газорозрядними лампами, місцева – лампами накаливання. Норми освітленості при використанні газорозрядних ламп вище, ніж ламп накаливання, оскільки вони більше економічні, що визначає підвищення освітленості без збільшення витрат електроенергії. На дільниці вищий розряд зорових робіт III – роботи високої точності, найменша об'єкт розрізнення від 0,3 до 0,5 мм (при вимірюванні), підрозряд 8 (середній контраст об'єкта із фоном і середній фон). Тому норми освітленості наступні для загального освітлення 150-200 лк, для місцевого освітлення 600 лк.

Для очищення і знезаражування деталей, вузлів на промислових підприємствах як розчинники застосовують різні речовини і состави, що підрозділяються на групи:

- лужні мийні розчини;
- розчини нейтрально мийних речовин;
- кислотні розчини;
- органічні розчинники;
- емульсуючі та двофазні розчинники;
- емульсії.

					4267ст3.08.КРБ.04.04.ПЗ	Арк.
						47
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Найнебезпечніші в пожежному відношенні є органічні й емульсуючі розчинники, при застосуванні яких створюються легкозаймисті концентрації парів.

Тому для миття і знежирювання виробів та деталей на проєктованій ділянці передбачені заходи щодо заміни легкозаймистої рідини (гасу) на негорючі, пожежобезпечні состави і препарати, такі як мийний засіб МЛ-52 (суміш поверхнево-активних речовин з лужними неорганічними солями).

Для гасіння на ділянці передбачені засоби пожежогасіння: вогнегасники ОХП-10, які призначені для гасіння вогнищ пожеж, що починаються, твердих і рідких горючих матеріалів; вуглекислотні вогнегасники ОУ-6, ОУ-2, котрі призначені для гасіння пожеж у закритих приміщеннях. Наявні засоби гасіння пожеж розташовані на пожежному щиті. Для оповіщення про пожежу передбачений пожежний оповідач.

За пожежною небезпекою проєктована ділянка ставиться до категорії Г (невибухонебезпечна).

4.2. Охорона праці при роботі на металоріжучому обладнанні

Безпека при роботі на металоріжучих верстатах досягається комплексом заходів, основними з яких є:

- оснащенні верстатів засобами безпеки в процесі їхнього проєктування та виготовлення;
- здійснення необхідних заходів при організації робочого місця верстатника;
- строге дотримання вимог техніки безпеки і гігієни праці при роботі на верстатах.

При організації праці верстатника необхідно передбачати комплекс заходів, що забезпечують високу продуктивність і повну безпеку роботи. Основні з цих заходів наступні:

1. Раціональне планування робочого місця, що забезпечує взаємозв'язок основного і допоміжного устаткування, природне та штучне їх висвітлення у відповідності до діючих норм, можливість наслідування зорового зв'язку між

					4267ст3.08.КРБ.04.04.ПЗ	Арк.
						48
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

працюючими на дільниці, також норми робочої площадки і розривів між верстатами.

2. Організація безперервного живлення робочого місця необхідними матеріалами, інструментами, а також видалення (транспортування) з робочого місця готових виробів і відходів у вигляді стружки.

3. Технічний інструктаж верстатника майстром або бригадиром, що забезпечує найбільш продуктивні та безпечні прийоми роботи; цей інструктаж повинен проводитися відповідно до інструкцій з безпеки праці верстатників.

Токарні верстати

Обробка різних матеріалів на верстатах токарної групи є одним з найпоширеніших способів одержання точних розмірів і форм деталей машин і приладів типу тіл обертання. Верстати токарної групи становлять близько 30% усього парку металорізучих верстатів. Вивчення виробничого травматизму показує, що серед великої кількості верстатів токарної групи різного конструктивного оформлення й призначення найбільшій увазі з погляду техніки безпеки вимагає токарно-гвинторізні, токарно-револьверні та інші головним чином універсальні верстати. При роботі на токарних верстатах найбільше часто відзначаються випадки поранення різних частин тіла верстатника стружкою. Для захисту працюючих від травм стружкою, що відлітає, верстати постачають огороженнями зони різання з оглядовими вікнами. Воно забезпечує захист від стружки і спостереження за процесом обробки. Крім того, воно перешкоджає розсіюванню стружки за лінію центрів. Огороження зони різання попереджує травмування очей стружкою, що відлітає, і трохи знижує запиленість у зоні подиху токаря. Однак, такий пристрій не вирішує повною мірою завдання обезпилюваності.

Фрезерувальні верстати

При роботі на цих верстатах травми працівникові можуть бути нанесені фрезою, стружкою, оброблюваною деталлю й пристосуванням для її закріплення. Поранення фрезою може відбутися головним чином під час її обертання, при відсутності пристроїв, що обгороджують фрезу, і порушення правил експлуатації верстата. Для попередження порізів пук необхідно

					4267ст3.08.КРБ.04.04.ПЗ	Арк.
						49
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

обгороджувати фрезу, користуватися спеціальною незношеною щіткою для видалення з верстата стружки, а також не вимірювати деталь поблизу відкритої фрези. Найбільшу небезпеку для верстатника представляють незагороджені дискові фрези і торцеві фрези із встановленими ножами, використані при фрезеруванні на горизонтально- і вертикально-фрезерувальних верстатах. Задача безпеки звичайно вирішується в 2-х напрямках: шляхом застосування огорожень, що відкриваються, зони різання (стола в зоні різання) і шляхом огороження ріжучого інструменту в неробочій його частині. Велике значення має захист від травм стружкою, що відлітає. На відміну від гостріння при фрезеруванні будь-яких матеріалів утвориться тільки елементна стружка, що відлітає, різної форми. При сучасних режимах різання стружка має високу температуру й становить небезпеку для верстатника тому, що може травмувати очі та привести до опіку відкритих частин тіла. Огороження зони різання перешкоджає облітання стружки убік робочого місця. Застосування огорожень пилестружкоприємників для різних умов різання металів не тільки підвищує безпеку праці, але й значно скорочує допоміжний час тому, що при цьому відпадає необхідність очищення верстата і робочого місця від стружки та пилу.

Свердлильні верстати

До верстатів свердлильної групи, що має специфічні особливості з погляду техніки безпеки, ставляться вертикально-свердлильні, радіально-свердлильні та спеціальні, у тому числі і агрегатно-свердлильні. Найбільшої уваги відносно безпеки роботи заслуговують вертикально-свердлильні верстати, які використовуються в умовах безпосереднього контакту верстатника з верстатом. При роботі на свердлильних верстатах найбільшу небезпеку для робітників представляють обертові частини верстата – шпиндель, патрон, свердла. Ці деталі та пристрої при відсутності мір обережності можуть захопити одяг або волосся верстатника. нещасні випадки можливі при недостатньо надійному кріпленні оброблюваної деталі на столі верстата, а також інструмента (свердла) і при поломці свердла у зв'язку з порушенням правил експлуатації верстата або недотриманням режимів різання

					4267ст3.08.КРБ.04.04.ПЗ	Арк.
						50
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

при глибокому свердлінні. Поломки свердла відбуваються в основному при свердлінні з ручною подачею порожніх деталей після виходу свердла з отвору; при зустрічі свердла з раковиною або твердим включенням, при засмічуванні канавок свердла щільно стружкою. Особливо при глибокому свердлінні. При роботі на свердлильних верстатах необхідно строго дотримуватися правил носіння особистого одягу та спецодягу. До роботи на свердлильних верстатах не повинні допускатися верстатники без головного убору, у неохайно надягнутому одязі та без захисних окулярів.

Шліфувальні верстати

При організації роботи на верстатах шліфувальної групи, особливо на кругло- і внутрішньо-, плоскошліфувальних та заточувальних, а також у процесі роботи необхідно передбачати ряд заходів щодо безпеки праці й строго виконувати вимоги ГОСТ 12.2.001-88 «Інструмент абразивний. Правила і норми безпечної роботи». Треба, насамперед, мати на увазі, що абразивний інструмент обертається з великою робочою окружною швидкістю та становить серйозну небезпеку відносно можливості травмування робітників. Він має велику чутливість до ударних навантажень і струсів, на міцність його впливають вплив температури й вологості. У зв'язку з цим необхідно, в першу чергу, передбачати ряд заходів, що попереджають розрив кола під час роботи, тому що частини кола, який розірвався, можуть травмувати верстатника і навколишніх осіб. Варто пам'ятати про небезпеку дотику до швидкообертаючогося абразивного кола, а також про значне пилоутворення в зоні різання при роботі кола без ЗОР. У цьому випадку пил абразиву може привести до травмування очей і може викликати захворювання органів подиху. До основних заходів, що забезпечують безпеку при роботі на верстатах шліфувальної групи, ставляться попередній огляд і дотримання правил зберігання абразивних кіл, випробування кіл на міцність; дотримання вимог і норм безпеки при установці й закріпленні абразивного інструмента на шпинделі верстата; безпечні прийоми виправлення абразивних кіл; правильний пристрій і використання засобів обезпилення; дотримання верстатниками інструкцій з безпечної роботи на відповідному верстаті

					4267ст3.08.КРБ.04.04.ПЗ	Арк.
						51
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

шліфувальної групи. Крім пристроїв, загальних для всіх металоріжучих верстатів, верстати шліфувальної групи повинні забезпечуватися спеціальними пристроями для забезпечення безпеки праці. До цих пристроїв ставляться: огороження абразивного кола, виконуване залежно від специфічних особливостей верстата та інструмента; огороження верстата стола, особливо при використанні електромагнітного способу закріплення оброблюваної деталі; поручень для опори оброблюваної деталі на заточувальних верстатах; прозорий екран для захисту очей від поранень частками абразивного інструмента при роботі на обдирних і заточувальних верстатах з ручною подачею деталі на інструмент; пристрою, що збирає абразивний і металевий пил при роботі без ЗОР.

Зубообробні верстати

До специфічних особливостей безпечної роботи на зубообробних верстатах ставляться спостереження за наявністю й справним станом автоматичного вимкнення руху інструмента по закінченні циклу обробки деталі; при роботі на верстатах, призначених для нарізування конічних зубчастих коліс.

4.3. Охорона навколишнього середовища

Охорона навколишнього середовища, захист її від забруднень – одна з найважливіших глобальних проблем.

У нашій країні питанням захисту довкілля від шкідливих впливів господарчої діяльності приділяється велика увага. Зараз необхідно підвищити ефективність заходів щодо охорони природи. Ширше впроваджувати мало відхідні та безвідхідні технологічні процеси.

4.3.1. Розробка заходів щодо охорони навколишнього середовища при механічній обробці різанням

					4267ст3.08.КРБ.04.04.ПЗ	Арк.
						52
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Подальше удосконалення безвідходних технологій повинно розвиватися в наступних напрямках:

- розробка принципово нових процесів отримання продукції, що дозволять виключити, скоротити або замінити технологічні стадії, на яких утворюється основна кількість відходів;
- розробка систем переробки відходів, використаних як вторинні матеріальні ресурси та ін.

До відходів на ділянці становить металева стружка.

Переробка металевої стружки займає особливе місце в утилізації твердих металевих відходів машинобудівного виробництва.

Шлях стружки від її утворення до переплавлення складний і довгий. Технологічний процес утилізації, у першу чергу, повинен передбачати операцію розподілу та збиранню стружки за групами металів і виду. Це забезпечує можливість її подальшого використання для одержання доброякісної шихти без додаткової сепарації. На проектованій ділянці стружка надламу й сколювання із зони різання видаляється за допомогою емульсії по похилих жолобах до відстійника, а відтіля елеватором для обробки, сушіння та подальшої переробки. Зливна стружка прибирається з робочого місця в спеціальні контейнери.

Первинне подрібнення зливної стружки здійснюється безпосередньо після її утворення спеціальними стружколомами. Для значного поліпшення економічних показників переплавлення металобрухту використовується вторинне подрібнення зливної стружки з наступним її брикетуванням.

Однак, переплавлення стружки – порівняно дорогий метод утилізації металу. Тому зараз, як подальша переробка стружки використовується метод гарячого штампування деталей безпосередньо зі стружки, що забезпечує зменшення енерговитрат і виключає втрати металу.

Подальше вдосконалювання процесу переробки стружки тиском привело до створення нового наукового і практичного напрямку: порошкової технології, що у багатьох випадках може виключити процес лиття на машинобудівних заводах. Технологічним процесом передбачаються операції

					4267ст3.08.КРБ.04.04.ПЗ	Арк.
						53
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

розподілу, знежирення й сушіння стружки; млино її в середовищі етилового спирту у вібраторах до певного ступеню; змішування отриманого порошку з розчином синтетичного каучуку в бензині з наступним пресуванням на пресі малої потужності до 500 т.

До відходів супутніх виробництв на проєктованій ділянці відносяться змащувально-охолоджувальні рідини (ЗОР), водні суміші емульсолів, содові розчини.

При тривалій експлуатації охолоджувальних рідин на основі емульсолу вони старіють у результаті нагромадження в них мастил. Процес старіння супроводжується зачерствінням і утворенням кислих та основних мил й інших з'єднань, що сприяють посиленню кородуючої дії ЗОР. Для боротьби з цим негативним явищем застосовується нітрат натрію, що вводять по засобам додавання до складу рідини невеликих доз азотнокислого натрію.

Технологія регенерації повністю виробленої емульсії полягає у видаленні її від масла й внесення при безперервному помішуванні в змішувачі – 40 % розчину лугу і невеликої кількості нітрату натрію. Ці добавки вводяться послідовно при інтенсивному помішуванні не менш 30 хвилин. Емульсія, що загнила та видаляє специфічний захід сірководню, для подальшої експлуатації не підлягає. Вона зливається в ємність і при введенні в неї розрахункової кількості соляної кислоти або повареної солі утилізується. Мінеральне масло, що сплигло після повного розкладання, збирається для відправлення на переробку, а вода зливається у заводську систему каналізації.

					4267ст3.08.КРБ.04.04.ПЗ	Арк.
						54
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Висновки

В кваліфікаційній роботі на тему «Проектування технології виготовлення вал-шестерні ($m=4$ мм; $z=28$)» розроблена відповідно до діючих стандартів ЄСТД.

В роботі надано опис призначення деталі та характеристика матеріалу, з якого вона виготовлена, зроблено аналіз її технологічності, вибір та обґрунтування типу виробництва, розроблено технологічний процес виготовлення комплексної деталі типу вал-шестерня.

В бакалаврській роботі наведені розрахунки спеціальних пристосувань та ріжучого і вимірювального інструментів: опис завантажувального пристрою, розрахунок настановного пристосування, накатника для зубчастих коліс, скоби листової; а також проведено аналіз шкідливих і небезпечних факторів на проєктованій ділянці, розроблені заходи з охорони праці та навколишнього середовища на ділянці.

						Арк.
						55
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Література

1. Боженко Л.І. Технологія машинобудування Проектування та виробництво заготовок. - Підручник. – Львів, Світ, 1996. – 368 с.
2. Бондаренко С.Г. Основи технології машинобудування. - Навчальний посібник для студентів вищих технічних навчальних закладів. – Львів, Магнолія, 2007. – 567 с.
3. Горбатюк Є.О., Мазур М.П.,Зенкін А.С., Каразей В.Д. Технологія машинобудування. - Навчальний посібник. – Львів, «Новий Світ-2000», 2012. – 358 с.
4. Довідник технолога-машинобудівника. в 2-х т. /Під заг.ред.А.Г.Косилової та Р.К.Мещерякова. – 5 вид., переробл. і доп. – Київ, Техніка, 1990. -
5. Івченко Л.І. Державні стандарти в машинобудуванні і металообробці/Л.І.Івченко, В.В.Петракін. – Харків, Компанія «Сміт», 2006. – 320 с.
6. Мельничук П.П., Боровик А.І., Лінчевський П.А. Технологія машинобудування. – Підручник для студентів спеціальностей «Технологія машинобудування», «Металорізальні верстати та системи». – Житомир, Держ.університет «Житомирська політехніка», 2009.
7. Обробка металів різанням. Довідник технолога /Н.А.Панов, В.В.Анікін, Н.Г.Бойм та ін. Під заг.ред. А.Н.Панова. – Київ, Техніка, 1991. – 740 с.
8. Паливода Ю.Є., Дячун А.Е., Лешук Р.Я. Інструментальні матеріали, режими різання, технічне нормування механічної обробки. – Навчально-методичний посібник. – Тернопіль: Тернопільський нац.техн.університет ім. Івана Пулюя, 2019. – 240 с.
9. Пістун І.П., Кіт Ю.В., Березовецький А.П. Практикум з охорони праці. – Навчальний посібник. - /За заг.ред. к.т.н., І.П.Пістуна. – Суми, Вид-во «Університетська книга», 2000. – 207 с.

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

10. Руденко П.О. Проектування технологічних процесів у машинобудуванні. – Навчальний посібник для машинобудівних спец.вузів. – Київ, Вища школа, 1993. – 414 с.

11. Соловйов С.М., Шумілов О.П., Івахненко М.М., Бобошко В.О., Козленко О.О. Практикум з дисципліни «Теоретичні основи технології виготовлення деталей машин». – Навчальний посібник . Під заг.ред. проф. С.М.Соловйова. – Миколаїв, НУК, 2016. – 172 с.

12. Технологія машинобудівних підприємств. - Підручник /В.Л.Дикань, Ю.Є.Калабухін, Н./Каличева та ін. За заг.ред. В.Л.Диканя. – Харків, УкрДЧЗТ, 2020. – 386 с.

13. Технологія машинобудування. Посібник-довідник для виконання кваліфікаційних робіт. – Навчальний посібник/І.І.Юрчишин, Я.М.Литвиняк, І.Е.Грицай, М.Л.Кухляк, Я.М.Кусій, В.В.Ступницький, В.А.Яцюк, А.М.Кук, Е.М.Махоркін, В.П.Свізінський. За заг.ред.І.І.Юрчишина. – Львів, Вид-во національного університету «Львівська політехніка», 2009. – 528 с.

14. Ткаченко І.Г., Капаціла Ю.Б., Паливода Ю.Є. Технологія машинобудування: Вступ до спеціальності. – Навчальний посібник. – Тернопіль, Тернопільський нац.тех.університет ім.Івана Пулюя, 2013. – 84 с.

15. Хлопенко Б.К., Шумілов О.П., Івахненко М.М., Козленко О.О. Проектування технологічних процесів обробки типових деталей. – Навчальний посібник. – Миколаїв, УДМТУ, 2003. – 56 с.

16. Яковенко І.Е., Пермяков О.А., Фесенко А.В. Технологічні основи машинобудування. – Навчальний посібник для студентів спеціальностей 131 «Прикладна механіка», 133 «Галузеве машинобудування». – Харків, НТУ «ХПУ», 2022. – 421 с.

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57