

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.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття ступеня вищої освіти «бакалавр»

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



Димчук Л.В.
(прізвище та ініціали)

Керівник



Познанський А.С.
(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 _____ Димчук Лідія Вікторівна _____
(прізвище, ім'я, по батькові)

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

керівник роботи к.т.н., доцент Познанський А.С. _____
(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; держстандарти; довідники

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

1) Загальний розділ: Призначення та аналіз технологічності деталі.

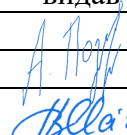
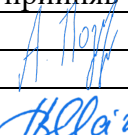
2) Технологічний розділ: Аналіз заводського техпроцесу. Вибір заготовки. Розробка маршрутної та операційної технології. Розрахунок припусків та режимів різання на одну з поверхонь деталі. Технічне нормування. Вибір обладнання, ріжучого та вимірювального інструменту.

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	Доц.Боду С.Ж.		

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 (роздруківка 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)

Димчук Л.В.
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____
(підпис)

Познанський А.С.
(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 ділянці.

Ключові слова: вал-шестерня, заготівка, припуски, пристосування для протягування, протяжка кругова.

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.

Keywords: shaft-gear, workpiece, allowances, broaching device, circular broach.

ЗМІСТ

Вступ	6
1. Загальна частина	8
1.1. Призначення деталі	9
1.2. Характеристика властивостей матеріалу деталі	11
1.3. Аналіз технологічності деталі	13
1.4. Визначення і обґрунтування типу виробництва	14
2. Технологічна частина	17
2.1. Вибір і обґрунтування вибору заготовки	18
2.2. Розрахунок вартості основних матеріалів	21
2.3. Аналіз базового технологічного процесу	21
2.4. Розрахунок припусків	24
2.5. Вибір обладнання	27
2.6. Вибір ріжучого інструменту	31
2.7. Вибір вимірювального інструменту	32
2.8. Розрахунок режимів різання	33
2.9. Технічне нормування	36
3. Конструкторська частина	41
3.1. Розрахунок пристосування для протягування	42
3.2. Розрахунок кругової протяжки	45
3.3. Опис контрольно-вимірювального пристосування	50
4. Охорона праці	53
Вступ	54
4.1. Аналіз небезпечних та шкідливих виробничих чинників при виготовленні деталі	54
4.2. Заходи з охорони праці на ділянці	56
4.3. Охорона навколишнього середовища	63
Висновки	66
Список літератури	68

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

ВСТУП

Машинобудування – одна з ведучих промисловостей народного господарства нашої країни. Вона виробляє машини, апарати та прилади, а також продукцію оборонного значення.

Науково-технічний прогрес в машинобудуванні, в значній мірі, визначає розвиток та удосконалення всього народного господарства країни. Важливими умовами прискорення науково-технічного прогресу є зростання продуктивності праці, підвищення ефективності сумісного виробництва та покращення якості технологічних процесів.

Розвиток й удосконалення будь-якого виробництва в теперішній час пов'язане з його автоматизацією, широким використанням обчислювальної техніки, застосуванням верстатів з ЧПК. Все це становить базу, на якій створюються автоматизовані системи керування та можливості оптимізації технологічних процесів і режимів обробки.

Одним з шляхів підвищення продуктивності праці й зменшення собівартості дрібносерійного та серійного виробництва є групова форма організації виробництва. За рахунок уніфікації деталей збільшуються обсяги партій, зменшується різноманіття технологічних процесів, що дозволяє використовувати високопродуктивні методи обробки масового виробництва. Розвиток машинобудування йде у напрямку подальшої уніфікації й стандартизації технологічних процесів виготовлення виробів, скорочення кількості верстатів і працемісткості.

Механізація й автоматизація виробничих процесів є основою підвищення продуктивності праці й збільшення випуску продукції. Більші перспективи 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 ЕОМ здійснюється класифікація й групування деталей,

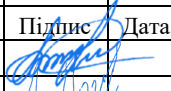
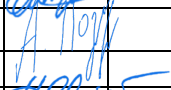
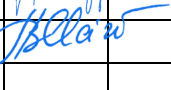
						Адк.
						6
Зм.	Адк.	№ докум.	Підпис	Дата		

вибір режимів різання, підбір устаткування, оснащення, інструментів, приватні й загальні побудови технологічних процесів.

Важливою задачею машинобудування є зміна структури виробництва з метою підвищення якості характеристик машин та обладнання. Особливе значення надається модернізації самого машинобудування, технічний рівень якого залежить від верстатобудування, приладобудування, електроніки.

В умовах швидкого зростання машинобудування це дає реальну базу під технічне переозброєння виробничої бази у відповідності до сучасних вимог.

						Адк.
						7
Зм.	Адк.	№ докум.	Підпис	Дата		

					4267ст3.05.КРБ.04.01.ПЗ				
					Загальна частина				
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					
Розробив		Димчук Л.В.							
Перевішив		Познанський							
Консул.									
Н.контр.		Боду С.Ж.							
Затвердив		Ткач М.Р.							
						Літ		Арк.	Аркушів
						К	Р	Б	8
						8			
						НУК			

1. ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

1.1. Призначення деталі

Вал-шестерня – це деталь, яка поєднує в собі вал та шестерню, або декілька шестерень. Такий метод виготовлення використовується в тому випадку, коли діаметр шестерні більший від діаметра валу. Зубці нарізуються безпосередньо на валу, точніше на його заготовці, в результаті чого ми отримуємо шестерню потрібного розміру, не роблячи при цьому тонким сам вал. Це дуже зручно в механізмах малого розміру, але з великими передаточними зусиллями.

Розглянута вал-шестерня є одним з валів двоступінчастого циліндричного редуктора. Для передачі крутного моменту на вал використовують шліцьове з'єднання. Вал приймає оберти, за допомогою шестерні зачіпляє інше зубчасте колесо, за рахунок чого проводиться передача крутного моменту від одного валу до іншого. Виготовляють вал-шестерню за допомогою гарячої об'ємної штамповки. Завдяки чому якість вал-шестерні вище, а ціна нижче. Також перевагою перед насадною шестернею в сукупності з валом є те, що така конструкція є більш надійною, жорсткою і точною. Сьогодні редуктори найчастіше виготовляють на основі вал-шестерень.

Загалом головними вимогами, які пред'являють до вал-шестерень є вимоги щодо міцності, в'язкості тому що вони знаходяться в постійне навантаженому стані, та є елементом від якого залежить надійність та якість праці редуктора.

Основними поверхнями, що впливають на працю деталі та редуктора в цілому є:

- 8 шліцьових пазів (D-8x32x38f6x6e9) виконаних на валу, за допомогою яких на вал-шестерню передається крутний момент;
- 37 зубців, виконаних на зовнішній поверхні валу для передачі обертального руху на наступний вал;
- дві поверхні Ø40h6, які є посадочними під підшипники кочення;

					4267ст3. 05.КРБ.04.01.ПЗ	Арк.
						9
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- інші поверхні не виконують відповідальних робіт та виконуються за 11-12-м квалітетом точності.

Опис механізму

Редуктор (механічний) – механізм, що перетворює і передає крутний момент, з одного або більше механічними передачами, зазвичай перетворює високу кутову швидкість в нижчу. Це також механізм, що складається з однієї або декількох механічних (зубчаста, ланцюгова, черв'ячна та ін.) або гідравлічних передач, призначений для зменшення швидкості обертання і збільшення крутного моменту.

Редуктори класифікують за кількома ознаками, найважливішими з яких є: тип використовуваних передач, кількість ступенів, взаємне розташування осей і їх положення в просторі, спосіб кріплення та ін. При цьому тип передачі – головна класифікаційна ознака.

Типи редукторів:

- циліндричний редуктор;
- конічний редуктор;
- черв'ячний редуктор;
- планетарний редуктор;
- комбінований редуктор (редуктор з різними комбінаціями типів передач).

Циліндрична передача застосовується для передачі обертального руху між паралельними або співвісними валами. Такі передачі мають високий ККД (0,94-0,98 в одному щаблі) і характеризуються значною довговічністю.

Двоступінчастий циліндричний редуктор представляє собою складний механізм. Він складається із зубчастих передач завдяки яким відбувається обертання валу робочого механізму.

Конструктивно він складається з корпусу, в якому розташовані елементи, що передають рух. Це зубчасті колеса, вали та інші. У ньому осі веденого і ведучого валу знаходяться паралельно. Іноді в корпусі редуктора

					4267ст3. 05.КРБ.04.01.ПЗ	Арк.
						10
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

можуть перебувати додаткові пристрої, що забезпечують мастило ланцюгів або охолодження потрібних деталей і вузлів.

У двоступеневих розташовані три вала. Перший з них, розташований ближче до двигуна, називається провідним, другий вал є проміжним, третій вал називається веденим. Ведучий і проміжний вали утворюють швидкохідну щабель, проміжний і ведений вали утворюють тихохідну щабель.

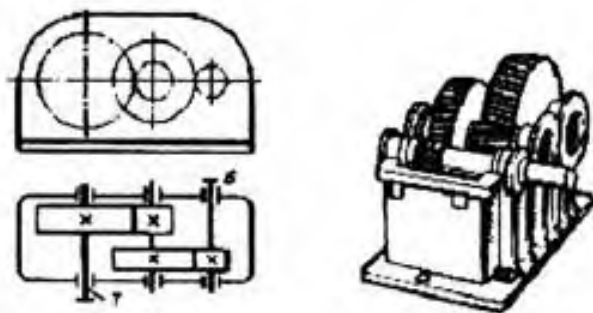


Рис. 1.1. Двоступінчатий циліндричний горизонтальний редуктор

1.2. Характеристика властивостей матеріалу деталі

Звертаючи увагу на умови роботи вал-шестерні треба відмітити те, що від матеріалу цієї деталі в процесі її роботи вимагають велику в'язкість та міцність. Матеріалом деталі було обрано сталь 40ХН.

Сталь 40ХН (ДСТУ 7806:2015) відноситься до якісних легованих конструкційних сталей (тобто призначена для виготовлення машинобудівних і будівельних виробів), легованих хромонікелевих сталевих сплавів. Додавання нікелю до складу сталі підвищує її хімічну стійкість. Вперше це явище було відкрито в кінці дев'ятнадцятого століття. Французький хімік Пруст висловив припущення, що залізні метеорити слабо схильні до корозії саме завдяки нікелю в їх складі. Через 20 років Фарадей виплавив перший сплав заліза і нікелю, який мав підвищену антикорозійну стійкість. Але тільки після отримання ковкого нікелю з'явилася можливість створювати сталеві сплави, які володіли в два рази більшою межею пружності, високими антикорозійними властивостями і великою механічною міцністю. Додаткову стійкість до корозійних факторів сталь 40ХН набуває завдяки добавці хрому.

					4267ст3. 05.КРБ.04.01.ПЗ	Арк.
						11
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Він також підсилює такі механічні властивості сталі 40ХН, як твердість і міцність.

Основна область застосування сталі 40ХН - виготовлення деталей, які експлуатуються в умовах підвищеного динамічного навантаження, вібрації. Це такі деталі, як осі, шатуни, вали, замки (ніпелі і муфти). Виготовляють зі сталі 40ХН також зубчасті колеса, шпинделі, бовти, штоки гідроциліндрів, валки прокатних станів. Загалом, цей сплав використовується для деталей, матеріал яких повинен мати підвищену в'язкість і міцність.

Хімічний склад сталі 40ХН

Таблиця 1.1

Легуючі елементи, %						Домішки, %	
C	Si	Mn	Cr	Cu	Ni	P	S
0,36-0,44	0,17-0,37	0,5-0,8	0,45-0,75	0,4-0,6	1-1,4	≤0,035	≤0,035

Зварювальний процес для даного типу сталей дещо ускладнений, оскільки зона біля шву схильна до загартування і в ній можуть утворюватися крихкі структури (зварювання вимагає спеціальної технології). Зварювальні роботи можна проводити при підігріві перед процесом і відпуском або відпалом відразу після закінчення зварювання.

Термообробка сталі 40ХН включає в себе загартування і відпуск. Після такої термічної обробки сталь 40ХН набуває межу витривалості до тріщин в 2 рази більший, ніж до обробки, а межу міцності до руйнування – в 6 разів.

Загартування сталі 40ХН зазвичай проводиться в мастилі; великогабаритні деталі в рідкісних випадках піддають загартуванню в воді з подальшим негайним низьким відпуском або з перенесенням в масло. Часто деталі зі сталі 40ХН гартують при нагріванні високочастотними струмами і подальшим відпуском. В результаті цієї процедури отримують високу поверхневу твердість (52-56 HRC).

					4267ст3. 05.КРБ.04.01.ПЗ	Адк.
						12
Зм.	Адк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Ця конструкційна хромиста сталь добре піддається обробці та термообробці, що підвищує її міцність та стійкість до зносу.

1.3. Аналіз технологічності деталі

Технологічність – сукупність властивостей конструкції виробу, оптимальних витрат праці, що проявляється в можливості, засобів, матеріалів і часу при технічній підготовці виробництва, виготовленні, експлуатації і ремонту в порівнянні з відповідними показниками однотипних конструкцій виробів того ж призначення, при забезпеченні встановлених значень показників якості і прийнятих умовах виготовлення, експлуатації і ремонту.

Розрізняють два види технологічності: виробничу і експлуатаційну.

Виробнича технологічність виражається в скороченні витрат засобів і часу на конструкторську і технологічну підготовку виробництва і процеси виготовлення.

Експлуатаційна технологічність - в скороченні витрат часу і засобів на технічне обслуговування і ремонт виробу.

Основними критеріями технологічності деталей, що піддаються механічній обробці, є працемісткість, точність і стабільність одержання геометричних розмірів і шорсткості поверхні, можливості обробки високопродуктивними методами. Працемісткість механічної обробки тим вище, ніж більше поверхонь піддаються обробці, чим складніше ці поверхні за своїми геометричними формами, чим більше їх довжина і чим вище за вимогу по точності і шорсткості оброблюваних. Поліпшення технологічності конструкції дозволяє знизити собівартість її виготовлення без збитку для службового призначення.

Вал-шестерня є частиною циліндричного редуктора та служить для прийняття і передачі обертального руху. Працює в умовах постійних навантажень.

Спосіб отримання заготовки – гаряче об'ємне штампування, що не викликає значних труднощів при утворенні внутрішніх і зовнішніх поверхонь заготовки. Проте наявність внутрішніх кишень, виступів і невиштампованих

					4267ст3. 05.КРБ.04.01.ПЗ	Адк.
Зм.	Адк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

отворів ускладнює одержання заготовки близької за формою до готової деталі.

Отже, деталь не виконує умови мінімальної металоємності.

Стосовно механічної обробки деталей технологічною тому, що:

- вона симетрична відносно своєї осі;
- матеріал заготовки відповідає вимогам технології виготовлення (при виготовленні немає необхідності застосовувати складні технологічні процеси виготовлення деталі, для зберігання матеріалу немає необхідності створювати певні умови зберігання і транспортування);
- конструкція деталі передбачає легкий підвід та вивід ріжучого інструменту.

Також слід відзначити й певні недоліки технологічності конструкції:

- наявність заокруглень та поверхонь, які важко або неможливо виконати на універсальному обладнанні
, це призводить до застосування верстатів з ЧПК і спеціального ріжучого інструмента;
- наявність декількох доволі точних поверхонь, для обробки яких необхідні спеціальні операції та інструменти.

Із вище викладеного можна зробити висновок, що деталь в цілому технологічна.

1.4. Визначення і обґрунтування типу виробництва

Тип виробництва – це класифікаційна категорія, виділяється за ознаками широти номенклатури, регулярності, стабільності і обсягу випуску продукції.

Організація виробництва і характер технологічного процесу, застосовані верстати і інструменти залежать від кількості виробів, що виготовляються, і працездатності їх виготовлення.

У машинобудівному виробництві розрізняють три основних типу виробництва: масове, серійне і одиничне. Приналежність виробництва до того або іншого типу визначається ступенем спеціалізації робочих місць, номенклатурою виробів, формою руху цих об'єктів по робочим місцям.

					4267ст3.05.КРБ.04.01.ПЗ	Адк.
						14
Ізм.	Адк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Тому, ніж приступити до проектування технологічного процесу механічної обробки деталі, необхідно, виходячи з виробничої програми і характеру деталі, встановити тип виробництва.

Попередньо тип виробництва можа визначити за масою деталі і річною програмою випуску. Приймаємо середньосерійний тип виробництва.

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

Таблиця 1.2

Маса деталі, кг	Тип виробництва				
	одинич.	дрібносер.	середньосер.	багатосер.	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

Розподілення серійного виробництва на багатосерійне, середньосерійне, серійне – умовно, оскільки в різних галузях машинобудування при одній і той же кількості виробів, що випускаються, в серії, але при істотній відмінності їх розмірів, складності і працемісткості ви виробництво може бути віднесено до різних типів.

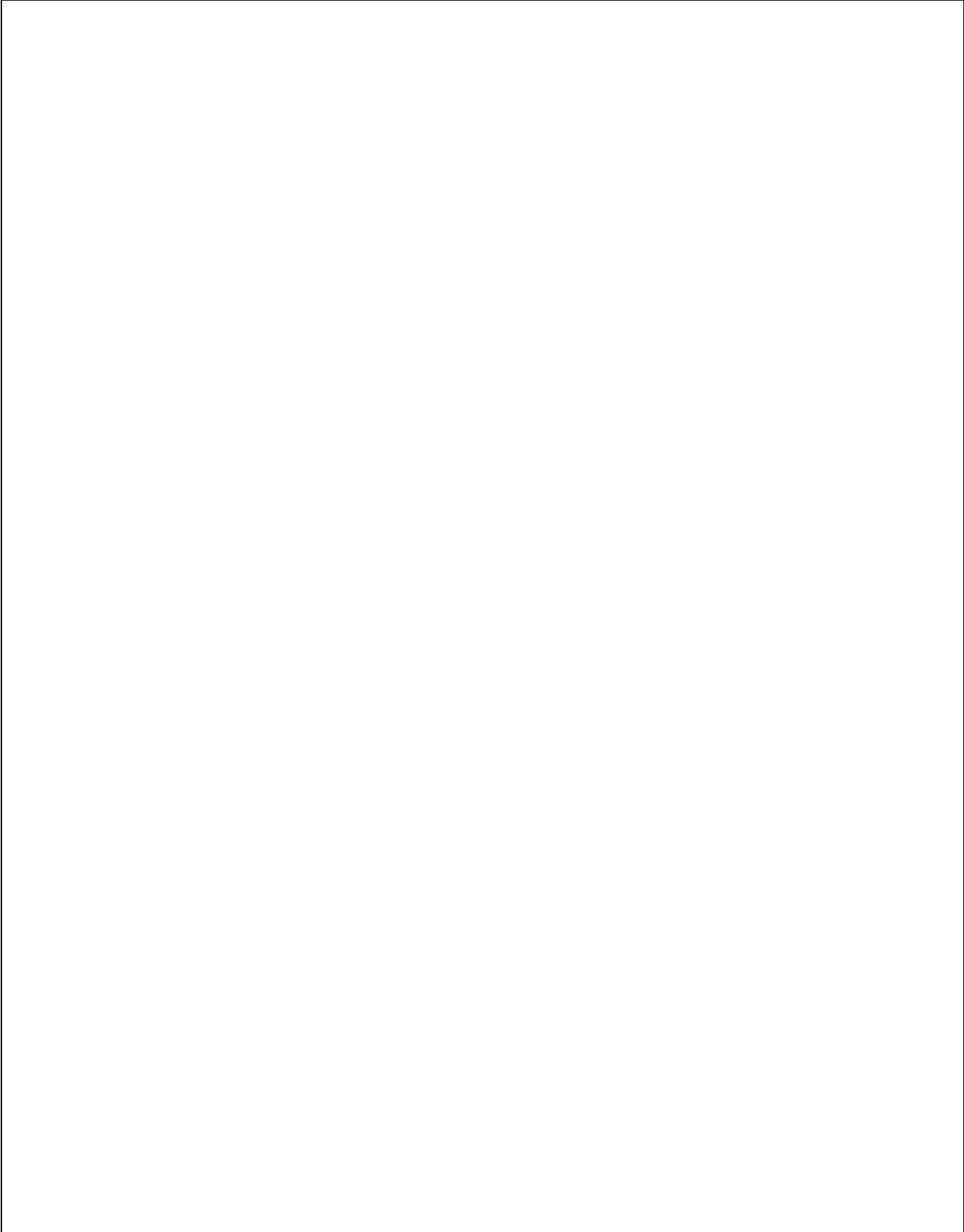
Для серійного виробництва характерно застосування верстатів як універсального, так і спеціального обладнання, яке розташовується по ходу технологічного процесу; оснащення – уніфіковане. Верстатний парк на проєктованій ділянці повинен бути спеціалізованим у такій мірі, щоб був можливим перехід від виробництва однієї серії продукції до виробництва іншої, декілька відзначної в конструктивному відношенні від першої. Технологічний процес розробляється поопераційно, кваліфікація робітників – середня.

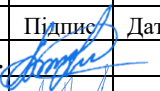
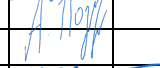
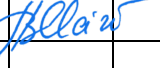
Серійне виробництво значно економічніше одиничного, так як характеризується кращим використанням обладнання; спеціалізація

					4267ст3.05.КРБ.04.01.ПЗ	Арк.
						15
Ізм.	Адк.	№ докум.	Підпис	Дата		

робітників збільшує продуктивність праці, забезпечує зниження собівартості продукції.

					4267ст3. 05.КРБ.04.01.ПЗ	Арк.
						16
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



					4267ст3.05.КРБ.04.02.ПЗ				
					Технологічна частина				
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					
Розробив		Димчук Л.В.							
Перевірив		Познанський							
Консул.									
Н.контр.		Боду С.Ж.							
Затвердив		Ткач М.Р.							
						Літ		Арк.	Аркушів
						К	Р	Б	17 23
						НУК			

2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1. Вибір і обґрунтування вибору заготовки

Вибір виду заготовки впливає на якість виробу та у значній мірі визначає характер і економічність технологічного процесу в цілому, тому і є одним з найбільш важливих етапів проектування.

Метод одержання заготовки для деталей машин залежить від призначення і конструкції деталі, матеріалу, технічних вимог, розмірів випуску деталей, а також економічності виготовлення. Обираючи заготовку, перевагу надають способу, який повністю забезпечує точність і якість деталі, а також максимальну продуктивність при мінімальній собівартості заготовки.

З огляду на форму та розміри деталі найбільш прийнятим методом отримання заготовки є штамповка або поковка. Для отримання заготовки деталі вал-шестерня скористуємося методом гарячої об'ємної штамповки на вертикально-кувальній машині (ВКМ). Для встановлення допусків і припусків на розміри штампованої поковки відповідно до ГОСТ 7505-89 визначаємо наступні параметри:

1.Точність виготовлення. Точність виготовлення характеризується класом точності, який обирається в залежності від технологічного процесу та устаткування для виготовлення заготовки. При штампуванні на ГKM клас точності Т4...Т5. Приймаємо клас точності - Т5.

2. Група сталі. Група сталі заготовок залежить від вмісту вуглецю та легуючих елементів. Сталь 40ХН відноситься до групи сталі М2. До даної групи відносяться вуглецеві та леговані сталі із вмістом вуглецю від 0,35% до 0,65% і легуючих елементів від 2% до 5% включно.

3.Маса поковки. Орієнтовна величина розрахункової маси заготовки ($G_{п.р.}$) розраховується за формулою:

$$G_{п.р.} = G_{дет} \cdot K_p,$$

де $G_{дет}$ — маса деталі, кг;

K_p - розрахунковий коефіцієнт, який встановлюється залежно від характеру деталі.

					4267ст3. 05.КРБ.04.02.ПЗ	Адк.
						18
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вал-шестерні відносяться до класу круглі деталі, тоді $K_p = 1,5-1,8$.
Приймаємо $K_p = 1,5$.

$$\text{Тоді, } G_{п.} = 3,8 \cdot 1,5 = 5,7 \text{ кг.}$$

4.Ступінь складності. Ступінь складності поковки визначається відношенням маси (об'єму) поковки до маси (об'єму) фігури, в яку вписується поковка. У розрахунку приймається та з фігур, об'єм якої менший.

$$G_{\phi} = \rho \cdot V_{\phi} = \rho \cdot \pi \cdot r^2 \cdot h = 0,00782 \cdot 3,14 \cdot 78^2 \cdot 230 = 34,3 \text{ кг.}$$

Ступінь складності поковки

$$C = G_{п.р.} / G_{\phi} = 5,7 / 34,3 = 0,17.$$

Відповідно до ГОСТ 7505-89 ступінь складності поковки для даної деталі – С3.

Конфігурація поверхні рознімання штампа – плоска.

В залежності від розрахункової маси поковки, групи сталі, ступеню складності, класу точності поковки встановлюємо вихідний індекс – 17.

5. Основні припуск на номінальні розміри деталі визначаємо з урахуванням вихідного індексу і шорсткості поверхонь:

$$\varnothing 156 \text{ мм} - 3,0 \text{ мм};$$

$$\varnothing 120 \text{ мм} - 2,4 \text{ мм};$$

$$\varnothing 48 \text{ мм} - 2,2 \text{ мм};$$

$$L = 230 \text{ мм} - 2,6 \text{ мм};$$

$$L = 25 \text{ мм} - 2,0 \text{ мм};$$

$$L = 9 \text{ мм} - 2,0 \text{ мм};$$

$$L = 48 \text{ мм} - 2,2 \text{ мм}.$$

Додаткові припуски, що враховують:

- зсув поверхні рознімання штампу – 0,4 мм;
- відхилення від прямолінійності – 0,6 мм.

6. Встановлюємо розмір заготовки за формулами:

$$d_{156} = d + 2\Pi_{\text{заг.d}} = 156 + 2(3,0+0,4+0,6) = 164 \text{ мм. Приймаємо } 164 \text{ мм};$$

$$d_{120} = d + 2\Pi_{\text{заг.d}} = 120 - 2(2,4+0,4+0,6) = 113,2 \text{ мм. Приймаємо } 113 \text{ мм};$$

$$d_{48} = d + 2\Pi_{\text{заг.l}} = 230 + 2(2,6+0,4+0,6) = 237,2 \text{ мм. Приймаємо } 237 \text{ мм};$$

					4267ст3. 05.КРБ.04.02.ПЗ	Арк.
						19
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$L_{230} = L + 2\Pi_{\text{заг.д}} = 156 + 2(3,0 + 0,4 + 0,6) = 164 \text{ мм. Приймаємо } 164 \text{ мм;}$$

$$L_{25} = L + 2\Pi_{\text{заг.д}} = 25 + 2(2,6 + 0,4 + 0,6) = 31 \text{ мм. Приймаємо } 31 \text{ мм;}$$

$$L_9 = L + 2\Pi_{\text{заг.д}} = 9 + 2(2,0 + 0,4 + 0,6) = 15 \text{ мм. Приймаємо } 15 \text{ мм;}$$

$$L_{48} = L + 2\Pi_{\text{заг.д}} = 48 + 2(2,2 + 0,4 + 0,6) = 54,4 \text{ мм. Приймаємо } 54,4 \text{ мм.}$$

7. Допуски та граничні відхилення розмірів визначаються за ГОСТ 7505-

89. Розміри заготовки з відхиленнями, що допускаються:

$$d \ 164^{+3,3}_{-1,7} \text{ мм; } d \ 113^{+3,0}_{-1,5} \text{ мм; } d \ 54^{+2,7}_{-1,3} \text{ мм;}$$

$$L \ 230^{+3,3}_{-1,7} \text{ мм; } L \ 31^{+2,4}_{-1,2} \text{ мм; } L \ 15^{+2,4}_{-1,2} \text{ мм; } L \ 54^{+2,7}_{-1,3} \text{ мм.}$$

8. Визначаємо об'єм штампованої поковки:

$$V = V_1 + V_2 + V_3 = \pi/4 \cdot (d_{3.1})^2 \cdot L_1 + \pi/4 \cdot (d_{3.2})^2 \cdot L_2 + \pi/4 \cdot (d_{3.3})^2 \cdot L_3 = 782,6 \text{ см}^3;$$

$d_{3.1,2,3}$ – діаметр заготовки; $L_{1,2,3}$ – довжина заготовки.

9. Маса штампованої заготовки визначається за формулою:

$$G_3 = \rho \cdot V_3;$$

де ρ – густина матеріалу, кг/см³;

V_3 – об'єм заготовки, см³.

$$\text{Тоді, } G_3 = 0,00782 \cdot 782,6 = 6,19 \text{ кг.}$$

10. Приймаємо неминучі технологічні втрати (чад, облой та ін.) при штампуванні на ГKM рівними 10% (В). Визначаємо витрати матеріалу на одну деталь:

$$G_{3.в.} = G_3 \frac{100 + B_{\text{ш}}}{100};$$

$$G_{3.в.} = 6,19 \frac{100 + 10}{100} = 6,81.$$

11. Визначаємо коефіцієнт використання матеріалу $K_{в.м.}$ на штамповану заготовку:

$$K_{в.м.} = G_{\text{дет}}/G_{\text{заг}} = 3,8/6,81 = 0,56.$$

На підприємстві, о якого належить діляниця механічного цеху, що проектується, заготовку вал-шестерні одержують методом кування на ГKM. Коефіцієнт використання матеріалу при цьому $K_{в.м.} = 0,56$.

					4267ст3. 05.КРБ.04.02.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

2.2. Розрахунок вартості основних матеріалів

Розрахунок витрат на основні матеріали виконується на основі відомих даних: розміру річної програми виробництва продукції, норми витрат матеріалу на одиницю продукції, норми відходів та оптових цін на матеріали та відходи.

Формула розрахунку вартості основних матеріалів на деталь має вигляд:

$$M = Q \cdot C_{\text{мат}} - q \cdot C_{\text{відх}},$$

де Q – норма витрати матеріалу на деталь, кг;

$C_{\text{мат}}$ – ціна 1 кг матеріалу, грн.;

q – маса відходів, кг;

$C_{\text{відх}}$ – ціна 1 кг відходів.

Розрахунок вартості на основні матеріали оформлюється у формі таблиці.

Розрахунок витрат на основні матеріали

Таблиця 2.1

Найменування деталі	Річне завдання, шт.	Марка матеріалу	Норма витрат на одиницю, кг	Витрати на програму, т	Ціна 1т, тис. грн.	Сума, тис. грн.	Маса відходів на деталь, кг	Маса відходів на програму, т	Ціна реалізації одної тони відходів, тис. грн.	Сума від реалізації відходів, тис. грн.	Витрати матеріалів з різницею реалізації відходів, тис. грн.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Вал-шестерня	10000	40XH	6,81	68,1	5	340,5	3,01	30,1	0,46	13,85	354,35

2.3. Аналіз базового технологічного процесу

Базовий технологічний процес виготовлення деталі –вал-шестерні, розроблений для серійного виробництва. Деякі операції виконуються вручну,

					4267ст3. 05.КРБ.04.02.ПЗ	Адк.
						21
Зм.	Адк.	№ докум.	Підпис	Дата		

що підвищує тривалість виготовлення деталі. Для механічної обробки деталі використовується, в основному, універсальне обладнання.

Характеристика технологічного процесу по операціях.

005 Контрольна

Служить для перевірки стану зовнішніх поверхонь та контролю дефектів, які можуть виникнути в результаті штампування. Далі йде група металорізючих операцій.

010 Фрезерувально-центрувальна

Підрізаються торці валу, свердлиться центровочний отвір. Заготівка кріпиться у подвійному затискачі. Обробку виконують на фрезерувально-центрувальному верстаті мод.2982.

015 Токарна з ЧПК

При токарній чорновій знімається основний припуск на механічну обробку. Заготівка кріпиться у трюхкулачковому патроні та підпирається обертовим центром. Обробка ведеться на токарному верстаті з ЧПК мод.16K20Ф3.

020 Токарна з ЧПК

При напівчистовій обробці досягається задана кресленням якість поверхні. Заготівка кріпиться у трюхкулачковому патроні та підпирається обертовим центром. Обробка ведеться на токарному верстаті з ЧПК мод.16K20Ф3.

025 Зубопротягувальна

Нарізають зубці. Заготівка кріпиться у спеціальному пристосуванні для протягування. Обробка ведеться на зубопротягувальному автоматі мод.СТ-73.

030 Слюсарна

Оброблюються задири та правиться поверхня зубців, отриманих на попередній операції.

035 Свердлильна

Свердляться чотири отвори Ø30. Деталь кріпиться у лещатах. Обробка ведеться на вертикально-свердлильному верстаті мод.2А135.

					4267ст3. 05.КРБ.04.02.ПЗ	Адк.
Зм.	Адк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

040 Токарна з ЧПК

Токарна чистова (або тонка) операція служить для одержання заданої якості та точності поверхонь. Заготівка кріпиться у трьохкулачковому патроні та підпирається обертовим центром. Обробка ведеться на токарному верстаті з ЧПК мод.16K20Ф3.

045 Горизонтально-фрезерувальна

На поверхні валу фрезерується шліцьове з'єднання. Заготівка кріпиться у трьохкулачковому патроні та підпирається обертовим центром. Обробка ведеться на горизонтально-фрезерувальному верстаті мод.6P81.

050 Слюсарна

Оброблюються задири та правиться поверхня шліців, отриманих на горизонтально-фрезерувальній операції.

055 Контрольна

На цій операції за допомогою спеціальних вимірювальних приладів контролюються якість шліців, отриманих на попередній операції.

060 Термічна

Виконується об'ємна загартовування з послідуочим відпуском, для отримання деталлю заданих параметрів твердості.

065 Контрольна

Контроль отриманої твердості, її рівномірності та якості деталі після попередньої операції.

070 Шліфувальна

Кінцева обробка найточніших поверхонь для отримання необхідної якості поверхні, що вказана на кресленні. Обробка ведеться на круглошліфувальному верстаті мод.3A161.

075 Контрольна

Контроль та вимірювання найточніших поверхонь, висновок про стан деталі.

					4267ст3. 05.КРБ.04.02.ПЗ	Арк.
						23
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.4. Розрахунок припусків

Припуск – шар матеріалу, що видаляється з поверхні заготовки з метою досягнення заданих властивостей оброблюваної поверхні.

Операційний припуск - припуск, що видаляється при виконанні однієї технологічної операції.

Проміжний припуск – припуск, припуск, що видаляється при виконанні одного технологічного переходу.

Загальний припуск – сума операційних припусків, що видаляється при виконанні всіх технологічних операцій, чинених над даною поверхнею.

Припуск на обробку поверхонь деталі може бути призначений за відповідними довідковими таблицями, ГОСТ або на основі розрахунково-аналітичного методу визначення припусків. Припуски призначувані за таблицями у загальному випадку є завищеними, містять резерви зниження витрати матеріалу й працездатності виготовлення деталі. Область застосування цього методу – одиничне та серійне виробництво. При розрахунково-аналітичному методі розрахунковою величиною є припуск на обробку, достатній для усунення на виконуваному переході похибок обробки й дефектів поверхневого шару, отриманих на попередньому переході й компенсації похибок, що виникають на виконуваному переході. Застосування розрахунково-аналітичного методу скорочує в середньому відхід металу в стружку, сприяє підвищенню технологічної культури виробництва.

Розрахуємо розрахунково-аналітичним методом елементарну поверхню – зовнішній діаметр $\varnothing 40_{-0,016}$.

					4267ст3. 05.КРБ.04.02.ПЗ	Адк.
						24
Зм.	Адк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахунок припусків на зовнішній діаметр Ø40_{-0,016} мм

Таблиця 2.2

Операція (перехід)	Елементи припуску, мкм				Допуск, мкм	Припуск, мкм	
	R _z	h	ρ	Δ ε _Σ		2Z _{min}	2Z _{max}
Штамповка	200	250	1006	-	2500	-	-
Точіння чорнове	50	80	60,4	400	250	3065	5315
Точіння напівчистове	20	40	3,1	24	62	390	578
Точіння чистове	8	20	0,12	1,2	25	126,5	163,5
Шліфування	1,2	10	-	-	16	56,3	65,3

1.Сумарне відхилення розташування заготовки при установці в патроні:

$$\rho = \sqrt{\rho_{зм}^2 + \rho_{екс}^2},$$

де ρ_{зм} – місцеве відхилення осі від прямолінійності, мкм;

ρ_{зм} = ΔK · L, де L – загальна довжина заготовки, мм;

$$\rho_{зм} = 1,6 \cdot 10^3 \cdot 77 = 0,124 \text{ мм} = 124 \text{ мкм};$$

ρ_{екс} = - зсув осі заготовки, мкм;

$$\rho = \sqrt{1000^2 + 124^2} = 1006.$$

Величину залишкових відхилень для чорнового точіння визначаємо за формулою:

$$\rho_{ч} = K_y \cdot \rho = 0,06 \cdot 1006 = 60,4 \text{ мкм},$$

де K_y – коефіцієнт уточнення.

Для токарної напівчистої обробки:

$$\rho_{н} = K_y \cdot \rho = 0,05 \cdot 60,4 = 6341 \text{ мкм}.$$

При чистовій обробці значення Δ_{ост} надзвичайно мале, тому можна ним знехтувати.

2.Похибка установки заготовки:

$$\Delta \epsilon_y = \sqrt{\Delta \epsilon_6^2 + \Delta \epsilon_3^2},$$

де Δε₆ – похибка базування, мкм;

					4267ст3. 05.КРБ.04.02.ПЗ	Арк.
						25
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$\Delta \varepsilon_3$ – похибка закріплення, мкм.

Для токарної чорнової обробки:

$$\Delta \varepsilon_y = \sqrt{0^2 + 400^2} = 400 \text{ мкм.}$$

Для токарної напівчистої обробки:

$$\Delta \varepsilon_y = 400 \cdot 0,06 = 24 \text{ мкм.}$$

Для токарної чистої обробки:

$$\Delta \varepsilon_y = 24 \cdot 0,05 = 1,2 \text{ мкм.}$$

При шліфуванні значення $\Delta \varepsilon_y$ надзвичайно мале, тому можна ним знехтувати.

3.Розрахуємо величину мінімального й максимального припусків для кожного переходу:

$$2Z_{\min} = 2 \left[(R_z + h)_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_{i-1}^2} \right],$$

де R_{zi-1} – висота нерівності профілю на попередньому переході;

h_{i-1} – глибина дефектного шару на попередньому переході;

ρ_{i-1} – сумарне значення просторових відхилень на попередньому переході;

ε_{i-1} – похибка кріплення і базування на даному переході, залежить від розміру, по якому виконується кріплення;

$$2Z_{\max} = 2Z_{\min} + Td_{i-1} - Td_i,$$

$Z_{\min}$ – розрахований мінімальний припуск;

Td_{i-1} – допуск на попередній операції;

Td_i – допуск на даній операції.

Чорнове точіння:

$$2Z_{\min} = 2 \left[(200 + 250) + \sqrt{1006^2 + 400^2} \right] = 3065 \text{ мкм;}$$

$$2Z_{\max} = 3065 + 2500 - 250 = 5315 \text{ мкм.}$$

Напівчистове точіння:

$$2Z_{\min} = 2 \left[(50 + 80) + \sqrt{60,4^2 + 24^2} \right] = 390 \text{ мкм;}$$

$$2Z_{\max} = 390 + 250 - 62 = 578 \text{ мкм.}$$

					4267ст3. 05.КРБ.04.02.ПЗ	Арк.
						26
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Чистове точіння:

$$2Z_{\min} = 2 \left[(20 + 40) + \sqrt{3^2 + 1,2^2} \right] = 126,5 \text{ мкм};$$

$$2Z_{\max} = 126,5 + 62 - 25 = 163,5 \text{ мкм}.$$

Шліфування:

$$2Z_{\min} = 2 \left[(8 + 20) + \sqrt{0,12^2 + 0,048^2} \right] = 56,3 \text{ мкм};$$

$$2Z_{\max} = 56,3 + 25 - 16 = 65,3 \text{ мкм}.$$

4. Перевірка:

$$2Z_{\max} - 2Z_{\min} = Td_{i-1} - Td_i.$$

Чорнове точіння:

$$5315 - 3065 = 2500 - 250$$

$$2250 = 2250$$

Напівчистове точіння:

$$578 - 390 = 250 - 62$$

$$188 = 188$$

Чистове точіння:

$$163,5 - 126,5 = 62 - 25$$

$$37 = 37$$

Шліфування:

$$65,3 - 56,3 = 25 - 16$$

$$9 = 9$$

2.5. Вибір обладнання

При виборі верстата визначається, насамперед, його можливість забезпечити виконання технологічних вимог, які висуваються до даної деталі у відношенні точності, розмірів і форми. Якщо за характером обробки ці вимоги можна виконати на різному устаткуванні, то вибір його залежить від наступних факторів:

- тип виробництва;
- обсяг випуску деталей;

					4267ст3. 05.КРБ.04.02.ПЗ	Арк.
						27
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- розміри і розташування оброблюваних поверхонь;
- відповідність розмірів робочої зони верстата габаритним розмірам деталі;
- можливість на даному верстаті забезпечити необхідну точність, шорсткість та економічність обробки;
- потужність верстата повинна перевищувати потужність необхідну для обробки деталі;
- необхідність найбільш повного використання верстатів за потужністю і завантаженістю;
- простота обслуговування устаткування.

Керуючись вище перерахованими міркуваннями, вибираємо верстати до кожної операції обробки вал-шестерні.

Для підрізання торців та виконання центровочних отворів (операція 010) вибираємо верстат фрезерувально-центрувальний моделі 2982.

Технічна характеристика верстата моделі 2982

Діаметр оброблюваної заготовки, мм	25...200
Довжина оброблюваної заготовки, мм	250...1000
Число швидкостей шпинделя фрези	13
Частота обертання шпинделя фрези, хв. ⁻¹	215..1700
Робоча подача фрези, мм/хв.	20...400
Число швидкостей свердлильного шпинделя	10
Частота обертання свердлильного шпинделя, хв. ⁻¹	290...2300
Робоча подача свердлильної головки, мм/хв.	20...300
Час холостих ходів, хв.	0,3
Потужність усіх електродвигунів, кВт	7,5
Розміри верстата, мм	400x1450

Для виконання чорнових, напівчистових та чистових токарних операцій вибираємо верстат токарно-гвинторізний моделі 16K20Ф3 з ЧПК. Він має

					4267ст3. 05.КРБ.04.02.ПЗ	Арк.
						28
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

контурну систему числового програмного керування. Дозволяє виконувати точіння, розточування деталей складного профілю, нарізати метричну різьбу.

Технічна характеристика верстата моделі 16K20Ф3

Найбільший діаметр оброблюваної заготовки, мм

над станиною 400

над супортом 220

Найбільша довжина оброблюваної заготовки, мм 1000

Число швидкостей шпинделя 22

Частота обертання шпинделя, об/хв. 12,5-2000

Число ступенів подач 24

Найбільше переміщення супорта, мм

поздовжнє 900

поперекове 250

Подача супорта, мм/хв.

поздовжня 3-1200

поперекова 1,5-600

Потужність електродвигуна головного приводу, кВт 10

Габаритні розміри верстата, мм:

- довжина 3360

- ширина 1710

- висота 1750

Маса, кг 4000

Для виконання зубопротягувальної операції для нарізання зубців використовуємо зубопротягувальний верстат моделі СТ-73.

Технічна характеристика верстата моделі СТ-73

Найбільший діаметр оброблюваного зубчастого колеса, мм 320

Найбільший модуль нарізаного колеса, мм 6

Найбільший діаметр зуба нарізаного колеса, мм 50

Діаметр кругової протяжки, мм 635

					4267ст3. 05.КРБ.04.02.ПЗ	Арк.
						29
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Час обробки впадин між зубцями, мм	2...5
Кількість робочих позицій верстата	1
Потужність електродвигуна головного привода, кВт	14
Маса, т	9

Для виконання свердлильної операції вибираємо свердлильний верстат моделі 2A135.

Технічні характеристики верстата моделі 2A135

Найбільший діаметр свердління, мм	35
Відстань від торця шпинделя до столу, мм	0...750
Відстань від торця шпинделя до плити, мм	705...1130
Розміри робочої поверхні столу, мм	450x500
Частота обертання шпинделя, об/хв.	68...1100
Кількість швидкостей шпинделя	9
Потужність електродвигуна головного руху, кВт	4,5
Габарити верстата, мм: довжина x ширина x висота	1240x810x2500
Маса верстата, кг	1300

Для виконання горизонтально-фрезерувальної операції використовуємо верстат моделі 6P81.

Технічна характеристика верстата моделі 6P81

Розміри робочої поверхні столу, мм	1000x250
Найменша та найбільша відстань від осі шпинделя до столу, мм	50...370
Найбільший кут повороту столу, град.	45
Частота обертів шпинделя, об/хв.	31,5...1600
Кількість швидкостей шпинделя	18
Число ступенів робочих подач столу	16
Потужність головного привода, кВт	5,5
Габаритні розміри верстата, мм:	1480x1990x1630
Маса верстата, кг	4200

					4267ст3. 05.КРБ.04.02.ПЗ	Адк.
Зм.	Адк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

Для виконання круглошліфувальної операції використовуємо верстат моделі 3А161.

Технічні характеристики верстата моделі 3А161

Найбільший розмір оброблюваного виробу, мм	280x1000
Найбільша довжина шліфування, мм	900
Вага оброблюваного виробу, кг	40
Найбільше переміщення столу, мм	920
Швидкість гідравлічного переміщення столу, мм/хв.	100-6000
Діаметр шліфувального круга, мм	600...450
Найбільша ширина шліфувального круга, мм	63
Кількість швидкостей шпинделя шліфувальної бабки	2
Число обертів шпинделя шліфувальної бабки, хв.	1120...1272
Потужність приводу, кВт	7
Габарити верстата, мм	4100x2100x1560
Маса верстата, кг	4500

2.6. Вибір ріжучого інструменту

Одночасно з вибором устаткування і пристосувань для кожної операції вибирається необхідний ріжучий інструмент, що забезпечує досягнення найбільшої продуктивності, необхідних точності і шорсткості обробленої поверхні. Застосування того чи іншого типу інструменту і матеріалу його частини, що ріже, залежить від наступних основних факторів:

- виду верстата;
- методів обробки;
- матеріалу оброблюваної деталі;
- розміру і конфігурації деталі;
- необхідній точності і шорсткості поверхні;
- виду виробництва.

Велике значення для підвищення продуктивності праці зниження собівартості обробки має вибір матеріалу частини інструменту, що ріже. Матеріал частини інструментів, що ріже, вибирається з [2, с.234-241].

У розробленому технологічному процесі застосовані наступні види і типи інструментів.

На операції 010:

- фреза торцева 2214-0386 ГОСТ 26595-95;
- фреза торцева 2214-0386 ГОСТ 26595-95;
- свердло центровочне 2317-0215 ГОСТ 14952-85.

На операціях 015, 020, 040:

- різець прохідний 2102-0005 ГОСТ 18877-93;
- різець фасочний 2136-0709 P18 ГОСТ 18875-93;
- різець підрізний 2112-0005 T15K6 ГОСТ 18880-93;
- різець фасонний T15K6.

На операції 025:

- протяжка кругова P18.

На операції 035:

- свердло спіральне 2301-0106 ГОСТ 10903-97.

На операції 045:

- фреза дискова 2240-0365 ГОСТ 28527-90.

На операції 065:

- шліфувальний круг 2720-0057 ГОСТ 16167-90.

2.7. Вибір вимірювального інструменту

Вимірювальні засоби – це технічні пристосування, які використовують для вимірювання та які мають нормовані метрологічні властивості. Вибираючи ці інструменти враховують існуючі організаційно-технічні форми контролю, масштаб виробництва, конструктивні характеристики деталей, що вимірюються (габаритні розміри, масу, розташування поверхонь, кількість

					4267ст3. 05.КРБ.04.02.ПЗ	Арк.
						32
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

контрольованих параметрів), точність виготовлення деталей та інші економічні фактори.

До основних метрологічних показників вимірювального засобу відносяться ціна поділки шкали, діапазон показань, допустима похибка засобу і вимірювальне зусилля.

Від якості контролю, засобів і методів вимірювання та їх вибору залежить якість готових деталей.

У проектованому технологічному процесі використовуються такі вимірювальні засоби:

- штангенциркулі: ШЦ-I-250-0,1; ШЦ-III-250-0,05 ГОСТ 166-89;
- мікрометр важільний 0-50-0,02 ГОСТ 6507-89;
- штангенглибиномір ШГ-160-0,05 ГОСТ 162-90;
- калібр-пробка 8133-9144 ГОСТ 14810-89;
- калібр-кільце 8311-0518-6 ГОСТ 24960-91;
- шаблон фасочний МН 1416-61 ГОСТ 169-89;
- нутромір індикаторний ГОСТ 9244-86.

2.8. Розрахунок режимів різання

При призначенні елементів режимів різання враховують характер обробки, тип і розмір інструменту, матеріал його ріжучої частини, матеріал і стан заготовки, тип і стан устаткування.

Елементи режимів різання, звичайно, встановлюють у порядку, зазначеному нижче:

- глибина різання t ;
- подача S ;
- швидкість різання V ;
- сила різання P_z ;
- потужність різання N .

Виконаємо розрахунок режимів різання для зовнішнього точіння $\varnothing 40$ на токарній операції 015.

					4267ст3. 05.КРБ.04.02.ПЗ	Адк.
Зм.	Адк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

Вихідні дані:

Оброблюваний матеріал – сталь 40ХН, $\sigma_B = 950$ МПа;

Матеріал ріжучого інструменту - Т15К6;

Глибина різання $t = 3,5$ мм;

Подача $S = 0,7$ мм/об.

Швидкість різання розраховується за формулою:

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

де C_v - коефіцієнт, що враховує умови обробки, $C_v = 350$;

T – середній період стійкості різця, $T = 60$ хв.;

t - глибина різання, $t = 3,5$ мм;

S – подача, $S = 0,7$ мм/об.;

m, x, y – показники ступеня у формулі,

$m = 0,20$; $x = 0,15$; $y = 0,35$;

k_v – узагальнений поправочний коефіцієнт, що враховує умови обробки.

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv},$$

де K_{mv} – коефіцієнт, що враховує вплив оброблюваного матеріалу на швидкість різання

$$K_{mv} = K_r \cdot \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v},$$

K_r – коефіцієнт, що враховує групу сталі по оброблюваності, $K_r = 0,8$;

σ_B – межа витривалості, $\sigma_B = 950$ МПа;

$n = 1,0$;

$$\text{тоді, } K_{mv} = 0,8 \cdot \left(\frac{750}{950} \right)^1 = 0,66;$$

K_{nv} – коефіцієнт, що враховує вплив стану поверхні заготовки на швидкість різання, $K_{nv} = 1,0$;

K_{uv} - коефіцієнт, що враховує вплив матеріалу інструменту на швидкість різання, K_{nv} коефіцієнт, що враховує вплив стану поверхні заготовки на швидкість різання, $K_{nv} = 1,0$;

Тоді, $K_v = 0,66 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,66$.

Підставимо всі отримані значення у формулу швидкості різання

					4267ст3. 05.КРБ.04.02.ПЗ	Адк.
						34
Зм.	Адк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$V = \frac{350}{60^{0,2} \cdot 3,5^{0,15} \cdot 0,7^{0,35}} \cdot 0,66 = 96,2 \frac{\text{м}}{\text{хв}},$$

2. Частота обертання шпинделя визначається за формулою:

$$n = \frac{v \cdot 1000}{\pi \cdot D} = \frac{96,2 \cdot 1000}{3,14 \cdot 54} = 567,8 \frac{\text{об}}{\text{хв}}.$$

Звіримо отриману частоту з паспортними даними верстата, приймаємо найближче найменше значення. Приймаємо дійсне значення частоти обертання за паспортними даними верстата $n = 500 \text{ об/хв}$.

Визначимо дійсну швидкість різання за формулою:

$$V_{\text{кориг.}} = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{\text{кориг}}}{1000} = \frac{3,14 \cdot 500 \cdot 54}{1000} = 84,8 \frac{\text{м}}{\text{хв}}.$$

3. Силу різання P_z при точінні розраховують за формулою:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot s_{\text{пасп}}^y \cdot v_{\text{кориг}}^n \cdot K_p,$$

де C_p – коефіцієнт, що враховує умови обробки, $C_p = 300$;

t – глибина різання, $t = 3,5 \text{ мм}$;

$s_{\text{пасп}}$ – подача, $s_{\text{пасп}} = 0,7 \text{ мм/об.}$;

v – швидкість різання, $v = 84,8 \text{ м/хв.}$;

x, y, n – показники ступеня у формулі

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

K_p – узагальнений поправочний коефіцієнт, що враховує фактичні умови різання

$$K_p = K_{\text{мр}} \cdot K_{\text{фр}} \cdot K_{\text{гр}} \cdot K_{\text{лр}},$$

де $K_{\text{мр}}$ – коефіцієнт, що враховує вплив якості оброблюваного матеріалу на силові залежності

$$K_{\text{мр}} = \left(\frac{\sigma_v}{750} \right)^{0,75} = \left(\frac{950}{750} \right)^{0,75} = 1,2;$$

де σ_v – межа витривалості, $\sigma_v = 950 \text{ МПа}$;

$K_{\text{фр}}, K_{\text{гр}}, K_{\text{лр}}, K_{\text{лр}}$ – коефіцієнти, що враховують вплив геометричних параметрів ріжучої частини інструменту

$$K_{\text{фр}} = 1,0; K_{\text{гр}} = 1,0; K_{\text{лр}} = 1,0; K_{\text{лр}} = 1,0; [9]$$

Тоді,

$$K_p = K_{\text{мр}} \cdot K_{\text{фр}} \cdot K_{\text{гр}} \cdot K_{\text{лр}} = 1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,2$$

					4267ст3. 05.КРБ.04.02.ПЗ	Адк.
						35
Зм.	Адк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Значення коефіцієнтів для сили різання візьмемо з таблиці [9, табл.22].

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

Підставимо всі отримані значення у формулу та обчислимо силу різання:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot s_{\text{пасп}}^y \cdot v_{\text{кориг}}^n \cdot K_p = 10 \cdot 300 \cdot 2,7^1 \cdot 0,7^{0,75} \cdot 84,8^{-0,15} \cdot 1,2 = 4,96 \text{ кН}.$$

4.Потужність різання при точінні розраховується за формулою:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60},$$

де P_z сила різання при точінні, $P_z = 4956,5 \text{ Н}$;

V - дійсна швидкість різання, $V = 84,8 \text{ м/хв}$.

$$N_{\text{різ}} = \frac{4956,5 \cdot 84,8}{1020 \cdot 60} = 6,85 \text{ кВт}.$$

Перевіряємо за паспортними даними, чи достатня потужність приводу верстата:

$$N_d = 10 \text{ кВт};$$

$$N_{\text{доп}} = N_d \cdot \eta = 10 \cdot 0,75 = 7,5 \text{ кВт};$$

$$N_{\text{різ}} < N_{\text{доп}};$$

$$6,85 < 7,5 \text{ кВт}$$

Так як $N_{\text{різ}} < N_{\text{доп}}$, то обробка можлива.

2.9. Технічне нормування

Нормою часу називається регламентований час виконання деякого обсягу робіт у зазначених виробничих умовах одним робітником або групою робітників. Звичайно норму часу визначають на одну операцію.

Технічна норма часу на виконання операції, яка виконується на універсальному верстаті розраховується за формулою:

$$T_{\text{шт}} = T_o + T_d + T_{\text{обс}} + T_{\text{відп}},$$

де T_o – основний (технологічний) час, що витрачається безпосередньо на обробку деталі відповідно вибраним режимам різання, хв.;

T_d – допоміжний час, затрачуваний на виконання робіт, що забезпечують формоутворення деталі. До складу допоміжного часу входять прийоми,

					4267ст3. 05.КРБ.04.02.ПЗ	Арк.
						36
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

пов'язані з установкою та закріпленням деталі, керуванням верстатом, вимірюванням деталі, хв.

Сума основного і допоміжного часу називається оперативним часом – $T_{оп}$,

$T_{обс}$ – час на обслуговування робочого місця, що складається з технічного обслуговування (зміна інструмента, що затупився, регулювання верстата, збирання стружки, заливання ЗОР) і організаційного обслуговування (огляд устаткування, інструктаж), визначається у відсотках від оперативного часу, хв.;

$T_{відп}$ – час на відпочинок і особисті потреби, визначається у відсотках від оперативного часу, хв.;

$T_{п.з.}$ – підготовчо-заключний час, що включає в себе час на налагодження верстату, інструментів і пристроїв, а також час на одержання інструментів і пристроїв до початку роботи і здачу їх після закінчення роботи, хв.

Розрахуємо норми часу на токарну операцію 015.

1. Розрахуємо основний (технологічного) час на перехід:

$$T_{осн} = \frac{L}{n \cdot S} \cdot i,$$

де L – відстань, на яку переміщається ріжучий інструмент у напрямку подачі, мм;

S – подача на один оборот шпинделя, мм/об;

n – число обертів шпинделя, об/хв.;

i – число проходів.

Перехід 2 (точити поверхню 2)

$S = 0,5$ мм/об; $n = 500$ об/хв.; $i = 2$; $L = 100$ мм

$$T_{о2} = \frac{L}{n \cdot S} \cdot i = \frac{100}{500 \cdot 0,5} \cdot 2 = 0,8.$$

Перехід 4 (точити поверхню 4 із підрізанням торця 5)

$S = 0,7$ мм/об; $n = 500$ об/хв.; $i = 2$; $L = 77$ мм

$$T_{о4} = \frac{L}{n \cdot S} \cdot i = \frac{77}{500 \cdot 0,7} \cdot 2 = 0,44.$$

Перехід 6 (точити поверхню 6)

					4267ст3. 05.КРБ.04.02.ПЗ	Арк.
						37
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$S = 0,5 \text{ мм/об}; n = 315 \text{ об/хв.}; i = 1; L = 60 \text{ мм}$

$$T_{o6} = \frac{L}{n \cdot S} \cdot i = \frac{60}{315 \cdot 0,5} \cdot 1 = 0,4.$$

Перехід 7 (підрізати торець 7)

$S = 1,0 \text{ мм/об}; n = 160 \text{ об/хв.}; i = 1; L = 22 \text{ мм}$

$$T_{o7} = \frac{L}{n \cdot S} \cdot i = \frac{22}{160 \cdot 1} \cdot 1 = 0,138.$$

Перехід 9 (точити поверхню 14 із підрізанням торця 13)

$S = 0,7 \text{ мм/об}; n = 500 \text{ об/хв.}; i = 2; L = 18 \text{ мм}$

$$T_{o9} = \frac{L}{n \cdot S} \cdot i = \frac{18}{500 \cdot 0,7} \cdot 2 = 0,103.$$

Перехід 11 (точити поверхню 12)

$S = 0,5 \text{ мм/об}; n = 315 \text{ об/хв.}; i = 1; L = 60 \text{ мм}$

$$T_{o11} = \frac{L}{n \cdot S} \cdot i = \frac{60}{315 \cdot 0,5} \cdot 1 = 0,4.$$

Перехід 12 (підрізати торець 11)

$S = 1,0 \text{ мм/об}; n = 160 \text{ об/хв.}; i = 1; L = 22 \text{ мм}$

$$T_{o12} = \frac{L}{n \cdot S} \cdot i = \frac{22}{160 \cdot 1} \cdot 1 = 0,138.$$

Перехід 13 (точити поверхню 10)

$S = 1,0 \text{ мм/об}; n = 160 \text{ об/хв.}; i = 1; L = 25 \text{ мм}$

$$T_{o13} = \frac{L}{n \cdot S} \cdot i = \frac{25}{160 \cdot 1} \cdot 1 = 0,312.$$

Основний (технологічний) час на переходи 3, 5, 10 (точіння фасок) беремо з [3] . Приймаємо $T_o = 0,06$.

Основний час, який витрачається на обробку деталі на всіх переходах токарної операції визначаємо сумуючи час на всі переходи:

$$T_o = 0,8 + 0,06 + 0,44 + 0,06 + 0,4 + 0,138 + 0,103 + 0,06 + 0,4 + 0,138 + 0,312 = 2,92 \text{ хв.}$$

2.Розрахуємо допоміжний час:

$$T_d = T_{уст} + T_{п/уст} + T_{пер} + T_{всп},$$

де $T_{уст}$ – норма часу, яка пов'язана з установкою та зняттям деталі, $T_{уст} = 1,0 \text{ хв.};$

$T_{п/уст}$ – час на переустановку деталі, $T_{п/уст} = 0,8 \cdot T_{уст} = 0,8 \cdot 1 = 0,8 \text{ хв.};$

					4267ст3. 05.КРБ.04.02.ПЗ	Адк.
						38
Зм.	Адк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$T_{\text{пер}}$ – час, пов'язаний з виконанням переходів, хв.;

$T_{\text{всп}}$ – допоміжний час, пов'язаний з переходами, які не увійшли до $T_{\text{пер}}$ (для даної операції він рахується, як сума наступних переходів: зміна частоти обертання – 0,035 хв., та час повороту різцевої головки – 0,05 хв.)

Перехід 2 (точити поверхню 2)

$$T_{\text{д}2} = T_{\text{пер}} + T_{\text{всп}} = 0,14 + 0,085 = 0,225 \text{ хв.}$$

Перехід 3 (точити фаску $1 \times 45^\circ$)

$$T_{\text{д}3} = T_{\text{пер}} + T_{\text{всп}} = 0,08 + 0,085 = 0,165 \text{ хв.}$$

Перехід 4 (точити поверхню 4 із підрізанням торця 5)

$$T_{\text{д}4} = T_{\text{пер}} + T_{\text{всп}} = 0,08 + 0,085 = 0,165 \text{ хв.}$$

Перехід 5 (точити фаску $1 \times 45^\circ$)

$$T_{\text{д}5} = T_{\text{пер}} + T_{\text{всп}} = 0,08 + 0,085 = 0,165 \text{ хв.}$$

Перехід 6 (точити поверхню 6)

$$T_{\text{д}6} = T_{\text{пер}} + T_{\text{всп}} = 0,25 + 0,085 = 0,335 \text{ хв.}$$

Перехід 7 (підрізати торець 7)

$$T_{\text{д}7} = T_{\text{пер}} + T_{\text{всп}} = 0,12 + 0,085 = 0,205 \text{ хв.}$$

Перехід 9 (точити поверхню 14 із підрізанням торця 13)

$$T_{\text{д}9} = T_{\text{пер}} + T_{\text{всп}} = 0,1 + 0,085 = 0,185 \text{ хв.}$$

Перехід 10 (точити фаску $1 \times 45^\circ$)

$$T_{\text{д}10} = T_{\text{пер}} + T_{\text{всп}} = 0,08 + 0,085 = 0,165 \text{ хв.}$$

Перехід 11 (точити поверхню 12)

$$T_{\text{д}11} = T_{\text{пер}} + T_{\text{всп}} = 0,25 + 0,085 = 0,335 \text{ хв.}$$

Перехід 12 (підрізати торець 11)

$$T_{\text{д}12} = T_{\text{пер}} + T_{\text{всп}} = 0,12 + 0,085 = 0,205 \text{ хв.}$$

Перехід 13 (точити поверхню 10)

$$T_{\text{д}13} = T_{\text{пер}} + T_{\text{всп}} = 0,1 + 0,085 = 0,185 \text{ хв.}$$

Допоміжний час на операцію:

$$T_{\text{д}} = 1,0 + 0,8 + 0,225 + 0,165 + 0,225 + 0,165 + 0,335 + 0,205 + 0,185 + 0,165 + 0,335 + 0,205 + 0,185 = 4,15 \text{ хв.}$$

3.Визначимо оперативний час:

					4267ст3. 05.КРБ.04.02.ПЗ	Арк.
						39
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$T_{\text{оп}} = T_o + T_d = 2,92 + 4,15 = 7,07 \text{ хв.}$$

4.Визначимо час на обслуговування робочого місця:

$$T_{\text{обс}} = T_{\text{оп}} \cdot K_1,$$

де $T_{\text{оп}} = 7,07$ хв. – оперативний час;

$K_1 = 4 \%$ - відсоток часу.

$$\text{Тоді } T_{\text{обс}} = 7,07 \cdot 4 \% = 0,28 \text{ хв.}$$

5.Визначимо норму часу на відпочинок і особисті потреби:

$$T_{\text{відп}} = T_{\text{оп}} \cdot K_2,$$

де $T_{\text{оп}} = 7,07$ хв. – оперативний час;

$K_2 = 4 \%$ - відсоток часу.

$$\text{Тоді } T_{\text{обс}} = 7,07 \cdot 4 \% = 0,28 \text{ хв.}$$

6. Визначимо штучний час:

$$T_{\text{шт}} = T_{\text{оп}} + T_{\text{обс}} + T_{\text{відп}};$$

$$T_{\text{шт}} = 7,07 + 0,28 + 0,28 = 7,63 \text{ хв.}$$

7. Визначаємо підготовчо-заключний час на операцію.

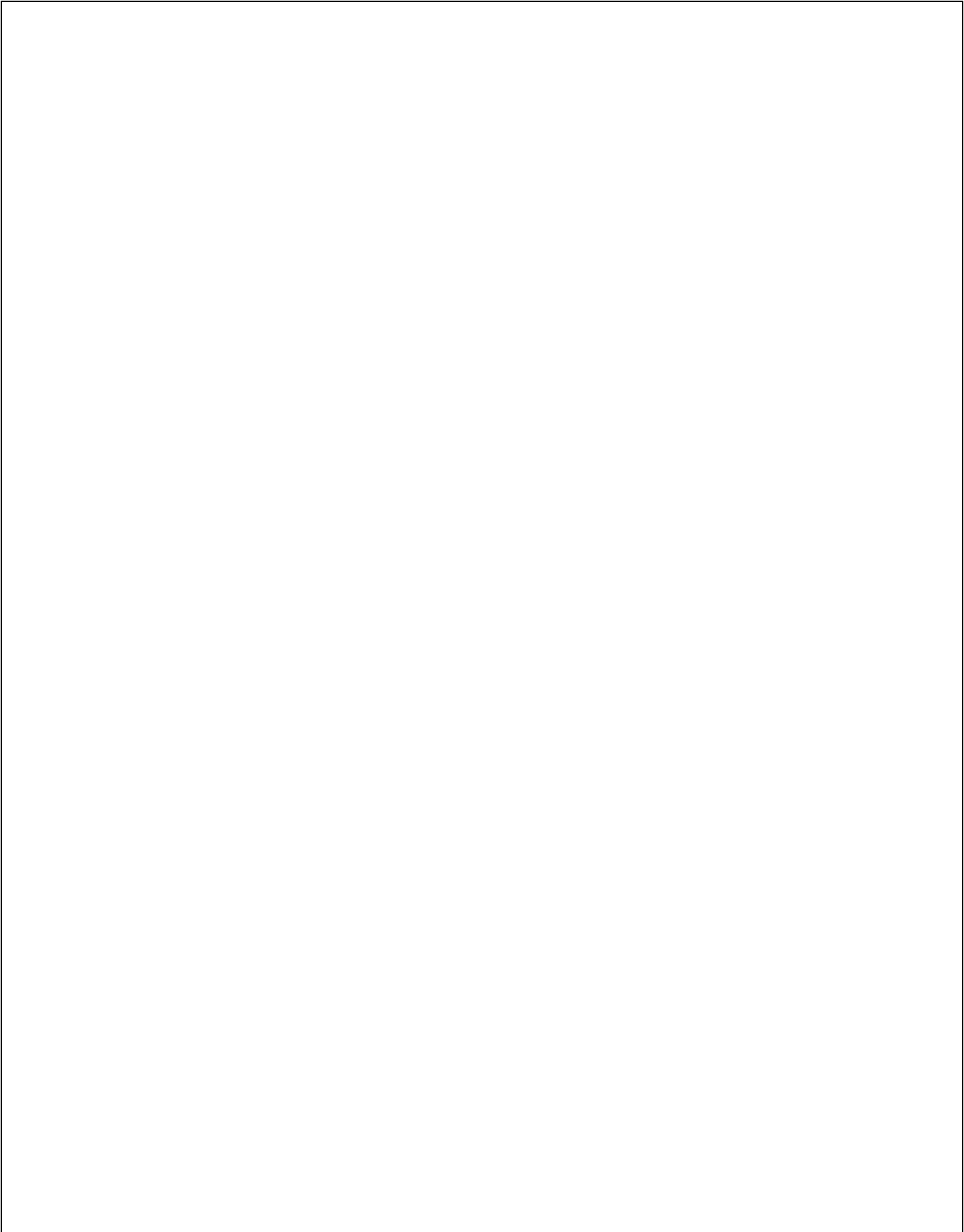
За допомогою нормативів [2], визначаємо підготовчо-заключний час.

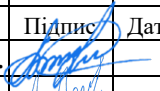
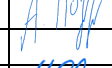
Приймаємо $T_{\text{п.з}} = 22$.

8.Визначаємо штучно-калькуляційний час на операцію:

$$T_{\text{шт.-к.}} = T_{\text{шт}} + \frac{T_{\text{п.з}}}{n} = 7,63 + \frac{22}{40} = 8,18 \text{ хв.}$$

					4267ст3. 05.КРБ.04.02.ПЗ	Адк.
						40
Зм.	Адк.	№ докум.	Підпис	Дата		



					4267ст3.05.КРБ.04.03.ПЗ				
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Конструкторська частина				
Розробив	Димчук Л.В.								
Перевірів	Познанський								
Консул.									
Н.контр.	Боду С.Ж.								
Затвердив	Ткач М.Р.				НУК				
					Літ		Арк.	Аркушів	
					К	Р	Б	41	11

3. КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

Виконання операцій технологічного процесу обробки вал-шестерні передбачає застосування спеціальних пристосувань. Використання верстатних пристосувань дозволяє усунути розмітку, вивірення деталі при встановленні, розширює технологічні можливості устаткування, підвищує точність обробки та продуктивність праці, поліпшує її умови, дозволяє суворо регламентувати тривалість виконання операцій, знижує аварійність. Пристосування, яке проектується, повинно відповідати ряду вимог:

- повинно бути достатньо жорстким для забезпечення заданої точності обробки;
- зручним в роботі та швидкодіючим;
- просте за конструкцією та дешеве у виготовленні;
- доступне для ремонту та заміни зношених частин;
- безпечним в експлуатації.

Вихідними даними при конструюванні пристосування є креслення заготовки та деталі, програма випуску виробів, карти технологічного процесу.

3.1. Розрахунок пристосування для протягування

Опис конструкції

На металорізючих верстатах найбільше застосування знайшли двох-, трьох- та чотирьохкулачкові патрони з ручним і механізованим приводом затиску. У двохкулачковому патроні переважно закріплюють різні фасонні виливки та поковки; кулачки таких патронів, зазвичай, призначені для закріплення тільки однієї деталі. У самоцентруючихся патронах закріплюють заготовки круглої і шестигранної форми або круглі прутки великого діаметру. У чотирьохкулачкові патрони закріплюють прутки квадратного перетину, а в патронах з індивідуальним регулюванням кулачків – деталі прямокутні або несиметричної форми.

Найбільш широкого застосування набув саме трьохкулачковий самоцентруючий патрон. Вибираємо спеціальний трьохкулачковий

					4267ст3. 05.КРБ.04.03.ПЗ	Арк.
						42
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

самоцентруючий патрон, основою якого буде стандартизований патрон ГОСТ 2675-80 зі спеціальним опорним кільцем. Розміри патрону та кулачків приймаємо також згідно з ГОСТ 2675-80. Проектований патрон кріпиться на шпинделі верстата за допомогою фланця проміжного. Розміри та тип фланця обираються за допомогою ДСТУ ГОСТ 3889:2008 (ІПС 3-2008).

Конструкція патрону

Кулачки 1 патрону переміщуються одночасно за допомогою диска 2. На одній стороні цього диска виконані пази (що мають форму Архімедової спіралі), в яких розташовані нижні виступи кулачків, а на іншій – нарізане конічне зубчасте колесо, поєднане з трьома конічними зубчастими колесами 3. При повороті ключем одного з коліс 3 диск 2 (завдяки зубчастому зачепленню) також повертається і за допомогою спіралі переміщує одночасно і рівномірно всі три кулачки по пазах корпусу 4 патрона. Залежно від напрямку обертання диска кулачки наближаються до центру патрона або віддаляються від нього, затискаючи або звільняючи деталь. Кулачки зазвичай виготовляють трьохступінчастими і для підвищення зносостійкості гартують. Розрізняють кулачки кріплення заготовок по внутрішній та зовнішній поверхням; при кріпленні по внутрішній поверхні заготівка повинна мати отвір, в якому можуть розміститися кулачки.

Окрім цього на проектований пристрій встановлюється описане вище опорне кільце 5. В його тілі попередньо проточені пази для вільного ходу кулачків пристрою. Кільце служить для полегшення базування заготовки, а також для зменшення радіальних сил, що намагаються зігнути заготовку.

Розрахунок сил різання

Головна, радіальна та осьова сили різання визначаються відповідно за наступними формулами:

$$Q_z = 3,1 + 240 \cdot S_z - 0,15 \cdot \gamma + 4,8 \cdot h_3,$$

$$Q_y = 1,1 + 72 \cdot S_z - 0,04 \cdot \gamma + 1,3 \cdot h_3,$$

$$Q_x = 0,42 + 12,5 \cdot S_z - 0,01 \cdot \gamma + 21,2 \cdot \delta,$$

де S_z – крок зубців протяжки;

					4267ст3. 05.КРБ.04.03.ПЗ	Арк.
						43
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

γ – величина переднього кута зубців;

h_3 – середній знос зубців по задній поверхні (користуючись [2], приймаємо $h_3 = 0,12$);

δ – неспівпадіння осі профілей сусідніх зубців (користуючись [2], приймаємо $\delta = 0,04$).

Так як при обробці чорновими зубцями сили різання будуть найбільші, в розрахунку підставляємо саме їх значення, та отримуємо:

$$Q_z = 3,1 + 240 \cdot 0,16 - 0,15 \cdot 0,2618 + 4,8 \cdot 0,12 = 42,04 \text{ Н/мм},$$

$$Q_y = 1,1 + 72 \cdot 0,16 - 0,04 \cdot 0,2618 + 1,3 \cdot 0,12 = 12,766 \text{ Н/мм},$$

$$Q_x = 0,42 + 12,5 \cdot 0,16 - 0,01 \cdot 0,2618 + 21,2 \cdot 0,04 = 3,265 \text{ Н/мм}.$$

Так як осьова сила Q_x є дуже малою та не впливає на закріплення заготовки в патроні, тому при розрахунку сил закріплення її не враховуємо.

Головна сила Q_z спрямовується на опорне кільце і відповідно на са патрон, тому при розрахунку сил закріплення заготовки її врахування не є доречним.

Отже, для розрахунку сил закріплення, приймаємо значення радіальної сили, яка має найбільший вплив на заготовку при різанні.

Розрахунок сил закріплення

В даному типі патронів зусилля закріплення усіма кулачками визначається за формулою:

$$W = \frac{K \cdot Q_y \cdot R_o}{f \cdot R},$$

де Q_y – радіальна сила, яка прикладена до заготовки;

f – коефіцієнт тертя, який для рифлених кулачків патрона приймаємо рівним 1,0 [2];

R – радіус, на який діє зусилля затиску;

R_o – радіус, на якому нарізають зубці;

K – коефіцієнт запасу (який визначається сумою коефіцієнтів $K_o, K_1, K_2, K_3, K_4, K_5, K_6$) для заданих умов коефіцієнт запасу буде дорівнювати 2,5 [2].

Отже, зусилля закріплення заготовки буде дорівнювати

					4267ст3. 05.КРБ.04.03.ПЗ	Арк.
						44
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$W = \frac{2,5 \cdot 12,766 \cdot 156}{1,0 \cdot 40} = 114,7 \text{ Н.}$$

Вибір матеріалу опорного кільця

Для полегшення базування та нівелювання головної сили різання на спеціальний проєктований патрон, встановлюється опорне кільце з наступними характеристиками:

- зовнішній діаметр – $D = 140 \text{ мм}$;
- внутрішній діаметр - $d = 120 \text{ мм}$;
- висота – $H = 50 \text{ мм}$;
- товщина стінки – $B = 10 \text{ мм}$.

Та для попередження деформації і внаслідок чого, руйнування цього кільця під дією сил різання необхідно підібрати матеріал кільця з відповідною межею плинності. Для цього, за допомогою формули визначимо напруження діюче на опорне кільце:

$$\sigma_{\max} = \frac{Q_z}{S},$$

де Q_z - головна сила, приклаєна до опорного кільця;

S - площа поверхні до якої прикладена сила (при розрахунку площі враховуємо вирізи в кільці для вільного руху кулачків)

$$\sigma_{\max} = \frac{42,04}{923,5} = 0,05.$$

За проведенням розрахунком приймаємо матеріал кільця сталь 20, яка задовольняє даній умові:

$$\sigma_{\max} < \sigma,$$

тому що $0,05 < 25$.

3.2. Розрахунок кругової протяжки

Опис інструменту

В даний час найбільш перспективними в умовах крупносерійного і масового виробництва є способи зубонарізування, засновані на високопродуктивному методі кругового протягування зубів колес.

					4267ст3. 05.КРБ.04.03.ПЗ	Адк.
						45
Зм.	Адк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Зубці кругової протяжки нарізуються на спеціальних сегментах 3, які за допомогою з'єднання болтами 2 кріпляться на периферії дископодібного корпусу 1. Інструменту надається безперервний обертальний головний рух різання (D_p). Сегменти залежно від знімаемого припуску поділяються на три групи: чорнові, напівчистові та чистові.

Протяжка нарізує зубці за методом копіювання. Нарізання проводиться за асиметричною схемою, при якій заготовка з початкової позиції А підводиться в зону В, де завдяки обертанню протяжки нарізується необхідний профіль зубу; потім заготовка починає переміщатися в крапку С, завдяки поступовому переміщенню незрізаний припуск поступово знімається, та формується профіль зуба по всій довжині вінця; після цього відбувається переміщення в крапку D, в якій за допомогою чистових різців протяжки проводиться остаточна обробка та правка даного профілю.

За один оберт формується одна впадина між зубцями нарізованого колеса. Для нарізання наступної впадини необхідний ділительний поворот заготовки на один крок (поділ заготовки). Цей поворот здійснюється в той час, коли повз заготовку проходить сектор вільний від ріжучих зубців. Цей же сектор служить для забезпечення підведення – відведення заготовки в зону різання. Дані щодо розмірів секторів протяжки та розмірів корпусу є стандартизованими та обираються за допомогою [2].

Нарізання зубчастих вінців методом кругового протягування в порівнянні з вживаними способами зубонарізання має наступні переваги:

- обертання протягання – безперервне. Швидкість протягування обмежується не інерційними масами приводу головного руху (як при лінійному протягуванні), а можливостями інструментального матеріалу та вимогами до стійкості процесу різання;
- за один оберт інструменту повністю нарізується одна впадина між зубцями колеса;
- при чорновому прорізанні впадин товщина стружки залишається постійною по всій довжині різання;

					4267ст3. 05.КРБ.04.03.ПЗ	Адк.
Зм.	Адк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

- час охолодження кожного різця приблизно в 30 разів перевищує час різання (за один оберт інструменту);
- велика жорсткість інструменту та пружної технологічної системи (верстат – пристосування – деталь - інструмент) в цілому;
- метод дозволяє розділити чорнове і чистове нарізання зубців коліс і здійснювати його різними різцями одного інструменту;
- висока продуктивність досягається за рахунок незначного зносу ріжучих крайок інструментів внаслідок великої їх довжини, причому кожна з ріжучих крайок, тільки один раз бере участь в процесі формування кожної впадини;
- не потрібна передача точного взаємного обертання заготовки колеса і інструменту, так як заготовка в процесі різання не обертається, а розподіл здійснюється за допомогою ділильних дисків в той момент, коли різання не проводиться.

Розрахунок кругової протяжки

1.Визначення кількості зубців протяжки:

$$Z = Z_{\text{чист}} + Z_{\text{чорн.}}$$

Так як чистові зубці протяжки здебільшого не ріжуть, а шевінгують поверхню та мають дуже дрібний крок (0,025 та з кожним зубцем зменшується в два рази), при розрахунку зрізаємого припуску їх не враховуємо.

$$Z_{\text{чорн}} = \frac{H}{S_{\text{чорн}}};$$

$$\text{Тоді, } Z = Z_{\text{чист}} + Z_{\text{нап}} + \frac{H}{S_{\text{чорн}}};$$

де $Z_{\text{чист}}$ – кількість чистових зубців. За допомогою [2] визначаємо, що кількість чистових зубців $Z_{\text{чист}} = 20$;

$Z_{\text{нап}}$ - кількість напівчистових зубців. За допомогою [2] визначаємо, що кількість напівчистових зубців $Z_{\text{чист}} = 10$;

$S_{\text{чорн}}$ – подача на чорновий зуб. За допомогою [2] визначаємо, $S_{\text{чорн}} = 0,18$;

					4267ст3. 05.КРБ.04.03.ПЗ	Арк.
						47
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

H – глибина впадин між зубцями колеса.

Тоді, сумарна кількість зубців дорівнюватиме:

$$Z = 20 + \frac{8}{0,18} + 10 = 75; \text{ тоді } Z_{\text{чорн}} = 50.$$

Розміри чорнових зубців кругової протяжки

Таблиця 3.1

Номер зуба	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
H , зуба	7,02	7,02	7,38	7,56	7,74	7,92	8,10	8,28	8,46	8,64
Номер зуба	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
H , зуба	8,82	9,00	9,18	9,36	9,54	9,72	9,90	10,08	10,26	10,44
Номер зуба	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
H , зуба	10,62	10,80	10,98	11,16	11,34	11,52	11,70	11,88	12,06	12,24
Номер зуба	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
H , зуба	12,42	12,60	12,78	12,96	13,14	13,32	13,50	13,68	13,86	14,04
Номер зуба	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
H , зуба	14,22	14,40	14,58	14,76	14,84	14,84	14,84	14,84	14,84	14,84
Номер зуба	51	52	53	54	55					
H , зуба	14,84	14,84	14,84	14,84	14,84					

2.Розрахунок крок зубців протяжки:

крок чорнових зубців

$$t = (0,52 \dots 0,98)b,$$

де b – довжина вінця колеса, яке нарізується;

$$t_{\text{чорн}} = 0,8 \cdot b = 20 \text{ мм.}$$

для чистових зубців крок повинен бути не менш ніж на 2 мм більше довжини вінця, тому приймаємо $t_{\text{чист}} = 27 \text{ мм.}$

3.Визначення геометричних параметрів зубців протяжки.

За допомогою [2] визначаємо передній кут, який для даної сталі дорівнює $15 \dots 20^\circ$. Приймаємо $\gamma = 15^\circ$.

Величину заднього кута λ також знаходимо за допомогою 2 і він дорівнює $8 \dots 12^\circ$. Приймаємо $\alpha = 10^\circ$.

					4267ст3. 05.КРБ.04.03.ПЗ	Арк.
						48
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таким же чином знаходимо кут піднутріння зубців γ_n , який буде дорівнювати:

для чорнових зубців $\gamma_n = 15^\circ$;

для чистових зубців $\gamma_n = 0^\circ$.

4.Визначення основних параметрів протяжки.

Так як усі основні розміри кругових протяжок є нормованими, за допомогою табл.11.4 та 11.12 [2] визначаємо та приймаємо наступні дані:

- найбільша висота зуба $h_{3\max} - 14,86$ мм;
- номінальний діаметр корпусу $D_r - 635$ мм;
- кількість різців в сегменті – 5;
- кількість сегментів 15;

Крутний момент при затягуванні гвинтів – 150 Н/м;

- швидкість різання $V - 33$ м/хв. (швидкість обробки однієї впадини складає 0,05 хв.).

Невказані розміри приймаються з [2] та [3].

5.Розрахунок стружкової канавки кругової протяжки

За даними [2] розмір стружкової канавки для чорнових зубців кругових протяжок визначається так само, як і для плоских. Тому для даної протяжки приймаємо наступну форму канавки (рис.3.1) та розраховуємо за формулами:

для чорнових зубців

$$h_{\text{чорн}} = 0,4 \cdot t_{\text{чорн}} = 0,4 \cdot 20 = 8,0 \text{ мм};$$

$$d_{\text{чорн}} = 0,3 \cdot t_{\text{чорн}} = 0,3 \cdot 20 = 6,0 \text{ мм};$$

$$R_{\text{чорн}} = 0,7 \cdot t_{\text{чорн}} = 0,7 \cdot 20 = 14,0 \text{ мм};$$

$$r_{\text{чорн}} = 0,5 \cdot h_{\text{чорн}} = 0,5 \cdot 8,0 = 4,0 \text{ мм}.$$

					4267ст3. 05.КРБ.04.03.ПЗ	Арк.
						49
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

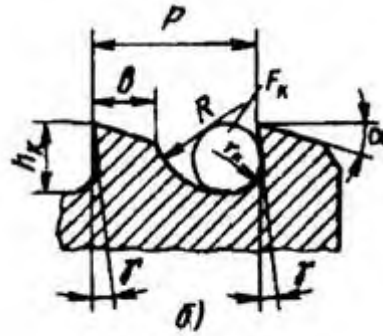


Рис.3.1. Форма канавки

3.3. Вибір контрольно-вимірювального пристрою

Кругова протяжка сегментного типу для нарізання циліндричних колес являє собою складний, дорогий, складений ріжучий інструмент зі змінною ріжучою частиною, від якості складання і установа його на верстаті багато в чому залежить точність зубонарізання та жорсткість бічних сторін оброблюваних зубців.

Технологія складання та контролю при виготовленні та переточуванні такого інструменту має свої специфічні особливості, які необхідно враховувати при експлуатації у виробничих умовах.

При складанні кругових протяжок різцеві блоки встановлюють в певній послідовності в кільцевий паз корпусу протяжки, підискають торцями по клинам (в протяжці з стійкими клинами) або торцями один до одного і за допомогою динамометричного ключа закріплюють гвинтами з постійним крутним моментом. Кріплення різцевих сегментів до корпусу з одним і тим же моментом забезпечує надійну і точну (до 0,005 мм) по осі симетрії профілів їх взаємну установку.

При установці кругових протяжок сегментного типу на інструментальному шпинделі зубопротягуювального верстата кріпильні бовти корпусу протяжки також затягують ключем з постійним крутним моментом.

З огляду на багаторазове використання корпусу кругової протяжки основний контроль точності її виготовлення і заточування зводиться до

					4267ст3. 05.КРБ.04.03.ПЗ	Арк.
						50
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

контролю ріжучої частини. Комплекти ріжучих сегментів можуть відрізнятися один від одного по висоті та положенню осі симетрії ріжучих зубців, тому перед установкою кругової протяжки на зубопротягувальний верстат перевіряють висоту вершин і точність виготовлення профілю ріжучих зубців, перепади від зуба до зуба, розташування ріжучих крайок щодо базового торця протяжки і передній кут різців.

Деталі після промивання протирають м'яким чистим папером або спеціальним матеріалом, бавовняні матеріали застосовувати не рекомендован, так як після їх вживання на деталях залишаються сліди волокон. Після правильної установки різців в пази корпусу різцевої головки кожен різець закріплюють з постійним крутним моментом за допомогою тарованого ключа.

Контроль окремих елементів нового зуборізного інструмента або після його заточування виконується з використанням спеціальних пристроїв і пристосувань. Перевірка висоти вершин ріжучих зубців різцевих головок сегментного типу полягає в вимірі відхилення висоти останнього сегмента чистових калібрів зубців від номіналу. Так як коливання висот сегментів від комплекту до комплекту зазвичай становить від десятих часток до декількох міліметрів, то після кожної заміни різцевої головки виникає необхідність в радіальній підналадці зубопротягувального верстата.

Контроль проводять за допомогою спеціального накладного пристрою, показаного на рис.3.2.

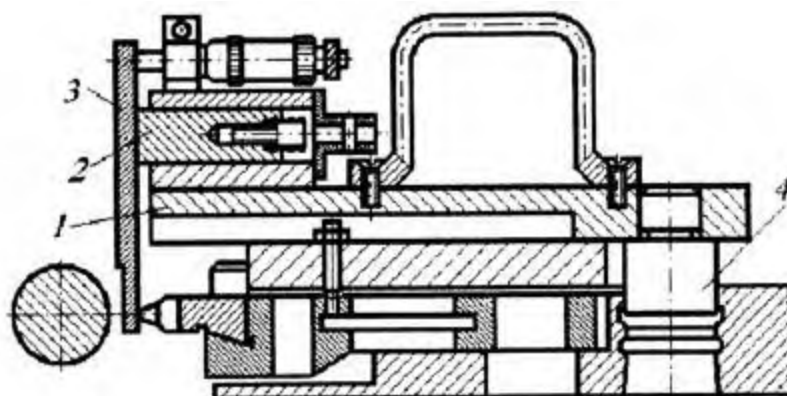


Рис.3.2. Спеціальне накладне пристосування для перевірки висоти вершин ріжучих зубців кругової протяжки

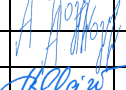
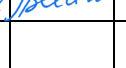
					4267ст3. 05.КРБ.04.03.ПЗ	Адк.
Зм.	Адк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

Пристрій складається з корпусу 1, на якому кріпиться рухомий повзун 2 з контрольною планкою 3. На кінці корпусу, навпроти контрольної планки, запресована пробка 4, що служить базовим центруючим елементом пристосування. Пробка вставляється в посадочний отвір кругової протяжки та орієнтує пристосування відносно центру ріжучого інструменту. Підпружинений повзун 2 забезпечує притискання планки 3 з постійним зусиллям до вершини перевіряемого ріжучого зуба кругової протяжки.

Над повзуном на спеціальному кронштейні встановлюється мікрометрична голівка нормальної точності ГМР-01, вимірювальний щуп якої підводиться до контрольної планки. Встановлення нульового положення пристосування здійснюється за допомогою блоку плиток відносного циліндра різцевих сегментів протяжки. Відхилення висоти різцевих сегментів вимірюється з точністю до 0,01 мм. При переточуванні зношених сегментів висоту різця перевіряють на заточувальному верстаті в процесі праці.

Оскільки нарізання циліндричних коліс круговими протяжками засноване на використанні методу копіювання, точність профілювання ріжучих зубців інструменту, особливо чистових, грає вирішальну роль в досягненні високої точності обробки. Таким чином, контроль профілю різців кругових протяжок є однією з головних операцій при визначенні придатності інструменту до експлуатації.

					4267ст3. 05.КРБ.04.03.ПЗ	Адк.
Зм.	Адк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

					4267ст3.05.КРБ.04.04.ПЗ							
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Охорона праці та навколишнього середовища			Літ		Арк.	Аркушів	
Розробив		Димчук Л.В.						К	Р	Б	53	12
Перевірив		Познанський						НУК				
Консул.		Познанський АС										
Н.контр.		Боду С.Ж.										
Затвердив		Ткач М.Р.										

4.ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Вступ

Дбати про безпеку та здоров'я людей на робочому місці – це комплексний підхід, що охоплює різноманітні дії. Він включає в себе як правові норми, так і практичні кроки, спрямовані на створення безпечних умов праці.

Основний акцент робиться на технічних рішеннях. Це означає, що ще на етапі проектування машин та виробничих процесів потрібно враховувати, як зробити їх максимально безпечними для працівників. Сюди входять розробка захисних пристроїв, огороження небезпечних зон, а також забезпечення належного освітлення, опалення та вентиляції на робочих місцях. Важливим аспектом є також захист від електричного струму, електромагнітних полів та випромінювань.

Не менш важливими є організаційні заходи. Це, зокрема, навчання персоналу безпечним методам роботи, правильне планування робочого часу та відпочинку, а також профілактика професійних захворювань.

Індивідуальні засоби захисту стають необхідними тоді, коли технічні та організаційні заходи не можуть повністю усунути всі ризики.

З розвитком технологій, особливо в галузі автоматизації та верстатів з програмним керуванням, умови праці стають кращими, а продуктивність зростає. Однак, це також породжує нові виклики. Наприклад, зростання швидкості обробки металів вимагає особливої уваги до запобігання травмам від рухомих частин обладнання, ріжучих інструментів та стружки. Питання очищення повітря від пилу також стає надзвичайно актуальним, особливо при роботі на універсальних верстатах.

4.1.Аналіз небезпечних та шкідливих виробничих чинників при виготовленні деталі

					4267ст3. 05.КРБ.04.04.ПЗ	Арк.
						54
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При роботі на металорізальних верстатах виникає безліч ризиків для здоров'я та безпеки працівників. Ці ризики можна розділити на кілька категорій: фізичні, хімічні, психофізіологічні та біологічні.

Фізичні небезпеки є найбільш очевидними. До них належать:

- **Рухомі частини обладнання:** Верстати мають багато рухомих елементів, які можуть спричинити травми, якщо працівник потрапить у них.
- **Переміщення заготовок та виробів:** Великі та важкі деталі, що рухаються, можуть призвести до ударів або затискання.
- **Металева стружка:** Гаряча (до 600°C) та швидка стружка є серйозною небезпекою. Вона може спричинити опіки та травми очей. Особливо небезпечна вона для тих, хто працює безпосередньо за верстатом, але становить ризик і для оточуючих. Травми очей від стружки є найпоширенішими серед верстатників, складаючи понад 50% усіх виробничих травм при токарній обробці, близько 10% при фрезеруванні та близько 8% при заточуванні та шліфуванні. Очі можуть бути пошкоджені не тільки стружкою, але й пилом від оброблюваного матеріалу, уламками інструменту чи абразивних матеріалів.
- **Висока температура:** Гарячі поверхні деталей та інструментів можуть спричинити опіки.
- **Електричні небезпеки:** Підвищена напруга в електричних ланцюгах або статична електрика можуть призвести до ураження електричним струмом.

Фізичні шкідливі фактори також суттєво впливають на здоров'я:

- **Забруднення повітря:** Наявність металевого пилу та газів у робочій зоні може негативно впливати на дихальну систему. Аерозолі мастил, що входять до складу охолоджувальних рідин, можуть викликати подразнення слизових оболонок.

					4267ст3. 05.КРБ.04.04.ПЗ	Арк.
						55
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- **Шум і вібрація:** Високий рівень шуму та вібрації від роботи верстатів можуть призвести до проблем зі слухом та загального нездужання.

- **Недостатнє освітлення:** Погана видимість, пряме або відбите світло, а також пульсація світлового потоку можуть спричинити напругу очей та головний біль.

До психофізіологічних шкідливих виробничих факторів процесів обробки матеріалів різанням можна віднести фізичні перевантаження зору, монотонність праці.

До біологічних факторів відносяться хвороботворні мікроорганізми і бактерії, які виявляються при роботі з ЗОР.

4.2. Заходи з охорони праці на дільниці

4.2.1. Запобігання дії запилення та загазування повітря на працюючий персонал

Для забезпечення чистоти повітря і нормалізації параметрів мікроклімату в промисловому приміщенні крім місцевих висмоктуючих пристроїв забезпечення видалення шкідливих речовин з зони різання (пилу, дрібної стружки та аерозолів ЗОР) повинна бути передбачена приточно-витяжна загальнообмінна система вентиляції.

Приміщення, в яких зберігаються і готуються суміші бактерицидів для ЗОР, повинні бути обладнані місцевою витяжною вентиляцією.

Приміщення у цехах, також на ділянках обробки різанням, перебування в котрих пов'язано з небезпекою для працюючих, повинно бути відділено від інших приміщень ізолюючими перегородками, мати місцеву витяжну вентиляцію і знаки безпеки.

Для зняття статичного струму пилоприймачі і повітроводи вентиляційних установок повинні мати заземлення.

Приміщення і повітроводи від місцевих відсмоктувачів і загальнообмінної вентиляції повинні очищуватися за графіком, затвердженим відповідно з прийнятою на підприємстві формою внутрішньої документації.

					4267ст3. 05.КРБ.04.04.ПЗ	Арк.
						56
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Відповідним чином ворота, двері і технологічні пройми повинні бути обладнані повітряними і повітряно-тепловими завісами.

Для очищення повітря, що відходить від металоріжучих верстатів, використовують низько швидкісний (швидкість фільтрації $< 0,15$ м/с) туманоуловлювач Н-2000. Він складається з корпусу, у якому розміщені два ступеня очищення. Фільтр грубого очищення являє собою легкоз'ємну касету або пакет гофрованих сіток. Фільтр тонкого очищення включає ряд вертикальних патронів з голкопробивного повсті на основі лавсанових волокон. Швидкість фільтрації через другу ступінь складає $0,1-0,15$ м/с. При навантаженні по повітрю 1700 м³/год. і вхідної концентрації туману ЗОР до 42 мг/м³ агрегат має гідравлічний опір близько 450 Па і забезпечує ефективність очищення, рівну $0,85$.

Концентрація олії на виході з агрегату Р-2000 не перевищує припустиму, тому очищене повітря звичайно знову надходить у приміщення цеху.

4.2.2. Запобігання дії вібрації

У промисловості широке застосування одержали машини та устаткування, які створюють вібрацію, що несприятливо впливає на людину. Це, насамперед, усі транспортні засоби, а також ручні машини. Збільшення продуктивності і зменшення статичних навантажень на людину супроводжується небажаним побічним ефектом – зусиллям. Вплив вібрації не тільки погіршує самопочуття працюючого і знижує продуктивність праці, але часто приводить до важкого професійного захворювання – віброхвороби. Тому питанням боротьби з вібрацією приділяється велике значення.

Під вібрацією розуміється рух механічної системи, при якій відбувається почергове зростання та убуття в часі значень, принаймні однієї координати.

Причиною порушення вібрації є виникаючі при роботі машин і агрегатів невірноважені силові впливи. В одних випадках їхніми джерелами є зворотно-поступальні системи, що рухаються, в інших випадках –

					4267ст3. 05.КРБ.04.04.ПЗ	Адк.
Зм.	Адк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

неврівноважені обертові маси. Величина дисбалансу у всіх випадках приводить до появи неуврівноважених сил, які викликають вібрацію.

Розрізняють загальну та локальну вібрацію. Загальна вібрація викликає струс всього організму, здебільшого цьому виду вібрації піддаються транспортні робітники, оператори великих штампів, важкопідйомних кранів та іншого подібного устаткування.

Локальній вібрації піддаються працівники, які впродовж роботи контактують з ручними електричними і пневматичними механізованими інструментами.

Норми по обмеженню загальних вібрацій, тобто вібрацій робочих місць (підлоги, фундаментів машин, сидінь та ін.), установлюють величину логарифмічного рівня коливальної швидкості в октанових діапазонах із середньо геометричними значеннями 2,4, 8,16, 32, 63 Гц, а норми по обмеженню локальної вібрації – в октанових смугах із середньо геометричними значеннями 16, 32, 63, 125, 250, 500, 1000 Гц.

Розробка заходів щодо зниження виробничих вібрацій повинна розроблятися одночасно з рішенням основної задачі сучасного машинобудування – комплексною механізацією та автоматизацією виробництва. Введення дистанційного керування цехами і ділянками дозволить цілком вирішити проблему захисту від вібрації.

4.2.3. Запобігання дії шуму

Питання по боротьбі із шумом у даний час мають велике значення у всіх галузях техніки, особливо в машинобудуванні.

Шум на виробництві завдає великої шкоди, шкідливо діючи на організм людини, і знижуючи продуктивність праці. Втома робітників і операторів через сильний шум збільшує число помилок при роботі, сприяє виникненню травм. Нерідко і в побуті людина піддається впливу шуму неприпустимого рівня. Тому боротьба із шумом є важливим завданням.

					4267ст3. 05.КРБ.04.04.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

У залежності від рівня і характеру шуму, його тривалості, а також від індивідуальних особливостей людини шум може здійснювати на нею різну дію.

Шум, навіть коли він невеликий (при рівні 50-60 дБ), створює значне навантаження на нервову систему людини, здійснюючи на неї психологічний вплив.

Під впливом шуму розвивається ряд серйозних захворювань таких, як гіпертонічна хвороба, неврози, у ряді випадків шлунково-кишкові і шкірні захворювання, які зв'язані з перенапругою нервової системи в процесі праці і відпочинку. Відсутність необхідної тиші, особливо в нічний час, може з'явитися серйозним фактором, що турбує. Зі збільшенням рівня шуму до 70 дБ і вище шум може впливати на людину, що приводить до видимих змін у його організмі.

При нормуванні шуму використовують два методи:

- нормування за граничним спектром шуму;
- нормування рівня звуку в дБ.

Перший метод є основним для постійних шумів. Тут нормуються рівні звукових тисків у восьми октавних смугах частот із середньо-геометричними частотами 16, 32, 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 Гц.

Таким чином, шум на робочих місцях не повинен перевищувати припустимих рівнів, значення яких приведені в ГОСТ 12.1.003-83. ССБТ.

Другий метод нормування загального рівня шуму використовується для оцінки постійного шуму. Рівень звуку (дБ) зв'язаний із граничним спектром залежністю - $L_A = PС + 5$.

До основних методів боротьби з шумом відносяться:

- зменшення шуму в джерелі;
- зменшення механічних шумів;
- зміна спрямованості випромінювання шуму;
- раціональне планування підприємств і цехів;
- акустична обробка приміщень;

					4267ст3. 05.КРБ.04.04.ПЗ	Арк.
						59
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- зменшення шуму на шляху його поширення;
- застосування вкладишів, навушників і шоломів.

Припустимі рівні шуму

Таблиця 4.1

Робочі місця	Рівні звукового тиску в октавних смугах з середньо-геометричними частотами, Гц								Рівні звуку, дБ
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
1.Приміщення конструкторських бюро, розрахувачів, програмістів	74	61	54	49	45	42	40	38	50
2. Приміщення керувань (робочі кімнати)	79	70	68	58	55	52	50	49	60
3.Приміщення лабораторій	94	87	82	78	75	73	71	70	80
4. Постійні робочі місця та робочі зони у виробничих приміщеннях і на території підприємств, робочі місця водія та обслуговуючого персоналу вантажного транспорту	99	92	86	83	80	78	76	74	85

4.2.4. Електробезпека

Проходячи через організм людини електричний струм здійснює термічну, електролітичну і біологічну дії.

Термічна дія виражається в опіках окремих ділянок тіла, нагрівання кровоносних судин, нервів та інших тканин. Електролітична дія виражається в розкладанні крові та інших органічних рідин, що викликає значні порушення їхніх фізико-хімічних складових.

Біологічна дія виражається в роздратуванні і порушенні живих тканин організму, що супроводжується мимовільними судорожними скороченнями м'язів, а також у порушенні внутрішніх біологічних процесів. У результаті можуть виникнути різні порушення і навіть повне припинення діяльності дихання і кровообігу.

Це різноманіття дій електричного струму нерідко приводить до різних електротравм, що умовно можна звести до двох видів: місцевим електротравмам і електричним ударам.

До місцевих електротравм відносяться: електричні опіки, електричні знаки, металізація шкіри, механічні ушкодження, електрофтальмія.

До електричних ударів відносяться: судорожне скорочення м'язів без утрати свідомості; судорожне скорочення м'язів із втратою свідомості, але зі збереженим диханням і роботою серця; втрата свідомості і порушення серцевої діяльності, або діяльності дихання, клінічна смерть, тобто відсутність дихання і кровообігу.

У запобіганні поразки людини електричним струмом необхідно виконувати правила електробезпеки:

- неприступність струмоведучих частин для випадкового дотику;
- електричний поділ мереж;
- усунення небезпеки поразки з появою напруги в корпусах, кожухах і інших частинах електроустаткування;
- використання подвійної ізоляції;
- вирівнювання потенціалу захисним заземленням, зануленням, захисним відключенням та ін.;
- застосування спеціальних електрозахисних засобів – переносних приладів і пристосувань;
- організація безпечної експлуатації електроустановок та ін.

4.2.5. Засоби захисту від елементів руху

Простір, у якому можлива дія на працюючого небезпечного або шкідливого виробничого фактору називається небезпечною зоною. Небезпека

					4267ст3. 05.КРБ.04.04.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

локалізована в просторі навколо елементів, що рухаються: ріжучих інструментів, оброблюваних деталей, планшайб, зубчастих, ремінних і ланцюгових передач, робочих столів верстатів та ін. Особлива небезпека створюється у випадках, коли можливе захоплення одягу або волосся працюючого частинами устаткування, що рухаються.

Розміри небезпечної зони в просторі можуть бути постійними (зона між ременем і шківом, зона між вальцями та ін.) і перемінними (поле прокатних станів, зона різання при зміні режиму і характеру обробки, зміна ріжучого інструменту).

Огороджувальні засоби захисту перешкоджають появі людини в небезпечній зоні. Конструктивні рішення огороджувальних пристроїв різноманітні. Вони залежать від виду устаткування, розташування людини в робочій зоні, специфіки небезпечних та шкідливих виробничих факторів. Огороджувальні пристрої поділяються на три основні групи: стаціонарні, рухливі, переносні.

Стаціонарні огороження періодично демонтуються для здійснення допоміжних операцій (зміни робочого інструменту, змащення, проведення контрольних вимірювань).

Рухливе огороження являє собою пристрій, заблокований з робочими органами і механізмами. Воно закриває доступ у робочу зону при наявності небезпечного моменту. В інший час доступ у робочу зону відкритий. Широке застосування такі огороджувальні пристрої одержали у верстатобудуванні.

Переносні огороження є тимчасовими, їх використовують при ремонтних налагоджувальних роботах. Найчастіше вони використовуються у вигляді щитів висотою 1,7 м.

Конструкція і матеріал пристроїв, що огороджують, визначаються особливостями конкретного устаткування і технологічного процесу.

Огороження виконують у вигляді зварених або литих кожухів, твердих суцільних щитів (щитків, екранів), решіток, сіток на твердому каркасі. Як матеріал огорожень використовують метали, пластмаси, дерево.

					4267ст3. 05.КРБ.04.04.ПЗ	Адк.
Зм.	Адк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

При необхідності спостереження за робочою зоною крім сіток і решіток застосовують суцільні огорожувальні пристрої з прозорих матеріалів (оргскло, триплекс та ін.).

Щоб витримувати навантаження від часток, що відлітають при обробці, огороження повинні бути досить міцними і добре кріпитися до фундаменту машини. При розрахунку на міцність огорожень, які застосовуються при обробці металів і дерева, необхідно враховувати можливість вильоту та удару об огороження заготовок і ріжучого інструменту.

4.3. Охорона навколишнього середовища

Під час виконання технологічного процесу виготовлення деталей технологічне обладнання викидає в атмосферу пил різноманітного хімічного складу, випаровування масел, ЗОР.

Для нормалізації повітряного середовища на ділянці використовують місцеві висмоктуючі прилади зі спеціальними насадками, які розташовують в місцях інтенсивного виділення шкідливих речовин. Необхідно здійснювати ландшафтну реконструкцію земельних насаджень з сіянням квіток та посівом газонних трав.

Забруднення водного середовища

Потрібну для технологічних потреб чисту охолоджену прісну воду підприємство скидає в оточуючі їх водойми. Машинобудівельні підприємства забруднюють воду піском, металевою стружкою, мінеральними маслами, ЗОР.

Забруднення води нафтопродуктами відбувається в результаті зливу миючої рідини і емульсій. Широке використання води для охолодження машин, генераторів, різноманітних теплових установок призводить до підвищення температури стічних вод. У результаті гідросфера підлягає інтенсивному тепловому забрудненню.

Очисні споруди промислових стоків потрібних для прийому, очищення і знешкодження хімічних забруднених стоків, а також обезводнення осадку,

					4267ст3. 05.КРБ.04.04.ПЗ	Арк.
						63
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

які утворюються при освітленні стоків перед скиданням їх у побутову каналізацію.

Відпрацьовані ЗОР необхідно збирати у спеціальні ємності. Водну і масляні фази можна використовувати як компоненти для приготування емульсій. Масляна фаза емульсій може поступати на регенерацію або згоряє. Концентрація нафто-виробів у стічних водах при скиданні їх у каналізацію повинна відповідати вимогам ДБН.В.2.5-75:2013. Водну фазу ЗОР очищують до допустимої концентрації або розводять до допустимого вмісту нафтовиробів і зливають у каналізацію.

Також на підприємстві застосовують засоби нейтралізації ЗОР, які включають в себе:

- механічну очистку, потрібну для видалення часток;
- виділення масла;
- нейтралізація звільненої від масла води.

Антисептичний захист потребує тільки для ЗОР, до складу яких входить воді в сполученні з виробами нафтохімічної переробки. Загальним недоліком охолоджуючої рідини в не зв'язку від їх складу є швидка втрата експлуатаційних якостей, у результаті накопичення механічних домішок і змащувальних мастил.

Механічні домішки в ЗОР за їх якістю можна розділити на магнітні і немагнітні. Це визначається вибором методів очищення ЗОР. Незалежно від властивостей домішок різне приладдя повинно забезпечувати повне відокремлення твердих частин, розміри яких перевищують задане мінімальне значення, гарантувати необхідну ступінь очищення і мати відповідну пропускну здатність.

Очищену від механічних домішок ЗОР необхідно періодично перевіряти на вміст компоненти і проводити відповідну корекцію. Очищення ЗОР підвищує якість обробки, стійкість інструменту, термін служби насосів, скорочує витрати ЗОР, дозволяє утилізувати дуже дефіцитні матеріали (такі як

					4267ст3. 05.КРБ.04.04.ПЗ	Арк.
						64
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

– вольфрам, кобальт та ін.). Якість очищення механічних домішок в ЗОР допускається масовим вмістом.

ЗОР на основі емульсола.

Старіння водоемульсійних ЗОР при їх довгій експлуатації відбувається внаслідок накопичення змащувальних мастил, що призводить до загущення емульсії і утворення кислих і загальних мил, бікарбонату натрію, негативна дія яких проявляється у підвищенні коригуючого діяння ЗОР. Регенерація відпрацьованої емульсії розбивається на два етапи: відокремлення масла і регенерація.

Загущену емульсію змивають у відстійник, де витримують в термін доби. Підігрів емульсії до 30-50 °С сприяє більш інтенсивному процесу відстоювання. Масло, яке сплигло, відокремлюють, а емульсію змішують зі свіже виготовленою в відношенні 1:1 і використовують знову.

Поява слабого запаху сірководню та його з'єднання говорить про те, що емульсія починає загноюватись. Такий виріб у подальшому до використання не гідний і його слід утилізувати. Зіпсовану емульсію зливають в ємності і при безперервному перемішуванні додають розраховану кількість соляної кислоти або повареної солі. При цьому здійснюється повний розклад емульсії. Мінеральне масло впливає, його збирають і здають перероблюючим організаціям, нейтралізовану кислотою воду зливають у каналізацію.

					4267ст3. 05.КРБ.04.04.ПЗ	Адк.
						65
Зм.	Адк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Висновки

В кваліфікаційній роботі бакалавра на тему «Проектування технології виготовлення вал-шестерні ($m = 4$ мм; $z = 28$)» виконана згідно до вимог ЄСТД та ЄСКД. В ній 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.

Вал-шестерня є частиною циліндричного редуктора та служить для прийняття і передачі обертального руху. Працює в умовах постійних навантажень.

Матеріалом деталі було обрано сталь 40ХН. Сталь 40ХН (ДСТУ 7806:2015) відноситься до якісних легованих конструкційних сталей (тобто призначена для виготовлення машинобудівних і будівельних виробів), легованих хромонікелевих сталевих сплавів. Додавання нікелю до складу сталі підвищує її хімічну стійкість. Ця конструкційна хромиста сталь добре піддається обробці та термообробці, що підвищує її міцність та стійкість до зносу.

Спосіб отримання заготовки – гаряче об'ємне штампування, що не викликає значних труднощів при утворенні внутрішніх і зовнішніх поверхонь заготовки. Проте наявність внутрішніх кишень, виступів і нештампованих отворів ускладнює одержання заготовки близької за формою до готової деталі. Отже, деталь не виконує умови мінімальної металоємності.

Стосовно механічної обробки деталь є технологічною тому, що:

- вона симетрична відносно своєї осі;
- матеріал заготовки відповідає вимогам технології виготовлення (при виготовленні немає необхідності застосовувати складні технологічні процеси виготовлення деталі, для зберігання матеріалу немає необхідності створювати певні умови зберігання і транспортування);
- конструкція деталі передбачає легкий підвід та вивід ріжучого інструменту.

Також слід відзначити й певні недоліки технологічності конструкції:

						Арк.
						66
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- наявність заокруглень та поверхонь, які важко або неможливо виконати на універсальному обладнанні

, це призводить до застосування верстатів з ЧПК і спеціального ріжучого інструмента;

- наявність декількох доволі точних поверхонь, для обробки яких необхідні спеціальні операції та інструменти.

Із вище викладеного можна зробити висновок, що деталь в цілому технологічна.

Задані кресленням допуски, що обмежують відхилення геометричних параметрів поверхні деталі, встановлюються відповідно до Єдиної Системи Допусків і Посадок (ЕСДП).

В кваліфікаційній роботі наведені розрахунки спеціальних пристосувань та ріжучого і вимірювального інструментів: пристосування для протягування, протяжка кругова, надано опис спеціального накладного пристосування для перевірки висоти вершин ріжучих зубців кругової протяжки.

Зроблено аналіз шкідливих і небезпечних виробничих факторів при механічній обробці деталі. Розглянуті заходи щодо безпеки праці на дільниці. Наведені заходи з охорони праці та навколишнього середовища на дільниці.

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		67

Список використаної літератури

1. Практикум з дисципліни «Теоретичні основи технології виготовлення деталей машин». – Навч. пос. / С.М.Соловйов, М.М.Івахненко, О.П.Шумілов, В.О.Бобошко, О.О.Козленко. – Під заг.ред.проф.С.М.Соловйова. – Миколаїв: НУК, 2006. – 172 с.
2. Боженко Л.І. Технологія машинобудування. Проектування та виробництво заготовок: Підручник. – Львів, Світ, 1996. – 368 с.
3. Бондаренко С.Г. Основи технології машинобудування: Навчальний посібник для студентів вищих технічних навчальних закладів. – Львів, Магнолія, 2007. – 567 с.
4. Довідник технолога-машинобудівника . В 2-х т./Під заг.ред. А.Г.Косілової та Р.К.Мещерякова. – 5 вид., перероб. і доп. – Київ, Техніка, 1990.
5. Зенкін А.С. Допуски і посадки в машинобудуванні. – Київ, Техніка, 1990.
6. Івченко Л.І. Державні стандарти в машинобудуванні і металообробці /Л.І.Івченко, В.В.Петракін. – Харків, Компанія «СМІТ», 2006. – 320 с.
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. Руденко П.О. Проектування технологічних процесів у машинобудуванні: Навчальний посібник для машинобудівних спеціальностей вузів. – Київ, Вища школа, 1993. – 414 с.
9. Яковенко І.Е., Пермяков О.А., Фесенко А.В. Технологічні основи машинобудування: Навчальний посібник для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка», 133 «Галузеве машинобудування». – Харків, НТУ «ХПУ», 2022. – 421 с.

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		68

[illegible]

[illegible]

Инв. № подл	Подп. и дата	Взам. инв №	Инв.№ дубл.	Подп. и дата	4267ст3.02141.05.001

Національний університет кораблебудування
імені адм. Макарова

«ЗАТВЕРЖДУЮ»

Завідуючий кафедрою інженерної механіки
та технології машинобудування, проф.,д.т.н.

ТКАЧ М.Р.

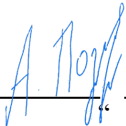
” ” 2026р.

КОМПЛЕКТ ДОКУМЕНТІВ
НА ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС
виготовлення вал-шестерні

4267ст3.05.КРБ.05.01

Студент 4267ст3 групи  Димчук Л.В. 2026 р.
” ”

Н.- контроль  Боду С.Ж. 2026 р.
” ”

Керівник  Познанський А.С. 2026 р.
” ”

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

Дубл.																								
Взам.																								
Подл.																								
										4267ст3.02141.05.001					2									
										4267ст3.05.КРБ.05.01					4267ст3.60141.05.035					015				
Р									ПИ	Д или В		L	t	i	So		n	v						
O01										Ø54		77	3,5	2	0,7		500	84,78						
T02																								
P03	5. Точити фаску 1x45°																0,06	0,165						
04	392101 Різець фасочний 2136-0709 T15K6 ГОСТ 18875443; 393510 шаблон МН 1416-61																							
O 05										Ø40		2	1	1	1		500	63,1						
P 06																								
T 07	6 Точити поверхню 6																0,4	0,335						
08	392101 Інструмент відігнутий спеціальний T15K6; 393311 ШЦ-Ш-250-0,05 ГОСТ 166-89; 393311 ШГ-160-0,05 ГОСТ 162-89																							
O 09										Ø84		60	3	1	0,5		315	83,08						
P 10																								
T 11	7. Підрізати торець 7																0,138	0,205						
12	392101 Різець підрізний 2112-0035 T15K6 ГОСТ 18871-93																							
O 13										Ø144		22	3	1	1		160	71,34						
P 14																								
T 15	8. Перевстановити заготовку																							
16																								
17	9. Точити поверхню 14 із підрізанням торця 13																0,103	0,185						
18	392101 Різець підрізний 2112-0005 T15K6 ГОСТ 18880-93; 393311 ШЦ-Ш-250-0,05 ГОСТ 166-89																							
OK																			8					

