

Міністерство освіти і науки України

Луцький національний технічний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет транспорту та механічної інженерії

(повне найменування факультету)

Кафедра прикладної механіки та мехатроніки

(повна найменування кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ЗА СТУПЕНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ «БАКАЛАВР»

РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ
ВИГОТОВЛЕННЯ ВАЛУ-ШЕСТЕРНІ
РЕДУКТОРА SZ 121

спеціальність 131 Прикладна механіка

(шифр і назва спеціальності)

освітня програма «Прикладна механіка»

(назва освітньої програми)

Виконав: здобувач вищої освіти
групи ІМс-21

Олексюк Богдан Віталійович

(підпис)

Керівник:

к.т.н., доцент

Четвержук Тарас Іванович

(підпис)

Кваліфікаційну роботу

допущено до захисту

«__» _____ 2024 р.

Гарант освітньої програми:

к.т.н., доцент

Божко Тетяна Євгенівна

(підпис)

Луцьк – 2024 року

ЛУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет Транспорту та механічної інженерії

Кафедра Прикладної механіки та мехатроніки

Ступінь вищої освіти: бакалавр

Галузь знань: 13 Механічна інженерія

Спеціальність: 131 Прикладна механіка

Освітня програма: «Прикладна механіка»

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри

_____ Р. РЕДЬКО

“ _____ ” _____ 2024 р.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ

Олексюку Богдану Віталійовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи: *Розробка технологічного процесу виготовлення валу-шестерні редуктора SZ 121.*

Керівник роботи: *Четвержук Тарас Іванович, к.т.н., доцент,*
затвержені наказом закладу вищої освіти від «30» грудня 2023 р., № 461/01-02

2. Строк подання здобувачем вищої освіти кваліфікаційної роботи «01» червня 2024 р.

3. Вихідні дані до роботи: Конструкторсько-технологічна документація, відгуки підприємств про роботу обладнання, креслення деталі, річна програма випуску, базовий технологічний процес, нормативні дані

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, що потрібно розробити)

Вступ. 1. Аналітичний розділ. 2. Технологічний розділ. 3. Проєктування верстатного пристосування та ріжучого інструменту. 4 Охорона праці та виробнича безпека. Висновки. Список використаних джерел. Додатки.

5. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу:

Креслення заготовки та деталі – 1 лист (ф.А.1), креслення верстатного пристосування – 1 лист (ф.А2), КН– 1 лист (ф.А1) ріжучий інструмент 1 лист (ф.А3) .

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв

7. Дата видачі завдання

1.03.2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Термін виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1.	<i>Аналітичний розділ</i>	<i>1.03.24</i>	
2.	<i>Технологічний розділ</i>	<i>13.04.24</i>	
3.	<i>Проектування верстаного пристосування та ріжучого інструменту</i>	<i>27.04.24</i>	
4.	<i>Охорона праці та виробнича безпека</i>	<i>10.05.24</i>	
5.	<i>Оформлення графічної частини</i>	<i>31.05.24</i>	
6.	<i>Інструментальна перевірка на академічний плагіат</i>	<i>5.06.24</i>	
7.	<i>Представлення роботи до захисту</i>	<i>8.06.24</i>	

Здобувач вищої освіти

_____ (підпис)

Олексюк Б.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник кваліфікаційної роботи

_____ (підпис)

Четвержук Т.І.

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Олексюк Б.В. Розробка технологічного процесу виготовлення валу-шестерні редуктора SZ 121. Рукопис.

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

Кваліфікаційна робота бакалавра складається з вступу, 4 розділів, висновків, списку літературних джерел, додатків (згідно структури кваліфікаційної роботи, затвердженої кафедрою).

Робота включає в себе аналітичний розділ, технологічну і конструкторську частини, а також питання охорони праці. В технологічній частині проекту подані матеріали та розрахунки, пов'язані з описом та відпрацюванням виробу на технологічність, розробкою маршрутної та операційної технології оброблення деталі вал-шестерня, вибором методу виготовлення заготовки, розрахунком режимів різання та нормуванням робіт.

В конструкторській частині проекту наведені описи та розрахунки спроектованого верстатного пристосування та спеціального ріжучого інструменту. Питання, пов'язані з нормуванням і розрахунком основних виробничих факторів, що забезпечують безпечну роботу машинобудівного підприємства викладені в розділі охорони праці.

Ключові слова: технологічний процес, механічна обробка, заготовка, вал-шестерня, режими різання, технологічне оснащення.

ABSTRACT

OLEKSYUK B. Development of the manufacturing process of the SZ 121 gearbox gear shaft. Manuscript.

Bachelor's qualification work of EP «Applied Mechanics» specialty 131 Applied Mechanics. Lutsk National Technical University. Lutsk, 2024.

The bachelor's qualification work consists of an introduction, 4 chapters, conclusions, a list of literary sources, appendices (according to the structure of the qualification work approved by the department).

The work includes an analytical section, technological and design parts, as well as labor protection issues. In the technological part of the project, materials and calculations related to the description and development of the product for manufacturability, development of route and operational technology for processing the shaft-gear part, selection of the method of manufacturing the workpiece, calculation of cutting modes and normalization of work are presented. The design part of the project contains descriptions and calculations of the designed machine tool and special cutting tool. Issues related to the rationing and calculation of the main production factors that ensure the safe operation of the machine-building enterprise are outlined in the section on labor protection.

Key words: technological process, mechanical processing, workpiece, gear shaft, cutting modes, technological equipment.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
РОЗДІЛ 1. АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ.....	8
1.1. Службове призначення редуктора SZ 121.....	8
1.2. Призначення та умови роботи деталі «вал-шестерня».....	9
1.3. Класифікація поверхонь та матеріалу заданої деталі	10
1.4. Аналіз вимог щодо поверхонь деталі «вал-шестерня».....	11
1.5. Формулювання завдань кваліфікаційної роботи.....	13
РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ.....	14
2.1 Визначення типу виробництва.....	14
2.2 Стратегії розроблення технологічного процесу	14
2.3 Вибір методу отримання заготовки.....	15
2.4. Вибір способів оброблення поверхонь.....	18
2.5. Розробка технологічного маршруту виготовлення деталі.....	20
2.6. Визначення припусків.....	20
2.7. Проектування заготовки.....	25
2.8. Вибір засобів технологічного оснащення.....	26
2.9. Розрахунок режимів різання.....	28
РОЗДІЛ 3. ПРОЄКТУВАННЯ ВЕРСТАНОГО ПРИСТОСУВАННЯ ТА РІЖУЧОГО ІНСТРУМЕНТУ.....	41
3.1. Аналіз конструкції базового пристосування та суть удосконалення.....	41
3.2. Силовий розрахунок верстатного пристрою.....	42
3.3. Опис конструкції пристосування.....	46
3.4. Проектування ріжучого інструменту.....	47
3.5. Вибір матеріалу інструменту.....	47
3.6. Розрахунок конструктивних елементів робочої частини фрези...	48
3.7. Форма та розміри зубів та впадин.....	49

					028Б – 024.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

3.8. Геометричні параметри зубів фрези.....	50
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ВИРОБНИЧА БЕЗПЕКА.....	52
4.1. Охорона праці на машинобудівному підприємстві.....	52
4.2. небезпечні фактори в умовах машинобудівного виробництва....	53
4.3. Інновації в техніці безпеки Культивування культури безпеки та охорони праці.....	55
ВИСНОВКИ	57
СПИСОК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ.....	58
ДОДАТКИ	60

					028Б – 024.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

На сучасному етапі розвитку машинобудування дуже актуальними проблемами є підвищення надійності та довговічності машин з одночасним підвищенням ефективності виробництва. Необхідність створення машин з більш досконалим рівнем якості при найменшій собівартості їх виготовлення ставить перед машинобудівними підприємствами завдання безперервного вдосконалення технології на основі нових досягнень науки та техніки.

В Україні в даний непростий час активно розвиваються різні напрямки машинобудування, а особливо в сфері обороноздатності та виробів подвійного використання із одночасним вдосконаленням продуктивності та якості деталей та виробів для можливості розширення спектру цього ринку, разом і виходом на закордонні ринки збуту. Це особливо важливо для підприємств, які виготовляють чи реновують складну машинобудівну продукцію.

Для досягнення вимог клієнтів та забезпечення конкурентоспроможності виробничого підприємства система будь-якого сучасного машинобудівного виробництва повинна забезпечити високу ефективність функціонування, яка ґрунтується на таких показниках як: продуктивність, технологічність виробничого циклу, продуктивність та якість виготовлення продукції, яка включає додаткову вартість відповідно до комплексних показників технологічності та максимальної економічної ефективності.

Метою даної роботи є розробка технологічного процесу виготовлення валу-шестірні редуктора SZ 131 заданої якості з мінімальною собівартістю, відповідно до сучасного висококонкурентного стану галузі машинобудування нашого регіону.

					028Б – 024.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 1

АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1. Службове призначення редуктора SZ 121.

Редуктор – це механізм, який дозволяє зменшувати кількість обертів і збільшувати крутний момент. Основне призначення редуктора SZ 131 (рисунок 1.1) – перетворення крутного моменту, виробленого електродвигуном або іншим видом силового агрегату.[19]

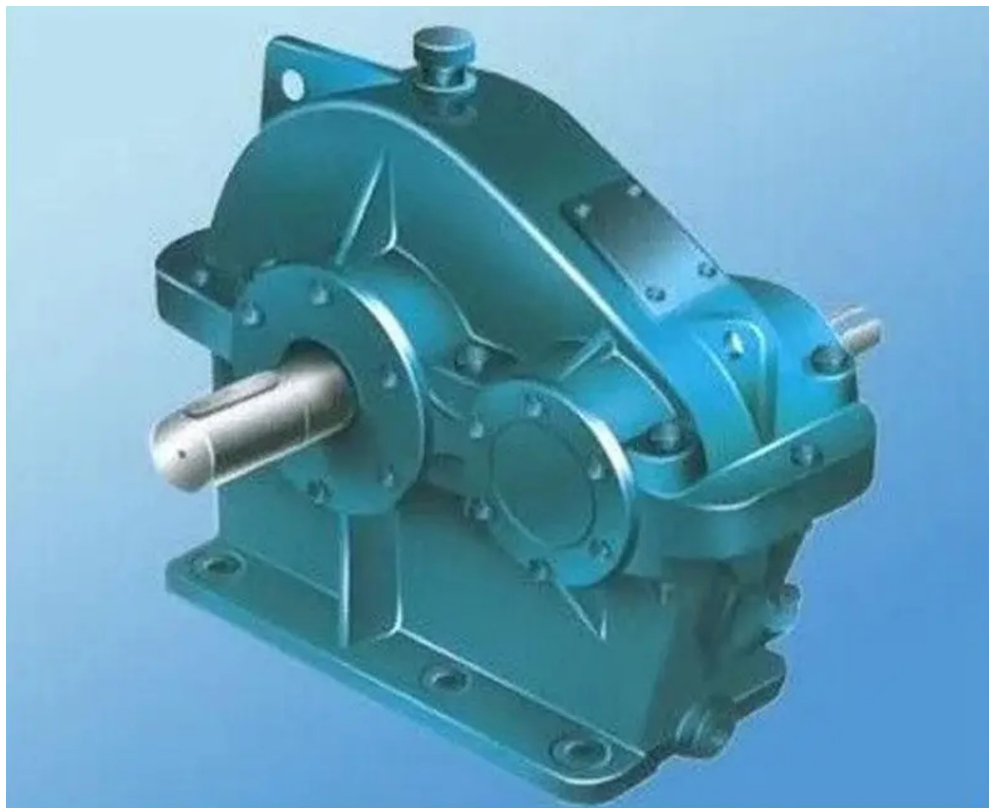


Рисунок 1.1 – Редуктор SZ 121

Перевагами редуктора SZ 121 [15]:

1. Високий ККД редуктора;
2. Висока навантажувальна здатність. Циліндричні редуктори відповідних габаритів здатні передавати майже без втрат велику потужність;
3. Низький люфт вихідного валу, внаслідок цього кінематична точність циліндричних редукторів вище, ніж черв'ячних;

					028Б – 024.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4. Низький нагрів внаслідок високого ККД передач – майже вся енергія не розсіюється;

5. Висока надійність. Безвідмовна робота при нерівномірних навантаженнях, а також при частих пусках та зупинках. Це властивість диктує доцільність застосування виключно циліндричних редукторів у приводах дробарок, подрібнювачів, шредерів і інших машин з пульсуючими навантаженнями на робочих органах.

Водночас найпоширенішим випадком виходом з ладу редуктора є зношення евольвентного зубчастого вінця вхідного або вихідного валу, або його злам. Внаслідок цього є актуальною проблемою вдосконалення технології виготовлення валу-шестерні редуктора SZ 121 з підвищеними експлуатаційними властивостями та мінімальними витратами.

1.2. Призначення та умови роботи деталі «вал-шестерня».

Вал-шестерня редуктора SZ 121 (рисунок 1.2) призначена для передачі крутного моменту. Вона сприймає обертання бічними стінками паза шпонки від приводу і передає рух евольвентними поверхнями зубців вінця в механізм редуктора. Якість валу-шестерні зазвичай вища, а вартість виготовлення нижча, ніж окремо валу та окремо напресованої шестерні. Саме тому всі шестерні редукторів виконують разом із валом в одній деталі без складальних операцій. При виготовленні валу-шестерні на валу нарізають зубці зубчастої передачі, відповідного модуля m та число зубців z [12]. Конструктивна варіація валу в місці нарізування зубів залежить від передавального відношення та міжосьової відстані передачі. Конструкція валу визначає кінематичну характеристику передачі. Чим більше валів у редукторі, тим більша похибка кожної, окремо взятої передачі.

Основними причинами відмов деталей типу вал-шестерня є зношення, корозія, перерозподіл залишкових напружень, що призводять до втрати геометричної точності деталі, а також втомне руйнування в матеріалі, і як

					028Б – 024.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

наслідок, поломка деталі. Тому під час виготовлення заданої деталі важливо враховувати механічні, хімічні та фізичні властивості матеріалу, з якого виготовляється вал-шестерня.

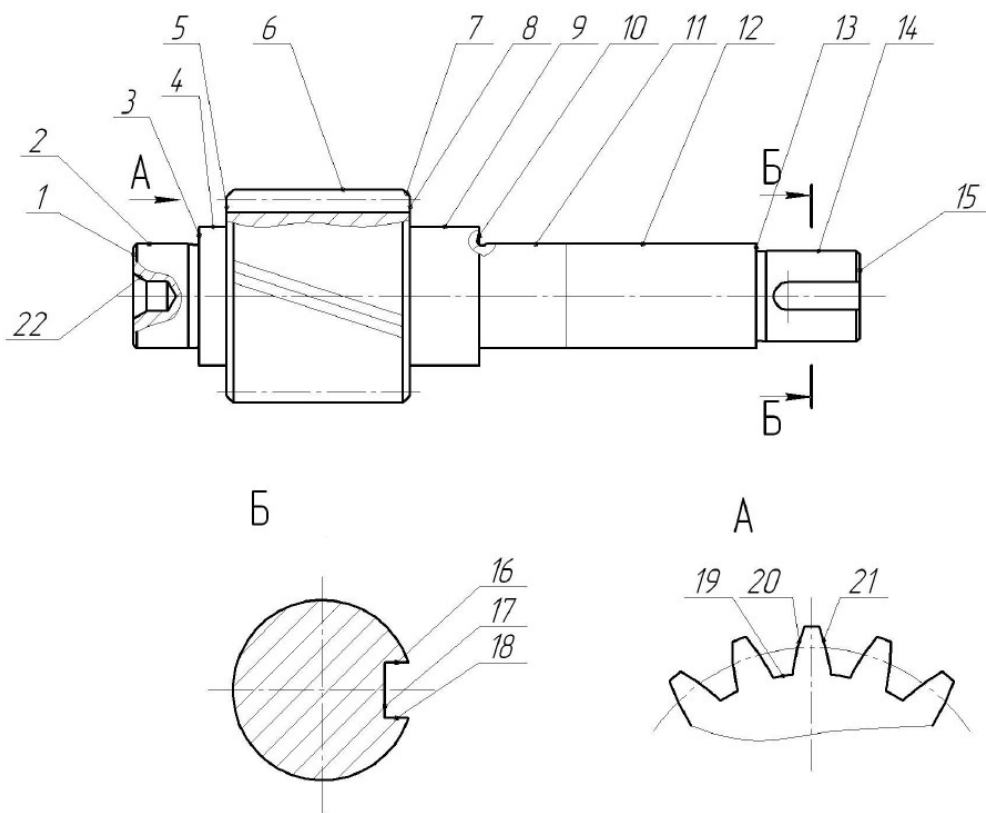


Рисунок 1.2 – Вал-шестерня редуктора SZ 121

1.3. Класифікація поверхонь та матеріалу заданої деталі.

Проведемо класифікацію поверхонь заданої деталі вал-шестерня, при цьому пронумеруємо їх. Ескіз класифікації поверхонь представлено на рисинку 1.2. Метою систематизації є виявлення службового призначення поверхонь деталі для якісного та коректного складання технологічного процесу.

Виконавчі поверхні – 16, 18, 20, 21;

Основні конструкторські бази – 2, 10, 11;

Допоміжні конструкторські бази 14, 17.

Виконавчі поверхні це ті, які виконують службове призначення деталі. У нашому випадку це бічні поверхні пазу шпонки (16, 18) і евольвенти зубів

						028Б – 024.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			10

вінця (20, 21). Основними конструкторськими базами називаються поверхні, по яких здійснюється орієнтування деталі у редукторі. Такими є шийки під підшипники (2, 11) та торець 10. Допоміжними конструкторськими базами називаються поверхні, які здійснюють установаження інших деталей щодо валу-шестерні. Решта поверхонь будуть «вільними».

1.4. Аналіз вимог щодо поверхонь деталі «вал-шестерня».

Використовуючи літературні джерела [13], проаналізуємо хімічний склад та фізико-механічні властивості матеріалу деталі вал-шестерня. Дані занесемо до таблиць. 1.1 та 1.2.

Матеріалом для виготовлення валу-шестерні є сталь 35 ДСТУ 7809:2015. «Прокат сортовий, калібрований зі спеціальним обробленням поверхні з вуглецевої якісної конструкційної сталі. Загальні технічні умови» [6]. У таблиці 1.1 наведемо хімічний склад сталі 35.

Таблиця 1.1. – Хімічний склад сталі 35

Хімічний елемент	Вміст, %
C (вуглець)	0,35...0,40
Fe (залізо)	97,0
Mn (марганець)	0,50...0,80
Si (кремній)	0,15...0,35
Ni (нікель)	не більше 0,25
S (сірка)	не більше 0,04
P (фосфор)	до 0,035
Cr (хром)	до 0,25
Cu (мідь)	до 0,25
As (Арсен, або проста речовина миш'як)	до 0,08

Тлумачення позначення марки сталі 35 – позначення 35 свідчить про те, що конструкційна сталь містить 0,35 % вуглецю, а інші домішки дуже незначні. Особливості сталі 35 – при виготовленні високоточних металевих деталей левову частку займає механічне оброблення різанням. В результаті оброблення різанням на поверхні виробів виникає пластично-деформований

(наклепаний) шар. Він акумулює близько 3% енергії, яка витрачається на його утворення, яка в свою в свою чергу йде на накопичення змін та дефектів кристалічної ґратки заданого матеріалу [10]. Наявність на поверхні виробів наклепаного шару з нестабільною структурою і високим рівнем внутрішніх напружень, що часто істотно перевищує величину межі текучості не зміцненого матеріалу, може призводити до значної зміни розмірів у часі, що особливо характерно для виробів малої жорсткості та складної конфігурації.

У таблиці 1.2 наведемо фізико-механічні властивості сталі 35 після нормалізації згідно ДСТУ 7809:2015 [6].

Таблиця 1.2. – Фізико-механічні властивості сталі 35

Межа міцності при розтягу σ_b , МПа	Межа текучості σ_T , МПа	Відносне подовження δ , %	Відносне звуження ψ , %	Твердість за Брінелем НВ	Ударна в'язкість КСУ, Дж/см ²
600	390	20	45	Не більше 156	49

Відповідно з даними таблиць 1.1 та 1.2 властивості сталі 35 за характеристиками відповідають необхідним вимогам нашої деталі вал-шестерня. Заготовку для деталі можна отримати прокатом або штампуванням на горизонтальному кривошипному пресі. І в тому, і в іншому випадку форма заготовки буде досить проста. Умовами роботи деталі у редукторі встановлено вимоги щодо шорсткості та точності поверхонь. Зниження точності поверхонь призведе до зниження позиціонування деталі у редукторі SZ 121 та зниження надійності вузла в цілому. Конструкцією деталі передбачені технологічні канавки для виходу різця та шліфувального круга.

Конструкція деталі дозволяє вільно обробляти механічним способом та вимірювати будь-яку поверхню. Це дозволяє застосовувати переважно універсальний, або рідше спеціалізований інструмент. Таким чином,

проаналізувавши вимоги, що пред'являються до поверхонь деталі, можна зробити висновок про її достатню технологічність.

1.5. Формулювання завдань кваліфікаційної роботи.

Виконавши аналіз технічних вимог, сформулюємо завдання, які будуть вирішуватись для досягнення мети: розробка технологічного процесу виготовлення валу-шестерні редуктора SZ 121 заданої якості у встановленій кількості з мінімальною собівартістю, відповідно до сучасного стану науки і техніки.

1) визначити тип виробництва та розробити стратегію виконання технологічного процесу;

2) провести техніко-економічний розрахунок та вибрати метод отримання та спроектувати заготовку;

3) розробити технологічний маршрут обробки деталі, вибрати схеми базування, виконати план виготовлення деталі;

4) обґрунтувати вибір засобів технологічного обладнання на кожну операцію технологічного процесу (обладнання, пристосування, різальний та вимірювальний інструмент);

5) розрахувати припуски за операціями технологічного процесу;

6) розрахувати операції техпроцесу, а саме виконати розрахунок режимів різання, часу обробки, визначити зміст операцій, спроектувати налагодження;

7) на одну із операцій техпроцесу спроектувати ріжучий інструмент;

8) для однієї з операцій спроектувати верстатний пристрій;

9) надати рекомендації з охорони праці та небезпечних, шкідливих виробничих факторів на виробництві

Вирішенню поставлених завдань присвячені наступні розділи роботи.

					028Б – 024.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

РОЗДІЛ 2

ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1. Визначення типу виробництва.

Для визначення й формування стратегії розробки технологічного процесу виготовлення валу-шестерні редуктора SZ 121 виберемо тип виробництва, який залежить на першому етапі від маси деталі та річної програми випуску. Згідно завдання, у нашому випадку $m_d = 1,9$ кг, $N_p = 5000$ шт/рік) виберемо тип виробництва із таблиці 2.1 – залежність типу виробництва від річного об'єму випуску (шт.) та маси деталі [1].

Таблиця 2.1. – Визначення типу виробництва

Маса деталі, кг	Тип виробництва				
	одиничне	дрібносерійне	середньосерійне	багатосерійне	масове
< 1,0	< 10	10-2000	1500-100000	75000-200000	200000
1,0-2,5	< 10	10-1000	<u>1000-50000</u>	50000-100000	100000
2,5-5,0	< 10	10-500	500-35000	35000-75000	75000
5,0-10	< 10	10-300	300-25000	25000-50000	50000
> 10	< 10	10-200	200-10000	10000-25000	25000

Маса деталі 1,9 кг і річна програма випуску 5000 деталей в рік відповідає середньосерійному типу виробництва.

2.2 Стратегії розроблення технологічного процесу.

Залежно від вищевизначеного типу виробництва вибираємо стратегію розробки технологічного процесу виготовлення валу-шестерні редуктора SZ 121, яка б забезпечувала задану програму випуску деталей, заданої якості з найменшими витратами. Керуючись [19], приймаємо таку стратегію розробки технологічного процесу:

					028Б – 024.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

- 1) форма організації техпроцесу – змінно-потокова;
- 2) повторюваність виробів – періодичне повторення партій;
- 3) заготовка – штампування на горизонтальному кривошипному пресі чи прокат;
- 4) припуск на обробку – незначний;
- 5) розрахунок припусків – детальний за переходами;
- 6) обладнання – універсальне, спеціалізоване з ЧПУ;
- 7) завантаження обладнання – періодична зміна деталей на верстатах;
- 8) коефіцієнт закріплення операцій – $K_{30} = 1 \dots 40$;
- 9) налаштування верстатів – за вимірювальними інструментами та приладами;
- 10) оснащення – універсальне та спеціальне;
- 11) деталізація розробки – операційні та маршрутні карти;
- 12) розрахунок режимів різання – за галузевими нормативами та емпіричними формулами;
- 13) нормування – детальне поопераційне;
- 14) кваліфікація робітників – різна;
- 15) використання досягнень науки та техніки – значне.

2.3 Вибір методу отримання заготовки.

Метод отримання заготовки визначається типом деталі, складністю форми, її матеріалом, типом виробництва і т.д. Для нашої деталі вал-шестерня раціональними методами отримання заготовки є прокат та штампування. Ці способи однаково дозволяють досягти необхідної точності заготовки. Завданням цього підpunkту є визначення собівартості під час виробництва заготовки цими методами з подальшим вибором оптимальнішого варіанту.

Проведемо техніко-економічний аналіз одержання заготовки (рисунок 2.1) для заданої деталі прокатом та штампуванням.

					028Б – 024.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

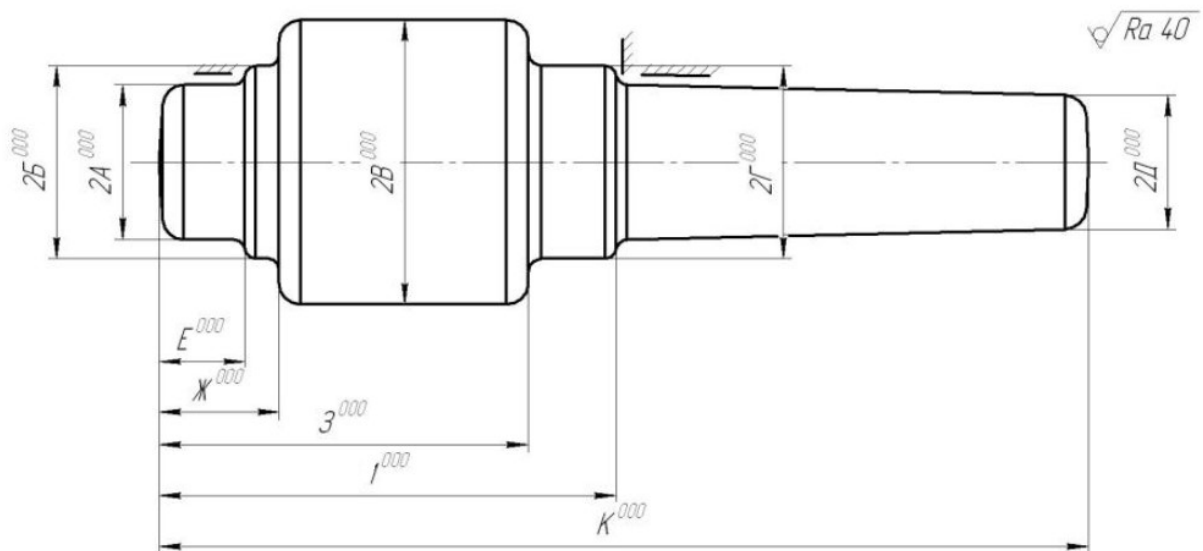


Рисунок 2.1. – Заготовка деталі вал-шестерня редуктора SZ 121

В таблицю 2.2 вносимо вихідні дані для двох способів отримання заготовки.

Таблиця 2.2. – Вихідні дані

Показники	Спосіб 1	Спосіб 2
Вид заготовки	Штапування	Прокат Ø66,3x216
Клас точності/складності	3/2	-
Маса заготовки, кг	2,81	5,65
Вартість 1 кг заготовки, Цзаг, грн	24,2	16,8
Вартість 1 кг стружки, Цс, грн	3,6	3,6
Маса деталі, кг	1,9	1,9

Визначимо вартість зрізання 1 кг стружки при механічній обробці [9, 17].

$$Ц_{мех} = Цс + E_n \cdot Цк, \quad (2.1)$$

де E_n – нормальний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень;

$$E_n = 0,15$$

$Цс$ – поточні витрати на 1 кг стружки, грн/кг; $Цс = 4,2$ грн/кг – для машинобудування в цілому;

C_k – капітальні витрати на 1 кг стружки, грн/кг; $C_k = 6,2$ грн/кг – для машинобудування в цілому

Тоді за формулою (2.1) отримуємо:

$$C_{мех} = 4,2 + 0,15 \cdot 6,2 = 5,13 \text{ грн/кг}$$

Визначаємо вартість 1 кг заготовки, отриманої штампуванням [4].

$$C_{заг} = C_{шт} \cdot k_T \cdot k_c \cdot k_B \cdot k_M \cdot k_{II}, \quad (2.2)$$

де $C_{шт}$ – базова вартість 1 кг штампованих заготовок, грн; $C_{шт} = 24,2$ грн;

k_T – коефіцієнт, який залежить від класу точності; $k_T = 0,9$ – для четвертого класу точності;

k_c – коефіцієнт, який залежить від групи складності; $k_c = 0,84$ – для другої групи складності;

k_B – коефіцієнт, який залежить від маси заготовки; $k_B = 1,14$ – для заготовки масою від 2,5 до 5,0 кг

k_M – коефіцієнт, який залежить від марки матеріалу; $k_M = 1,0$ – для сталі 35

k_{II} – коефіцієнт, який залежить від об'єму виробництва; $k_{II} = 1,0$

Підставивши дані у формулу (2.2) отримуємо:

$$C_{заг} = 24,2 \cdot 0,9 \cdot 0,84 \cdot 1,14 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 20,85 \text{ грн}$$

Далі визначаємо технологічну собівартість виготовлення деталі, отриману штампуванням:

$$C_{шт} = C_{заг} \cdot Q_{шт} + C_{мех} \cdot (Q_{шт} - q_{шт}) - C_c \cdot (Q_{шт} - q_{шт}) \quad (2.3)$$

де $Q_{шт}$ – маса заготовки, кг; $q_{шт} = 2,81$ – розрахункове значення;

q – маса деталі, кг; $q = 1,9$ кг – за завданням;

C_c – ціна 1 кг відходів, грн/кг; $C_c = 3,6$ грн / кг – для стружки сталеві

Підставивши значення у (2.3) отримуємо:

$$C_{шт} = 20,85 \cdot 2,81 + 5,13 \cdot (2,81 - 1,9) - 3,6 \cdot (2,81 - 1,9) = 80,85 \text{ грн.}$$

Далі визначаємо технологічну собівартість виготовлення деталі, отриману прокатом:

$$C_{пр} = C_{заг} \cdot Q_{пр} + C_{мех} \cdot (Q_{пр} - q_{пр}) - C_c \cdot (Q_{пр} - q_{пр}) \quad (2.4)$$

					028Б – 024.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

де $Q_{пр}$ – маса заготовки, кг; $q_{шт}$ – 5,83 – розрахункове значення;

q – маса деталі, кг; $q = 1,9$ кг – за завданням;

Підставивши значення у (2.4) отримуємо:

$$Ц_{пр} = 16,8 \cdot 5,83 + 5,13 \cdot (5,83 - 1,9) - 3,6 \cdot (5,83 - 1,9) = 126,96 \text{ грн.}$$

Отже, за технологічною собівартістю найбільш економічно вигідним є варіант виготовлення деталі із заготовки, яка отримана методом штампування.

При цьому ми спостерігаємо річну економію:

$$E_p = (Ц_{пр} - Ц_{шт}) \cdot N_p = (126,96 - 80,85) \cdot 5000 = 225750 \text{ грн.}$$

Внаслідок порівняльного аналізу собівартості різних методів заготовки, можемо констатувати, що метод штампування є доцільнішим та принесе підприємству доволі непогану економічну ефективність тільки на отриманні заготовок для виготовлення деталей вал-шестерня редуктора SZ 121. Хоч прокат є дешевшим від штампування, але набагато більше матеріалу «відійде» в стружку.

2.4. Вибір способів оброблення поверхонь.

Якість оброблюваних поверхонь, а саме точність, визначається квалітетом точності IT, і шорсткістю Ra та залежать від її методу обробки. Метод кінцевої (фінішної) обробки, тобто зміст кінцевого переходу, беремо з показників, які вказані на робочих кресленнях готової деталі, а саме валу-шестерні редуктора SZ 121 (рисунок 2.2). Залежно від змісту першого та останнього переходів, встановимо проміжні. При визначенні маршрутів обробки намагаємося знизити різноманітність обладнання, пристроїв, що застосовується, та інструментів.

					028Б – 024.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

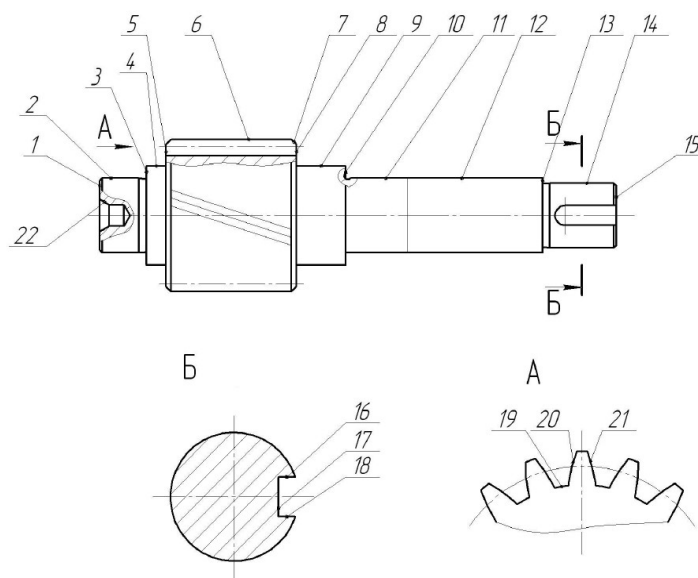


Рисунок 2.2 – Вал-шестерня редуктора SZ 121 (позначення поверхонь)

Таблиця 2.3. – Методи обробки поверхонь

№ поверхні	Квалітет точності	Шорсткість Ra	Послідовність обробки
1	14	5,0	Центрувально-підрізна
2	6	0,8	Точіння чорнове, Точіння чистове, Шліфування чорнове, Шліфування чистове
3	14	5,0	Точіння чорнове, Точіння чистове
4	14	5,0	Точіння чорнове, Точіння чистове
5	14	5,0	Точіння чорнове, Точіння чистове
6	9	5,0	Точіння чорнове, Точіння чистове
7	14	5,0	Точіння чорнове, Точіння чистове
8	14	5,0	Точіння чорнове, Точіння чистове
9	14	5,0	Точіння чорнове, Точіння чистове
10	14	1,6	Точіння чорнове, Точіння чистове, Шліфування чорнове
11	6	0,8	Точіння чорнове, Точіння чистове, Шліфування чорнове, Шліфування чистове
12	14	5,0	Точіння чорнове, Точіння чистове
13	14	5,0	Точіння чорнове, Точіння чистове
14	6	1,6	Точіння чорнове, Точіння чистове, Шліфування чорнове
15	14	5,0	Центрувально-підрізна
16	9	2,5	Шпонково-фрезерна
17	14	5,0	Шпонково-фрезерна
18	9	2,5	Шпонково-фрезерна
19	11	5,0	Зубофрезерна
20	8	1,6	Зубофрезерна, Зубошліфувальна
21	8	0,8	Зубофрезерна, Зубошліфувальна
22	8	0,8	Центрувально-підрізна, центрошліфувальна

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
------	------	----------	--------	------

028Б – 024.00.00.00.000 ПЗ

Арк.

19

2.5. Розробка технологічного маршруту виготовлення деталі.

Залежно від методів обробки поверхонь (таблиця 2.3) виконаємо маршрут обробки, й зведемо його у вигляді таблиці 2.4

Таблиця 2.4. – Маршрут обробки деталі вал-шестерня

№ операції	Назва операції	Номери оброблюваних поверхонь	IT	Ra
000	Заготівельна	усі	16	40
005	Центрувально-підрізна	1, 15, 22	14	6,3
010	Токарна чорнова	14, 11, 13, 12, 10, 9, 8	12, 14	12,5
015	Токарна чорнова	2, 3, 4, 5, 6	12, 14	12,5
020	Токарна чорнова	10, 11, 14, 13, 12, 9, 8, 7	9, 14	3,2
025	Токарна чорнова	2, 6, 3, 4, 5	9, 9, 14	3,2
030	Шпонково-фрезерна	16, 18, 17	9, 14	6,3
035	Зубофрезерна	20, 21, 19	9	3,2
045	Центрошліфувальна	22	8	0,8
050	Торцекруглошліфувальна	10, 14, 11	7	1,6
055	Круглошліфувальна чорнова	2	7	1,6
060	Зубошліфувальна	20, 21	8	1,6
065	Круглошліфувальна чистова	11, 14	6	0,8...1,6
070	Круглошліфувальна чистова	2	6	0,8

На основі технологічного маршруту розробимо план виготовлення та представимо його в графічній частині роботи.

2.6. Визначення припусків.

Визначаємо припуски на обробку найточнішої поверхні розрахунково-аналітичним методом. Розрахунок припусків будемо проводити за розмірами поверхні під підшипники $\varnothing 30m6^{(+0,021)}$ мм. Технологічний маршрут обробки даної поверхні складається з: точіння чорнового, точіння чистового, термообробки, шліфування чорнового та шліфування чистового [18].

Отже вихідними даними будуть:

$$D = \varnothing 30m6^{(+0,021)}_{+0,008} \text{ мм; } L = 23 \text{ мм; } Ra = 0,8 \text{ мкм.}$$

					028Б – 024.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

На цю поверхню призначаємо переходи:

- 1) токарна чорнова обробка;
- 2) токарна чистова обробка;
- 3) шліфування чорнове;
- 4) чистове шліфування.

Результати розрахунків внесемо у зведену таблицю 2.5 (Припуски та операційні розміри) , починаючи із заготівельної операції.

Для кожного окремо взятого переходу визначаємо сумарну величину:

$$a = R_z + h_d \quad (2.5)$$

де R_z – максимальна висота нерівностей профілю поверхні, мм;

h_d – глибина (товщина) дефектного шару, мм.

Значення заносимо у графу 5 таблиці 2.5.

За формулою $\Delta = 0,25 Td$ розраховуємо сумарне відхилення форми виробу та розташування поверхонь після обробки почергово на кожному переході:

$$\Delta_0 = 0,25 \cdot 0,8 = 0,200 \text{ мм.}$$

$$\Delta_{01} = 0,25 \cdot 0,210 = 0,053 \text{ мм.}$$

$$\Delta_{02} = 0,25 \cdot 0,052 = 0,013 \text{ мм.}$$

$$\Delta_{TO} = 0,25 \cdot 0,100 = 0,025 \text{ мм.}$$

$$\Delta_{03} = 0,25 \cdot 0,084 = 0,005 \text{ мм.}$$

$$\Delta_{04} = 0,25 \cdot 0,013 = 0,003 \text{ мм.}$$

Визначаємо похибку установки заготовки ε у пристосуванні на кожному переході. У нашому випадку до термообробки заготовка встановлюється в трьохкулачковому самоцентруючому патроні, так як присутні великі сили різання та забезпечується достатня точність. Визначаємо граничні значення припусків на обробку для кожного переходу, крім 0 і TO .

$$Z_{min} = a_{i-1} + \sqrt{(\Delta_{i-1})^2 + \varepsilon_i^2} \quad (2.6)$$

					028Б – 024.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

відповідно i – параметр, який вказує перехід, який виконується в даний час;
 $(i-1)$ – за логікою відноситься до попереднього переходу.

$$Z_{1min} = a_0 + \sqrt{(\Delta_0)^2 + \varepsilon_i^2} = 0,4 + \sqrt{0,200^2 + 0,025^2} = 0,602 \text{ мм}$$

$$Z_{2min} = a_1 + \sqrt{(\Delta_{01})^2 + \varepsilon_2^2} = 0,2 + \sqrt{0,053^2 + 0^2} = 0,253 \text{ мм}$$

$$Z_{3min} = a_2 + \sqrt{(\Delta_{TO})^2 + \varepsilon_3^2} = 0,1 + \sqrt{0,021^2 + 0^2} = 0,121 \text{ мм}$$

$$Z_{4min} = a_3 + \sqrt{(\Delta_3)^2 + \varepsilon_4^2} = 0,05 + \sqrt{0,005^2 + 0^2} = 0,055 \text{ мм}$$

Максимальне значення припуску визначаємо за формулою:

$$Z_{imax} = Z_{imin} + 0,5 (TD_{i-1} + TD_i) \quad (2.7)$$

$$Z_{1max} = Z_{1min} + 0,5 (TD_0 + TD_1) = 0,602 + 0,5(0,800 + 0,210) = 1,107 \text{ мм.}$$

$$Z_{2max} = Z_{2min} + 0,5 (TD_1 + TD_2) = 0,253 + 0,5(0,210 + 0,052) = 0,384 \text{ мм.}$$

$$Z_{3max} = Z_{3min} + 0,5 (TD_2 + TD_3) = 0,121 + 0,5(0,052 + 0,021) = 0,122 \text{ мм.}$$

$$Z_{4max} = Z_{4min} + 0,5 (TD_3 + TD_4) = 0,055 + 0,5(0,021 + 0,013) = 0,072 \text{ мм.}$$

Значення заносимо до колонок 8 і 9 таблиці, округлюючи їх у бік збільшення до того знаку після коми, з яким заданий допуск на розмір для даного квалітету точності.

$$d_{4min} = 30,008 \text{ мм.}$$

$$d_{4max} = 30,021 \text{ мм.}$$

$$d_{3min} = d_{4max} + 2Z_{4min} = 30,021 + 2 \cdot 0,055 = 30,131, \text{ мм.}$$

$$d_{3max} = d_{3min} + Td_4 = 30,131 + 0,013 = 30,144, \text{ мм.}$$

$$d_{TOmin} = d_{3max} + 2Z_{3min} = 30,144 + 2 \cdot 0,121 = 30,426, \text{ мм.}$$

$$d_{TOmax} = d_{TOmin} + Td_{TO} = 30,426 + 0,084 = 30,510, \text{ мм.}$$

$$d_{2min} = d_{TOmin} - 0,999 = 30,510 - 0,999 = 30,479, \text{ мм.}$$

$$d_{2max} = d_{2min} + Td_2 = 30,479 + 0,052 = 30,531, \text{ мм.}$$

					028Б – 024.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

$$d_{1\min} = d_{2\max} + 2Z_{2\min} = 30,531 + 2 \cdot 0,253 = 31,037, \text{ мм.}$$

$$d_{1\max} = d_{1\min} + Td_1 = 31,037 + 0,210 = 31,247, \text{ мм.}$$

$$d_{0\min} = d_{1\max} + 2Z_{1\min} = 31,247 + 2 \cdot 0,602 = 32,451, \text{ мм.}$$

$$d_{0\max} = d_{0\min} + Td_0 = 32,451 + 0,8 = 33,251, \text{ мм.}$$

Округлюємо значення d_{\min} та d_{\max} у бік збільшення та заносимо у колонки 11 та 12 таблиці 2.5.

Визначаємо середні значення розміру кожного переходу за формулою:

$$D_{cpi} = 0,5 (D_{imax} + D_{imin}) \quad (2.8)$$

$$D_{cp0} = 0,5 (D_{0\max} + D_{0\min}) = 0,5(33,251 + 32,451) = 32,851 \text{ мм.}$$

$$D_{cp1} = 0,5 (D_{1\max} + D_{1\min}) = 0,5(31,247 + 31,037) = 31,142 \text{ мм.}$$

$$D_{cp2} = 0,5 (D_{2\max} + D_{2\min}) = 0,5(30,531 + 30,479) = 30,505 \text{ мм.}$$

$$D_{cpTO} = 0,5 (D_{TO\max} + D_{TO\min}) = 0,5(30,510 + 30,426) = 30,468 \text{ мм.}$$

$$D_{cp3} = 0,5 (D_{3\max} + D_{3\min}) = 0,5(30,144 + 30,131) = 30,138 \text{ мм.}$$

$$D_{cp4} = 0,5 (D_{4\max} + D_{4\min}) = 0,5(30,021 + 30,008) = 30,015 \text{ мм.}$$

Значення заносимо до графі 13 таблиці 2.5. Визначаємо загальний припуск на обробку за формулами:

$$2Z_{\min} = D_{0\min} - D_{4\max} \quad (2.9)$$

$$2Z_{\max} = 2Z_{\min} + TD_0 + TD_4$$

$$2Z_{cp} = 0,5 (2Z_{\min} + 2Z_{\max})$$

Підставивши значення отримуємо:

$$2Z_{\min} = 32,451 - 30,021 = 2,430 \text{ мм.}$$

$$2Z_{\max} = 2,430 + 0,8 + 0,013 = 3,243 \text{ мм.}$$

$$2Z_{cp} = 0,5 (3,243 + 2,430) = 2,837 \text{ мм.}$$

Ці дані також заносимо до нижнього рядка до граф 8, 9 та 10 таблиці 2.5

Схема розташування допусків представлена на рисунку 2.3.

					028Б – 024.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.7. Проектування заготовки.

При проектуванні заготовки необхідно врахувати такі параметри:

- 1) припуски, необхідні для обробки;
- 2) наявність чорнових баз (у разі на операції 005 «Центрувально-підрізна» як чорнова база беруться поверхні 2, 10 та 11);

3) так само під час проектування заготовки необхідно враховувати технічні вимоги, що пред'являються до точності штампування, та штампувальні ухили. Креслення заготовки наведено на рисунку 2.1. Для штампування за ДСТУ 7809-2015 вибираємо:

1) Група сталі (сталь із масовою часткою вуглецю понад 0,35 до 0,65%) включно або сумарною масовою часткою легуючих елементів від 2,0 до 5,0% включно) приймаємо М2 [9, 13].

2) Штампування на ГКШП належить до класу точності Т3.

3) Визначимо ступінь складності поковки.

Ступінь складності визначають шляхом обчислення відношення маси (об'єму) G_{Π} поковки до маси (об'єму) G_{Φ} геометричної фігури, в яку вписується форма поковки. Геометрична фігура може бути кулею, паралелепіпедом, циліндром з перпендикулярними до його осі торцями або прямою правильною призмою. У нашому випадку такою відповідною геометричною фігурою є циліндр. Маса штампування та циліндра знайдемо за допомогою тривимірного проектування.

$$G_{\Pi} = 2,81 \text{ кг.}$$

$$G_{\Phi} = 5,83 \text{ кг.}$$

$$\frac{G_{\Pi}}{G_{\Phi}} = \frac{2,81}{5,83} = 0,48 .$$

Ступінь складності поковки виберемо за [10]. За цим показником обираємо ступінь складності штампування С2.

					028Б – 024.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4) Визначимо вихідний індекс штампування для наступного призначення основних припусків, допусків та відхилень, що допускаються. За ДСТУ 10250:1 2008 [4] визначаємо вихідний індекс заготовки – 6.

2.8. Вибір засобів технологічного оснащення.

Вибір металообробного обладнання, приспособлень та ріжучого інструменту здійснюємо на основі універсальності парку верстатного оснащення з ЧПУ машинобудівних підприємств та заданої річної програми випуску вносимо до таблиці 2.6.

Таблиця 2.6. – Верстатне обладнання, приспособлення, ріжучий інструмент для розробки технологічного процесу виготовлення деталі вал-шестерня

Номер та назва операції	Верстатне обладнання, приспособлення та ріжучий та вимірювальний інструмент
005 Центрувально-підрізна	Центрувально-підрізний двосторонній верстат 2A911-1; Призми опорні ГОСТ 12194-66; Свердло центрувальне Р6М5 ГОСТ 14952-75; Чотиригранна пластина Т15К6; Штангенциркуль ШЦ-III-250-0,05 ГОСТ 166-80; Калібр-пробка для контролю отворів ГОСТ 3882-77.
010 Токарна чорнова з ЧПУ	Токарний верстат з ЧПУ СА500СФ3; Токарний повідковий патрон ГОСТ 2571-71; Різець збірний прохідний правий Т15К6 ГОСТ 18878-73
015 Токарна чорнова з ЧПУ	Токарний верстат з ЧПУ СА500СФ3К; Токарний повідковий патрон ГОСТ 2571-71; Різець збірний прохідний правий Т15К6 ГОСТ 18878-73; 1) Штангенциркуль ШЦ-III-250-0,05 ГОСТ 166-80; 2) Мікрометр ГОСТ 6507-90.
020 Токарна чистова з ЧПУ	Токарний верстат з ЧПУ СА500СФ3К Токарний повідковий патрон ГОСТ 2571-71 1) Різець збірний прохідний правий Т15К6 ГОСТ 18878-73; 2) Різець канавочний Р6М5 ГОСТ 18885-73; 3) Різець канавочний Р6М5 ГОСТ 18885-73. 1) Штангенциркуль ШЦ-III-250-0,05 ГОСТ 166-80; 2) Мікрометр ГОСТ 6507-90.
025 Токарна чистова з ЧПУ	Токарний верстат з ЧПУ СА500СФ3К; Токарний повідковий патрон ГОСТ 2571-71; 1) Різець збірний прохідний правий Т15К6 ГОСТ 18878-73; 2) Різець канавочний Р6М5 ГОСТ 18885-73; 1) Штангенциркуль ШЦ-III-250-0,05 ГОСТ 166-80; 2) Мікрометр ГОСТ 6507-90.

Продовження таблиці 2.6

030 Шпонково-фрезерна	Шпонково-фрезерний верстат 692Д; Пристрій спеціальний із призмами; Фреза шпонкова Р6М5; Штангенциркуль ШЦ-III-250-0,05 ГОСТ 166-80; Калібр-пробка для контролю отворів ГОСТ 3882-77.
035 Зубофрезерна	Зубофрезерний верстат з ЧПУ 5320Ф4; Призми опорні ГОСТ 12194-66; Фреза черв'ячна Р6М5 ГОСТ 9324-80; 1) Штангенциркуль ШЦ-III-250-0,05 ГОСТ 166-80; 2) Калібр контролю зубів.
045 Центрошліфувальна	Центрошліфувальний верстат 3К255В; Приспосіблення спеціальне; Шліфувальна головка ДСТУ ISO 603-4:2019; Прилад активного контролю БВ-6060-УНВ-40.
050 Торцекруглошліфувальна	Торцекруглошліфувальний верстат з ЧПУ ХШ4-104Ф20 Мембранний патрон (кулачковий) ГОСТ 3889-80 Круг шліфувальний ДСТУ ISO 603-4:2019; Прилад активного контролю БВ-6060-УНВ-40.
055 Круглошліфувальна чорнова	Круглошліфувальний верстат з ЧПУ КШ-400.2; Мембранний патрон (кулачковий) ГОСТ 3889-80; Круг шліфувальний ДСТУ ISO 603-4:2019; Прилад активного контролю БВ-6060-УНВ-40.
060 Зубошліфувальна	Зубошліфувальний верстат 5В833; Мембранний патрон (кулачковий) ГОСТ 3889-80; Черв'ячний шліфувальний круг ДСТУ ISO 603-4:2019; Прилад активного контролю БВ-6060-УНВ-40; Калібр контролю зубів.
065 Круглошліфувальна чистова	Круглошліфувальний верстат з ЧПУ КШ-400.2; Мембранний патрон (кулачковий) ГОСТ 3889-80; Круг шліфувальний ДСТУ ISO 603-4:2019; Прилад активного контролю БВ-6060-УНВ-40.
070 Круглошліфувальна чистова	Круглошліфувальний верстат з ЧПУ КШ-400.2; Мембранний патрон (кулачковий) ГОСТ 3889-80; Круг шліфувальний ДСТУ ISO 603-4:2019; Прилад активного контролю БВ-6060-УНВ-40.
075 Миття	Машина для миття -
080 Контрольна	Контрольний стіл -

Отже, в даному підпункті ми здійснили підбір засобів технологічного оснащення для технологічного процесу виготовлення валу-шестерні редуктора SZ 121.

					028Б – 024.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

2.9. Розрахунок режимів різання.

Розрахунок режимів різання на операцію 005 Центрувально-підрізна.

Підрізати торці (поверхні 1 та 15), витримуючи розмір $210 \pm 0,575$; обточити поверхню 2, витримуючи розмір $35_{-0,25}$; просвердлити центрувальні отвори з двох сторін, витримуючи розміри $\varnothing 8^{+0,15}$, $4 \pm 0,06$; $8 \pm 0,18$, $60 \pm 1^\circ$.

Перехід 1. Підрізати торці (поверхні 1 та 15), витримуючи розмір $210 \pm 0,575$.

Глибина різання $t = 2,5$ мм.

За [18] визначимо подачу $S_0 = 0,3$ мм/об..

За [18] визначимо швидкість $V_0 = 180$ м/хв.

$$V = V_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4$$

де K_1 – поправочний коефіцієнт, який враховує оброблюваний матеріал;

K_2 – поправочний коефіцієнт, який враховує стан оброблюваної поверхні;

K_3 – поправочний коефіцієнт, який враховує матеріал різця;

K_4 – поправочний коефіцієнт, який враховує головний кут плані.

Приймаємо:

$K_1 = 1,0$ – для сталі 35; $K_2 = 1,0$ – для твердого металу Т15К6; $K_3 = 1,0$ – при стійкості інструменту $T = 60$ хв;

Тоді:

$$V = 180 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 180 \text{ м/хв.}$$

Частота обертання:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 180}{3,14 \cdot 36} = 1592 \text{ хв}^{-1}$$

Так як точіння та свердління центральних отворів ведеться одночасно, то приймаємо загальну мінімальну частоту обертання, а це частота свердління, тому $n_\phi = 500 \text{ хв}^{-1}$.

Фактична швидкість різання:

$$V_\phi = \frac{n \cdot \pi \cdot D}{1000} = \frac{3,14 \cdot 36 \cdot 500}{1000} = 56,52 \text{ м/хв.}$$

					028Б – 024.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

Хвилинна подача:

$$S = S_0 \cdot n = 0,3 \cdot 500 = 150 \text{ мм/хв.}$$

Основний час:

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{19}{150} = 0,13 \text{ хв.}$$

Перехід 2. Просвердлити центрові отвори з обох сторін, витримуючи розміри $\varnothing 8^{+0,15}$, $4 \pm 0,06$; $8 \pm 0,18$, $60 \pm 1^\circ$.

$$L = L_p + L_{п} + L_{д}, \quad (2.11)$$

де L_p – довжина різання; $L_{п}$ – величина підведення, врізання та перебігу інструменту; $L_{д}$ – додаткова довжина ходу, що виникає в ряді випадків особливостями налагодження та конфігурації деталі.

$$L_{п} = 1 \text{ мм.}$$

$$L_{д} = 0 \text{ мм;}$$

Тоді:

$$L = 12 + 1 + 0 = 13 \text{ мм.}$$

Визначимо стійкість інструментів:

$$T_p = T_M \cdot \lambda \quad (2.12)$$

де T_M – стійкість у хвилинах основного часу роботи верстата;

λ – коефіцієнт часу різання, що дорівнює відношенню довжини різання L_p інструменту до загальної довжини робочого ходу шпиндельної головки $L_{p,x}$.

$$\lambda = \frac{L_p}{L_{p,x}} \approx 1$$

$$T_M = 60 \text{ хв.}$$

$$T_p = 60 \cdot 1 = 60 \text{ хв.}$$

$$S_0 = 0,2 \text{ мм/об.}$$

Розрахуємо швидкість різання V , частоту обертання інструментальних шпинделів n , а також хвилинну подачу $S_{хв}$.

$$V = V_{\text{таб}} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3$$

де $V_{\text{таб}}$ – швидкість різання згідно таблиці, м/хв;

					028Б – 024.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де $V_{\text{таб}}$ – швидкість різання за таблицею, м/хв;

K_1 – коефіцієнт, який залежить від оброблюваного матеріалу;

K_2 – коефіцієнт, який залежить від відношення прийнятої подачі до подачі, вказаною на карті С-3 [1];

K_3 – коефіцієнт, який залежить від стійкості інструмента.

$$V_{\text{таб}} 15 \text{ м/хв}$$

$$K_1 = 0,75$$

$$K_2 = 1,0$$

$$K_3 = 0,95$$

Підставивши відповідні значення одержимо:

$$V = 15 \cdot 0,75 \cdot 1,0 \cdot 0,95 = 10,7 \text{ м/хв.}$$

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 10,7}{3,14 \cdot 2,18} = 284,0 \text{ хв}^{-1}$$

Приймаємо за паспортом верстата $n = 250 \text{ хв}^{-1}$. Для центрових свердл із покриттям TiN прийmemo $n = 500 \text{ хв}^{-1}$. Уточнимо значення швидкості різання.

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 12 \cdot 500}{1000} = 18,80 \text{ м/хв.}$$

$$S_M = S_0 \cdot n = 0,2 \cdot 500 = 100 \text{ м/хв.}$$

Розрахуємо основний час на обробку T_0 .

$$T_0 = \frac{L_{\text{рх}}}{S_M} = \frac{13}{100} = 0,13 \text{ хв.}$$

Перехід 3. Точити поверхню 2, витримуючи розмір 35_{-0,25}. Глибина різання $t = 2,0 \text{ мм}$.

За [16] визначимо подачу $S_0 = 0,3 \text{ мм/об}$.

За [16] визначимо швидкість $V_0 = 180 \text{ м/хв}$.

$$V = V_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4$$

де K_1 – поправочний коефіцієнт, який враховує оброблюваний матеріал;

K_2 – поправочний коефіцієнт, який враховує стан оброблюваної поверхні;

K_3 – поправочний коефіцієнт, який враховує матеріал різця;

K_4 – поправочний коефіцієнт, який враховує головний кут плані.

					028Б – 024.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Приймаємо:

$K_1 = 1,0$ – для сталі 35; $K_2 = 1,0$ – для твердого металу Т15К6; $K_3 = 1,0$ – при стійкості інструменту $T = 60$ хв;

Тоді:

$$V = 180 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 180 \text{ м/хв.}$$

Частота обертання:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 180}{3,14 \cdot 66,3} = 864,6 \text{ хв}^{-1}$$

Приймаємо за паспортом верстата $n_{\phi} = 800 \text{ хв}^{-1}$.

Фактична швидкість різання:

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 66,3 \cdot 800}{1000} = 104,1 \text{ м/хв.}$$

Хвилинна подача:

$$S = S_0 \cdot n = 0,3 \cdot 800 = 240 \text{ мм/хв.}$$

Основний час:

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{151}{240} = 0,63 \text{ хв.}$$

Розрахунок режимів різання на операцію 015 Токарна чорнова.

Точити поверхню 2, витримуючи розмір $\varnothing 30,7 \pm 0,125$; точити поверхню 3, витримуючи розмір $191,5 \pm 0,575$; точити поверхню 4, витримуючи розмір $\varnothing 40,5_{-0,62}$; точити поверхню 5, витримуючи розмір $183,5 \pm 0,575$; точити поверхню 6, витримуючи розмір $61,85_{-0,3}$. Розрахунок проводимо за попередньою методикою для точіння.

Перехід 3. Точити поверхню 2, витримуючи розмір $35_{-0,25}$.

Глибина різання $t = 2,5$ мм.

$$S_0 = 0,3 \text{ мм/об.}$$

$$V_0 = 180 \text{ м/хв.}$$

$$V = V_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4$$

Аналогічні коефіцієнти як для операції 010.

$K_1 = 1,0$ – для сталі 35; $K_2 = 1,0$ – для твердого металу Т15К6; $K_3 = 1,0$ – при стійкості інструменту $T = 60$ хв;

					028Б – 024.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

$$V = 180 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 180 \text{ м/хв.}$$

Частота обертання:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 180}{3,14 \cdot 66,3} = 864,6 \text{ хв}^{-1}$$

Приймаємо за паспортом верстата $n_{\phi} = 800 \text{ хв}^{-1}$.

Фактична швидкість різання:

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 66,3 \cdot 800}{1000} = 164,1 \text{ м/хв}$$

Хвилинна подача:

$$S = S_0 \cdot n = 0,3 \cdot 800 = 240 \text{ мм/хв.}$$

Основний час:

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{96}{240} = 0,40 \text{ хв.}$$

Розрахунок режимів різання на операцію 020 Токарна чистова. Точити канавку, витримуючи розміри 3, 0,25 R1, 45о; зробити канавку, витримуючи розміри 2, 0,5, R1, R0,5, 45о; виконати фаску, витримуючи розмір 1x45°; точити поверхню 14, витримуючи розмір $\varnothing 26,3_{-0,052}$; точити поверхню 13, в розмір $180 \pm 0,5$; точити поверхню 12, витримуючи розмір $30,3_{-0,052}$; точити поверхню 11, витримуючи розмір $\varnothing 30,3 \pm 0,031$; точити поверхню 10, витримуючи розмір $100,2 \pm 0,435$; поверхня 9, витримуючи розмір $\varnothing 40_{-0,62}$; точити поверхню 8, витримуючи розмір $80 \pm 0,37$; точити фаску (поверхня 7), витримуючи розмір 2x45°.

Перехід 1. Точити канавку, витримуючи розміри 2, 0,5, R1, R0,5, 45°.

Глибина різання $t = 1,0 \text{ мм}$.

$$S_0 = 0,3 \text{ мм/об.}$$

$$V_0 = 180 \text{ м/хв.}$$

$$V = V_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4$$

Аналогічні коефіцієнти як для операції 015.

$K_1 = 1,0$ – для сталі 35; $K_2 = 1,0$ – для твердого металу Т15К6; $K_3 = 1,0$ – при стійкості інструменту $T = 60 \text{ хв}$;

$$V = 180 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 180 \text{ м/хв.}$$

					028Б – 024.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Частота обертання:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 180}{3,14 \cdot 29} = 1976,8 \text{ хв}^{-1}$$

Приймаємо за паспортом верстата $n_{\phi} = 1600 \text{ хв}^{-1}$.

Фактична швидкість різання:

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 29 \cdot 1600}{1000} = 145,7 \text{ м/хв.}$$

Хвилинна подача:

$$S = S_0 \cdot n = 0,3 \cdot 1600 = 480 \text{ мм/хв.}$$

Основний час:

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{2}{480} = 0,01 \text{ хв.}$$

Перехід 2. Здійснити канавку, витримуючи розміри 3, 0,25, R1, 45°.

Глибина різання $t = 0,5 \text{ мм}$.

$S_0 = 0,3 \text{ мм/об}$.

$V_0 = 180 \text{ м/хв}$.

$$V = V_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4$$

Аналогічні коефіцієнти як для операції 015.

Частота обертання:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 180}{3,14 \cdot 25,5} = 2248,0 \text{ хв}^{-1}$$

Приймаємо за паспортом верстата $n_{\phi} = 2000 \text{ хв}^{-1}$.

Фактична швидкість різання:

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 25,5 \cdot 2000}{1000} = 160,1 \text{ м/хв.}$$

Хвилинна подача:

$$S = S_0 \cdot n = 0,3 \cdot 2000 = 600 \text{ мм/хв.}$$

Основний час:

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{2}{600} = 0,01 \text{ хв.}$$

Перехід 3. Точити фаску, витримуючи розмір $1 \times 45^\circ$; точити поверхню 14, витримуючи розмір $\varnothing 26,3_{-0,052}$; точити поверхню 13, витримуючи розмір $180 \pm 0,5$; точити поверхню 12, витримуючи розмір $\varnothing 30,3_{-0,052}$; точити

					028Б – 024.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

поверхню 11, витримуючи розмір $30,3 \pm 0,031$; точити поверхню 10, витримуючи розмір $100,2 \pm 0,435$; поверхня 9, витримуючи розмір $\varnothing 40_{-0,62}$; точити поверхню 8, витримуючи розмір $180 \pm 0,37$; виконати фаску (поверхня 7), витримуючи розмір $2 \times 45^\circ$.

Глибина різання $t = 0,3$ мм.

$S_0 = 0,2$ мм/об.

$V_0 = 180$ м/хв.

$$V = V_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4$$

Частота обертання:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 180}{3,14 \cdot 61,85} = 924,6 \text{ хв}^{-1}$$

Приймаємо за паспортом верстата $n_\phi = 800$ хв⁻¹.

Фактична швидкість різання:

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 61,85 \cdot 800}{1000} = 155,7 \text{ м/хв.}$$

Хвилинна подача:

$$S = S_0 \cdot n = 0,2 \cdot 800 = 160 \text{ мм/хв.}$$

Основний час:

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{151}{160} = 0,94 \text{ хв.}$$

Основний час усієї операції:

$$T_0 = \sum T_{0i} = 0,01 + 0,01 + 0,94 = 0,96 \text{ хв.}$$

Розрахунок режимів різання на операцію 025 Токарна чистова. Виконати канавку, витримуючи розміри 3, 0,25 R1, 45°; виконати фаску, витримуючи розмір $1 \times 45^\circ$; точити поверхню 2, витримуючи розмір $\varnothing 30,2 \pm 0,031$; точити поверхню 3, витримуючи розмір $191 \pm 0,575$; точити поверхня 4, витримуючи розмір $\varnothing 40_{-0,62}$; точити поверхню 5, витримуючи розмір $183 \pm 0,575$; виконати фаску, витримуючи розмір $2 \times 45^\circ$; точити поверхню 6, витримуючи розмір $\varnothing 61,35 h9_{(-0,074)}$.

Перехід 1. Здійснити канавку, витримуючи розміри 3, 0,25, R1, 45°.

Глибина різання $t = 1,0$ мм.

					028Б – 024.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$S_0 = 0,3 \text{ мм/об.}$$

$$V_0 = 180 \text{ м/хв.}$$

$$V = V_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4$$

Частота обертання:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 180}{3,14 \cdot 25,5} = 2248,0 \text{ хв}^{-1}$$

Приймаємо за паспортом верстата $n_\phi = 2000 \text{ хв}^{-1}$.

Фактична швидкість різання:

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 25,5 \cdot 2000}{1000} = 160,1 \text{ м/хв.}$$

Хвилинна подача:

$$S = S_0 \cdot n = 0,3 \cdot 2000 = 600 \text{ мм/хв.}$$

Основний час:

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{2}{600} = 0,01 \text{ хв.}$$

Перехід 2. Точити фаску, витримуючи розмір $1 \times 45^\circ$; точити поверхню 2, витримуючи розмір $30,2 \pm 0,031$; точити поверхню 3, витримуючи розмір $191 \pm 0,575$; точити поверхню 4, витримуючи розмір $\varnothing 40_{-0,62}$; точити поверхню 5, витримуючи розмір $183 \pm 0,575$; виконати фаску, витримуючи розмір $2 \times 45^\circ$; точити поверхню 6, витримуючи розмір $\varnothing 61,35 h9_{(-0,074)}$.

Глибина різання $t = 0,3 \text{ мм}$.

$$S_0 = 0,2 \text{ мм/об.}$$

$$V_0 = 180 \text{ м/хв.}$$

$$V = V_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4$$

Частота обертання:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 180}{3,14 \cdot 61,35} = 934,4 \text{ хв}^{-1}$$

Приймаємо за паспортом верстата $n_\phi = 800 \text{ хв}^{-1}$.

Фактична швидкість різання:

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 61,35 \cdot 800}{1000} = 154,1 \text{ м/хв.}$$

Хвилинна подача:

					028Б – 024.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$S = S_0 \cdot n = 0,2 \cdot 800 = 160 \text{ мм/хв.}$$

Основний час:

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{96}{160} = 0,60 \text{ хв.}$$

Основний час усієї операції:

$$T_0 = \sum T_{0i} = 0,01 + 0,60 = 0,61 \text{ хв.}$$

Розрахунок режимів різання на операцію 030 Шпонково-фрезерна. Фрезерувати шпонковий паз (поверхні 16, 17, 18), витримуючи розміри $22 \pm 0,26$, $8N9_{(-0,036)}$, R4, $85 \pm 0,435$.

Глибина різання $t = 4$ мм. Кількість проходів 1.

За [5] визначимо подачу $S_z = 0,025$ мм/зуб.

Визначимо подачу на оборот шпинделя за формулою:

$$S_0 = S_z \cdot z, \quad (2.13)$$

де $z = 4$ – кількість зубів фрези.

Підставивши дані у формулу (2.13) отримуємо:

$$S_0 = 0,025 \cdot 4 = 0,1 \text{ мм/об.}$$

Швидкість різання визначимо за формулою:

$$V = \frac{C_V \cdot D^q \cdot K_V}{T^m \cdot t^x \cdot S_0^y} \quad (2.14)$$

де D – діаметр фрези, мм;

t – глибина різання, мм; S_0 – подача, мм/об;

C_V – постійний коефіцієнт, який враховується при фрезеруванні;

q, m, x, y – показники ступеня;

K_V – загальний поправочний коефіцієнт на швидкість різання.

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{UV} \cdot K_{LV} \quad (2.15)$$

де K_{MV} – коефіцієнт на якість оброблюваного матеріалу;

K_{UV} – коефіцієнт на інструментальний матеріал;

K_{LV} – коефіцієнт, що враховує глибину отвору.

Приймаємо згідно [1]

					028Б – 024.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де $K_{MV} = 1,0$, для сталі 35;

K_{UV} = для інструментального матеріалу Т15К6;

$K_{LV} = 1,0$

Підставивши усі значення у формулу (2.15) отримаємо:

$$K_V = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,0.$$

Швидкість різання визначимо за формулою, прийнявши для цього:

$D = 8$ мм; $t = 4$ мм; $S_0 = 0,1$ мм/об; $C_v = 7,0$; $K_v = 0,5$; $q = 0,4$; $x = 0$; $y = 0,7$;
 $m = 0,2$; $T = 30$ хв.

Остаточно за формулою маємо:

$$V = \frac{7,0 \cdot 8^{0,4}}{30^{0,2} \cdot 4^{0,4} \cdot 0,1^{0,7}} \cdot 1,0 = 40,8 \text{ м/хв.}$$

Частоту обертання визначаємо за формулою:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 40,8}{3,14 \cdot 8} = 1624,0 \text{ хв}^{-1}$$

Приймаємо за паспортом верстата $n = 1600 \text{ хв}^{-1}$.

$$V = \frac{3,14 \cdot 8 \cdot 1600}{1000} \cdot 1,0 = 40,2 \text{ м/хв.}$$

Хвилинна подача:

$$S = 0,1 \cdot 1600 = 160 \text{ мм/хв.}$$

Основний час визначимо за формулою:

$$T_0 = \frac{n_{\text{отв}} \cdot L_{\text{рх}}}{S} \quad (2.16)$$

Основний час визначимо за формулою, прийнявши для цього:

$n_{\text{отв}} = 1$, $L_{\text{рх}} = 25$ мм., кількість проходів 1.

Остаточно маємо:

$$T_0 = \frac{1 \cdot 25}{160} = 0,16 \text{ хв.}$$

Розрахунок режимів різання на операцію 035 Зубофрезерна. Фрезерувати поверхню 19, витримуючи розмір $50,11_{-0,3}$; фрезерувати поверхні 20 і 21, витримуючи розміри $\varnothing 57,8_{-0,074}$, $m=3$, $z=18$, $\beta=20^\circ 21' 52'' \pm 30'$, $45,43_{-0,074}$. Виберемо марку матеріалу черв'ячної фрези. Приймаємо швидкорізальну сталь Р6М5. Радіальна подача S_r визначається за формулою:

					028Б – 024.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

$$S_P = S_{P, \text{таб.}} \cdot K_1 = 0,6 \cdot 1,0 = 0,6 \text{ мм/об.}$$

Визначимо швидкість різання та частоту обертання шпинделя.

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 26}{3,14 \cdot 57,61} = 143,7 \text{ хв}^{-1}$$

Виберемо частоту обертання за паспортом верстата $n_\phi = 125 \text{ хв}^{-1}$.

Уточнимо швидкість різання:

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 57,61 \cdot 125}{1000} = 22,6 \text{ м/хв.}$$

Визначимо величину осьової пересування і кількість осьових зміщень W фрези.

$$B = 13 \text{ мм}; W = 2.$$

Визначимо час одного проходу T_{01}

$$T_{01} = \frac{L_{px} \cdot z}{n_1 \cdot S_{P1} \cdot z_{10} \cdot q} \quad (2.17)$$

Число зубів фрези для нашого випадку приймемо $z_{01} = 20$. [12]

Основний час операції тоді:

$$T_0 = \frac{53 \cdot 18}{125 \cdot 0,5 \cdot 20 \cdot 1} = 0,76 \text{ хв.}$$

Розрахунок режимів різання на операцію 045 Центрошліфувальна. Шліфувати центрові отвори (поверхні 22), витримуючи розмір $60 \pm 15'$. Характеристики шліфувального круга:

Матеріал абразивного зерна – 24А; Зернистість – 25; Твердість – СМ2; Структура – 7; Зв'язування – К; Діаметр круга – 80 мм.

Визначимо за [2] швидкість різання $V = 35 \text{ м/с}$. Радіальна подача $S_p = 0,003 \text{ мм/об.}$ або $0,4 \text{ мм/хв.}$ Швидкість обертання заготовки $V_z = 35 \text{ м/хв.}$

Основний час визначимо за формулою:

$$T_0 = \frac{L_{пр}}{S_{пр}} + \sum \frac{L_{Pi}}{S_{Pi}} = \frac{8}{500} + \frac{5}{100} + 0,05 = 0,12 \text{ хв.}$$

$L_{пр}$ – відповідно довжина та подача при прискорених переміщеннях;

$S_{пр}$ – відповідно довжина та подача при робочих переміщеннях;

$T_{вих}$ – час виходжування.

$$T_{вих} = 0,05$$

					028Б – 024.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

За аналогічною методикою (для шліфування) розраховуємо режими різання на операцію 050 Торцекруглошліфувальна. Шліфувати поверхню 11, витримуючи розмір $30,1 \pm 0,0125$; шліфувати поверхню 14, витримуючи розмір $\varnothing 26,1h7_{(-0,021)}$; шліфувати поверхню 10 витримуючи розмір $100 \pm 0,435$.

Швидкість різання $V = 35$ м/с.

Радіальна подача $S_r = 0,003$ мм/про або 0,4 мм/хв .

Швидкість обертання заготовки $V_z = 35$ м/хв.

$n_z = 370,3$ об/хв.

$T_0 = 0,93$ хв.

За аналогічною методикою розраховуємо режими різання на операцію 055 Круглошліфувальна чорнова. Шліфувати поверхню 2, витримуючи розмір $30,1 \pm 0,0125$.

Швидкість різання $V = 35$ м/с.

Радіальна подача $S_r = 0,003$ мм/про або 0,4 мм/хв .

Швидкість обертання заготовки $V_z = 35$ м/хв.

$n_z = 370,3$ об/хв.

$T_0 = 0,52$ хв.

За аналогічною методикою (для шліфування) розраховуємо режими різання на операцію 060 Зубошліфувальна. Шліфувати поверхні 20 та 21, витримуючи розміри $\varnothing 57,61_{-0,046}$, $m = 3$, $z = 18$, $\beta = 20^\circ 21' 52'' \pm 10'$, $45,43_{-0,039}$.

Швидкість різання $V = 35$ м/с.

Радіальна подача $S_r = 0,003$ мм/про або 0,4 мм/хв.

Швидкість обертання заготовки $V_z = 35$ м/хв.

$n_z = 181,7,3$ об/хв.

$T_0 = 10,72$ хв.

За аналогічною методикою (для шліфування) розраховуємо режими різання на операцію 065 Круглошліфувальна чистова. Шліфувати поверхню 11, витримуючи розмір $\varnothing 30m6^{(+0,021 \quad +0,008)}$; шліфувати поверхню 14, витримуючи розмір $\varnothing 26h6_{(-0,013)}$.

					028Б – 024.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Швидкість різання $V = 35$ м/с.

Радіальна подача $S_r = 0,003$ мм/про або 0,4 мм/хв.

Швидкість обертання заготовки $V_z = 35$ м/хв.

$n_z = 371,5$ об/хв.

$T_0 = 0,88$ хв.

За аналогічною методикою (для шліфування) розраховуємо режими різання на операцію 070 Круглошліфувальна чистова. Шліфувати поверхню 2, витримуючи розмір $\varnothing 30\text{m}6^{(+0,021 +0,008)}$.

Швидкість різання $V = 35$ м/с.

Радіальна подача $S_r = 0,003$ мм/про або 0,4 мм/хв .

Швидкість обертання заготовки $V_z = 35$ м/хв.

$n_z = 371,5$ об/хв.

$T_0 = 0,52$ хв.

Отже в даному підпункті розроблено техпроцес, режими різання на усі операції та час на кожну операцію.

					028Б – 024.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 3

ПРОЄКТУВАННЯ ВЕРСТАНОГО ПРИСТОСУВАННЯ ТА РІЗУЧОГО ІНСТРУМЕНТУ

3.1. Аналіз конструкції базового пристосування та суть удосконалення.

На операції 020 токарна чистова для базування та закріплення заготовки застосовуються самоцентруючий трикулачковий патрон. Затиск заготовки здійснюється зовнішнім захопленням трьох кулачків по циліндричній поверхні $\phi 30,3$. Недоліком даного пристрою є центрування деталі по затискній шийці, тоді як воно повинно здійснюватися по центровим отвором.

Для усунення даного недоліку пропонуємо застосувати патрон повідковий самозатискний з ексцентриковими кулачками.

Схема оброблення представлена на рисунку 3.1.

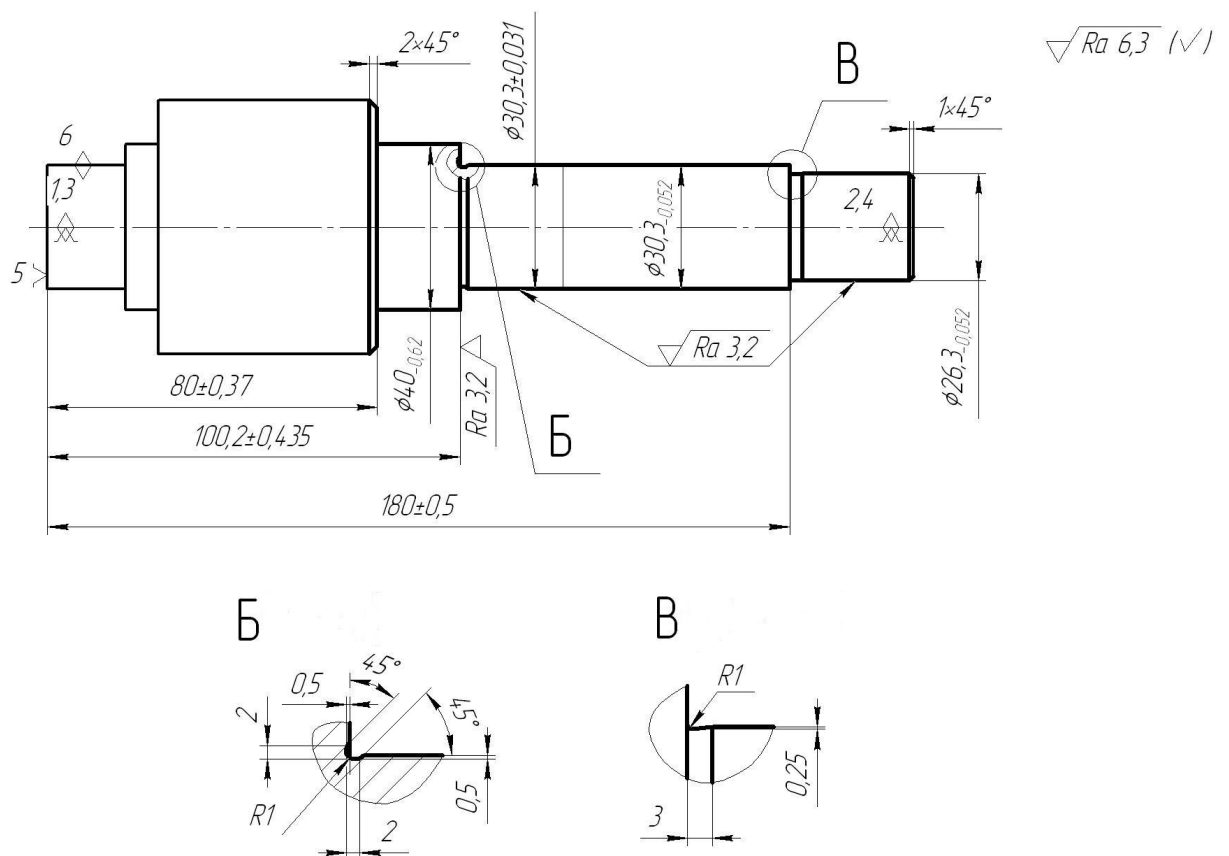


Рисунок 3.1 – Ескіз операції 020

					028Б – 024.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

Зміст операції 020. Точити канавку, витримуючи розміри 3, 0,25 R1, 45°; точити канавку, витримуючи розміри 2, 0,5, R1, R0,5, 45°; точити фаску, витримуючи розмір 1x45°; точити поверхню 14, витримуючи розмір $\varnothing 26,3_{-0,052}$; точити поверхню 13, витримуючи розмір $180 \pm 0,5$; точити поверхню 12, витримуючи розмір $30,3_{-0,052}$; точити поверхню 11, витримуючи розмір $\varnothing 30,3 \pm 0,031$; точити поверхню 10, витримуючи розмір $100,2 \pm 0,435$; поверхня 9, витримуючи розмір $\varnothing 40-0,62$; точити поверхню 8, витримуючи розмір $80 \pm 0,37$; виконати фаску (поверхня 7), витримуючи розмір 2x45°.

Самозатискні повідкові патрони. Такі патрони виготовляються з двома або трьома ексцентриковими кулачками з насічкою (накаткою), які на початку оброблення під дією сил різання затискають оброблювану деталь, встановлену в центрах верстата, і передають їй крутний момент від шпинделя верстата [3]. При збільшенні крутного моменту різання автоматично збільшується і крутний момент від шпинделя, який передається кулачками патрона на деталь. Для зручного встановлення деталі в центрах застосовують повідкові патрони з кулачками, що автоматично розкриваються. Рівномірний затиск деталі всіма кулачками забезпечується тим, що застосовують плаваючі кулачки або кулачки із незалежним переміщенням. Самозатискні повідкові патрони дозволяють встановлювати кулачки на різний діаметр обробки деталей.

3.2. Силовий розрахунок верстатного пристрою.

Затиск деталі необхідний для передачі обертального руху. Відцентрову силу визначають через масу закріпленої деталі та умовну швидкість обертання його центру ваги:

$$P_{\text{в}} = m \cdot \omega^2 \cdot R, \text{ Н} \quad (3.1)$$

або через масу та лінійну швидкість

$$P_{\text{в}} = \frac{m \cdot v^2}{R}, \quad (3.2)$$

					028Б – 024.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де m – маса вантажу (деталі), кг;

ω – кутова швидкість обертового вантажу щодо осі шпинделя, рад/с;

R -відстань від центру ваги вантажу до осі обертання патрона, $R=0,055\text{м}$;

ϑ – лінійна швидкість обертання центру ваги вантажу, м/с;

$$\omega = \frac{\pi \cdot n}{30}, \quad (3.3)$$

де n – частота обертання шпинделя, $n=800$ об/хв;

$$\vartheta = \omega \cdot R, \quad (3.4)$$

звідси отримуємо:

$$\omega = \frac{\vartheta}{R} = \frac{3,14 \cdot 800}{30} = 83,7 \text{ рад/с}$$

$$P_{\text{в}} = 1,9 \cdot 83,7^2 \cdot 0,055 = 732,1 \text{ Н}$$

Визначимо силу затиску двома кулачками патрона оброблюваної деталі:

$$W = P_{\text{в}} \cdot Z \cdot \cos 30^\circ \quad (3.5)$$

де 30° – кут між силою затиску W , прикладеної до кулачка і напрямом дії відцентрової сили;

Z – число кулачків патрона;

Підставивши значення у формулу 3.5 отримуємо:

$$W = 732,1 \cdot 2 \cdot \cos 30^\circ = 1268 \text{ Н}$$

Розрахунок сил різання виконуємо за методикою, викладеною в [17].

При точінні заготовки складові P_z та P_y розраховують за формулою:

$$P_{z,y} = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p \quad (3.6)$$

де C_p , x , y , n – сала та показники ступеня для конкретних умов обробки. При обробці сталі різцем, оснащеним пластиною з твердого сплаву, рівні: для

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

для P_y - $C_p=243$; $x = 0,9$; $y = 0,6$; $n = -0,3$

K_p – поправочний коефіцієнт

$$K_p = k_{mp} \cdot k_{yp} \cdot k_{jp} \cdot k_{np} \quad (3.7)$$

					028Б – 024.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

де k_{mp} – коефіцієнт, який враховує вплив якості оброблюваного матеріалу на силову залежність.

$$k_{mp} = \left(\frac{\delta_B}{750} \right)^{0,75} \quad (3.8)$$

$$k_{mp} = \left(\frac{390}{750} \right)^{0,75} = 0,612$$

k_{yp} , k_{jp} , $k_{\pi p}$ – коефіцієнти, які враховують вплив геометрії різальної частини інструменту на сили різання

При

$$\varphi = 60^0; K_{ypz} = 0,94; K_{yry} = 0,8; \gamma = -3^0; K_{p_z} = 1,05; K_{p_y} = 1,5; \lambda = +0,5^0; K_{npz} = 1,03; K_{npy} = 1,15$$

$$K_{p_z} = K_{mp} \cdot K_{ypz} \cdot K_{p_y} \cdot K_{npz} = 0,612 \cdot 0,94 \cdot 1,05 \cdot 1,03 = 0,622.$$

$$K_{p_y} = K_{mp} \cdot K_{yry} \cdot K_{p_y} \cdot K_{npy} = 0,612 \cdot 0,8 \cdot 1,5 \cdot 1,15 = 0,845.$$

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 0,3^{1,0} \cdot 0,2^{0,75} \cdot 155,7^{-0,15} \cdot 0,622 = 78,52, \text{ Н.}$$

$$P_y = 10 \cdot 243 \cdot 0,3^{0,9} \cdot 0,2^{0,6} \cdot 155,7^{-0,3} \cdot 0,845 = 58,18, \text{ Н.}$$

Виведемо формули для розрахунку зусилля затиску W . Сумарний крутний момент від дотичної складової сили різання прагне повернути виріб у кулачках і становить для даної схеми установки.

$$M_p = \frac{P_z \cdot d_1}{2} = \frac{78,52 \cdot 61,85}{2} = 2428,2 \text{ Н} \quad (3.9)$$

Повороту заготівлі перешкоджає момент сили затиску, який визначається за формулою:

$$M_3 = \frac{Td_2}{2} = \frac{Wfd_2}{2}, \quad (3.10)$$

де W – сумарне зусилля затиску, що впливає на три кулачки, Н

f – коефіцієнт тертя на робочі поверхні змінного кулачка.

Із рівності моментів M_p і M_3 . визначимо необхідне зусилля затиску, яке перешкоджає повороту деталі в кулачках:

					028Б – 024.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

$$W^1 = \frac{KM_p}{fd_2} = \frac{Kp_z \cdot d_1}{fd_2}, \quad (3.11)$$

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \quad (3.12)$$

$$K_{p_z} = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,0 = 1,8 \quad K_{py} = 2,52.$$

$$f = 0,3$$

підставивши у формулу 3.11 відповідні числові значення отримуємо:

$$W_z^1 = \frac{K \cdot P_z \cdot d_1}{f \cdot d_2} = \frac{1,8 \cdot 78,52 \cdot 61,85}{0,3 \cdot 30,7} = 949,1, \text{ Н.}$$

Сила P_y намагається вивернути деталь із кулачків щодо OO_1 створюючи момент від сили затиску:

$$M_p^{11} = P_y \ell. \quad (3.13)$$

Цьому моменту перешкоджає момент від сили, затиску:

$$M_3^{11} = T \frac{2}{3} d_2 = \frac{2}{3} W^1 f d_2. \quad (3.14)$$

Необхідна сила затиску рівна. Величина зусилля W_1 , що прикладається до кулачків дещо збільшується порівняно із зусиллям W та розраховується за формулою:

$$W_1 = \frac{W}{1 - \left(\frac{3\ell_k}{M_k} \cdot f_1 \right)} = \frac{949,1}{1 - \left(\frac{3 \cdot 13}{25} \cdot 0,1 \right)} = 1124,5, \text{ Н.} \quad (3.15)$$

Визначаємо осьову силу затиску кулачками патрона оброблюваної деталі:

$$Q = \frac{M}{n \cdot r_{\max} \cdot \sin \left(\theta + \frac{4r_0 \cdot \mu}{\pi \cdot r_{\min}} \right)} \quad (3.16)$$

де r_{\max} – максимальний радіус затиснутої кулачками деталі;

θ – кут підйому профілю кулачка, $\theta = 180^\circ$;

μ – коефіцієнт тертя на тильній упорній поверхні кулачка, $\mu = 0,15$;

r_0 – радіус тильної напольгливої упорної поверхні кулачка, $r_0 = 0,025\text{м}$;

					028Б – 024.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

Підставивши відповідні значення отримуємо:

$$Q = \frac{2428,2}{800 \cdot 0,031 \cdot \sin\left(18 + \frac{4 \cdot 0,025 \cdot 0,15}{3,14 \cdot 0,04}\right)} = 314,8, \text{ Н.}$$

Визначимо кут повороту кулачка при затиску деталі, що обробляється:

$$\alpha_0 = 2,31 \cdot g (r_{\max} / r_{\min}) \quad (3.17)$$

α_0 – кут повороту кулачка при затиску зворотної поверхні деталі;

$$\alpha_0 = 2,31 \cdot 9,81 (0,031 / 0,04) = 17,6^\circ$$

3.3. Опис конструкції пристосування.

Пристосування встановлюється на шпинделі верстата. Фіксація пристосування по отвору шпинделя верстата здійснюється опорою позиція 47, як показано на рисунку 3.2. Кріплення пристосування здійснюється 4 болтами.

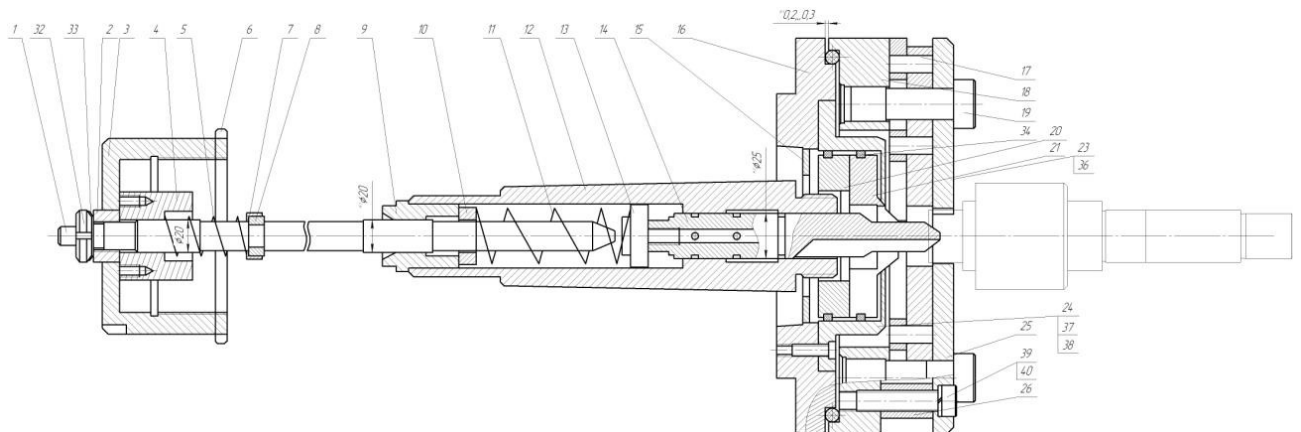


Рисунок 3.2 – Патрон повідковий самозатискний з ексцентриковими кулачками

Приспосіблення працює так: деталь встановлюється у центрі. Коли вмикається привід верстата, шток (позиція 1) переміщається вниз, відбувається затиск деталі (зусилля забезпечується за рахунок відцентрової сили, яка виникає при обертанні шпинделя і достатнє зусилля виникає при $n > 200$ об/хв). Щоб розтиснути деталь, достатньо зупинити шпиндель

										Арк.
										46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	028Б – 024.00.00.00.000 ПЗ					

(розтискання відбувається при $n=160$ об/хв). При обробці сили різання приймає корпус пристрою (позиція 12).

3.4. Проектування ріжучого інструменту.

На операції 030 Шпонково-фрезерна проводять обробку паза шпонкового деталі вал-шестерня кінцевою фрезою. Спроекуємо кінцеву фрезу для цієї операції.

Матеріал заготовки фрези – сталь 45 ДСТУ 7809:2015 [6, 11], глибина фрезерування – 4 мм. Ескіз обробки показано на рисунку 3.3.

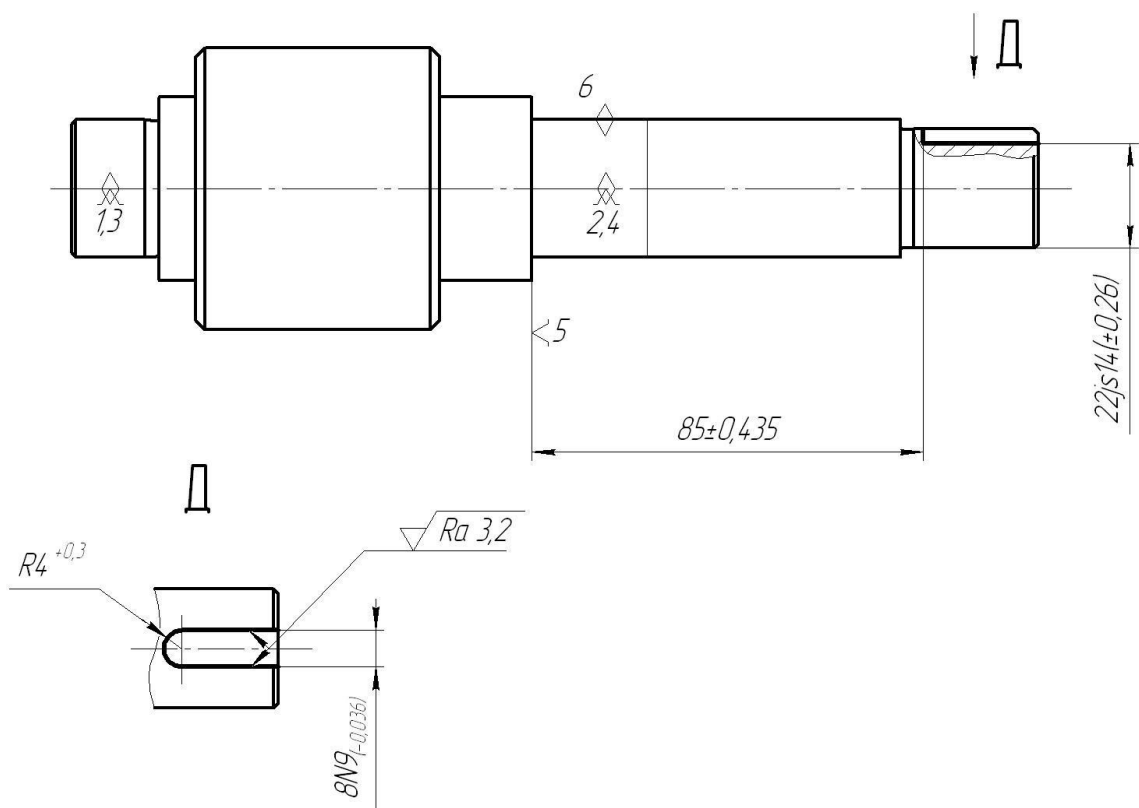


Рисунок 3.3 – Ескіз операції 030 Шпонково-фрезерна

3.5. Вибір матеріалу інструменту.

Для проєктованої кінцевої фрези при обробці заготовки зі сталі 35 $\sigma_B=180$ МПа вибираємо твердий сплав Т15К6.

					028Б – 024.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.6. Розрахунок конструктивних елементів робочої частини фрези.

Діаметр кінцевої фрези вибирається виходячи з конструкції, форми та розмірів оброблюваної заготовки. Від діаметра залежить відведення тепла, товщина стружки, число зубів, форма зубів та діаметр отвору [18].

Приймаємо $d = 8$ мм.

Визначаємо довжину фрези за формулою:

$$L = l_1 + l + l_2 \quad (3.18)$$

де l_1 – довжина ріжучої частини; l – довжина шийки; l_2 – довжина хвостовика.

Для фрез діаметром від 10 до 30 мм довжина ріжучої частини $l_1 = 4d$ тому:

$$l_1 = 4 \cdot 8 = 32 \text{ мм.}$$

Довжина шийки визначається за такою формулою:

$$l = 4 \left(\sqrt[4]{d} + \frac{12}{d} \right), \quad (3.19)$$

Підставивши числові значення отримуємо:

$$l = 4 \left(\sqrt[4]{8} + \frac{12}{10} \right) = 12,7 \text{ мм.}$$

Приймаємо $l=12$ мм. Діаметр шийки приймемо рівним діаметру різальної частини фрези. Приймаємо його рівним $d_{ш} = 8$ мм. Розраховуємо загальну довжину фрези за формулою (3.18):

$$L = 32 + 12 + 60 = 112 \text{ мм.}$$

Кінцеві фрези із твердого сплаву діаметром до 10 мм включно випускаються з циліндричним хвостовиком того ж діаметра. Кількість зубів кінцевих фрез залежить від діаметра фрези та визначається із співвідношення [12]:

$$z = (0,1 \dots 1,3) \cdot d = 2 \dots 12, \quad (3.20)$$

Підставивши відповідні числові значення отримуємо:

$$z = (0,1 \dots 1,3) \cdot 8 = 2 \dots 12,$$

Приймаємо $z = 4$.

					028Б – 024.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для виконання умови рівномірності фрезерування зубця на циліндричній частині виконують стружкову канавку з кутом нахилу $\omega=30...45^\circ$. Приймаємо $\omega=30^\circ$ за [18].

3.7. Форма та розміри зубів та западин.

Форма зубів та западин у фрез із гострозаточеними зубами визначається умовами обробки та має три види профілю: однокутова, двокутова та криволінійна (параболічна).

Канавка для відведення стружки повинна забезпечувати достатній об'єм для розміщення зрізаної стружки (при достатній міцності зуба), велика кількість переточувань, технологічність виготовлення і т.д.

Для фрез із великим зубом рекомендується двоголова форма. Така форма зуба виходить шляхом подвійного фрезерування. Спочатку западина фрезерується кутовий фрезою, а потім зуб зрізається по «спинці». Внаслідок цього зуб по вершині оформляється під двома кутами: α – задній кут α_1 – кут зрізу «спинки». Кут зрізу спинки α_1 для кінцевих фрез виконується в межах $20^\circ - 30^\circ$ приймаємо $\alpha_1 = 20^\circ$.

Спинка зуба окреслюється радіусом

$$R = (0,3 \dots 0,45) \cdot d. \quad (3.21)$$

Таким чином:

$$R = (0,3 \dots 0,45) 8 = 2,4 \dots 3,6 \text{ мм.}$$

Приймаємо $R = 3 \text{ мм.}$

Кут стружкової канавки $\theta = 50...65^\circ$.

Приймаємо $\theta = 50^\circ$. Крок зубів приймемо $= 90^\circ$. Для числа зубів $z = 4$ призначаємо:

$$\varphi_1 = 68^\circ; \varphi_2 = 72^\circ; \varphi_3 = 76^\circ; \varphi_4 = 68^\circ; \varphi_5 = 76^\circ; \varphi_6 = \varphi_7 = \varphi_8 = 0^\circ$$

Для всіх профілів на задній поверхні зубів призначається стрічка f , нахил якої визначає величину заднього кута, $f = 0,2...2 \text{ мм}$ для зубів із двоголовим профілем. Приймаємо $f = 1,5 \text{ мм.}$

					028Б – 024.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.8. Геометричні параметри зубів фрези.

Геометричні параметри фрези підбираються відповідно до умов обробки: фізико-механічними властивостями оброблюваного матеріалу, розмірами перерізу зрізу, необхідної шорсткості поверхні і т.д.

Головний кут у плані визначається конструкцією фрези. Для кінцевих фрез $\varphi = 90^\circ$. Допоміжний кут у плані $\varphi_1 = 0 \dots 10^\circ$. Приймаємо $\varphi_1 = 6^\circ$.

Головний задній кут розглядається в перерізі торця. Він вибирається з метою зменшення тертя задньої поверхні зуба фрези по поверхні різання деталі. При його збільшенні зменшується площа контакту між цими поверхнями та відповідно знижуються сили тертя. Однак збільшення цього кута понад певні значення призводить до зменшення кута загострення β , ослаблення ріжучого клину, і, відповідно, зниження його міцності. Зменшення площі ріжучого клину також погіршує тепловідведення від леза, в результаті зростає температура різання та знижується стійкість фрези [8]. Таким чином, величина головного заднього кута повинна одночасно відповідати двом суперечливим умовам.

Для фрез із великим зубом задній кут $\alpha = 12^\circ$. Приймаємо $\alpha = 14^\circ$.

Головний передній кут γ призначений для зменшення навантаження на ріжучу кромку в процесі різання та розглядається у нормальному перерізі, тобто. у напрямі сходу стружки. Він підбирається виходячи з умов, що забезпечують зрізання стружки залежно від фізико- механічних властивостей оброблюваного матеріалу та характеристики матеріалу інструмент. Збільшення переднього кута сприяє зниженню пластичних деформацій шару, який зрізається і сил різання, полегшує переміщення стружки по передній поверхні [11]. З цього погляду величини передніх кутів бажано призначати гранично більшими, близькими до 45° . Але таке збільшення кута γ викликає зменшення кута загострення β , послаблення ріжучого клину та призводить до зниження його міцності.

					028Б – 024.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При обробці сталей передній кут вибирається в межах 15-30°. Приймаємо $\gamma = 15^\circ$ [17]. Кут нахилу ріжучих кромок у кінцевих фрез 10-15°. Приймаємо $\lambda = 10^\circ$.

Заточування зуба виконується під кутом 60°. Щоб уникнути налипання оброблюваного матеріалу, проводимо заточку передньої поверхні біля стрічки на кут $\gamma' = 20^\circ$.

Креслення спроектованої кінцевої фрези представлено на рисунку 3.4.

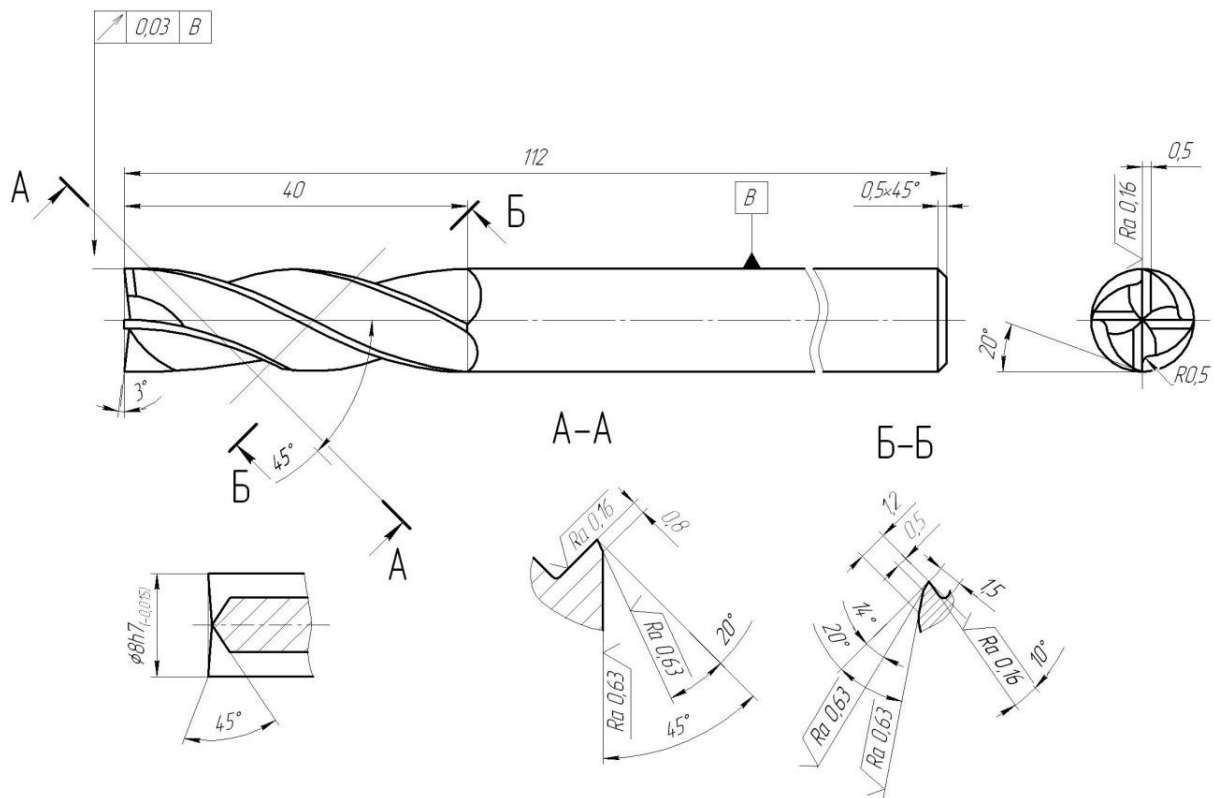


Рисунок 3.4 – Креслення спроектованої кінцевої фрези

Отже спроектована кінцева фреза відповідає вимогам для операції 030 Шпонково-фрезерна (фрезерування шпонкового пазу) технологічного процесу виготовлення валу-шестерні редуктора SZ 121.

						028Б – 024.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			51

РОЗДІЛ 4

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ВИРОБНИЧА БЕЗПЕКА

4.1. Охорона праці на машинобудівному підприємстві.

Машинобудування – це широка галузь, яка включає розробку, будівництво та випробування механічних та автоматизованих пристроїв, таких як обладнання та інструменти. Інженери розробляють рішення проблеми виробництва та проектування деталей та машини, з відповідною розробкою прототипів та контролюють виробництво й виготовлення кінцевого продукту. Хоча більша частина роботи інженерів-механіків виконується за комп'ютером в офісі, вони також проводять час на різних робочих місцях. Під час їх роботи вони стикаються з гострими інструментами, конвеєрними стрічками, небезпечним обладнанням і небезпечними хімічними речовинами під час усунення відмов чи несправностей і проведення перевірок механічної безпеки.

У сфері захисту охорони та безпеки праці на підприємствах та фірмах основними законодавчими актами є Закон України «Про охорону праці»; ДСТУ ISO 45001:2019 (ISO 45001:2018, IDT). Системи внутрішнього управління безпекою праці та охороною здоров'я працівників. Вимоги та рекомендації щодо застосування та інші нормативні документи [5, 8, 19].

До державної системи стандартизації України входять такі категорії нормативних документів та види стандартів [5]:

СТП – стандарти підприємств;

ТУУ – технічні умови України;

СТТУ – стандарти науково-технічних та інженерних спілок та товариств України;

ГСТУ – галузевий стандарт України;

ДСТУ – державний стандарт України.

					028Б – 024.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

Державна політика у сфері охорони праці передбачає спільні дії органів виконавчої та законодавчої влади України, об'єднань роботодавців, професійних спілок в особі їхніх відповідних органів та інших уповноважених працівниками представницьких органів щодо покращення умов та охорони праці, попередження виробничого травматизму та професійних захворювань [5].

Організацією та управлінням робіт із охорони й безпеки праці на машинобудівних підприємствах зазвичай займається служба або відділ охорони та безпеки праці, яку зазвичай очолює головний інженер чи технічний директор підприємства. Цей відділ або служба також проводить аналіз стану та причини виробничих травм та професійних захворювань спільно з відповідними службами на підприємстві; реалізують заходи щодо унеможливлення виникнення нещасних випадків та професійних захворювань, та організує їх контроль; організує роботу з ініціювання перевірок, щодо технічного стану: будівель та виробничого обладнання; проводять вступний інструктаж і надають допомогу у навчанні з питань охорони праці та безпеки життєдіяльності.

Основними завданнями служби/відділу охорони та безпеки праці є контроль за дотриманням нормативно-правових актів з охорони праці усіма працівниками підприємства без виключення; покращення роз'яснювальної роботи щодо запобігання виробничого травматизму, професійних та захворювань та покращення виробничих умов праці.

4.2 Небезпечні фактори в умовах машинобудівного виробництва.

Розробляючи, випробовуючи та виготовляючи нові конструкції, інженери-механіки працюють із різними типами машин і обладнання. Це включає металообробні машини, інструмент; такелажне, складське та логістичне обладнання. Вони також працюють з рухомими частинами виробничого обладнання, такими як конвеєрні системи та верстати, роботи,

					028Б – 024.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

що використовуються у виробництві, та інше промислове обладнання, як описано Бюро статистики праці [5]. Крім того, інженери-механіки можуть контактувати з небезпечними хімічними речовинами, включаючи розчини для чищення, фарби та інші види обробки поверхні. Засоби індивідуального захисту, деякі зони виробничих майданчиків або лабораторії вимагають використання засобів індивідуального захисту та дотримання правил безпеки відповідно до вимог Управління з охорони праці [19]. Наприклад, лазерні окуляри необхідно використовувати в місцях, де використовуються лазери. Захисні окуляри необхідні, коли є летючі уламки, хімічні пари або рідкі хімікати чи кислоти. Бірюші (затички) для вух захищають слух інженера-робітника в місцях, де обладнання або машини дуже гучні, і потрібна перевірка механічної безпеки.

Каски забезпечують додатковий захист від падіння предметів. Інженери-механіки повинні носити взуття зі сталевим носком, якщо існує небезпека падіння або кочення предметів, які можуть пробити взуття. Інженери повинні утримувати засоби індивідуального захисту в чистоті та справному стані. Якщо засоби індивідуального захисту пошкоджені, їх необхідно замінити.

Газові системи під тиском, такі як повітряні компресори, становлять потенційну небезпеку. Окрім високого тиску, деякі з цих систем легкозаймисті. Під час експлуатації систем під тиском необхідно використовувати засоби захисту очей. Стиснений газ ніколи не можна спрямовувати на іншу людину або використовувати при чищенні одягу. Вакуумні системи також накопичують велику кількість енергії та можуть спричинити травми. небезпечним є і хімічний вплив, хоча інженери-механіки стикаються з небезпечними хімічними речовинами рідше, ніж з іншими потенційними небезпеками, вони все одно повинні вживати запобіжних заходів щодо хімічної та біологічної безпеки, щоб уникнути впливу або контакту зі шкірою. Крім використання необхідних засобів індивідуального захисту, кожна робоча дільниця або лабораторія повинні

					028Б – 024.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

мати паспорти безпеки матеріалів для всіх хімікатів і матеріалів, які використовуються на ділянці, відповідно до Michigan Tech. Паспорт безпеки містить інформацію про вплив різних чинників. Інженери-механіки повинні бути навчені щодо того, що робити у разі впливу кожної хімікати. Усі хімічні речовини повинні бути ідентифіковані за допомогою чіткої етикетки.

Загальні вимоги безпеки для усіх працівників, включно з інженерами-механіками, повинні утримувати всі робочі місця в чистоті та вільними від непотрібних небезпек. Сміття слід прибирати та тримати подалі від доріжок для проходів та переміщення вантажів. Шланги повинні бути винесені над працівниками або закриті перехресною дошкою. Усі розливи необхідно негайно прибирати. Аварійні виходи та доступ до пожежної сигналізації повинні бути завжди вільними.

Ефективна та безпечна робота можлива лише у тому випадку, якщо виробничі умови на робочому місці відповідають усім необхідним вимогам міжнародних стандартів у сфері охорони та безпеки праці.

4.3. Інновації в техніці безпеки. Культивування культури безпеки та охорони праці.

Удосконалення технологій безпеки надали інженерам-механікам безліч інструментів і систем для підвищення безпеки на робочому місці та зменшення ризиків. Ці інновації ретельно розроблено, щоб передбачати потенційні ризики та пропонувати проактивні рішення.

Наприклад, інтеграція робототехніки та автоматизації зменшує вплив людини на небезпечні завдання, тоді як складне програмне забезпечення для симуляції та моделювання дозволяє проводити ретельний аналіз потенційних слабких місць у машинах до створення фізичних прототипів. Крім того, розробка та впровадження систем моніторингу в режимі реального часу, оснащених датчиками, може виявляти порушення в роботі обладнання, спонукаючи до негайних технічних дій для запобігання аварій. Новітні

					028Б – 024.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

технології, такі як розумні шоломи та екзоскелети, додатково захищають інженерів, розширюючи людські можливості та надаючи важливу інформацію про умови навколишнього середовища. Кожен технологічний крок є продуманим кроком до забезпечення безпеки в галузі машинобудування.

Створення культури, де безпека є головним пріоритетом, має важливе значення для зменшення небезпеки на робочих місцях на підприємствах машинобудівного сектору економіки України. Щоб це сталося, життєво важливо постійно навчати та заохочувати всіх ставити безпеку на перше місце. Лідери повинні показати, наскільки важливою є безпека, завжди дотримуючись правил, подаючи приклад для наслідування іншим. Така сильна увага до безпеки повинна вплинути на те, як думає та діє весь персонал.

Детальний аналіз минулих аварій, а потім виправлення того, що пішло не так, з часом допомагає зробити речі безпечнішими. Також важливо регулярно навчати працівників найсучаснішим заходам безпеки та тому, як виявляти можливі небезпеки. Таким чином, оскільки машинобудування продовжує впроваджувати інновації та розвиватися, це робиться, зберігаючи безпеку всіх, хто там працює. Наприклад, якщо звіт про інцидент показує, що ковзання та падіння є звичайним явищем, керівництво може запровадити обов'язкове взуття, яке не ковзає, і додати нові тренінги щодо підтримки безладу в робочому місці. Здійснюючи ці конкретні дії, компанія демонструє свою відданість справі запобігання подібним нещасним випадкам у майбутньому.

					028Б – 024.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

ВИСНОВКИ

У даній випускній кваліфікаційній роботі на основі аналізу технічних вимог до заданої деталі вал-шестерня редуктора SZ 121 розроблено технологічний процес його виготовлення із застосуванням прогресивних сучасних технологій машинобудування. Спроектовано заготовку методом штампування, розраховано припуски та режими різання на всі поверхні заданої деталі. Виконано оснащення технологічного процесу сучасним обладнанням і технологічними засобами.

На токарну операцію 020 техпроцесу розроблено вдосконалений затискний пристрій – самозатискний повідковий патрон на основі проведеного силового розрахунку. Для операції 030 шпонково-фрезерної спроектована суцільна твердосплавна кінцева фреза.

В розділі – «Охорона праці та виробнича безпека» – описано актуальність дотримання та охорони праці та безпеки на виробництві.

Проведено аналіз небезпечних факторів в умовах машинобудівного виробництва та надані рекомендації по їх зменшенню згідно діючих нормативно-правових законодавчих документів та державних стандартів. Надано рекомендації, щодо впровадження інновації в техніці безпеки на машинобудівних підприємствах.

					028Б – 024.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

СПИСОК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бондаренко С. Г. Основи технології машинобудування : навчальний посібник / С. Г. Бондаренко – Львів : Магнолія, 2018. – 500 с.
2. Бочков В.М. Розрахунок та конструювання металорізальних верстатів: Підручник. / В.М. Бочков, Р.І. Сілін, О.В. Гаврильченко. За ред. Р.І. Сіліна. – Львів: Видавництво «Бескид Бід», 2008. – 448с.
3. Бурек Я. Верстатне обладнання : навч. посіб. / Я. Бурек, І.В. Гурей, З.А. Стоцько – Львів: Вид-во ун-ту «Львівська політехніка», 2014. – 168 с.
4. ДСТУ 10250-1:2008 Поковки сталеві ковани для машинобудування загальні вимоги. Частина 1. Загальні вимоги.
5. ДСТУ 2293:2014. Охорона праці. Терміни та визначення основних понять.
6. ДСТУ 7809:2015 Прокат сортовий, калібрований зі спеціальним обробленням поверхні з вуглецевої якісної конструкційної сталі. Загальні технічні умови.
7. ДСТУ 8981:2020. Виливки з металів та сплавів. Допуски розмірів, маси та припуски на механічну обробку.
8. ДСТУ ISO 45001:2019 (ISO 45001:2018, IDT) Системи управління охороною здоров'я та безпекою праці. Вимоги та настанови щодо застосування.
9. ДСТУ EN 10020:2007. Сталі. Визначення і класифікація (EN 10020:2000). – Вид. офіц. – на заміну ДСТУ EN 10020:2002. – К.: Держспоживстандарт України. 2009. – IV, 5с.
10. Дусанюк Ж. П. Проектування та виробництво заготовок деталей машин. Литі заготовки :навч. посіб. / Ж. П. Дусанюк та ін. Вінниця, 2009. – 199 с.
11. Залога, В.О. Сучасні інструментальні матеріали у машинобудуванні. Навчальний посібник / В.О. Залога, В.Д. Гончаров, О.О. Залога. – Суми:

					028Б – 024.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

СумДУ, 2013. – 371 с.

12. Зубо-та різьбооброблювальні металорізальні верстати: Навч. посіб./ Р.Д. Іскович-Лотоцький, Л.К. Поліщук; Вінницький національний технічний університет. –Вінниця, 2008, – 132 с.

13. Матеріалознавство та технологія матеріалів (у схемах і завданнях): навч. посіб. / Т.П. Говорун, О.П. Гапонова, С.В. Марченко. Суми: СумДУ, 2020. – 163 с.

14. Методичні вказівки до виконання бакалаврської випускної роботи із спеціальності 131 – Прикладна механіка, професійного спрямування: «Металорізальні верстати та системи» для студентів всіх форм навчання. / уклад. Р.М. Полінкевич, – Луцьк: Луцький НТУ, 2018. – 60 с.

15. Олексюк Б.В. Розробка технологічного процесу виготовлення валу-шестерні редуктора SZ 121. / Олексюк Б.В., Четвержук Т.І. //Тези доповідей міжнародної конференції «Сучасна інженерія в машинобудуванні» інженерія, матеріали, технології, транспорт, освіта. Ковель, Україна, 15-17 квітня, 2024 р. С. 80-82.

16. Основи технології машинобудування: навчальний посібник / Дерібо О.В., Дусанюк Ж.П., Репінський С.В. – Вінниця: ВНТУ, 2017. – 106 с.

17. Паливода Ю. Є. Інструментальні матеріали, режими різання, технічне нормування механічної обробки : навчально-методичний посібник / Ю.Є. Паливода, А.Є. Дячун, Р.Я. Лешук. – Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2019. – 240 с.

18. Теорія різання. Лезове та абразивне оброблення металів: навчальний посібник/ І. Є. Грицай. – Львів : Львівська політехніка, 2018. – 232 с.

19. Технологія машинобудівних підприємств: підручник / В. Л. Дикань, Ю. Є. Калабухін, Н. Є. Каличева та ін., за заг. ред. В. Л. Диканя. – Харків: УкрДУЗТ, 2020. – 386 с.

					028Б – 024.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТК И

					028Б – 024.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60