Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет
«Дніпровська політехніка»

Механіко-машинобудівний факультет
Кафедра Технологій машинобудування та матеріалознавства
(повна назва)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
кваліфікаційної роботи ступеню бакалавра

студентки Гетьман Анни Володимирівни
(ПІБ)

академічної групи 131-17зск-2
(шифр)

спеціальності 131 Прикладна механіка
(код і назва спеціальності)

за освітньо-професійною програмою
Комп'ютерні технології машинобудівного виробництва
(офіційна назва)

на тему Проєкт технологічного процесу виготовлення деталі «Вал-шестерня» в умовах серійного виробництва

(назва за наказом ректора)

Керівники	Прізвище, ініціали	Оцінка за шкалою		Підпис
		рейтинговою	інституційною	
кваліфікаційної роботи	Піньковський С.Г.	95	Добре	
розділів				
Аналітичний	Піньковський С.Г.	85	Добре	
Технологічний	Піньковський С.Г.	90	Добре	
Спеціальний	Піньковський С.Г.	80	Добре	

Рецензент	Дроздов В.В.		
Нормоконтроль		85	

Дніпро
2020

Department of Materials Science and Mechanical Engineering Technologies

ЗАТВЕРДЖЕНО:
завідувач кафедри
Технологій машинобудування та матеріалознавства
(повна назва)

(підпис) **В.В. Проців**
(прізвище, ініціали)

«15» 06 2020 р.

ЗАВДАННЯ
на кваліфікаційну роботу
ступеню бакалавр
(бакалавр, спеціаліст, магістр)

студентці **Гетьман А.В.** (прізвище та ініціали) **академічної групи** **131-17зск-2** (шифр)

спеціальності **131 Прикладна механіка**

за освітньо-професійною програмою
Комп'ютерні технології машинобудівного виробництва
(офіційна назва)

на тему ***Проект технологічного процесу виготовлення деталі «Вал-шестерня» в умовах серійного виробництва***

затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від **07.05.20** **№257-с**

Розділ	Зміст	Термін виконання
Аналітичний	Характеристика об'єкта виробництва; Виконання робочого кресленика заданої деталі, аналіз технологічності її конструкції	10.05.2020
Технологічний	Призначення способу отримання заготівки, проектування робочого кресленика	15.05.2020
	Обгрунтування технологічного маршруту виготовлення деталі і виконання маршрутної карти	20.05.2020
	Розрахунок міжопераційних розмірів механічної обробки	24.05.2020
	Детальна розробка операцій механічної обробки з розрахунком технічної норми часу, оформлення комплекту технологічної документації і карт налагодження на характерні операції	8.06.2020
Спеціальний	Проектування верстатного пристрою з розробкою збирального кресленика Проектування контрольного пристрою з розробкою конструкторського кресленика	12.06.2020

Завдання видано (підпис керівника) **Пінькowський С.Г.** (прізвище, ініціали)

Дата видачі **04.05.2020**

Дата подання до екзаменаційної комісії **15.06.2020**

Прийнято до виконання (підпис студента) **Гетьман А.В.** (прізвище, ініціали)

Department of Materials Science and Mechanical Engineering Technologies

Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет «Дніпровська політехніка»

«Затверджую»

Завідувач кафедрою технологій
та матеріалознавства
(повна назва)

(підпис) В.В.Проців
(прізвище, ініціали)

«15» 06 2020 р.

ВАЛ- ШЕСТЕРНЯ
Проект технологічного процесу виготовлення

ТММ.ОППБ.20.04.01

Керівник роботи
Ст. викладач кафедри ТММ
С.Г. Піньковський
«15» 06 2020 р.

Студентка
групи 131-17зск-2 ММФ
А.В.Гетьман
«15» 06 2020 р.

Department of Materials Science and Mechanical Engineering Technologies

Зміст

1 Аналітичний розділ 4

1.1 Введення 4

1.2 Характеристика об'єкта виробництва 5

1.3 Аналіз технологічності конструкції деталі 6

2 Технологічний розділ 10

2.1 Призначення річної виробничої програми випуску деталі 10

2.2 Вибір та економічне обґрунтування способу отримання заготівки 11

2.3 Розробка технологічного маршруту виготовлення деталі 14

2.4 Розрахунок припусків та міжопераційних розмірів механічної обробки .....

2.5 Детальна розробка операцій технологічного процесу виготовлення деталі ...

3 Спеціальний розділ 30

3.1 Проектування верстатного пристрою 30

3.2 Проектування контрольного пристрою 33

Висновки 34

Список посилань 35

Додаток А Відомість матеріалів кваліфікаційної роботи 36

Додаток Б Відгук керівника кваліфікаційної роботи 37

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	ТММ.ОППБ.20.04.00 ПЗ		
Розроб.		Гетьман		15.06.22	Проект технологічного процесу виготовлення деталі «Вал-шестерня» в умовах серійного виробництва	Лит	Лист 5 / Листов 37
Перев.		Піньковський		15.06.22			
Н.контр.						НТУ «ДП»	
Затв.		Проців		15.06.22			

Department of Materials Science and Mechanical Engineering Technologies

1 Аналітичний розділ

1.1 Введення

Економічна могутність промислово розвиненої держави, якою є Україна, базується на випереджальному розвитку машинобудівного комплексу, здатного не тільки задовольняти внутрішні потреби, але й поставляти високоякісну техніку на зовнішній ринок.

Технічний прогрес здійснюється не тільки на основі застосування нових науково-технічних досягнень. Він базується й на широкому використанні вже визначених напрямків у розвитку техніки й характеризується не тільки безперервною появою принципово нових технологічних процесів, але й безперервною заміною існуючих процесів більш точними, продуктивними й економічними.

Конструювання й виготовлення таких машин можливо при розробці й впровадженні сучасних технологічних процесів механічній обробці деталей і складанню з них машин і механізмів.

Ефективність машинобудування повинна підвищуватися за рахунок зміни структури парку металорізального обладнання. Це досягається шляхом збільшення питомої ваги автоматизованого обладнання, оснащеного мікропроцесорною й обчислювальною технікою, що дозволяє швидко й ефективно перебудовувати виробництво на випуск нових виробів.

Технологічний процес механічної обробки проектується на основі робочого креслення деталі й складального креслення виробу або складальної одиниці, технічних умов на виготовлення виробу.

Вибір оптимального варіанта технологічного процесу, тобто процесу, найбільш вигідного для конкретних умов виробництва, що забезпечує найбільшу продуктивність при найменшій собівартості обробки, вимагає в ряді випадків розрахунку економічної ефективності й порівняння економічних варіантів обробки. Вибір оптимального варіанта в значній мірі залежить від обсягу випуску, виробничих можливостей підприємства й умов проектування.

У даній кваліфікаційній роботі розроблений технологічний процес механічної обробки деталі «Вал-шестерня» в умовах серійного виробництва з партією запуску 20 штук. Використано універсальні металорізальні верстати.

При виконанні проектних процедур використані сучасні методики розрахунків режимів різання для прогресивного різального інструменту, які перевірені у виробничих умовах, що діє нормативно-технічна документація й стандарти системи ЕСКД і ЕСТД.

Department of Materials Science and Mechanical Engineering Technologies

1.2 Характеристика об'єкта виробництва

Для розробки оптимального технологічного процесу виготовлення деталі, забезпечення раціональної концентрації технологічних операцій із застосуванням економічно обгрунтованих і технологічно необхідних методів обробки, необхідно проаналізувати призначення робочих поверхонь деталі, використовувані матеріали і технічні вимоги до них з погляду умов збирання і експлуатації.

Дана деталь входить до складу кінематичного ланцюга редуктора вуглевидобувного комбайна МВ450,загальний вид якого зображений на рисунку 1, і призначена для передачі крутний моментів. Вона розміщена в закритому корпусі, і працює в умовах інтенсивного змащення при температурі 60-80°.

Рисунок 1 – Зовнішній вигляд вугледобувного комбайну МВ450

Основними конструкторськими базами деталі є циліндричні поверхні діаметрами 90m6 мм, а також правий торець деталі. Вони визначають точність встановлення вала в механізмі й получених деталей, що відбито на робочому кресленні підвищеними вимогами до класу точності, а також співвісності й симетричності цих поверхонь щоб уникнути перекосу.

Найбільш відповідальними поверхнями вала є циліндричні поверхні діаметром 90m6 мм параметром шорсткості Ra 0,8 мкм тому що на них встановлюються підшипники, тому повинні мати високий клас шорсткості поверхні, а також підвищену зносостійкість. Також на валу розташована евольвентна зубчаста поверхня модулем 4,5 мм, з параметром шорсткості 1,6 мкм. У зачепленні одночасно беруть участь кілька зубів, що позитивно позначається на плавності зчеплення передачі й навантажувальної здатності. Значення модуля свідчить, що передається велике навантаження й момент. Виходячи з умов робочого креслення, зносостійкість зубів, можливо підвищити до 262...311 НВ. Така твердість може бути досягнута шляхом загартування й високого відпуску якісної нізьколегованої сталі. Конструкторський документ передбачає сталь 34ХН1М ГОСТ 4543-71.

Department of Materials Science and Mechanical Engineering Technologies

Ця сталь застосовується для виготовлення вісей, валів, вал-шестірен, штоків, колінчастих і кулачкових валів, втулок і інших особливо відповідальних високонавантажених деталей, до яких пред'являються високі вимоги по механічних властивостей і які працюють при температурі до 500°С. Механічні властивості й хімічний склад стали забезпечує для вала в'язку серцевину, гарну оброблюваність і не допускає тріщин, що забезпечує нормальну роботу вала. Легуючі елементи забезпечують сталі високу міцність, пластичність, підвищують зносостійкість робочих поверхонь.

Хімічний склад даного матеріалу наведений у таблиці1.1, а механічні властивості в таблиці 1.2.

Таблиця 1.1 *в процентах*

C	Mn	Si	Cr	Ni	Mo	P	S
						не більше	
0,30-0,40	0,5-0,8	0,17-0,37	1,3-1,7	1,3-1,7	0,2-0,3	0,035	0,035

Таблиця 1.2

Стан поставки		σ_B, МПа	σ_U, МПа	δ,%	НВ, не більше
Кування ГОСТ 8479-70	Нормалізація	590	645	13	195-247
	Занартування+відпуск	657	785	9	262-311

Дана деталь працює в умовах тертя. Для забезпечення твердості деталі застосовується поліпшення, що включає в себе загартування й наступну відпустку, як показано в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3

Режим термічної обробки	Твердість НВ, не більше
Загартування при 950°-1050°С, охолодження в маслі, відпуск при 400-450°С, охолодження на повітрі або в маслі	311

1.3 Аналіз технологічності конструкції деталей

Склад робіт із забезпечення технологічності конструкції виробів на всіх стадіях їхнього створення встановлюється Єдиною системою технологічної підготовки виробництва. Розрізняють виробничу, експлуатаційну й ремонтну технологічність. Єдиним

Department of Materials Science and Mechanical Engineering Technologies

критерієм технологічності конструкції виробу є її економічна доцільність при заданій якості й прийнятих умовах виробництва й експлуатації.

На етапі проектування технологічного процесу механічної обробки, коли конструкторські документи вже затверджені й не підлягають радикальним змінам, доцільно здійснювати якісний аналіз технологічності конструкції деталі з метою узагальнено, на підставі досвіду виконавця, встановити ступінь відповідності між показниками якості й прийнятих умов виробництва. Кількісну оцінку виконують за деякими показниками, щоб охарактеризувати ступінь задоволення вимог до технологічності конструкції.

Деталь належить до класу валів, то ж є тілом обертання з довжиною більше двох діаметрів, і одночасно є елементом зубчастої передачі.

Основною характеристикою валів, що визначає технологічність конструкції, є жорсткість, яку оцінюють по величині відносини $L/d_{пр}$, де L – довжина вала, мм; $d_{пр}$ – наведений діаметр вала, визначений по формулі:

$$d_{пр}=\frac{\sum_{1}^{n} d_i \cdot l_i}{L}=\frac{90\cdot 70+105\cdot 245+172{,}64\cdot 190+105\cdot 25+90\cdot 125+85\cdot 97}{975}=100{,}7(мм),\ (1.3)$$

де d_i – діаметр і-того щабля вала, мм;

l_i – довжина і-того щабля вала, мм.

У цьому випадку відношення дорівнює 9,68, що свідчить про достатню жорсткість деталі. Отже, деталь можна ефективно обробляти в центрах. Основні конструкторські бази деталі - дві циліндричні поверхні (діаметром 90 мм із допуском шостого квалітету точності й граничних відхилень форми й розташування поверхонь по шостому ступені точності й діаметром 75 мм із допуском шостого квалітету точності й граничних відхилень форми й розташування поверхонь по шостому ступені точності, які відповідають службовому призначенню поверхонь. Вимоги до точності інших робочих поверхонь вала не є завищеними й не знижують технологічність конструкції деталі.

Конструкція вала дозволяє вести обробку в центрах, тобто забезпечити суміщення технологічних і вимірювальних баз, а також виконати вимоги сталості баз, що гарантує співвісне розташування робочих поверхонь вала.

Співвідношення квалітетів точності й параметрів шорсткості більшості, оброблюваних поверхонь є оптимальним. Двостороннє розташування уступів і співвідношення діаметрів щаблів, сприятливі для продуктивної токарноої обробки й рівномірної концентрації операцій. Геометричні характеристики зубчастої поверхні дозволяють викону-

Department of Materials science and Mechanical Engineering Technologies

вати обробку «на прохід», що значно для чистової обробки з погляду на вимоги до якості поверхні. Таким чином, технологічність конструкції деталі «Вал-шестірня» після якісного аналізу можна оцінити як гарну.

Кількісну оцінку технологічності конструкції деталі виконаємо по трьох з одинадцяти, передбачених ГОСТ 14.201-83 показникам.

1. Коефіцієнт уніфікації конструктивних елементів визначається по формулі:

$$K_{у.э} = \frac{Q_{у.э}}{Q_э}, \qquad (1.1)$$

де $Q_{у.э}$ – число уніфікованих типорозмірів конструктивних елементів;

$Q_э$ – загальне число типорозмірів конструктивних елементів;

Прикладами конструктивних елементів виробу є різьблення, кріплення, жолобники, фаски, проточки, отвори й т.п. Ознаки по яких конструктивний елемент може вважатися уніфікованим встановлюється галузевою нормативно-технічною документацією. Дані для аналізу наведені в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1

Вид конструктивного елемента	Кількість	
	загальна	уніфікованих
Лінійні розміри	26	16
Фаски	4	4
Радіуси	4	3
Кути	2	2
Модуль зчеплення	1	1
Шпонковий паз	1	1
Всього	38	27

Підставивши дані в формулу 1.1, отримуємо:

$$K_{у.э} = \frac{27}{38} = 0{,}71$$

Оскільки коефіцієнт не менше 0,6, то за коефіцієнтом уніфікації деталь вважається технологічною

2. Коефіцієнт точності обробки визначається по формулі:

$$K_{тч} = 1 - \frac{1}{A_{ср}}, \qquad (1.2)$$

де $A_{ср}$ – середній квалітете розмірів виробу, що визначається за формулою:

Department of Materials Science and Mechanical Engineering Technologies

$$A_{ср} = \frac{\sum A \cdot n_i}{\sum n_i} = \frac{n_1 + 2n_2 + 3n_3 + ... + 12n_{12} + 13n_{13} + 14n_{14}}{n_1 + n_2 + n_3 + ... + n_{12} + n_{13} + n_{14}} =$$

$$= \frac{6 \cdot 3 + 9 \cdot 5 + 10 \cdot 1 + 12 \cdot 3 + 14 \cdot 11 + 15 \cdot 2}{33} = 8,9 \qquad (1.3)$$

де А – квалітет розміру;

n_i – кількість розмірів відповідного квалітету.

Підставивши отримане значення в формулу 1.2 одержимо результат:

$$K_{тч} = 1 - \frac{1}{8,9} = 0,89,$$

При такому значенні коефіцієнта точності обробки деталь вважається технологічною, оскільки $K_{тч}$ більше нормативного значення (0,8).

3. Коефіцієнт шорсткісти поверхні визначається по формулі:

$$K_ш = 1 - \frac{1}{Б_{ср}}, \qquad (1.4)$$

де $Б_{ср}$ – середнє значення параметра шорсткісти, що визначене по формулі:

$$Б_{ср} = \frac{\sum Б \cdot n_i}{\sum n_i} = \frac{50 \cdot n_1 + 25 \cdot n_2 + ... + 0,8 \cdot n_7 + 0,4 \cdot n_8 + ... + 0,0012 \cdot n_{14}}{n_1 + n_2 + ... + n_7 + n_8 + ... + n_{14}} =$$

$$= \frac{12,5 \cdot 11 + 3,2 \cdot 4 + 1,6 \cdot 1 + 0,8 \cdot 3 + 0,4 \cdot 1}{20} = 14,6 \text{ (мкм)} \qquad (1.5)$$

де Б – числове значення параметра шорсткісти за шкалою Ra ГОСТ 2789-73;

n_i – кількість поверхонь з відповідним числовим значенням параметра шорсткісти.

Підставивши отримане значення в формулу 1.5 одержимо результат:

$$K_ш = 1 - \frac{1}{14,6} = 0,93$$

Таке значення при обробці чорних металів свідчить про технологічнічть деталі по даному показнику.

Department of Materials Science and Mechanical Engineering Technologies

2 Технологічний розділ

2.1 Призначення виробничої програми випуску деталі

Виробнича програма випуску деталей встановлюється залежно від річної потреби виробів і організаційно-технічних умов збірки. На початковому етапі проектування технологічних процесів виготовлення деталей, що входять у вироб, річна виробнича програма випуску визначається по формулі:

$$N = N_в \cdot q \cdot \left(1 + \frac{h}{100}\right), \quad (шт) \qquad (1.1)$$

де Nu – річна програма випуску виробів;

q – кількість деталей даного найменування в одному виробі;

h – відсоток деталей, призначених на запасні частини.

Річна потреба у вуглевидобувних підземних комбайнах МВ-450 становить 110 штук. У кожному виробі використовується дві деталі даного найменування. З огляду на умови роботи деталей, приймаємо для деталі «Вал-шестірня» h=3%. Підставивши вихідні даніу формулу (1.1), отримаємо значення річної виробничої програми:

$$N = 110]2]1,03 = 453,2 \ шт$$

Приймаємо 460 штук.

Загальноприйнятим критерієм при розробці й аналізі технологічного процесу використовується така класифікаційна категорія, як тип виробництва. Попереднє визначення типу виробництва ґрунтується на взаємозв'язку між річною програмою випуску деталі і її масою. Виходячи із прийнятої річної виробничої програми випуску деталей і їхньої маси, приймаємо серійний тип виробництва. Одним з показників, що характеризують серійне виробництво, є величина партії деталей, що запускаються одночасно у виробництво. Вона визначається по формулі:

$$n = \frac{N \cdot a}{Ф} = \frac{460 \cdot 10}{251} = = \ 18,3, \qquad (2.2)$$

де а - періодичність запуску деталей у виробництво, днів. Для серійного виробництва приймаємо, що запас деталей на складі забезпечує роботу складального цеху на десять робочих днів;

Ф - число робочих днів у році, 251.

Таким чином, при виробництві заданої деталі при розмірі виробничої партії 20 штук річна програма буде виконана після 23 запусків.

Department of Materials Science and Mechanical Engineering Technologies

2.2 Вибір та економічне обгрунтування способу отримання заготівки

Для раціонального вибору заготівки необхідно одночасно враховувати призначення і конструкцію деталі, технічні вимоги, масштаб і серійність випуску, а також економічність виготовлення. Вибрати заготовку – означає встановити спосіб її отримання, призначити припуски на обробку кожної поверхні, розрахувати розміри і вказати вимоги до точності виготовлення. При виборі заготовки для знов проектованого технологічного процесу розглянемо два способи отримання заготовки, які не викликають істотних змін в побудові і змісті процесу механічної обробки. В цьому випадку перевага віддається заготовці, що характеризується кращим використанням металу і меншою вартістю з урахуванням приведених витрат на одиницю продукції по статтях витрат, що відрізняються. Інакше остаточне рішення можна ухвалити тільки після економічного комплексного розрахунку собівартості заготовки і механічної обробки в цілому.

При виборі технологічного процесу здобуття заготівки і методу її формоутворення необхідно враховувати ряд чинників, внаслідок яких зменшиться час на обробку, зменшиться маса заготовки, збільшиться коефіцієнт використання матеріалу. Доцільно для здобуття заготовки колеса - штампування на горизонтально кувальній машині [11], як в базовому технологічному процесі, але зменшити припуски і допуски. Дана заготовка є раціональною для дрібносерійного типа виробництва. Вживання даного устаткування запобігає зрушенню в площині роз'єму штампу, забезпечує підвищену продуктивність, а також воно дешевше в порівнянні з іншим устаткуванням. Окрім цього заготовка по конфігурації нагадує форму готової деталі, що призводить до економії матеріалу, часу на обробку, а це зниження собівартості.

Після визначення методу здобуття заготівки визначаємо припуски на заготівку і відторюємо кресленик заготівки, з переліком технічних вимог. Для визначення припусків встановлюємо параметри заготівки: точність, маса, габаритні найбільші розміри, групу сталі і міру складності поковки [2].

Конфігурація заготовки наведена на рисунку 2.1.

Розміри заготівки визначають з урахуванням припусків на механічну обробку, які встановлені ГОСТ 7505-89. Відповідно до методики, приймаємо наступні вихідні данні:

Розрахункова маса кування ($М_{пр}$) визначається виходячи з її номінальних розмірів. Оскільки на початку проектування заготівки її номінальні розміри невідомі, величину розрахункової маси кування в першому наближенні допускається обчислювати по формулі:

Department of Materials Science and Mechanical Engineering Technologies

Рисунок. 2.1 – Форма заготівки

$$M_{кр} = M_д \cdot K_р = 84,7 \cdot 1,3 = 110,1 \text{ кг} \quad (2.1)$$

де $M_{кр}$ *– маса деталі, кг;*

$K_р$ *- розрахунковий коефіцієнт (1,2-1,6 деталі з прямою віссю).*

Степінь складності визначається по відношенню:

$$\frac{M_{кр}}{M_ф}, \quad (2.2)$$

де $M_ф$ *- маса геометричної фігури, у яку вписується форма кування, кг, що розраховується по формулі:*

$$M_ф = \frac{\pi \cdot 1,05 \cdot D_{max}^2}{4} \cdot 1,05 \cdot L \cdot \rho_м = \frac{3,14(1,05 \cdot 181,3)^2}{4} \cdot 1,05 \cdot 1023,7 \cdot 7,85 = 125 \text{ кг} \quad (2.3)$$

де D_{max} *– максимальний діаметр деталі, мм;*

L - довжина деталі, мм;

ρ *- питома вага матеріалу, г/см*^{3}.

Підставивши отримане значення у формулку 2.3 одержимо результат:

$$\frac{M_{кр}}{M_ф} = \frac{110,1}{125} = 0,88$$

Таке значення відносини відповідає степены складності С1

Інші вихідні дані, що характеризують кування, наведені в таблиці 2.1

Таблиця 2.1

Характеристика кування	*Позна-чення*	*Примітка*
Класс точності кування	*Т4*	*Штампувальні молоти*
Група сталі	*М2*	*Доля вуглецю більше 0,35%*
Степінь складності кування	*С1*	$M_{кр}/M_ф$*=0,88 (більше 0,63)*

Department of Materials Science and Mechanical Engineering Technologies

На підставі вихідних данних по таблиці 2 ГОСТ 7505-89 [2] визначаємо вихідний індекс – 16. Відповідно до нього визначаються основні припуски на механічну обробку і допуски на розміри заготівкиі. Додатковий припуск, що враховує жолоблення поковки і зміщення в площині рознімання штампу, визначаємо по таблицям 4,5. Розрахування розмірів заготівки наведено в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2

Размір поверхні, мм	Параметр шорсткості Ra, мкм	Основний припуск на сторону, мм	Додатковий припуск, мм	Загальний припуск на сторону, мм		Виконавчий розмір заготівки, мм	Позначення на рис. 2.1
90h9	0,8	2,7	0,6	z_1	3,3	$96,6^{+2,4}_{-1,2}$	d_1
105h14	12,5	2,2		z_2	2,8	$110,6^{+3,0}_{-1,5}$	d_2
172,64h9	3,2	3,0		z_3	3,6	$179,8^{+3,3}_{-1,7}$	d_3
75r6	0,8	2,7		z_4	3,3	$81,6^{+2,7}_{-1,3}$	d_4
70	12,5	2,0		z_5	2,6	$72,6^{+2,7}_{-1,3}$	l_1
300	12,5	2,6		z_6	3,2	$300,2^{+3,3}_{-1,7}$	l_2
190	12,5	2,4		z_7	3,0	$196^{+3,3}_{-1,7}$	l_3
25	12,5	1,9		z_8	2,5	$27,5^{+2,1}_{-1,1}$	l_4
225	12,5	2,4		z_9	3,0	$225,5^{+3,3}_{-1,7}$	l_5
150	12,5	2,2		z_{10}	2,8	$149,8^{+3,0}_{-1,5}$	l_6
975	12,5	3,0			5,4	$980,4^{+4,2}_{-2,1}$	L
370	12,5	2,6			3,2	$378,2^{+3,3}_{-1,7}$	

Вагу заготівки визначаємо з урахуванням номінальних виконавчих розмірів і штампувальних ухилів для зовнішніх поверхонь з використанням можливостей компютерної програми для твердотільного проектування. Результат – дійсна вага штампцвання становить 88, 7 кг. Така відмінність від попереднього значення не змінює степінь складності, оскільки реальне відношення становить 0,71.

Технологічні параметри штампування наступні:

-мінімальна величина радіусів закруглень становить 4,0 мм.

- допустима величина зсуву, що по поверхні рознімання штампа становить 0,6 мм.

- допустима величина залишкового облою становить 1,6 мм.

- допустима величина заусенця при максимальному розмірі поперекового перерізу кування по поверхні рознімання штампа становить 6 мм.

- допустиме відхилення від зігнутості становить 0,6 мм.

- зовнішні штампувальні ухили - 7 градусів.

Department of Materials Science and Mechanical Engineering Technologies

2.3 Розробка технологічного маршруту виготовлення деталі

Технологічний процес в умовах серійного типу виробництва характеризується широкою номенклатурою виробів і значних обсягів випуску. Ефективність такого виробництва в значній мірі залежить від можливості суміщення універсальності й мобільності одиничного виробництва з високою організацією й продуктивністю масового. Таке сполучення передбачає використання обладнання широкими технологічними можливостями, високим ступенем універсальності й автоматизації.

З огляду на, що серійне виробництво характеризується широкою номенклатурою не тільки виробів, але й оброблюваних матеріалів, вимоги до широкого вибору економічно ефективних методів і режимів обробки металів можуть бути виконані шляхом наявності різноманітного парку металорізального обладнання, універсальних і переналагоджуваних спеціальних пристосувань, розвиненого інструментального й метрологічного господарства.

Найбільш ефективним засобом, що дозволяє забезпечити найвищий ступінь автоматизації, високу універсальність і значну продуктивність при великій насиченості технологічних операцій, є раціональне використання встаткування із числовим програмним керуванням і пов'язані з ним технології організації робочих місць, складів, транспорту, контролю операцій і керування виробничими процесами.

При призначенні маршруту виготовлення деталі орієнтуємося на вид заготівки і її точність. Кількість технологічних операцій, їхня концентрація буде обумовлювати методами обробки поверхонь, які обумовлюються з огляду на необхідний квалітет розміру, параметр шорсткості. Перелік оброблюваних поверхонь і методи обробки, які забезпечують виконання вимог креслення, наведені в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3

Вид поверхні, розмір, мм	Квалітет	Шорсткість Ra, мкм	Метод обработки поверхні
$\varnothing 85_{-0,14}$	10	0,4	Точіння чорнове Шлифування однократне Полірування
$\varnothing 90^{+0,035}_{+0,013}$, $\varnothing 75^{+0,062}_{+0,043}$	6	0,8	Точіння чорнове Точіння чистове Шлифування чорнове Шлифування чистове
$\varnothing 172,64_{-0,1}$	9	1,6	Точіння чорнове Чистове точіння
Паз $20_{-0,87}$	9	3,2	Однократное фрезерование
$\varnothing 90_{-0,87}$	9	3,2	Точіння однократне Шлифування чорнове
торцеві $975_{-0,087}$	14	12,5	Однократне підрізання

Department of Materials Science and Mechanical Engineering Technologies

Відповідно до типового маршруту виготовлення валів, на першій операції підготовляються технологічні бази для подальшої обробки - центрові отвори й лівий торець. В умовах серійного виробництва доцільно використовувати спеціалізовані й спеціальні верстати. Мінімальну трудомісткість операції при високій концентрації й продуктивності, а також незначних витратах на переналагодження, забезпечить використання фрезерно-центрувального верстата.

Надалі здійснюється обробка всіх циліндричних поверхонь. З огляду на розмір і точність заготівки, а також значні перепади кінцевих щаблів використання механічного патрона неможливо. Виходячи з вищозначеного, робимо висновок, що токарну обробку доцільно розбити на двох операціяхї (чорнова й чистова з кожного боку деталі). Як технологічне обладнання може використовуватися токарний центровий верстат з ЧПК, який ефективний в умовах серійного виробництва.

Для забезпечення механічних властивостей аних конструкторським документом, виконується термічна операція. Для забезпечення твердості деталі застосовується поліпшення, що включає в себе загартування й наступну відпустку.

У більшості випадків у зв'язку з тим, що твердість виробу потрібно висока, термічна обробка проводиться після механічної обробки. У нашім випадку виріб має невисоку твердість (НВ менше 300) і, отже, термічна обробка проводиться до механічної обробки. Це є досить доцільним, тому що дефекти, що виникають при термічній обробці (окислювання, зменшення вуглецю, деформація й ін.), будуть повністю вилучені при механічній обробці, а розміри виробу будуть витримані точно по кресленню.

У результаті загартування стали отримуємо структуру мартенситу з деякою кількістю залишкового аустеніту. Високий відпуск й витримка при температурі 450..500°С приводять до зменшення внутрішніх напружень за рахунок розпаду мартенситу загартування й утворення сорбіту відпустки. У результаті відпустки знижуються твердість і міцність, однак підвищуються пластичність і ударна в'язкість.

Для обробки шпонкового паза використовується вертикальний консольно-фрезерний верстат. Технологічною базою буде - зовнішня циліндрична поверхня, тому що така схема базування забезпечує надійне закріплення заготівки й дозволяє використовувати більш продуктивні режими різання.

З огляду на параметр шорсткості зубів, зубофрезерну операцію доцільно виконати за дві операції. На першій операції буде виконуватися чорнове фрезерування двохзахідною фрезою, а на другій операції чистове фрезерування однозахідною фрезою. Завдяки цьому будуть виконані всі вимоги обумовлені конструкторським кресленням. Для нарізування зубчастого вінця m=4,5; z=36,β=8°6´34" призначається універсальний зубофрезер-

Department of Materials Science and Mechanical Engineering Technologies

ний напівавтомат з відстанню між центрами не менше 1000 мм. Конструкція напівавтомата передбачає можливість радіального врізання фрези в заготівку, що дозволяє скоротити машинний час обробки.

На завершальному етапі маршруту обробки передбачаються оздоблювальні операції. Застосування шліфувальних верстатів-напівавтоматів є недоцільним через те, що вони настроюються на обробку одного розміру. У деталі «Вал-шестірня» необхідно шліфувати чотири поверхні. Отже, для шліфувальних операцій доцільно застосовувати універсальні верстати або верстати зі ЧПК. Свій вибір зупинимо на круглошліфувальному верстаті зі ЧПК 3М132МВФ2. Основна економія при роботі на даному верстаті досягається за рахунок скорочення допоміжних операцій: перевстановлення, настроювання й виміри. Застосування верстата із числовим програмним керуванням поліпшує якість обробки, підвищує взаємозамінність деталей, зменшує кількість браку, знижує стомлюваність робітника.

Шліфування деталі доцільно проводити за дві операції. На першій операції за два установи проводиться чорнове шліфування чотирьох ступенів. На другій операції за два установа проводиться чистове шліфування двох ступенів.

Для досягнення параметра шорсткості Ra 0,4 мкм поверхня з діаметром 85 піддається поліруванню. На токарно-гвинторізному верстаті, на супорт встановлюється шліфувальне пристосування й провадиться полірування.

Технологічний процес виготовлення деталі завершується контрольною операцією, на якій здійснюється комплексний контроль розмірів поверхонь і їхнього взаємного розташування.

Пропонований маршрут обробки деталі наведений у таблиці 2.4.

Таблиця 2.4.

№ оп.	Найменування операції	Стислий зміст операції	Верстат
1	2	3	4
05	Фрезерно-центрувальна	Фрезерование торцов и зацентровка с двух сторон	МР-76
10	Токарна з ЧПК	Токарна обробка деталі з одного боку. Точити $\varnothing 90^{+0,035}_{+0,013}$, $\varnothing 105_{-0,87}$, $\varnothing 172,64_{-0,1}$, фаски 3×45°,3×15	16К20Ф3
15	Токарна з ЧПК	Токарна обробка деталі з другого боку. Точити $\varnothing 90^{+0,035}_{+0,013}$, $\varnothing 105_{-0,87}$, $\varnothing 90_{-0,087}$, $\varnothing 85_{-0,14}$, $\varnothing 75^{+0,062}_{+0,043}$. фаски 3×45°	16К20Ф3

Department of Materials Science and Mechanical Engineering Technologies

Продовження таблиці 2.4

1	2	3	4
20	Термічна обробка	Загартування, високий відпуск	-
25	Фрезерувальна	Фрезерувати шпонковий паз $20_{-0,052}$	6Д92
30	Зубофрезерувальна	Чорнове фрезеруваня зубчастого віньця m=4,5 z=36	5К328
35	Зубофрезерувальна	Чистове фрезеруваня зубчастого віньця m=4,5 z=36	5К328
40	Контрольна	Комплексний контроль деталі	Стол БТК
45	Круглошліфувальна	Шіифування чорнове, $\varnothing 75^{+0,062}_{+0,043}$, $\varnothing 90_{-0,087}$, $\varnothing 85_{-0,14}$	3М152МВФ2
50	Круглошліфувальна	Шліфування чистове $\varnothing 75^{+0,062}_{+0,043}$, $\varnothing 90^{+0,035}_{+0,013}$	3М152МВФ2
55	Оздоблювальна	Полірування $\varnothing 85_{-0,14}$	3М162
60	Контрольна	Комплексний контроль деталі	Стіл БТК

2.4 Розрахунок припусків та міжопераційних розмірів механічної обробки

Припуски на механічну обробку значною мірою впливають на технологічну собівартість виготовлення деталі. Видалення надмірного припуску сполучено зі збільшенням машинного часу на чорнову обробку, як у випадку виконання додаткових обдирних проходів, так і за рахунок зниження режимів різання у випадку значної глибини різання. При цьому підвищується витрата різального інструменту й загальні витрати на експлуатацію робочого місця.

Мінімальні припуски на механічну обробку визначаємо розрахунково-аналітичним методом, що рекомендується в довіднику [13]. При цьому, загальний припуск повинен бути погоджений із припуском, призначеним при проектуванні заготівки з використанням відповідного нормативно-технічного документа. У випадку перевищення розрахованого припуску над нормативним коректується розмір заготівки.

Припуски на іншу поверхню призначаємо статистичним (табличним) методом. У цьому випадку загальний припуск приймаємо рівним припуску, призначеному на заготівку, а припуски на обробку, що іде за чорновою по таблицях, наведеним у довідковій літературі.

Розрахунок міжопераційних розмірів і граничних припусків на механічну обробку представлений у табличному виді.

Department of Materials Science and Mechanical Engineering Technologies

Для оброблюваних поверхонь деталі « Вал-Шестірня», розрахунок мінімального припуску виконаємо на найбільш точну поверхню - циліндричну поверхну діаметром 90m6 мм.

Мінімальна величина припуску при обробці циліндричних поверхонь визначається по формулі:

$$2Z_{i\,min} = 2[(Rz + h)_{i-1} + \sqrt{\Delta^2_{\Sigma(i-1)} + \varepsilon_i^2}\,], \qquad (2.4)$$

де Rz і h - параметр шорсткості й глибина дефектного шару, що характеризують умови попереднього технологічного переходу (заготівку), мкм;

Δ_Σ *- сумарна величина просторових відхилень після виконання попереднього технологічного переходу, мкм;*

ε_i *– похибка встановлення деталі в пристосуванні на виконуваному технологічному переході, мкм*

Визначимо значення параметрів, що входять у формулу (2.4):

1. Особливістю обробки даної деталі є виконання ХТО до проведення чистового шліфування. Жолоблення деталі після термообробки повинне бути враховане шляхом збільшення припуску на шліфування. З іншого боку, після термічної обробки на поверхні деталі відсутній дефектний шар, що враховується параметром h. Для обліку цих факторів у метод обробки поверхні включений відповідний перехід.

2. Сумарну величину просторових відхилень поверхонь штампованої заготівлі, які обробляються в центах, визначимо по формулі:

$$\Delta_{\Sigma заг} = \sqrt{\Delta^2_{кор} + \Delta^2_{зм} + \Delta^2_{ц}}\,, \qquad (2.5)$$

де $\Delta_{кор}$ *- зігнутість штампування класу точності Т4, довжиною 630-1000 мм за ГОСТ 7505-89 не повинна перевищувати 1,0 мм;*

$\Delta_{зм}$ *– зсув по поверхні рознімання при штампуванні заготівкиі масою 50,0-125,0 кг становить 0,6 мм;*

$\Delta_{ц}$ *– похибка зацентрування, визначається по формулі:*

$$\Delta_{ц} = 0{,}25\sqrt{T^2 + 1} = \sqrt{3{,}6^2 + 1} = 3{,}74\ (мм), \qquad (2.6)$$

де Т - допуск на діаметральний розмір бази заготівки, яка використовувалась при зацентруванні, мм.

Підставивши значення у формулу (2.5) одержимо результат:

Department of Materials Science and Mechanical Engineering Technologies

$$\Delta_{\Sigma заг} = \sqrt{1{,}0^2 + 0{,}6^2 + 3{,}74^2} = 3{,}92 \text{ (мм)}$$

Місцеве відхилення вісі деталі від прямолінійності (кривизну) після термообробки й виправлення на пресі приблизно визначимо по формулі:

$$\Delta_{\Sigma} = (l - l_x) \cdot \Delta_к = (983\text{-}360) \cdot 0{,}15 = 94 \text{ (мкм)}, \qquad (2.7)$$

де l - довжина заготівки, мм

l_x – відстань від торця деталі до розглянутого перетину, мм

$\Delta_{до}$ – питома кривизна заготівкиі, мкм/мм. Для кувань типу валів після виправлення на пресах приймається 0,15 мкм/мм [13. табл.16 с.186]

Залишкові просторові відхилення заготівки визначаються по формулі:

$$\Delta_{\Sigma} = \Delta_{\Sigma заг} \cdot K_у , \qquad (2.8)$$

де $K_у$ – коефіцієнт уточнення форми, що залежить від виду технологічного переходу.

Приймаються значення коефіцієнта уточнення $K_у$ після чорнового точіння 0,06, після чистового точіння – 0,04, після шліфування – 0,03.

3. Похибка встановлення при базуванні в центрах відсутня.

З використанням формули 2.4 визначається мінімальний припуск для кожного переходу МОП. А саме:

для чорнового точіння $2Z_{чор.точ.} = 2[(160 + 200) + \sqrt{1780^2}\,] = 4280$ *(мм)*

для чистового точіння $2Z_{чист.точ.} = 2[(50 + 50) + \sqrt{107^2}\,] = 414$ *(мм)*

для шліфування попереднього. $2Z_{шліф.поп.} = 2[(25 + 25) + \sqrt{5^2}\,] = 110$ *(мм)*

для шліфування остаточного. $2Z_{шліф.ост.} = 2[10 + \sqrt{37^2}\,] = 37$ *(мм)*

Розрахунок граничних припусків і міжопераційних розмірів при обробці циліндричної поверхні діаметром 90m6 мм наведений у таблиці 2.5.

Розрахунковий розмір для останнього переходу (шліфування) приймається рівним мінімальному розміру по кресленню (90,013 мм). Для наступного переходу він визначається шляхом додатка призначеного припуску (90,213 мм). Аналогічні обчислення виконуються для всіх переходів МОП. Отримані значення приймають у якості мінімального операційного розміру після округлення з урахуванням значущих цифр технологічного допуску. Максимальні операційні розміри відрізняються від мінімальних на величину технологічного допуску.

Department of Materials Science and Mechanical Engineering Technologies

Граничні припуски для кожного переходу МОП визначаються шляхом вирахування граничних розмірів на двох сусідніх переходах:

для чорнового точіння $Z_{чер.\ min} = 96,6 - 92,01 = 4,59$ *(мм)*

$Z_{чер.\ max} = 100,2 - 92,36 = 7,84$ *(мм)*

для чистового точіння $Z_{чист.\ min} = 92,01 - 90,61 = 1,4$ *(мм)*

$Z_{чистий.\ max} = 92,36 - 90,75 = 1,61$ *(мм)*

для шліф. чорнового $Z_{шлиф.\ черн.\ min} = 90,61 - 90,213 = 0,397$ *(мм)*

$Z_{шліф.\ черн.\ max} = 90,75 - 90,25 = 0,5$ *(мм)*

для шліф. чистового $Z_{шлиф.\ чист.\ min} = 90,213 - 90,013 = 0,2$ *(мм)*

$Z_{шліф.\ чистий.\ max} = 90,25 - 90,035 = 0,215$ *(мм)*

Таблиця 2.5

Метод обробки поверхні	Елементи припуска, мкм			Припуск, мкм	Розрахунковий розмір, мм	Допуск, мкм	Розмір, мм		Припуск, мм	
Зовнішня циліндр. 90 т6 мм	Rz	h	Δ_Σ				d_{min}	d_{max}	Z_{min}	Z_{max}
Заготівка	160	200	1780		96,613	3600	96,6	100,2		
Точіння чорнове	50	50	107	4600	92,013	350	92,01	92,36	4,59	7,84
Точіння чисте	25	25	5	1400	90,613	140	90,61	90,75	1,4	1,61
Шліфування поп.	10	20	-	400	90,213	35	90,213	90,25	0,397	0,5
Термообробка	10	-	27	-	-	-	-	-	-	-
Шліфування ост.	5	-	-	200	90,013	22	90,013	90,035	0,2	0,215

Перевірка правильності обчислень здійснюється по формулі:

$$\Sigma Z_{max} - \Sigma Z_{min} = \delta_{заг} - \delta_{дет} \qquad (2.9)$$

де $\delta_{заг}$ *– допуск на розмір заготівлі, мм;*

$\delta_{дет}$ *- допуск на розмір деталі, мм.*

Підставивши значення з таблиці 4.1 у формулу 4.5, одержимо результат:

$$(7,84+1,61+0,5+0,215) - (4,59+1,4+0,397+0,2) = 3,600 - 0,022$$

$$3,578 = 3,578$$

Розрахунок міжопераційних розмірів на обробку інших поверхонь вала зведений у таблицю 2.6.

Department of Materials Science and Mechanical Engineering Technologies

Таблиця 2.6

Метод обробоки поверхні	Припуск, мм	Розрахунковий розмір, мм	Допуск, мкм	Розмір, мм		Припуск, мм	
				D_{min}	D_{max}	Z_{min}	Z_{max}
Зовнішня циліндрична діаметром 172,64 h9 мм							
Заготівка		178,97	5000	179	184		
Точіння чорнове	5,5	173,47	400	173,5	173,9	5,5	10,1
Точіння чистве	1,7	171,77	100	171,8	171,9	1,7	2
Зовнішня циліндрична діаметром 105 $^{-0,87}$ мм							
Заготівка		109,73	4500	109,7	114,2		
Точіння одноразове	5,6	104,13	870	104,13	105	5,57	9,2
Зовнішня циліндрична діаметром 90 h9 мм							
Заготівка		95,73	3600	95,7	99,3		
Точіння	6,2	89,53	870	89,53	89,88	11,24	13,97
Шліфування	0,4	89,13	140	89,13	89,217	0,4	1,13
Зовнішня циліндрична діаметром 75 r6 ( )мм							
Заготівка		81,643	4000	81,6	85,6		
Точіння чорнове	4,6	75,043	300	77,0	77,3	4,6	8,3
Точіння чистве	1,4	75,643	120	75,64	75,76	1,36	1,54
Шліфування попереднє	0,4	75,243	74	75,243	75,317	0,397	0,443
Шліфування остаточне	0,2	75,043	19	75,043	75,062	0,2	0,255
Зовнішня циліндрична діаметром 85 h10 мм							
Заготівка		96,56	3600	96,6	100,2		
Точіння чорнове	11,0	85,36	870	85,36	86,23	11,24	13,97
Точіння чистве	0,6	84,96	140	84,96	85,1	0,4	1,13
Торцеві, звязані розміром 975 $^{-2,3}$ мм							
Заготівка		980,9	6300	980,9	987,2		
Фрезерування торців	8,2	972,7	2300	972,7	975	8,2	12,2
Торцеві, звязані розміром 90 $^{-0,46}$ мм							
Заготівка		195,64	5000	195,6	200,6		
Точіння торців	6,0	189,64	460	189,64	190,1	5,96	10,5

Department of Materials Science and Mechanical Engineering Technologies

2.5 Детальна розробка технологічних операцій

Основна мета детальної розробки технологічної операції - розробка технологічної документації, що містить повну інформацію про зміст операції, її технологічному й метрологічному оснащенні, трудовитратах. Вихідними даними, що визначають послідовність операцій і їхнє призначення, є технологічний маршрут, наведений у таблиць 2.4. Призначення режимів різання, вимог до точності розмірів здійснюємо на підставі результатів розрахунку міжопераційних припусків і розмірів, які наведені в таблицях 2.5 і 2.6..

Виготовлення деталі «Вал-шестірня» передбачає 12 технологічних операцій, з них 9 операцій - механічної обробки. Докладний розрахунок режимів різання й технічної норми часу виконаємо для фрезерно-центрувальної операції. Результати детальної розробки інших операцій і дані для заповнення технологічної документації наведені в таблиці 2.7

Фрезерно-центрувальна операція виконується на верстаті моделі МР-76 і включає два технологічних переходи, виконуваних послідовно. Заготівка встановлюється в спеціальному пристосуванні при верстаті й базується по зовнішній поверхні шийок діаметрами 110,6 і 96,6 мм.

Стисла характеристика верстата:

1.Розміри оброблюваних заготівок, мм		
	діаметр	*25-800*
	довжина	*250-1000*
2. Найбільший хід головок, мм		
	фрезерних	*225*
	свердлувальних	*60*
3. Діаметр фрези, мм		
	найменший	*50*
	найбільший	*160*
4. Діаметр свердла, мм		
	найменший	*2*
	найбільший	*6*
5. Ряд частот обертання фрезерних шпинделей, хв$^{-1}$		*68; 100; 141;194,5; 283; 308; 552; 780*
6. Ряд частот обертання сверлувальних шпинделей, хв$^{-1}$		*250;343;490;70;1050;1600*
7. Діапазон подач фрезерних голівок, мм/хв (б/с)		*20-400*
8. Ряд подач сверлувальних голівок, мм / об		*0,037;0,08;0,083;0,125;0,17*

Department of Materials Science and Mechanical Engineering Technologies

При переміщенні стола одночасно фрезеруються два торці. Використовуються дві торцеві фрези зі вставними ножами, оснащеними пластинами із твердого сплаву - Фреза 2214-0003 ГОСТ 24359-80 (праворіжуча) і Фреза 2214-0004 ГОСТ 24359-80 (ліворіжуча).

Подача при чорновому фрезеруванні (s_z) призначається 0,12-0,18 мм/зуб. Попередньо приймаємо 0,15 мм/зуб. Глибина фрезерування (t) з урахуванням припуску й напуску за рахунок штампувальних ухилів становить 4 мм. Ширина фрезерування (B) з урахуванням максимального розміру заготівки становить 96,6 мм. Стійкість фрези (T) приймаємо рівної 180 хв.

Рекомендована швидкість різання визначається по формулі:

$$V = \frac{C_V \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot s_z^y \cdot B^u \cdot z^p} K_V = \frac{332 \cdot 100^{0.2}}{180^{0.2} \cdot 4^{0.1} \cdot 0{,}15^{0.4} \cdot 96{,}6^{0.2} \cdot 12^0} 0{,}53 = 116{,}6 \ \text{(м/хв)},$$

де $K_V = K_{MV} \cdot K_{nV} \cdot K_{uV} = 1 \cdot \left(\frac{750}{590}\right)^1 \cdot 0{,}8 \cdot 0{,}65 = 0{,}33$ (2.9)

Розрахункова частота обертання шпинделя становить 371,3 об/хв. По паспорту верстата приймаємо 308 об/хв. Розрахункова подача дорівнює 478 мм/хв, по паспорту - 400 мм/хв.

Визначаємо основний час на виконання переходу по формулі:

$$T_o = \frac{L_{px}}{S_{хв}} = \frac{l + l_1 + l_2}{S_{хв}} = \frac{96{,}6 + 0{,}5 + 0{,}5}{400} = 0{,}53 \ \text{(хв)} \quad (2.10)$$

де l *- довжина обробки, мм (33,4);*

l_1 *- підведення на робочій подачі, мм (0,5);*

l_2 *- перебіг, мм (0,5);*

На другому технологічному переході виконується свердлування центрового отвору діаметром 8 мм форми «В» глибиною 15 мм комбінованим центрувальним свердлом зі швидкорізальної сталі 2317-0006 ГОСТ 14952-75.

Рекомендована швидкість різання визначається по формулі:

$$V = \frac{C_V \cdot D^q}{T^m \cdot s^y} K_V = \frac{7 \cdot 8^{0,4}}{25^{0,2} \cdot 0{,}13^{0,7}} \cdot 0{,}47 = 35 \ \text{(м/хв)}. \quad (2.11)$$

Оскільки центрові свердли мають одинарне заточення, у поправочному коефіцієнті на швидкість різання врахований додатковий коефіцієнт $K_{зv}$ = 0,75. Розрахована частота обертання свердлувальної голівки дорівнює 1393 об/хв. Верстат може забезпечи-

Department of Materials Science and Mechanical Engineering Technologies

ти n=1600 об/хв, s=0,125 мм/об. Прийняті параметри різання забезпечують виконання переходу за 0,14 хв.

Розрахунок технічної норми часу на верстатну операцію виконується по формулі:

$$T_ш = (T_o + T_д) \cdot \left[1 + \frac{(a_{обс} + a_{отл})}{100}\right], \qquad (2.12)$$

де То – основний (машинний) час, хв;

$T_д$ – допоміжний час, що складається із часу на установку й зняття деталі, часу, пов'язаного з переходом, часу на виміри, зміну інструмента й зміну режимів різання, хв;

$a_{обс}$ – час на обслуговування робочого місця, % від оперативного (То+ $T_в$);

$a_{отл}$ – час на відпочинок і особисті потреби, % від оперативного (То+ $T_д$).

Для умов серійного виробництва штучно-калькуляційний час на виготовлення однієї деталі розраховується по формулі:

$$T_{шк} = T_ш + \frac{T_{пз}}{n} \qquad (2.13)$$

Структурної складові технічної норми часу проектованої операції й результати розрахунку штучно-калькуляційного часу на виготовлення однієї деталі розраховані з використанням [9] і наведені в таблиці 2.7.

Підготовчо-заключний час визначається як сума часу на налагодження верстата, що залежить від способу встановлення деталі й кількості інструментів, що беруть участь в операції, часі, затрачуваного у випадках роботи з яким-небудь додатковим, що нерегулярно зустрічається в роботі пристосуванням або пристроєм, передбаченим технологічним процесом на операцію, і часу на пробну обробку деталі. Для даної операції воно становить 16,5 хв і враховує наступні види витрат

- Налагодження верстата, інструмента й пристосування - 10 хв;

- додаткові прийоми - 1,5 хв;

- одержання інструмента й пристосувань до початку й здачу їх після закінчення обробки - 5 хв;

Допоміжний час на встановлення деталі вагою до 200 кг мостовим краном на призми в горизонтальному пристосуванні відкритого типу (0,11 хв) із закріпленням пневматичним затискачем (0,04 хв) становить 1,3 хв (карта 16)

Department of Materials Science and Mechanical Engineering Technologies

Таблиця 2.7

Структурні складові норми часу			Значення, хв
T_o	Основний час		0,38
$T_д$	Допоміжний час на встановлення та зняття деталі		1,3
	Допоміжний час, що повязаний з переходом		0,11
		в тому числі: очищення пристрою від стружки стислим повітрям	0,12
		пришвидшене переміщення столу в ісходне положення	0,04
	Допоміжний час на контрольні вимірювання неперекривний		0,13
	Допоміжний час на контрольні вимірювання		0,51
		в тому числі: вимірювання штангенциркулем 15 мм	2x0,1
		контроль лінійним шаблоном 975мм	0,11
		контроль шаблоном конусу 120°	2x0,1
$T_{оп}$	Оперативний час (0,38+1,57+0,13)		2,08
$T_{пз}$	Підготовчо-заключний час		16,5
$T_{орг}$	Час на обслуговування рабочого місця, 3,5% от $T_{оп}$		0,0728
$T_{воп}$	Час на відпочинок і особисті потреби 4% от $T_{оп}$		0,0832
$T_{шт}$	Штучний час на виконання операції		1,95
$T_{шк}$	Штучно-калькуляційний час		2,92

Зміст і технологічне оснащення інших операцій по виготовленню деталі «Вал-шестерня» наведено в таблиці 2.8.

Таблиця 2.8 Узагальнена характеристика операцій по виготовленню деталі «Вал-шестерня»

Операція 05, Фрезерно-центрувальна					
Модель верстата	Пристосування	T_o	$T_д$	$T_{пз}$	$T_{шк}$
		хв.	хв.	хв.	хв.
МР-76	При верстаті	0,38	2,21	16,5	1,95
Зміст та оснащення операції					
Зміст переходу		Різальний інструмент		Допоміжний інструмент	
1. Фрезерувати торці в розмір $975_{-2,3}$ мм		Фреза 2210-0075 ГОСТ 9304-69 Фреза 2210-0076 ГОСТ 9304-69		Оправка К2.478.000-03 ТУ2 035-534-76	
2. Свердлити центрові отвори з двох боків		Свердел 2317-0168 ГОСТ 14952-75		Патрон 1-30-25-110 ГОСТ 26539-85	

Department of Materials Science and Mechanical Engineering - Technologies

Продовження таблиці 2.8

Характеристика переходу						
Перехід	t, мм	S, мм/хв	V, м/хв	n, об/хв	T_o, хв	$T_д$, хв
1	4	400	116	308	0,24	0,07
2	4	200	35	1600	0,14	-

Операція 10, Токарна з ЧПК					
Модель верстата	Пристосування	T_o	$T_д$	$T_{пз}$	$T_{шк}$
		хв.	хв.	хв.	хв.
16К20Ф3	Центр 7032-0035 5 ПТ ГОСТ 13214-79 Центр А-1-5-НП ЧПУ ГОСТ 8742-75 Патрон 7108-0023 ГОСТ 2571-71	11,83	2,36	26	23,64

Зміст та оснащення операції		
Зміст переходу	Різальний інструмент	Допоміжний інструмент
1. Попереднє точіння деталі з лівого торця. Зняття фасок	Різець 2103-0713 ГОСТ 20872-80	-
2. Чистове точіння деталі з лівого торця	Різець 2103-0711 ГОСТ 20872-80	-

Характеристика переходу						
Перехід	t, мм	S, мм/хв	V, м/хв	n, об/хв	T_o, хв	$T_д$, хв
1	2,8	93,2	98,4	285	5,69	1,28
2	0,85	48,9	135,3	500	6,14	1,08

Операція 15, Токарна з ЧПК					
Модель верстата	Пристосування	T_o	$T_д$	$T_{пз}$	$T_{шк}$
		хв.	хв.	хв.	хв.
16К20Ф3	Центр 7032-0035 5 ПТ ГОСТ 13214-79 Центр А-1-5-НП ЧПУ ГОСТ 8742-75 Патрон 7108-0023 ГОСТ 2571-71	13,34	2,5	26	16,12

Зміст та оснащення операції		
Зміст переходу	Різальний інструмент	Допоміжний інструмент
1. Попереднє точіння деталі з правого торця. Зняття фасок	Резец 2103-0712 ГОСТ 20872-80	-
2. Чистове точіння деталі з правого торця	Резец 2103-0711 ГОСТ 20872-80	-

Department of Materials Science and Mechanical Engineering Technologies

Продовження таблиці 2.8

Характеристика переходу						
Перехід	t, мм	S, мм/хв	V, м/хв	n, об/хв	$T_о$, хв	$T_д$, хв
1	5,5	90,7	94,5	345	4,13	1,25
2	0,7	40,7	119,7	417	9,21	1,25

Операція 25, Фрезерувальна					
Модель верстата	Пристосування	$T_о$	$T_д$	$T_{пз}$	$T_{шк}$
		хв.	хв.	хв.	хв.
6Д92	Призма 7033-0039 ГОСТ 12195-66	9,2	2,8	17	10,6

Зміст та оснащення операції		
Зміст переходу	Різальний інструмент	Допоміжний інструмент
2. Фрезерувати шпонковий паз шириною 20 и довжиною 130 мм	Фреза 2234-0383 Н9 ГОСТ 9140-78	Патрон 1-30-20-100 ГОСТ 26539-85

Характеристика переходу						
Перехід	t, мм	S, мм/хв	V, м/хв	n, об/хв	$T_о$, хв	$T_д$, хв
1	0,2	475	119,7	417	9,21	1,25

Операція 30, Зубофрезерувальна					
Модель верстата	Пристосування	$T_о$	$T_д$	$T_{пз}$	$T_{шк}$
		хв.	хв.	хв.	хв.
5К328	Центр 7032-0035 Морзе 5 ПТ ГОСТ 13214-79 Патрон 7108-0023 ГОСТ 2571-71	12,0	4,8	38	15,2

Зміст та оснащення операції		
Зміст переходу	Різальний інструмент	Допоміжний інструмент
1. Фрезерувати зубчастий вінець попередньо	Фреза 2510-4093 В ГОСТ 9324-80	Оправка 6225-0154 ГОСТ 15067-75

Характеристика переходу						
Перехід	t, мм	S, мм/хв	V, м/хв	n, об/хв	$T_о$, хв	$T_д$, хв
1	9	2,6	24,8	63	12	0,2

Department of Materials Science and Mechanical Engineering Technologies

Продовження таблиці 2.8

Операція 35, Зубофрезерувальна					
Модель верстата	Пристосування	$T_о$	$T_д$	$T_{пз}$	$T_{шк}$
		хв.	хв.	хв.	хв.
5К328	Центр 7032-0035 Морзе 5 ПТ ГОСТ 13214-79 Патрон 7108-0023 ГОСТ 2571-71	17,3	2,1	41	20,5

Зміст та оснащення операції		
Зміст переходу	Різальний інструмент	Допоміжний інструмент
1. Фрезерувати зубчастий вінець остаточно	Фреза 2510-4093 В ГОСТ 9324-80	Оправка 6225-0154 ГОСТ 15067-75

Характеристика переходу						
Перехід	t, мм	S, мм/хв	V, м/хв	n, об/хв	$T_о$, хв	$T_д$, хв
1	1,2	2,0	53	132	17,3	0,2

Операція 45, Круглошліфувальна					
Модель верстата	Пристосування	$T_о$	$T_д$	$T_{пз}$	$T_{шк}$
		хв.	хв.	хв.	хв.
3М152МВФ2	Центр 7032-0035 Морзе 5 ПТ ГОСТ 13214-79 Хомутик 7107-0070 ГОСТ 16486-70	5,45	7,44	24	14

Зміст та оснащення операції		
Зміст переходу	Різальний інструмент	
1. Шліфування з перевстановленням поверхні 90, 85,75 мм	Круг – ПП 600х80х305, 15А 40 С1 К8 35м/с ГОСТ 2424-83	

Характеристика переходу						
Перехід	t, мм	S, мм/об	V, м/хв	n, об/хв	$T_о$, хв	$T_д$, хв
1	0,4	0,006	44	157	1,32	3,72
2	0,4	0,006	44	157	1,32	3,72

Операція 50, Круглошліфувальна					
Модель верстата	Пристосування	$T_о$	$T_д$	$T_{пз}$	$T_{шк}$
		хв.	хв.	хв.	хв.
3М152МВФ2	Центр 7032-0035 Морзе 5 ПТ ГОСТ 13214-79 Хомутик 7107-0070 ГОСТ 16486-70 Хомутик 7107-0071 ГОСТ 16486-70	8,46	7,44	40	4,74

Department of Materials Science and Mechanical Engineering Technologies

Продовження таблиці 2.8

Зміст та оснащення операції						
Зміст переходу			Різальний інструмент			Допоміжний інструмент
1. Чистовое шлифование $\varnothing 90^{+0,035}_{+0,013}$ мм			Круг – ПП 600х80х305, 24А 25 СМ1 К5 35м/с ГОСТ 2424-83			-
2. Чистовое шлифование $\varnothing 90^{+0,035}_{+0,013}$, $\varnothing 75^{+0,062}_{+0,043}$ мм			Круг – ПП 600х80х305, 24А 25 СМ1 К5 35м/с ГОСТ 2424-83			-
Характеристика переходу						
Перехід	t, мм	S, мм/хв	V, м/хв	n, об/хв	T_o, хв	$T_д$, хв
1	0,11	0,0006	45	160	1,01	0,09
2	0,11	0,0006	45	160	1,01	0,99
Операція 55, Оздоблювальна						
Модель верстата	Пристосування		T_o	$T_д$	$T_{пз}$	$T_{шк}$
			хв.	хв.	хв.	хв.
3М162	Центр 7032-0035 Морзе 5 ПТ ГОСТ 13214-79 Хомутик 7107-0071 ГОСТ 16486-70		1,45	4,92	14	6,8
Зміст та оснащення операції						
Зміст переходу			Різальний інструмент			Допоміжний інструмент
1. Полірування циліндричної поверхні ∅85 h10 мм			Круг 250х32х25 ТУ У 17,5-2557200014-002-2004			
Характеристика переходу						
Перехід	t, мм	S, мм/хв	V, м/хв	n, об/хв	T_o, хв	$T_д$, хв
1	0,002	90	15	900	1,45	3,72

Department of Materials Science and Mechanical Engineering Technologies

3 Спеціальний розділ

3.1 Проектування верстатного пристосування

Виконаємо обґрунтування конструкції й проектно-технологічні розрахунки, необхідні для розробки складального креслення пристосування на шпонково-фрезерувальну операцію при виготовленні деталі «Вал-шестірня». Дана операція виконується на вертикально-фрезерному верстаті 6А59, що має розміри стола 2500х1000 мм і найбільшим поздовжнім переміщенням стола 2000 мм.

Зміст операції полягає у фрезуванні шпонкового паза 20N9 мм. Вибираємо типову схему базування заготовки, з використанням двох настановних призм, як показано на рисунку 3.

Рисунок 3.1 – Схема базування заготівки

Аналіз даної схеми показує, що на точність положення оброблюваних поверхонь не впливають коливання розмірів настановних баз. Тобто, погрішності базування відсутні, оскільки технологічні бази збігаються з вимірювальними, а базування на призму гарантує сполучення осі призми з віссю настановної бази. Схема додатка затискної сили в комбінації із застосовуваним типом настановних елементів дозволяють зробити вивід, що заготовка займає необхідне положення в просторі під дією сил ваги й не змінить свого положення під дією затискної сили, лінія дії сили закріплення перпендикулярна напрямку розміру, тобто погрішність закріплення дорівнює нулю.

Таким чином, на сумарну погрішність обробки в проектованому пристосуванні буде впливати тільки точність виготовлення елементів пристосування і його налагодження. При оцінці цих погрішностей використовуємо формулу:

$$\varepsilon = \sqrt{\varepsilon_б^2 + \varepsilon_з^2 + \varepsilon_п^2} = 45 \text{ мкм}, \qquad (3.1)$$

Department of Materials Science and Mechanical Engineering Technologies

Похибка базування заготовки в призмах оцінюється по формулі

$$\varepsilon_б = 0{,}5ITd \cdot (\frac{1}{\sin\alpha / 2} - 1) = 44 \text{ мкм}.$$

Похибка закріплення заготовки визначаємо по формулі:

$$\varepsilon_з = \left[\left(K_{K_z} \cdot R_z + \frac{K_{HB}}{HB}\right) + C_1\right]\left(\frac{Q}{19{,}6L}\right) = 6{,}7 \ \ (мкм) \qquad (3.2)$$

де HB – твердість матеріалу по Бринелю;

Q – сила, що діє по нормалі на опору, Н;

L – довжина контакту, мм;

Rz - параметр шорсткості поверхні, мкм.

Похибка положення заготовки визначаємо по формулі:

$$\varepsilon_u = \beta\sqrt{N} \cdot \cos\gamma = 0{,}3 \cdot \sqrt{731} \cdot 0{,}707 = 6 \text{ мкм} \qquad (3.3)$$

де β-емпіричний коеф. для розрахунків величини зношування поверхонь призм;

N – річна програма випуску деталей, шт;

γ – кут між напрямком розміру й нормалі до базової поверхні.

Підставивши отримані значення у формулу (3.1), визначимо значення сумарної погрішності обробки. Це значення повинне бути, що менше допускається, яке можна визначити по формулі:

$$[\varepsilon] = T - k_y \cdot \omega = 74 - 0{,}6 \cdot 20 = 62 \ \ (мкм) \qquad (3.4)$$

де T – допуск виконуваного розміру, мкм;

k_y – коефіцієнт запасу (0,6-0,8);

(- середньоекономічна точність фрезування шпонкового пазу.

Як видно, умова точності обробки виконується $\varepsilon < [\varepsilon]$.

Визначимо силу, потрібну для надійного закріплення заготовки в процесі фрезування шпонкового паза. Вона буде знайдена в результаті розв'язку системи рівнянь рівноваги заготовки для прийнятої схеми базування на підставі схеми дії сил. Схема дії сил у поперечному перерізі заготовки представлено на рисунку 4. При фрезуванні шпонкового паза головна складова сил різання Pz спрямована паралельно осі деталі й подвійній напрямній базі. Необхідну силу закріплення визначимо з рівняння рівності сил по формулі:

$$P_З = 2 \cdot \frac{K \cdot P_z \cdot R}{2 \cdot f \cdot f} \cdot \cos\alpha = 13677 \quad (Н), \qquad (3.5)$$

де де - коефіцієнт запасу (приймаємо 1,3)

Department of Materials Science and Mechanical Engineering Technologies

Pz- сила різання при фрезуванні, Нм;

R – радіус поверхні, що контактує із призмою;

f - коефіцієнт тертя на поверхні контакту (0,2)

(- кут призми, гради.

Рисунок 3.2 – Схема дії сил у поперечному перерізі

Силові параметри процесу фрезування визначимо по відомій формулі:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot s_z^y \cdot B^n \cdot z}{D^q \cdot n^w} K_{mp} = \frac{10 \cdot 12{,}5 \cdot 7{,}5^{0.86} \cdot 0{,}15^{0.75} \cdot 20 \cdot 2}{20^{0.73} \cdot 480^{-0.13}} = 1707{,}65 \quad (H) \qquad (3.6)$$

Значення цієї сили необхідно зрівняти з інший, яка гарантує незсув заготовки уздовж призм під дією сил різання. Вона може бути визначена з рівняння рівноваги сил у напрямку можливого переміщення, складеного на підставі схеми, зображеної на рисунку 5. У цьому випадку потрібна сила закріплення рівна:

$$P_з = 4N \cdot 2f = 2732{,}24 \quad (H) \qquad (3.7)$$

Рисунок 3.3 - Схема дії сил у поздовжньому перетині

У якості базового конструктивного елемента пристосування буде використовуватися стандартний гідроциліндр ГОСТ 19900-74.

Діаметр поршня гідроциліндра для закріплення заготовки

$$d_п = \sqrt{\frac{4 \cdot P_З}{\pi \cdot \rho \cdot \eta}} = 0{,}040 \text{ м}, \qquad (3.8)$$

де $P_з$ – 13677 Н, сила закріплення;

ρ = 6,3 Мпа, робочий тиск масла;

η = 0,93, коефіцієнт корисної дії гідроциліндра.

Department of Materials Science and Mechanical Engineering Technologies

На підставі розрахованих даних, як привод для закріплення, ухвалюємо стандартний гідроциліндр двосторонньої дії діаметром 50 мм, тип СРП, тип 6, 7021-0249.

Технічна характеристика гідроциліндра:

- діаметр поршня – 50 мм;

- діаметр штока – 25 мм;

- хід поршня не більш 32 мм.

Реалізована сила штока гідроциліндра при робочому тиску масла 6,3 Мпа:

-, що штовхає – 19,2 кн;

- тягнуча – 14,4 кн.

3.2 Проектування контрольного пристосування

Контроль шпонкового паза 20N9 мм буде здійснюватися комплексним шпонковим калібром. Для контролю розташування паза вала застосовується шпонковий калібр-призма виконання 2 .

Вал зі шпонковим пазом уважається придатним, якщо шпонковий калібр-пробка проходить (при відсутності зазору між валом і призмою),а діаметр вала, ширина й глибина шпонкового паза не виходять за граничні розміри.

Для розрахунків виконавчих розмірів калібрів використана методика, наведена в СТ СЭВ 640-77. Вихідні дані для розрахунків представлено в таблиці 3.2. Результати розрахунків зведено в таблицю 3.3.

Схема розташування поля допуску номінальної ширини шпонки шпонкового калібру-призми представлено на рисунку 3.4.

Таблиця 3.2

Найменування показника	*Позначення*	*Значення, мм*
1	*2*	*3*
Ширина шпонкового паза	*b*	*20*
Довжина калібру-призми	*L*	*80*
Висота калібру-призми	*H*	*45*
Довжина шпонки калібру-призми	*B*	*25*
Величина, що визначає глибину входження шпонки шпонкового калібру-призми в шпонковий паз вала	B_1	*23*
Верхнє відхилення середнього діаметра різьблення	*C*	*30,6*

Department of Materials Science and Mechanical Engineering Technologies

Продовження таблиці 3.2

1	2	3
Допуск на відстань від середини поля допуску до найменшого граничного розміру паза вала	*Zb*	*9,0*
Допуск на виготовлення шпонкового калібру-призми по ширині шпонки	*Hb*	*6*
Припустимий вихід зношеного шпонкового калібру-призми за кордон поля допуску ширини шпонкового паза	*Yb*	*18*
Допуск симетричності в діаметральному вираженні шпонкового калібру-призми	*Ts*	*8*
Верхнє відхилення поля допуску для ширини шпонки шпонкового калібру-призми	*es*	*-58*
Нижнє відхилення поля допуску для ширини шпонки шпонкового калібру-призми	*ei*	*-64*
Відхилення зношування для ширини шпонки шпонкового калібру-призми	*ew*	*-70*

Таблиця 3.3

Обумовлений розмір	*Розрахункова формула*	*Граничні відхилення*	*Виконавчий розмір, мм*
Номінальна ширина шпонки шпонкового калібру-призми, bk	$b_{min} - Z_b + \frac{H_b}{2}$	*-6*	*13,948*
Глибина входження шпонки шпонкового калібру-призми в шпонковий паз вала	$\frac{d}{2} - t_1 + 2r$	*js12*	*50*

Рисунок 3.4 – Схема розташування поля допуску калібру – призми

Department of Materials Science and Mechanical Engineering Technologies

Висновки

Запропонований проект технологічного процесу дозволяє максимально ефективно здійснити підготовку серійного виробництва деталі «Вал-шестерня» з річною програмою випуску 460 шту і партією запуску 20 шт..

Конструктивні особливості деталі дозволили використати заготівлю максимально приближену до готової деталі. Вона тримується штампуванням, має масу 88,7 кг, що забезпечує дуже пристойний коефіцієнт використання матеріалу - 0,95

Технологічність конструкції деталі оцінена як добра. Кількістні коефіцієнти не нижче 0,7.

Не дуже висока твердість матеріала (262-311 НВ) дала можливість не включати в маршру термічну обробку і пов'язані з неє деформації, і при цьому виконувати лезову обробку оснаних поверхонь – зубців, шпонкового пазу.

Застосований типовий технологічний процес виготовлення середніх валів з використанням круглошліфувального верстата з ЧПК, що дозволило одночасно зменшити кількість операцій і підвищити продуктивність за рахунок зменшення універсальних круглошліфувальних верстатів.

Спроектований верстатний пристрій з гідравлічним затикачем дозволив підвищити надійність закріплення заготівки, зменшити допоміжний час на її закріплення.

Department of Materials Science and Mechanical Engineering Technologies

Список посилань

1. ГОСТ 7505-89 Поковки стальные штампованные «Допуски размеров и припуски на механическую обработку».

2. Кащук В.А., Верещагин А.Б. Справочник шлифовщика. – М.: Машиностроение, 1988, 480 с.

3. Кодирование технологической информации: Справочное пособие/ Сост. С.Г.Пиньковский, В.Г.Олейниченко – Днепропетровск: НГУ, 2003.-24с.

4. Комплектность и правила заполнения бланков технологических документов: Методическое пособие для самостоятельной работы/ Сост. С.Г.Пиньковский, В.И.Холоша, Ю.Г.Кравченко – Днепропетровск: НГУ, 2004.-34с.

5. Кузнецов В.И., Маслов А.Р., Байков А.Н. Оснастка для станков с ЧПУ Справочник. – М.: Машиностроение, 1983, 359 с.

6. Марочник сталей и сплавов / Под ред. В.Г.Сорокина – М.: Машиностроение, 1989 –638с.

7. Обработка металлов резанием. Справочник технолога / Под ред. А.А.Панова. - М.: Машиностроение, 1988, 736 с.

8. Общемашиностроительные нормативы времени вспомогательного, на обслуживание рабочего места и подготовительно-заключительного для технического нормирования станочных работ.- М.: Машиностроение. 1974.

9. Прогрессивные режущие инструменты и режимы резания металлов. Справочник / Под ред. В.И.Баранчикова . - М.: Машиностроение, 1990, 399 с.

10. Режимы резания металлов. Справочник / Под ред. Ю.В.Барановского. М. Машиностроение, 1972, 363 с.

11. Руденко П.А., Харламов Ю.А. Проектирование и производство заготовок в машиностроении. Киев.: Вища школа, 1991

12. Справочное пособие по назначению операционных припусков на механическую обработку табличным методом / Сост.: С.Г. Пиньковский, Ю.Г.Кравченко, В.Г.Олейниченко – Днепропетровск: НГАУ, 2002.-15с.

13. Станочные приспособления: Справочник. В 2-х т. / Под ред. Б.Н.Вардашкина . – М.: Машиностроение, 1984-Т.2 502 с.

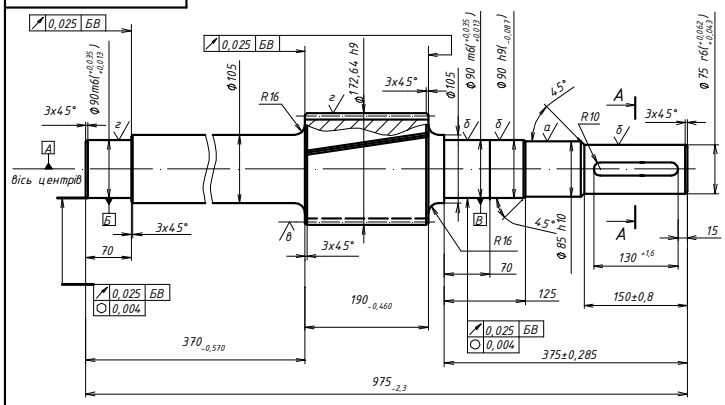
14. Станочные приспособления: Справочник. В 2-х т. / Под ред. Б.Н.Вардашкина . – М.: Машиностроение, 1984-Т.2 656 с.

15 Технология машиностроения (специальная часть): Учебник для машиностроительных специальностей вузов / А.А.Гусев, Е.Р.Ковальчук, И.М.Колесов и др.- М.: Машиностроение, 1986, 480 с.

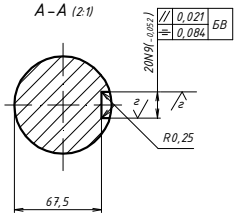
Department of Materials Science and Mechanical Engineering Technologies

Department of Materials Science and Mechanical Engineering

ТММ.ОППБ.20.04.01



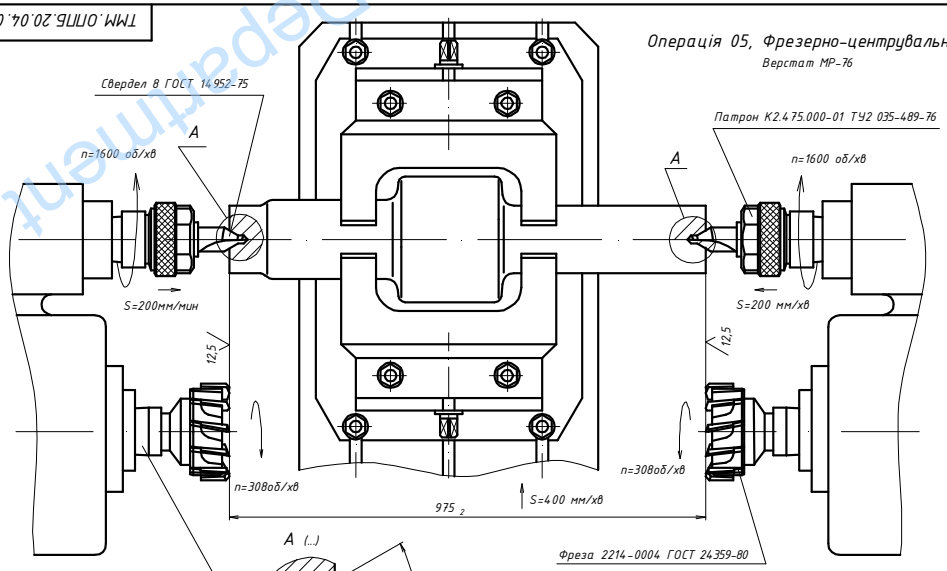
Модуль нормальний	m_n	4,5
Кількість зубів	z	36
Кут нахилу зуба	b	6°34′
Напрям лінії зуба	–	правое
Нормальний вихідний контур	ГОСТ 13777-81	
Коефіцієнт зсмщення	x	0
Степінь точності ГОСТ 1643-72	8-В	
Постійна хорда зуба	S_c	6,242
Висота до постійної хорди	h_c	3,364
Ділильний діаметр	d	54,167



1. 262...311 НВ
2. $\sqrt{}^{а} = \sqrt{Ra\ 0,4}$; $\sqrt{}^{б} = \sqrt{Ra\ 0,8}$; $\sqrt{}^{в} = \sqrt{Ra\ 1,6}$; $\sqrt{}^{г} = \sqrt{Ra\ 3,2}$
3. Невказані граничні відхилення розмірів h14, H14, ±IT14/2
4. Центрові отвори В8 ГОСТ 14034-74 з двох боків

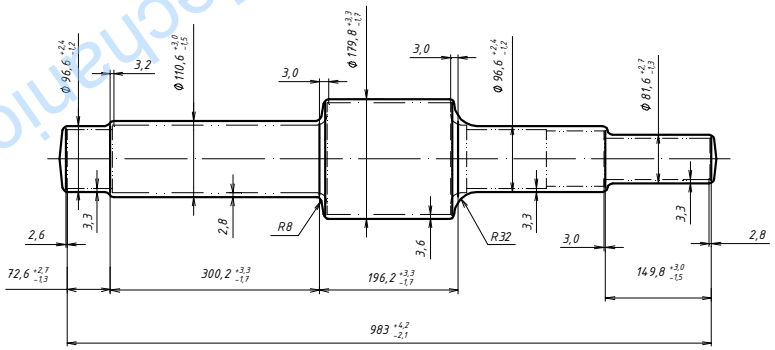
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата	ТММ.ОППБ.20.04.01				
Розр.об.		Гетьман			Вал-шестерня	Літ.	Маса	Масшт.	
Перев.		Піньковський					84,7	1:4	
Т.контр.						Аркуш	Аркушів 1		
Н.контр.					34ХН1М ГОСТ 4543-71	НТУ "ДП"			
Затв.		Прощв							

ТММ.ОППБ.20.04.03



Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата	ТММ.ОППБ.20.04.03				
Розр.об.		Гетьман			Вал-шестерня	Літ.	Маса	Масшт.	
Перев.		Піньковський			Заготівка		88,7	1:4	
Т.контр.						Аркуш	Аркушів 1		
Н.контр.					34ХН1М ГОСТ 4543-71	НТУ "ДП"			
Затв.		Прощв							

ТММ.ОППБ.20.04.02

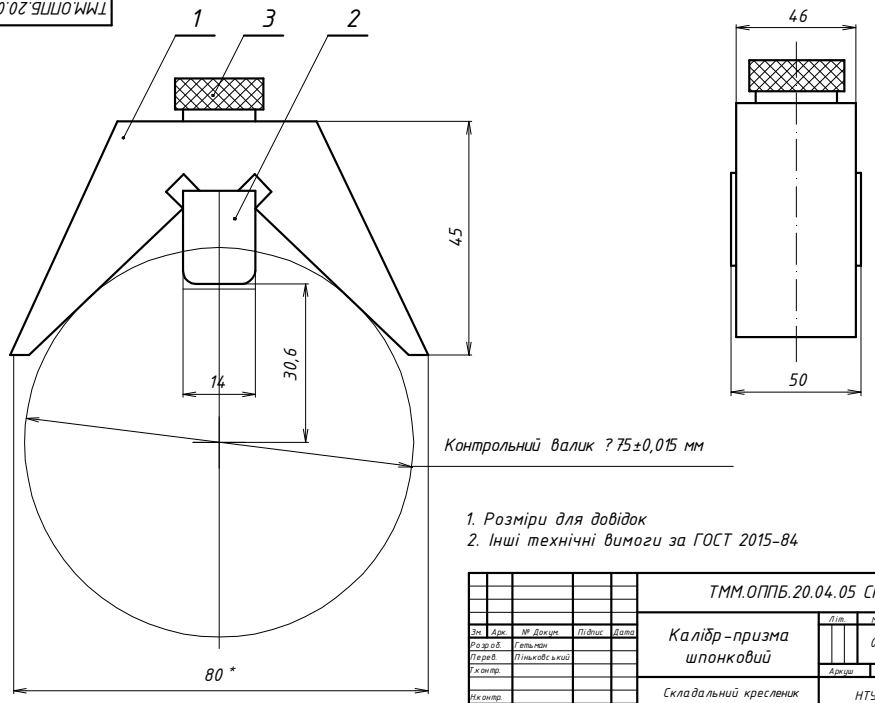


6. Невказані радіуси скруглень 5 мм.
7. Клас точності кування – Т4, група сталі – М2, степінь складності – С1
8. Інші технічні вимоги за ГОСТ 8479-70

1. 195...247 НВ
2. Допустима величина зсуву по поверхні ознімання штампу 1,4 мм
3. Допустима величина залишкового облою 1,6 мм
4. Допустиме відхилення від вигину 0,8 мм
5. Штампувальші ухили зовнішні – 7°, внутрішні – 10°

Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата	ТММ.ОППБ.20.04.02				
Розр.об.		Гетьман			Вал-шестерня	Літ.	Маса	Масшт.	
Перев.		Піньковський			Заготівка		88,7	1:4	
Т.контр.						Аркуш	Аркушів 1		
Н.контр.					34ХН1М ГОСТ 4543-71	НТУ "ДП"			
Затв.		Прощв							

ТММ.ОППБ.20.04.05 СК



Контрольний валик ?75±0,015 мм

1. Розміри для довідок
2. Інші технічні вимоги за ГОСТ 2015-84

Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата	ТММ.ОППБ.20.04.05 СК				
Розр.об.		Гетьман			Калібр-призма шпонковий	Літ.	Маса	Масштаб	
Перев.		Піньковський					0,64	2:1	
Т.контр.						Аркуш	Аркушів 1		
Н.контр.					Складальний кресленик	НТУ "ДП"			
Затв.		Прощв							

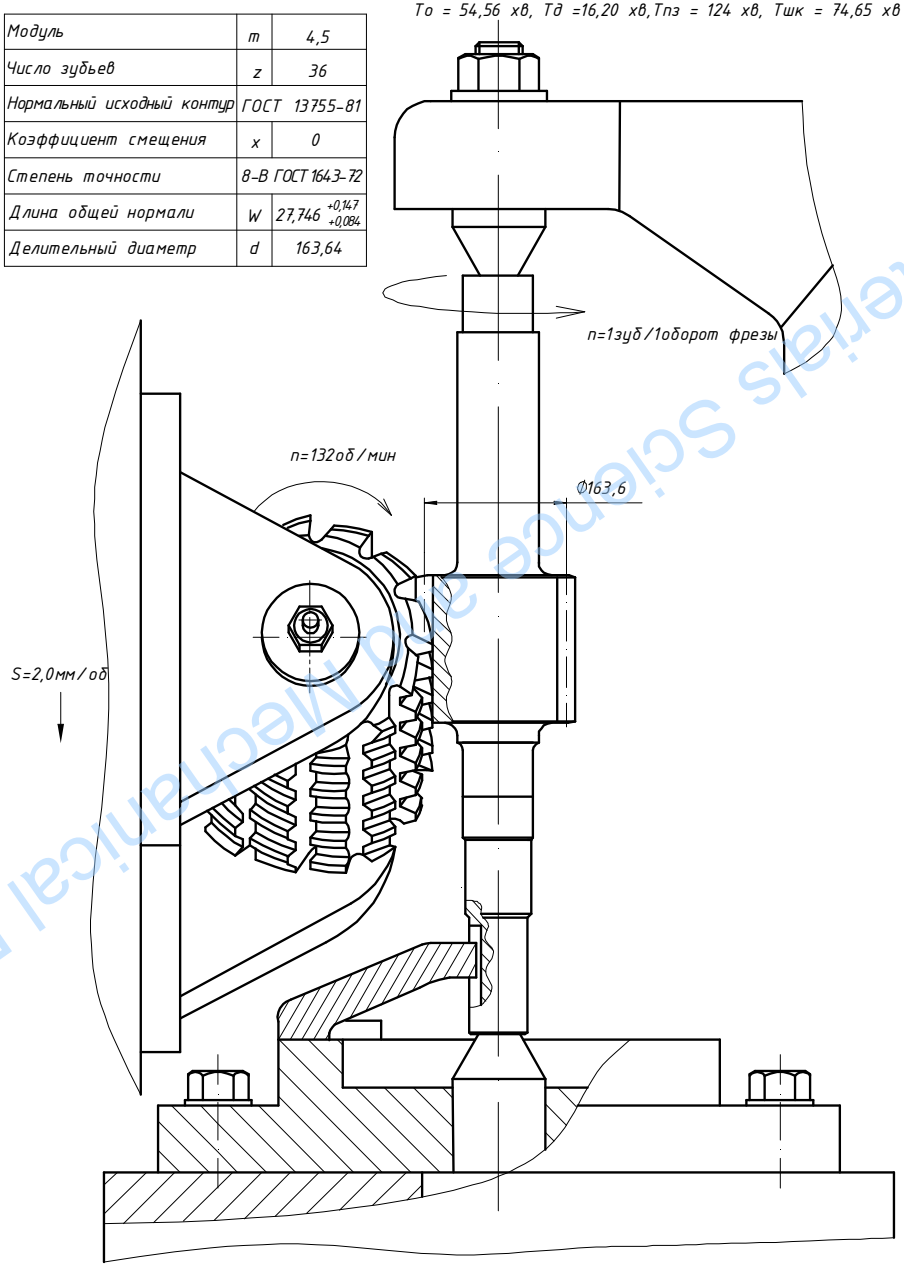
ТММ.ОППБ.20.04.07

Операція 35, Зубофрезерувальна

Верстат 5А328

То = 54,56 хв, Тд =16,20 хв, Тпз = 124 хв, Тшк = 74,65 хв

Модуль	m	4,5
Число зубьев	z	36
Нормальный исходный контур	ГОСТ 13755-81	
Коэффициент смещения	x	0
Степень точности	8-В ГОСТ 1643-72	
Длина общей нормали	W	$27{,}746^{+0{,}147}_{+0{,}084}$
Делительный диаметр	d	163,64



					ТММ.ОППБ.20.04.07			
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата				
Розр.об.		Гетьман			Налагодження технологічне оп.35	Літ.	Маса	Масшт.об
Перев.		Пінькобський					-	-
Т.контр.						Аркуш	Аркушів 1	
Н.контр.						НТУ "ДП"		
Затв.		Проців						

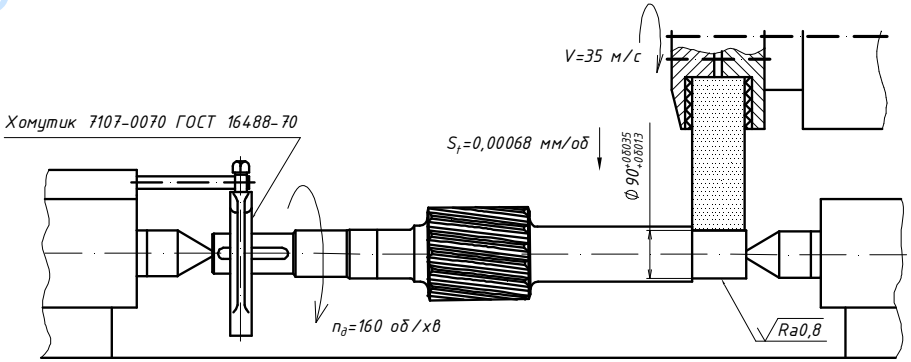
ТММ.ОППБ.20.04.08

Операція 50, Круглошліфувальна

Верстат 3М132МВФ2, СЧПК Ф2

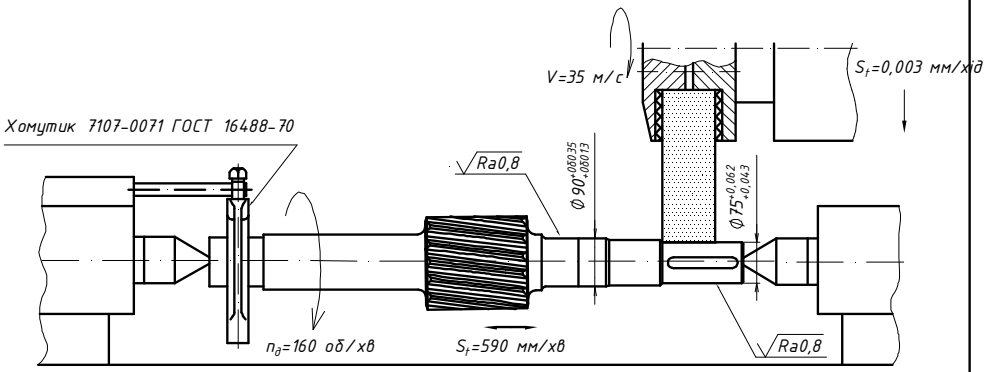
T_o=2,0 хв; $T_д$=2,1 хв; $T_{пз}$=40,2 хв; $T_{шт}$=4,74 хв

Установ А



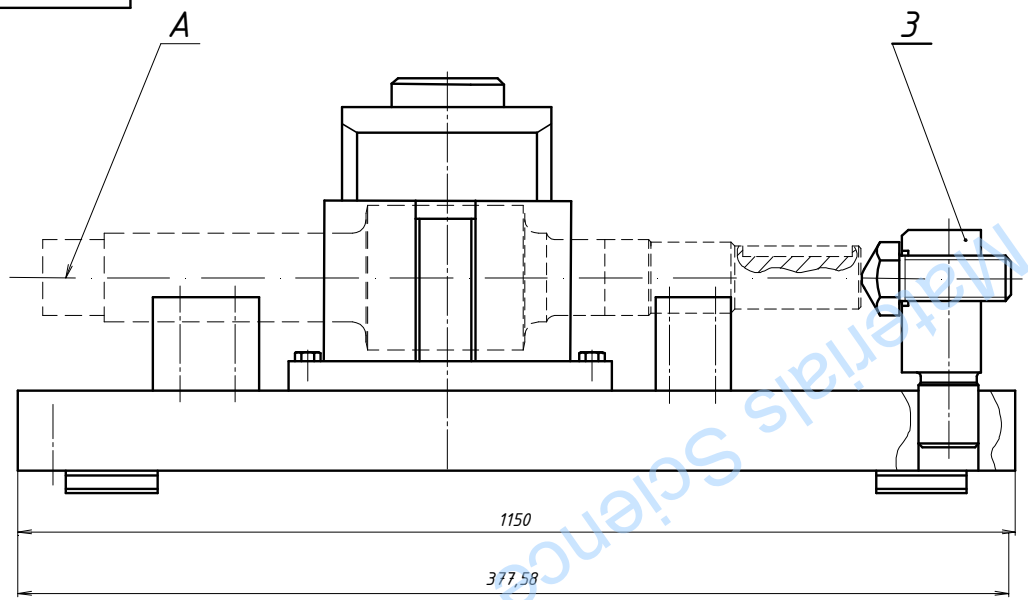
Інструмент	Круг ПП 600х80х305 24А 25 СМ1 К5 ГОСТ 2424-83
Оснащення	Центр 7032-0035 Морзе 5 ПТ ГОСТ 13214-79 (2)
Контрольний інструмент	Скоба СР 75 ГОСТ 11098-75

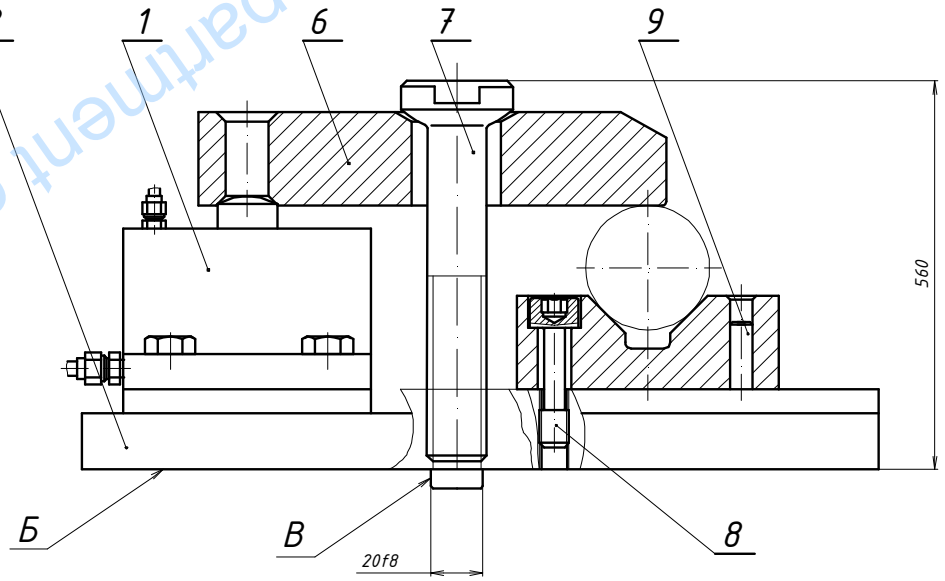
Установ Б

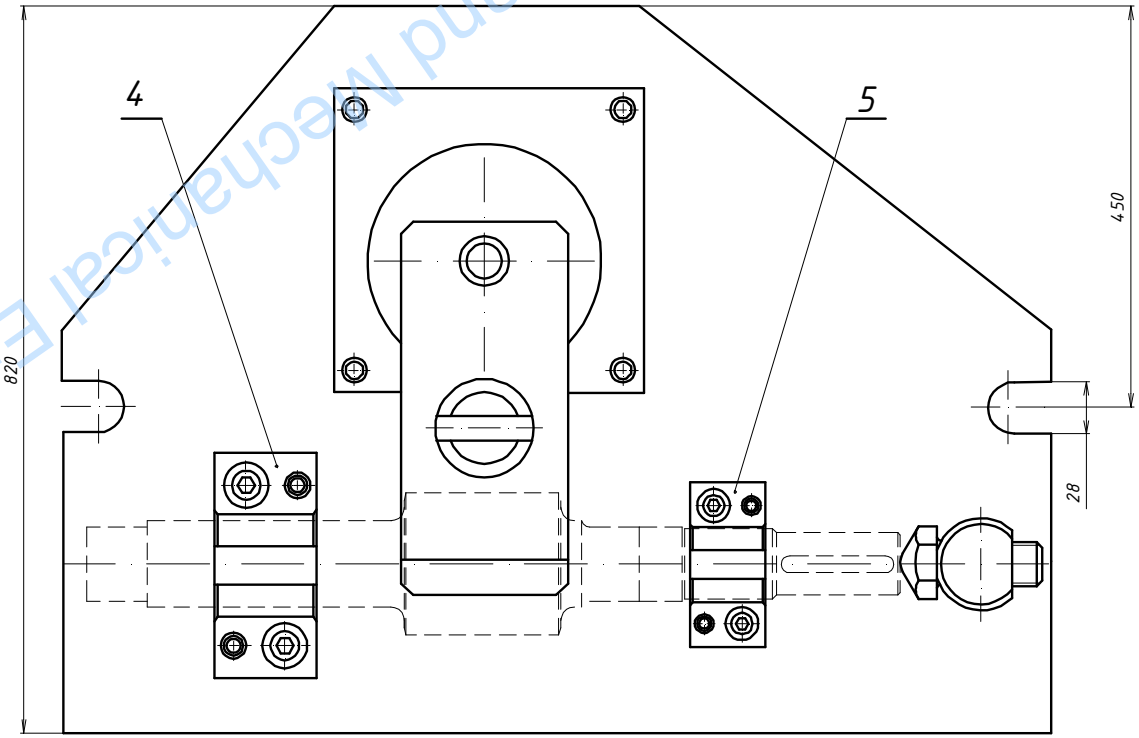


					ТММ.ОППБ.20.04.08			
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата				
Розр.об.		Гетьман			Налагодження технологічне оп.50	Літ.	Маса	Масшт.об
Перев.		Пінькобський					-	-
Т.контр.						Аркуш	Аркушів 1	
Н.контр.						НТУ "ДП"		
Затв.		Проців						

Department of Materials Science and Mechanical Eng







Технічна характеристика

1. *Технічна характеристика*
1. *Діаметр гідроциліндра 50 мм, діаметр штака – 25 мм.*
2. *Хід поршню 32 мм максимум*
3. *Номінальний тиск 1,0 МПа*
4. *Максимальний тиск в гідросистемі 6,3 МПа*

Технічні вимоги

1. *Непаралельність вісі вала А відностно поверхні Б не більше 0,04 мм*
2. *Непаралельність вісі вала А відностно поверхні В не більше 0,04 мм*
3. *Поверхні тертя змазати мастилом ЛІТОЛ-4 ГОСТ 21150-75*
4. *Сила затиску 15000Н*
5. *Маркувати позначення електрографічним засобом*

						ТММ.ОППБ.20.04.06 СК	
Зм.	Кількіс.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Гетьман			Пристрій спеціальний	Літ.	Маса 86,5 / Масштаб 1:4
Перев.		Піньковський				Аркуш	Аркушів 1
Т.контр.							
Н.контр.					Складальний кресленик	НТУ "ДП"	
Затв.		Працев					

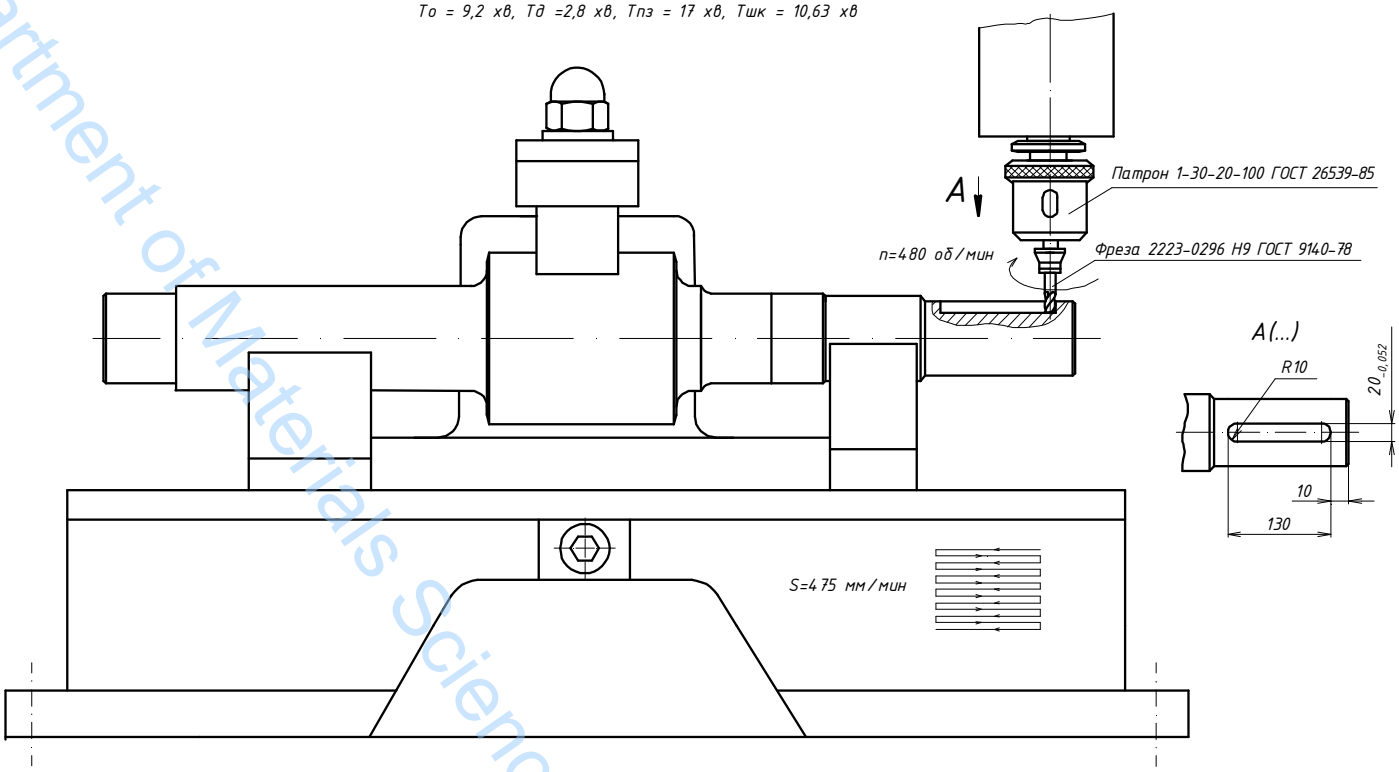
Department of Materials Science and Mechanical Engi

ТММ.ОПППБ.20.04.04

Операція 25, Фрезерувальна

Верстат 6Д92

То = 9,2 хв, Тд =2,8 хв, Тпз = 17 хв, Тшк = 10,63 хв



Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ТММ.ОПППБ.20.04.04			
Розроб.		Гетьман			Налагодження технологічне оп.25	Літ.	Маса	Масшт. аб.
Перев.		Пінькобський					-	-
Т.контр.						Аркуш	Аркушів 1	
Н.контр.						НТУ "ДП"		
Зат.в.		Проців						

Department of Materials Science and Mechanical Engineering Technologies

Формат	Поз.	Зона	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітки
				Документація		
А3			ТММ.ОППБ.20.04 04.СК	Складальний кресленик		
				Складальні одиниці		
А4	1		СРП 7021-0249 ГОСТ 676-76	Гідроциліндр	1	
А4	2		ТММ.ОППБ.20.04 04.01	Плита	1	
А4	3		ТММ.ОППБ.20.04 04.02	Упор	1	
				Деталі		
б/к	4		ТММ.ОППБ.20.04 04-00-01	Призма передня		
б/к	5		ТММ.ОППБ.20.04 04-00-02	Призма задня		
б/к	6		ТММ.ОППБ.20.04 04-00-03	Планка	1	
б/к	7		ТММ.ОППБ.20.04 04-00-04	Опора	1	
	8					
				Стандартні вироби		
				Гвинт М12х110 ГОСТ 1491-80	4	
				Штифт 28х80 ГОСТ 3128-70	4	

Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата	ТММ.ОППБ.20.04 04		
Розроб.		Гетьман		15.06.22	Пристрій спеціальний	Літ	Аркуш 1 / Аркушів 2
Керів.		Піньковський					
Н.контр.						НТУ «ДП»	
Затв.		Проців					

Department of Materials Science and Mechanical Engineering Technologies

Додаток А

	Позначення	Найменування	Кіл. аркуш	Примітки
1				
2		Документація		
3				
4	А4 ТММ.ОППБ.20.04.00 ПЗ	Пояснювальна записка	37	
5	А4 02070743.01140.00002	Комплект техдокументації	23	
6		Презентаційні матеріали		Е-файл
7				
8		Графічні матеріали		
9				
10	А3 ТММ.ОППБ.20.04.01	Вал-шестерня	1	РК
11	А3 ТММ.ОППБ.20.04.02	Вал-шестерня (Заготівка)	1	РК
12	А3 ТММ.ОППБ.20.04.03	Налагодження технологічне оп.05	1	
13	А2 ТММ.ОППБ.20.04.04	Налагодження технологічне оп.25	1	СК
14	А3 ТММ.ОППБ.20.04.05 СК	Калібр призма шпонковий	1	
15	А1 ТММ.ОППБ.20.04.06 СК	Пристрів спеціальний	1	
16	А2 ТММ.ОППБ.20.04.07	Налагодження технологічне оп.35	1	
17	А2 ТММ.ОППБ.20.04.08	Налагодження технологічне оп.50	1	
18				
19				
20				
21				
22				
23				
24				
25				
26				
27				

ТММ.ОППБ.20.04.00

Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата
Розроб.		Гетьман		15.06.22
Керівник		Піньковський		15.06.22
Н.контр.				
Затв.		Проців		15.06.22

Відомість матеріалів кваліфікаційної роботи

Літ	Аркуш	Аркушів
		1

НТУ «ДП»

Department of Materials Science and Mechanical Engineering Technologies

Department of Materials Science and Mechanical Engineering Technologies

Додаток Б

Відгук керівника кваліфікаційної роботи

Гетьман Аліна Володимирівна виконала кваліфікаційну роботу на тему: „Проект технологічного процесу виготовлення деталі „Вал-шестерня" в умовах серійного виробництва" згідно з завданням і в повному обсязі.

Під час роботи Гетьман А.В. показала достатню теоретико-технічну і спеціальну підготовку. Роботу виконувала [illegible], що відповідає [illegible], в якості оформлення документації та графічної частини роботи.

Пояснювальна записка містить всі необхідні розрахунки з поясненнями, які підтверджують спроможність автора реалізувати професійні компетенції.

Загалом робота заслуговує доброї оцінки, а її авторка присвоєння кваліфікації „технік-технолог" (механік).

Керівник роботи
ст. викладач каф ТМН

[illegible]